

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-227547

(P2017-227547A)

(43) 公開日 平成29年12月28日(2017.12.28)

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
GO 1 N	29/11 (2006.01)	GO 1 N 29/11	2 G O 4 7
GO 1 N	21/17 (2006.01)	GO 1 N 21/17 A	2 G O 5 9
GO 1 N	29/44 (2006.01)	GO 1 N 29/44	4 F 1 0 0
B 3 2 B	3/12 (2006.01)	B 3 2 B 3/12 A	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2016-124312 (P2016-124312)
 (22) 出願日 平成28年6月23日 (2016. 6. 23)

(71) 出願人 000003090
 東邦テナックス株式会社
 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号
 (74) 代理人 100167438
 弁理士 原田 淳司
 (74) 代理人 100166800
 弁理士 奥山 裕治
 (72) 発明者 沼田 博
 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 東邦テナックス株式会社内
 (72) 発明者 横江 泰幸
 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 東邦テナックス株式会社内

最終頁に続く

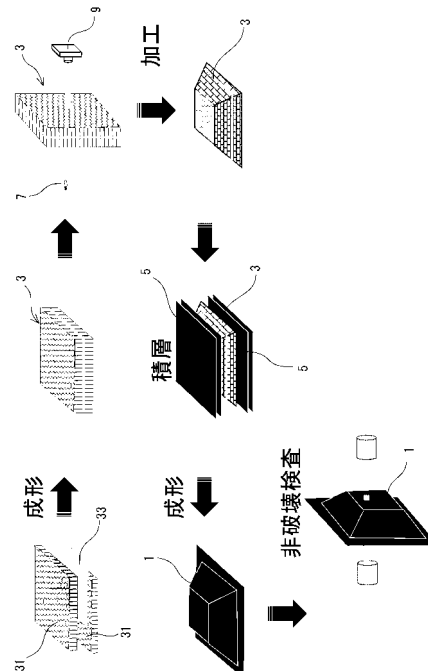
(54) 【発明の名称】 ハニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法及びハニカムサンドイッチ体の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 多段ハニカム構造のハニカムサンドイッチに対して欠陥の有無を容易に検査できる非破壊検査方法を提供する。

【解決手段】 非破壊検査方法は、ハニカム部材を積層した多段ハニカム構造体 3 の表裏面に繊維強化樹脂板を備えるハニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法であって、多段ハニカム構造体 3 に対して可視光により投影を行う投影ステップと、ハニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップと、投影ステップで得られた投影結果と探傷ステップで得られた探傷結果とからハニカムサンドイッチ体の破損を検査する検査ステップを含む。

【選択図】 図 7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

八ニカム部材を積層した多段八ニカム構造体の表裏面に繊維強化樹脂板を備える八ニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法であって、

前記多段八ニカム構造体に対して可視光により投影を行う投影ステップと、

前記八ニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップと、

前記投影ステップで得られた投影結果と前記探傷ステップで得られた探傷結果とから前記八ニカムサンドイッチ体の破損を検査する検査ステップと

を含む八ニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法。

【請求項 2】

前記投影ステップは、前記多段八ニカム構造体に対して、前記八ニカム部材のセル壁と平行な平行光を照射する

請求項 1 に記載の八ニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法。

【請求項 3】

前記投影ステップは、前記多段八ニカム構造体に対して、前記平行光を照射する側と反対側に配置されたカメラにより受光する

請求項 2 に記載の八ニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法。

【請求項 4】

八ニカム部材を積層した多段八ニカム構造体の表裏面に繊維強化樹脂板を備える八ニカムサンドイッチ体の製造方法において、

前記多段八ニカム構造体に対して可視光により投影を行う投影ステップと、

前記八ニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップと、

前記投影ステップで得られた投影結果と前記探傷ステップで得られた探傷結果とから前記八ニカムサンドイッチ体の破損を検査する検査ステップと

を含む八ニカムサンドイッチ体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、八ニカム部材が繊維強化樹脂板により挟まれた八ニカムサンドイッチ体に対して行う非破壊検査方法及び非破壊検査工程を含んだ八ニカムサンドイッチ体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

繊維強化樹脂板の非破壊検査の 1 つとして知られている超音波探傷検査（例えば、特許文献 1、2）は、八ニカムサンドイッチ体の検査にも利用されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 090829 号公報

【特許文献 2】特開 2012 - 163406 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、超音波探傷検査は、1 つの八ニカム部材を利用した八ニカムサンドイッチ体に対しては有効であるが、例えば八ニカム部材を積層した多段八ニカム構造の八ニカムサンドイッチ体には適用し難いという問題がある。

図 10 は多段八ニカム構造体を含む八ニカムサンドイッチ体を超音波探傷した超音波探傷画像である。なお、超音波探傷画像は、所謂、「C スコープ画像」である。

超音波探傷画像は、図 10 に示すように、透過率の相違により、例えば、白色の白領域、黒色の黒領域及び白色と黒色の間のグレー領域の 3 領域に区別される。なお、ここでは

