

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5271923号  
(P5271923)

(45) 発行日 平成25年8月21日(2013.8.21)

(24) 登録日 平成25年5月17日(2013.5.17)

(51) Int.Cl.

G O 1 N 29/28 (2006.01)

F 1

G O 1 N 29/28

請求項の数 11 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2009-551827 (P2009-551827)  
 (86) (22) 出願日 平成20年2月27日 (2008.2.27)  
 (65) 公表番号 特表2010-520457 (P2010-520457A)  
 (43) 公表日 平成22年6月10日 (2010.6.10)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2008/055164  
 (87) 國際公開番号 WO2008/106535  
 (87) 國際公開日 平成20年9月4日 (2008.9.4)  
 審査請求日 平成23年2月18日 (2011.2.18)  
 (31) 優先権主張番号 11/680,191  
 (32) 優先日 平成19年2月28日 (2007.2.28)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(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、60606-1596  
 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 100109726  
 弁理士 園田 吉隆  
 (74) 代理人 100101199  
 弁理士 小林 義教  
 (72) 発明者 ヤング, フレッド, ディー.  
 アメリカ合衆国 ワシントン 98006  
 , ベルビュー, 172番 コート サウスイースト 4733

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】構造体の端部を検査するためのプローブ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

構造体の表面上を接触して走査することで、当該構造体を検査するための装置であって、

接触媒質を受ける一以上の注入口を画定する第1筐体と、

構造体に接触する接触面を有し、かつ、テーパー型チャンバ及び内部チャンバを内部に画定する第2筐体であって、

前記テーパー型チャンバは、接触面に形成されたスリット状の開口部に開口し、接触面の反対側から前記接触面に形成されたスリット状の開口部に向かってテーパー形状を有しており、

前記内部チャンバは、前記一以上の注入口を介して接触媒質を受け、前記接触媒質を前記テーパー型チャンバの中へ注入するように位置づけされた、第2筐体と、

前記第1筐体に接合し、前記テーパー型チャンバの上に位置づけされたセンサと、を備え、

前記テーパー型チャンバは、前記センサと検査対象の構造体の間に接触媒質の液柱を維持するように構成される、装置。

## 【請求項 2】

前記接触媒質が水を含む、請求項1に記載の装置。

## 【請求項 3】

10

20

前記センサが超音波変換器を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記センサがアレイ配置された超音波変換器を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記第 1 筐体が、乱流が抑制された状態で前記接触媒質が前記内部チャンバから前記テーパー型チャンバへ流れることが可能になるように形成された出口をさらに画定する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記構造体が複合ハニカム構造体を含む、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

前記センサが構造体の端部の上に位置づけされたときに、前記テーパー型チャンバが、前記センサと検査対象の構造体の間の接触媒質の液柱を維持する、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 8】

構造体の表面上に装置を接触して走査することで、当該構造体を検査する方法であって  
、前記装置は、接触媒質を受ける一以上の注入口を画定する第 1 筐体と、構造体に接触する接触面を有し、かつテーパー型チャンバ及び内部チャンバを内部に画定する、第 2 筐体であって、前記テーパー型チャンバは、接触面に形成されたスリット状の開口部に開口し、接触面の反対側から前記接触面に形成されたスリット状の開口部に向かってテーパー形状を有しており、前記内部チャンバは、前記一以上の注入口を介して接触媒質を受け、前記接触媒質を前記テーパー型チャンバの中へ注入するように位置づけされた、第 2 筐体と、前記第 1 筐体に接合し、前記テーパー型チャンバの上に位置づけされたセンサと、を備え、

前記装置を、構造体の表面上に位置づけし、

表面の端部の上を含む表面に沿って前記装置を移動させ、

前記装置を表面の端部上で移動させる間に、前記装置と前記表面の間に接触媒質の液柱を実質的に維持するように接触媒質を開口部から流出させるステップを含む、検査方法。

【請求項 9】

前記接触媒質が水を含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

プローブを表面の端部上で移動させる間に、前記装置と前記表面の間に接触媒質の液柱を実質的に維持するように接触媒質を開口部から流出させるステップが、様々な位置で信号を構造体に送信し、構造体から信号を受信するステップを含む、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

様々な位置が構造体の端部を含む、請求項 10 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、検査プローブ、さらに具体的には超音波プローブに関するものである。

【背景技術】

【0002】

航空業界では、構造体へのどのようなタイプの内部または外部損傷に対しても、航空機の構造体を検査するのに非破壊検査が一般に使用される。構造体のうちでも定期的に非破壊試験が行われるのは、複合構造体である。

【0003】

超音波プローブを使用して、構造体に超音波信号を送り、構造体からプローブに戻ってきた反射信号を測定することによって構造体を検査することができる。従来のプローブと検査される構造体との間の信号の伝達を円滑にするために、構造体のプローブが取り付けられる部分を水等の結合液（接触媒質）でしばしば湿らせる。プローブと構造体の間に置

10

20

30

40

50

かれた接触媒質によって、超音波信号が変換器から構造体へさらに転送されやすくなる。

#### 【0004】

構造体を検査するときは、構造体の端部を検査することが望ましい場合がしばしばある。しかしながら、従来のプローブの一部が端部上を移動すると、プローブのその部分の下にある結合液がすべて端部の向こうに移動して端部からこぼれ落ち、その部分に隣接する結合液がなくなってしまう。プローブの端部上の部分から結合液がなくなると、プローブと端部に隣接する物品との間の結合液も端部から流出しやすくなる。これが起きると通常、プローブが端部に隣接する物品の特性を正確に判定することができなくなる。

#### 【0005】

ある具体例では、端部検査能力を得るために延長線を使用可能である。延長線は通常、水とは異なる音響インピーダンスを有するRexolite（登録商標）又はプレキシガラス等の物質である。稼働中、プローブは延長線と接触しており、プローブと延長線の間に結合液が塗布される。延長線と、検査される部分の表面との間の間隔は普通約0.020～0.030インチである。延長線の長さに沿って形成される一連の小さな孔等の水の通り道が設けられ、これにより結合液が延長線と、検査部分の表面との間に流入することが可能になる。結合液の表面張力を利用することによって、プローブが検査部分の表面の端部上を横切るときに結合液が延長線下に維持される。

10

#### 【0006】

この操作にはたくさんの不利点がある。たとえば、検査速度は遅く、1秒につき約10インチの速さである。さらに、粗い表面上に結合液を維持するのは難しいため、適切に検査できるのは「滑らかな」表面のみである。最終的には、延長線と結合液との間の音響の不一致により、プローブの検査周波数が変わってしまう可能性がある。

20

#### 【0007】

必要なのは、検査対象の物品へのプローブの結合を改善し、端部を含む物品の特性の信頼できる好適で正確な評価を可能にする