10

20

30

40

50

、白領域は欠陥のない健全領域を示し、黒領域は欠陥のある欠陥領域を示す。

【0005】

一方、多段ハニカム構造体の場合、ハニカム部材のセル壁がきれいに重なった領域（この領域を「重なり領域」ともいう。）とズレた領域（この領域を「ズレ領域」ともいう。）とが生じてしまう。重なり領域は図10の超音波探傷画像において白領域（明部ともいう。）となり、ズレ領域は図10の超音波探傷画像において黒色に近いグレー領域（暗部ともいう。）になる。そして、検査目的のポイド、剥離等の欠陥が存在する場合、欠陥は重なり領域とズレ領域に存在することになる。

【0006】

したがって、多段ハニカム構造のハニカムサンドイッチ体の場合、透過率の相違は、図11に示すように、積層方向からハニカムサンドイッチ体を見たときに、セル壁の重なり領域（明部）であって欠陥のない領域（この領域を「明部健全領域」ともいう。）、重なり領域（明部）であって欠陥のある領域（この領域を「明部欠陥領域」ともいう。）、セル壁のズレ領域（暗部）であって欠陥のない領域（この領域を「暗部健全領域」ともいう。）、ズレ領域（暗部）であって欠陥のある領域（この領域を「暗部欠陥領域」ともいう。）の4種類となる。

【0007】

この4種類の領域と超音波探傷画像の色領域との対応関係は以下の通りになる。

明部健全領域は白領域となり、暗部欠陥領域は黒領域となり、明部欠陥領域と暗部健全領域との2領域はグレー領域となる。

このように、明部欠陥領域と暗部健全領域とは超音波探傷画像においてグレー領域となり、互いに区別できないのである。なお、X線検査を行えば明部欠陥領域と暗部健全領域とを区別できるが、設備面等の問題がある。

【0008】

本開示は、上記のような問題点に着目し、多段ハニカム構造のハニカムサンドイッチ体に対して欠陥の有無を容易に検査できる非破壊検査方法及び非破壊検査されたハニカムサンドイッチ体の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本開示に係るハニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法は、ハニカム部材を積層した多段ハニカム構造体の表裏面に繊維強化樹脂板を備えるハニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法であって、前記多段ハニカム構造体に対して可視光により投影を行う投影ステップと、前記ハニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップと、前記投影ステップで得られた投影結果と前記探傷ステップで得られた探傷結果とから前記ハニカムサンドイッチ体の破損を検査する検査ステップとを含む。

本開示に係るハニカムサンドイッチ体の製造方法は、ハニカム部材を積層した多段ハニカム構造体の表裏面に繊維強化樹脂板を備えるハニカムサンドイッチ体の製造方法において、前記多段ハニカム構造体に対して可視光により投影を行う投影ステップと、前記ハニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップと、前記投影ステップで得られた投影結果と前記探傷ステップで得られた探傷結果とから前記ハニカムサンドイッチ体の破損を検査する検査ステップとを含む。

【発明の効果】

【0010】

上記方法では、投影ステップにより多段ハニカム構造体のセル壁の重なりを把握できるため、セル壁が重なった領域であって欠陥のある領域と、セル壁同士がズレた領域であって欠陥のない領域とを超音波探傷画像において区別できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】一例に係るハニカムサンドイッチ体の断面図を示す図である。

【図2】投影ステップを説明する図である。

10

20

30

40

50

【図 3】平行光を利用する理由を説明するための図である。

【図 4】投影ステップの光学画像を示す図である。

【図 5】探傷ステップの超音波探傷画像、明部及び暗部の拡大 X 線画像を示す図である。

【図 6】光学画像と超音波探傷画像とを示す図である。

【図 7】一例に係る八ニカムサンドイッチ体の製造方法を示す図である。

【図 8】変形例に係る投影ステップを示す図である。

【図 9】変形例に係る投影ステップを示す図である。

【図 10】多段八ニカム構造体を有する八ニカムサンドイッチの超音波探傷画像を示す図である。

【図 11】超音波探傷画像のエコー分布を説明する図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

<本開示の概要>

1. 概要

本開示の一態様に係る非破壊検査方法は、八ニカム部材を積層した多段八ニカム構造体の表裏面に繊維強化樹脂板を備える八ニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法であって、前記多段八ニカム構造体に対して可視光により投影を行う投影ステップと、前記八ニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップと、前記投影ステップで得られた投影結果と前記探傷ステップで得られた探傷結果とから前記八ニカムサンドイッチ体の破損を検査する検査ステップとを含む。これにより多段八ニカム構造体のセル壁の重なりを把握できる。

20

本開示の別態様に係る非破壊検査方法において、前記投影ステップは、前記多段八ニカム構造体に対して、前記八ニカム部材のセル壁と平行な平行光を照射する。これによりセル壁の重なりを高い精度で把握できる。

本開示の別態様に係る非破壊検査方法において、前記投影ステップは、前記多段八ニカム構造体に対して、前記平行光を照射する側と反対側に配置されたカメラにより受光する。これによりセル壁の重なりを容易に把握できる。

【0013】

本開示の一態様に係る非破壊検査方法は、八ニカム部材を積層した多段八ニカム構造体の表裏面に繊維強化樹脂板を備える八ニカムサンドイッチ体の製造方法において、前記多段八ニカム構造体に対して可視光により投影を行う投影ステップと、前記八ニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップと、前記投影ステップで得られた投影結果と前記探傷ステップで得られた探傷結果とから前記八ニカムサンドイッチ体の破損を検査する検査ステップとを含む。これにより欠陥の少ない八ニカムサンドイッチ体を製造できる。

30

【0014】

2. 材料に関する構成

(1) 八ニカム部材

八ニカム部材は一の仮想面に直交するセル壁により囲繞されたセル（小部屋）を複数個有する構造のものをいう。

40

前記一の仮想面側から見たときのセルの形状は、正六角形に限定するものではなく、例えば、正三角形、正四角形等の正多角形状や円等の楕円形状、台形状を反転させながら交互に配したバイセクト形状、四角形状を交互にずらしながら配した O X 形状、矩形形状内を波状に区画したフェザー形状であってもよい。但し、セルの形状は、前記一の仮想面と平行な任意の仮想面での断面形状は設計上一定であることが必要である。

【0015】

セル壁の大きさは、使用目的に合わせて適宜決定すればよく、特に限定するものではない。例えば、機械的特性及び軽量化を重視するとセルの最大長さが 1 / 8 インチ ~ 3 / 8 インチのものが一般的に好ましい。

セル壁の材質は特に限定するものではない。例えば軽量化を重視するとアラミド八ニカ

50

ムやペーパーハニカム等が好ましい。例えば機械的特性を重視するとアルミハニカムやガラスハニカム、カーボンハニカム等が好ましい。

なお、多段ハニカム構造体の表面及び裏面に繊維強化樹脂板を設ける際の圧力や熱によりセル壁が変形、劣化等しないための機械的特性や耐熱特性等をハニカム部材は有している。

【0016】

(2) 多段ハニカム構造

多段ハニカム構造体は複数のハニカム部材が接着層体を介してハニカム部材の厚み方向に積層されたものをいう。

ハニカム部材数は2以上であればよい。複数のハニカム部材は、同一種類であってもよいし、異なる複数種類であってもよい。なお、ここでの種類は、セルの形状、セルの大きさ、材質等をさす。複数のハニカム部材は、セルの構造が同じで厚みが異なってもよいし、厚みが同じでセル構造が異なってもよい。

接着層体は、積層された複数のハニカム部材がズレないようにハニカム部材を接着する。接着層体は、可視光の透過を許容する材料により構成され、可視光の透過を許容する厚みである。

多段ハニカム構造体の形状は、特に限定するものでなく、複数のハニカム部材を積層した状態の形状であってもよいし、積層した状態から加工を施した形状であってもよい。

【0017】

(3) 繊維強化樹脂板

繊維強化樹脂板は強化繊維と樹脂とを含む。なお、樹脂は樹脂組成物が硬化又は固化したものである。

【0018】

(3-1) 樹脂

樹脂の例としては、通常マトリックス樹脂として用いられている材料を使用でき、硬化性樹脂と可塑性樹脂とがある(下記(a)(b)参照)。好ましいのは硬化性樹脂である。さらに、硬化性樹脂と可塑性樹脂とを混合した樹脂を用いることもできる。硬化性樹脂として、熱により硬化する熱硬化タイプ、紫外線や赤外線等の光により硬化する光硬化タイプ(1次硬化後に熱により2次硬化させる場合等も含む。)等を利用できる。

【0019】

(a) 硬化性樹脂

エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ポリウレタン樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、マレイミド樹脂、ベンズオキサゾン樹脂、ビニルエステル樹脂、シアン酸エステル樹脂、マレイミド樹脂とシアン酸エステル樹脂を予備重合した樹脂等があり、これらの硬化性樹脂を適宜量配合したものでもよい。

これらの樹脂のうち、耐熱性、弾性率、耐薬品性に優れたエポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂が好ましい。なお、これらの樹脂には例えば、硬化剤、硬化促進材等が含まれている。

【0020】

(b) 可塑性樹脂

ポリカーボネート樹脂、ポリスチレン系樹脂、ポリアミド樹脂、ポリエステル系樹脂、ポリフェニレンスルフィド樹脂、変性ポリフェニレンエーテル樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリエーテルスルホン樹脂、ポリエーテルイミド樹脂、ポリエーテルケトン樹脂、ポリエーテルエーテルケトン樹脂、ポリオレフィン系樹脂及びポリアセタール樹脂等があり、これらの樹脂を適宜量配合してもよい。

【0021】

(3-2) 強化繊維

(a) 繊維の種類

強化繊維の例としては、通常強化繊維として用いられている繊維材料を使用でき、炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、ポロン繊維等を使用できる。中でも、炭素繊維、ガ

10

20

30

40

50

ラス繊維、アラミド繊維が好ましい。

(b) 繊維長

繊維長は、所謂、長繊維・短繊維でもよい。また、両方を組み合わせても使用できる。好ましいのは長繊維である。なお、長繊維とは概ね13 [mm]以上の繊維をいう。

【0022】

(c) 形態

形態としては、繊維方向が一定方向を向く一方向の基材(「一方向基材」ともいう。)の他、例えば、織物、組紐、不織布等の基材(「織物基材」ともいう。)を利用できる。また、一方向基材と織物基材とを組み合わせても利用できる。

一方向基材を利用する場合、繊維の配向角度は1種類でもよいし、複数種類でもよい。配向角度の比率はハニカムサンドイッチ体の用途により適宜選択するものであり、特に限定はない。

織物は、複数本のフィラメントからなる繊維束(ストランド)を織構造にしたものである。織物には、平織物、綾織物、朱子織物等、あるいは一軸織物、多軸織物等がある。なお、織物等の厚みは、ハニカムサンドイッチ体の用途により適宜選択するものであり、特に限定はない。一軸織物は、互いに平行に並んだ強化繊維(束)をナイロン系、ポリエステル系、ガラス繊維系等で編んだ織物である。多軸織物は、互いに平行に並んだ強化繊維(束)の角度を変えて積層してナイロン系、ポリエステル系、ガラス繊維系等で編んだ織物をいう。

【0023】

(4) ハニカムサンドイッチ体

ハニカムサンドイッチ体は、多段ハニカム構造体における厚み方向の両端に位置する面に繊維強化樹脂板を備えたものをいう。

【0024】

3. 検査方法

ハニカムサンドイッチ体の非破壊検査方法は、ハニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷検査を行う前に、多段ハニカム構造体のセル壁の重なり状態を可視光を用いて検査する。つまり、非破壊検査方法は、多段ハニカム構造体に対して可視光による投影を行う投影ステップを含む。なお、可視光を利用する理由は、照射や撮影の取り扱い(例えば、X線の場合は安全設備が必要になる。)が容易であり、特別な設備を要せずに簡単に実施できるためである。

【0025】

投影ステップは、多段ハニカム構造体に対して、ハニカム部材のセル壁と平行な平行光を照射することで行う。これにより、多段ハニカム構造体に対して光の照射側と反対側に当該多段ハニカム構造体の投影像が現れる。この投影像はカメラにより投影画像(光学画像)として撮影できる。つまり、投影ステップは多段ハニカム構造体の投影像をカメラにより撮影することによって実施できる。

【0026】

平行光の照射は、例えば、疑似点光源と反射体とを備える光源ユニットや疑似点光源とレンズ体とを備える光源ユニットを利用することによって実施できる。疑似点光源の例としては例えばショートアークタイプのランプがあり、このランプには、例えば、メタルハライドランプや高圧水銀ランプ等がある。反射体の例としては放物線の反射面を有するものがある。レンズとしては凸レンズやフレネルレンズ等がある。平行光の照射は、例えば、指向性の強いLEDやLD等の発光素子を利用することもできる。発光素子を利用する場合は複数個の発光素子を用いて面光源とすることで大型の多段ハニカム構造体に対応できる。

【0027】

投影像の撮影は、例えばデジタルカメラやフィルムカメラを利用することができる。なお、デジタルカメラの方がデータ処理を容易に行うことができる。また、カメラは多段ハニカム構造体との距離を調整することにより、多段ハニカム構造体全体の投影像を1回の撮影で行うことができる。なお、デジタルカメラとして、撮像素子がマトリクス状に配さ

10

20

30

40

50

れたものやライン状に配されたものを利用できる。

【0028】

<第1の実施形態>

多段八ニカム構造体を含む八ニカムサンドイッチ体の検査方法について、図1～図6を用いて説明する。

【0029】

1. 八ニカムサンドイッチ体

検査の対象物である八ニカムサンドイッチ体1は、図1に示すように、多段八ニカム構造体3と、多段八ニカム構造体3の表裏に配された繊維強化樹脂板5、5とを一体に有する。多段八ニカム構造体3は複数個の八ニカム部材31と接着層体33とから構成される。複数個の八ニカム部材31（一例として、ここでは2個である。）は接着層体33を介して厚み方向に積層される。一例としての接着層体33は織物構造のガラス繊維強化樹脂材料を成形したものであり、シート状のガラス繊維強化樹脂材料を挟んで2個の八ニカム部材31、31を積層した状態で成形したものである。

八ニカム部材31はセル壁31aにより囲繞されたセルを複数個有する。多段八ニカム構造体3は、積層方向から見た（透視した）ときに積層方向に隣接する各八ニカム部材31のセル壁31a（セル）が重なる領域（図1における「重なり領域」である。）と、セル壁31aがズレている領域（図1における「ズレ領域」である。）とを有する。

【0030】

2. 検査方法

検査方法は、多段八ニカム構造体に対して可視光による投影を行う投影ステップと、八ニカムサンドイッチ体に対して超音波探傷を行う探傷ステップとを少なくとも備える。

(2-1) 投影ステップ

投影ステップは、図2に示すように、平行光を多段八ニカム構造体3に対して照射して、多段八ニカム構造体3の投影像を撮影する。ここでは、ランプ71と反射体73とを備える光源ユニット7を利用し、投影像をカメラ9で撮影している。なお、カメラ9で撮影された画像を光学画像とする。

平行光は八ニカム部材31の積層方向と平行な方向である。換言すると、平行光は、多段八ニカム構造体3の表面及び裏面と直交する方向であり、セル壁31aと平行な方向である。

【0031】

平行光を照射する理由は、図3に示すように、積層方向に積層された各八ニカム部材31のセル壁31aを投影するためである。セル壁31aと平行な平行光は、セル壁31aの側面に当たることなく、セル内をセル壁31aに沿って進行する。これに対して、セル壁31aに対して傾斜する傾斜光は、セル壁31aの側面にあたり、セル内を通過することができない。つまり、傾斜光では積層されている八ニカム部材31のセル壁31aの重なり状態を高精度で投影できないのである。

平行光を利用して投影した場合、図4に示す光学画像のように、黒白の領域が散在する。ここで、黒領域を暗部とし、白領域を明部とする。

光学画像における暗部は、拡大図（暗部拡大光学画像である。）に示すように、積層された八ニカム部材31のセル壁31aがズレた部分、つまり、ズレ領域である。一方、光学画像における明部は、拡大図（明部拡大光学画像である。）に示すように、積層された八ニカム部材31のセル壁31aが重なった部分、つまり、重なり領域である。

このように多段八ニカム構造体3の光学画像において、複数個の八ニカム部材31のセル壁31aのズレにより、全体として、白黒に近い模様がみられる。

【0032】

図5は、八ニカムサンドイッチの超音波探傷画像と、暗部及び明部のX線画像を拡大した図である。

図5に示すように、八ニカムサンドイッチ体1の超音波探傷画像においても白領域と黒領域とがみられる。ここで、超音波探傷画像における白領域にX線を透過させたX線画像

10

20

30

40

50

が同図の明部拡大X線画像であり、超音波探傷画像における黒領域にX線を透過させたX線画像が同図の暗部拡大X線画像である。

図5のX線画像から、超音波探傷画像における白領域はセル壁31aが重なった重なり領域であり、超音波探傷画像における黒領域はセル壁31aがズレたズレ領域であることがそれぞれ分かる。

このように、セル壁31aと平行な平行光を多段八ニカム構造体3に照射した投影像を撮影した投影画像（光学画像である。）においても、セル壁31aの重なり状態を正確に認識することができる。なお、言うまでもなく、可視光を利用することで、X線を利用するよりも容易、安価且つ迅速にセル壁31aの重なり状態を把握できる。

【0033】

(2-2) 探傷ステップ

探傷ステップで探傷した超音波探傷画像は、図6や図11に示すように、透過率の相違により、白領域、黒領域及びグレー領域の3領域に大きく区別される。

八ニカムサンドイッチ体1に多段八ニカム構造体3が含まれるため、上記したように、セル壁31aの重なり領域（明部）であって欠陥のない明部健全領域が白領域となり、重なり領域（明部）であって欠陥のある明部欠陥領域とセル壁31aがズレたズレ領域（暗部）であって欠陥のない暗部健全領域とがグレー領域となり、ズレ領域（暗部）であって欠陥のある暗部欠陥領域が黒領域となる。

なお、上記したように、明部欠陥領域と暗部健全領域とは超音波探傷画像において区別できない。

【0034】

(2-3) 検査ステップ

検査ステップは、図6に示すように、光学画像と超音波探傷画像とを比較して、欠陥の有無を判定する。つまり、超音波探傷画像のグレー領域が光学画像において暗部であるか明部であるかを把握することで、明部欠陥領域の有無を判断（検査）している。

すなわち、超音波探傷画像のグレー領域と光学画像の明部とが一致するとその領域に欠陥が存在し、超音波探傷画像のグレー領域と光学画像の暗部とが一致するとその領域に欠陥が存在しないとそれぞれ判断できる。

【0035】

図11の超音波探傷画像におけるエコーの大きさの説明図は、重なり領域（明部）及びズレ領域（暗部）のエコーの減衰を説明するものであり、欠陥領域は人工的に作製した人工欠陥が存在する領域である。欠陥領域が存在すると、重なり領域（明部）及びズレ領域（暗部）に関係なくエコーの減衰が大きくなり、超音波探傷画像において画像が黒くなる。

図11の説明図では、超音波探傷画像のグレー領域において、明部欠陥領域のエコーが暗部健全領域のエコーよりも大きく、その差も大きいものとなっている。しかしながら、実際の検査においては、明部欠陥領域と暗部健全領域のエコーの差が小さいこともあり、エコーの大きさだけで明部欠陥領域と暗部健全領域とを明確に区別することはできない。

【0036】

< 第2の実施形態 >

多段八ニカム構造体3を含む八ニカムサンドイッチ体1の製造方法について、図7を用いて説明する。

八ニカムサンドイッチ体1は、接着層体33を挟んで複数個（例えば2個である。）の八ニカム部材31を積層した後に、これらを一体化させる。ここでは、接着層体33は織物タイプのガラス繊維束を用いたプリプレグであり、加熱成形することで一体化する。これにより多段八ニカム構造体3が完成する。なお、図7では硬化前の材料の符号も硬化後の材料と同じ符号を用いている。

【0037】

次に、多段八ニカム構造体3に対し可視光を照射して投影像（光学画像）を撮影する。投影像の撮影は上記した通りである。

10

20

30

40

50

次に、必要があれば多段八ニカム構造体 3 を加工し、多段八ニカム構造体 3 の表裏に繊維強化樹脂材料 5 を積層した後、これらを一体化させる。ここでは繊維強化樹脂材料として炭素繊維を用いたプリプレグが利用され、加熱成形することで一体化する。

【0038】

最後に、一体化された八ニカムサンドイッチ体 1 に対して超音波を利用して超音波探傷画像を得る。そして、超音波探傷画像における明部欠陥領域と暗部健全領域とが混在する領域と、光学画像におけるセル壁 3 1 a の重なり領域とを比較して、これらの区別を判別して、欠陥等の有無を検査する。これにより、高品質に管理された八ニカムサンドイッチ体 1 が得られる。

【0039】

以上、実施形態を説明したが、これらの実施形態に限られるものではなく、例えば、以下のような変形例であってもよい。また、実施形態と変形例、変形例同士を組み合わせたものであってよい。

また、実施形態や変形例に記載していない例や、要旨を逸脱しない範囲の設計変更があっても本発明に含まれる。

【0040】

<変形例>

1. 平行光

第 1 の実施形態では、ランプ 7 1 と反射体 7 3 とを備える光源ユニット 7 から出射した平行光を直接多段八ニカム構造体 3 に照射し、多段八ニカム構造体 3 を透過した平行光を直接受光して、投影像を撮影している。

しかしながら、可視光を利用してセル壁の重なり状態（セル壁のズレ具合）を撮影できればよく、光源ユニット 7 から出射された光を直接多段八ニカム構造体 3 に照射したり、多段八ニカム構造体 3 を通過した光を直接カメラ 9 で撮影したりする必要はない。

例えば、図 8 及び図 9 に示すように、光源ユニット 7 からセル壁と平行でない方向に出射された可視光を反射板 8 1 によりセル壁と平行な方向に反射させるようにしてもよい。また、図 8 及び図 9 に示すように、多段八ニカム構造体 3 を通過した可視光をカメラ 9 が存在する位置に向けて反射板 8 3 により反射させてもよい。

この際、図 9 に示すように、カメラ 9 を光源ユニット 7 側に配することで、検査装置としての全長を短くできる。

【0041】

2. 多段八ニカム構造体の大きさ

各実施形態において多段八ニカム構造体の大きさ（セル壁と直交する面の大きさ）について説明していないが、特に限定するものではない。

例えば、1 回の撮影で多段八ニカム構造体の全体を撮影できない場合は、複数回撮影すればよい。また、光源ユニットや反射板等の光源側装置とカメラや反射板等の受光側装置とを多段八ニカム構造体に対して相対的に移動させて、複数の投影像を撮影するようにしてもよい。

【0042】

3. 光源数及びカメラ数

第 1 の実施形態では、光源とカメラとを 1 組備えていたが、複数組備えてもよい。また、複数個の光源を利用して、1 個のカメラを多段八ニカム構造体に対して移動させて、全体の投影像を撮影するようにしてもよい。

【0043】

4. 超音波探傷装置

第 1 の実施形態では、超音波探傷装置について説明していないが、通常の繊維強化樹脂板等の成形物に対して行われる非破壊検査装置が利用できる。

【符号の説明】

【0044】

1 八ニカムサンドイッチ体

10

20

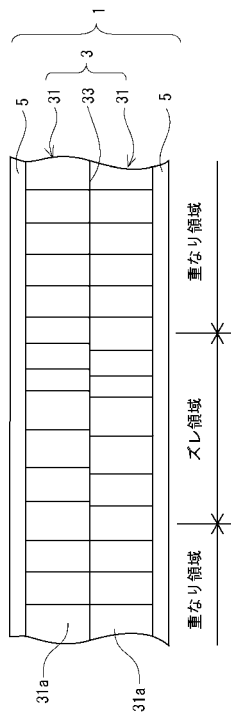
30

40

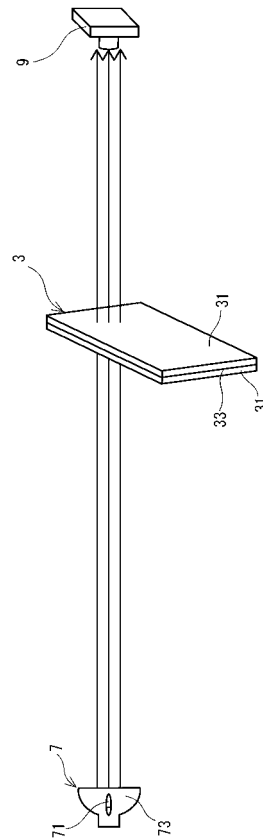
50

- 3 多段ハニカム構造体
- 5 繊維強化樹脂板
- 7 光源ユニット
- 9 カメラ
- 3 1 ハニカム部材
- 3 3 接着層材

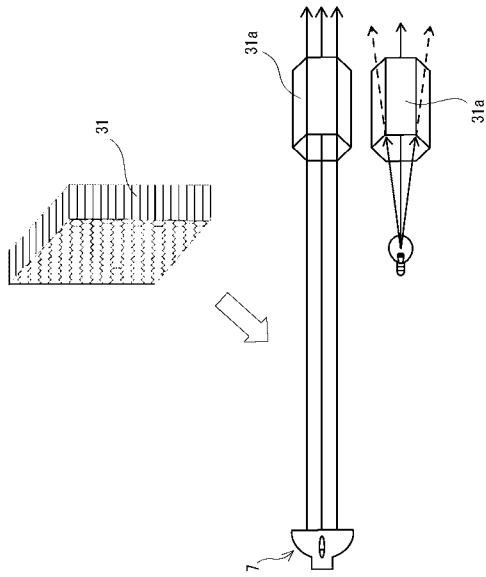
【 図 1 】



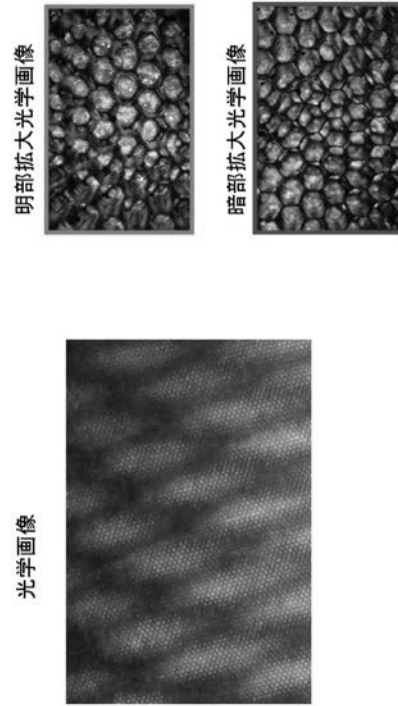
【 図 2 】



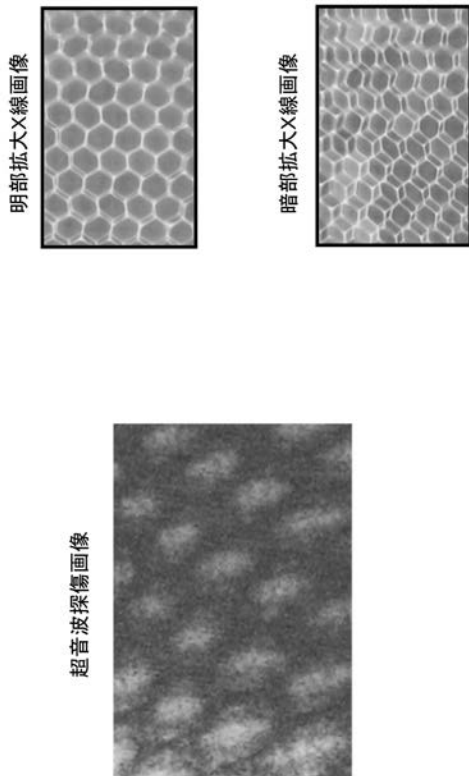
【 図 3 】



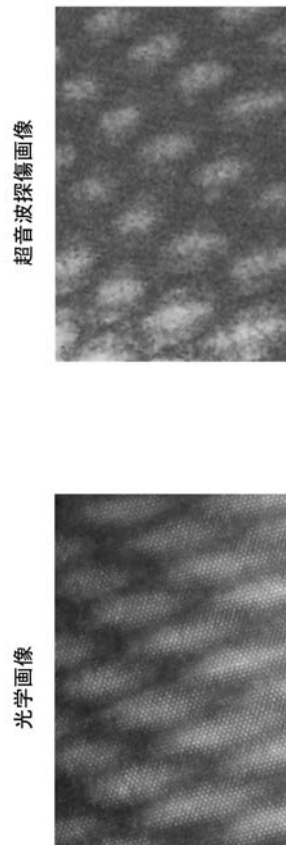
【 図 4 】



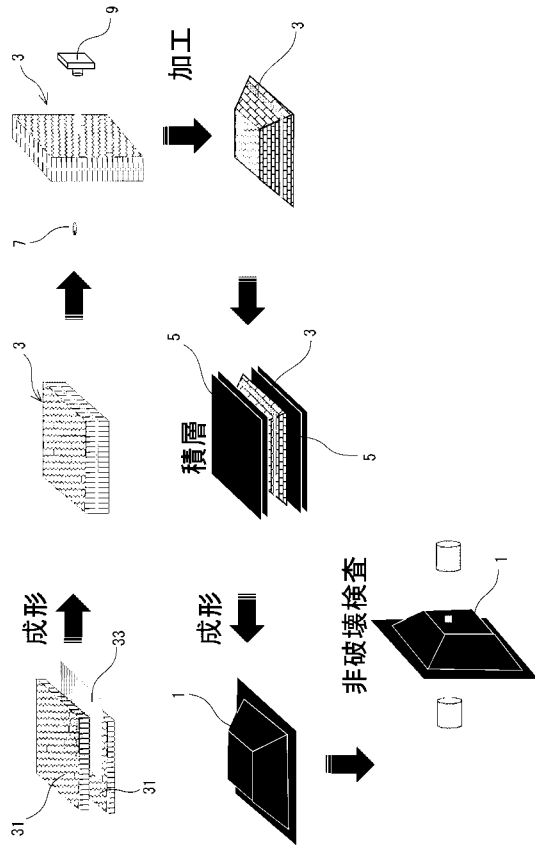
【 図 5 】



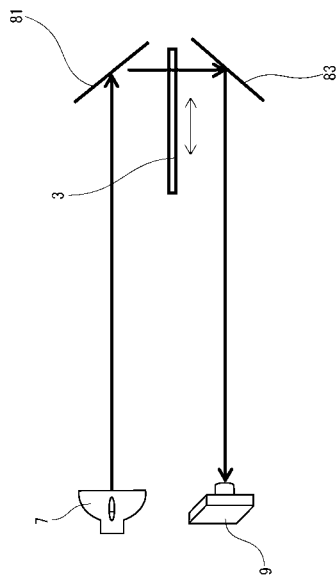
【 図 6 】



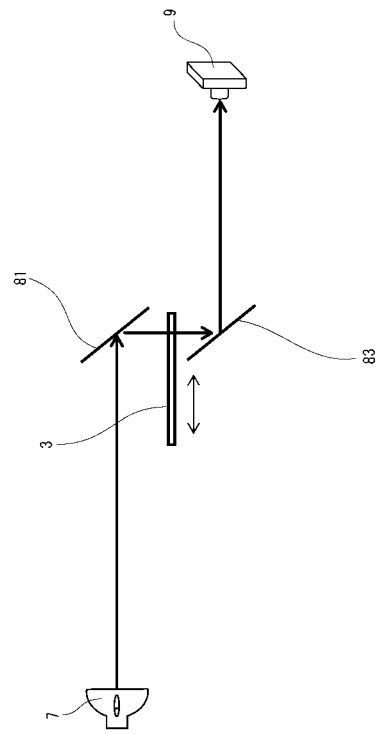
【 図 7 】



【 図 9 】

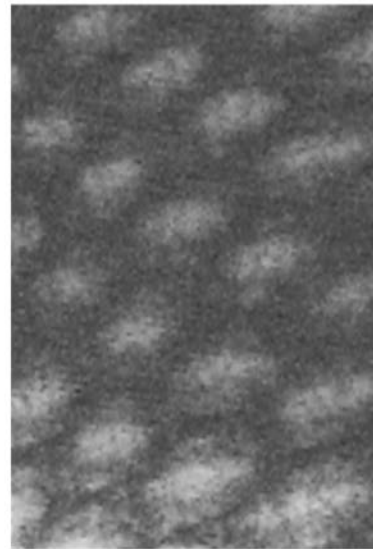


【 図 8 】

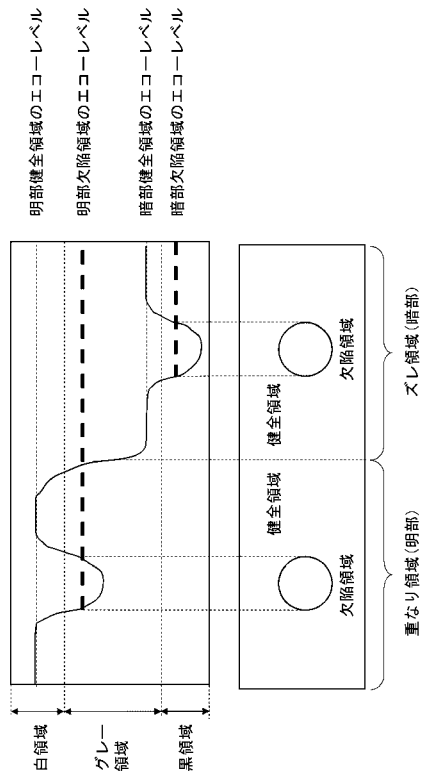


【 図 10 】

超音波探傷画像



【 図 1 1 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G047 AA08 AB04 AB05 AB07 BA01 BC03 BC10 DA03 EA10 GA21
GG36
2G059 AA05 BB08 EE01 FF01 GG01 GG02 GG03 HH02 JJ11 KK03
KK04
4F100 AG00C AK01C AK53C BA03 BA06 BA10A BA10B CA02C DC01A DC01B
DG01C DG13C DH02C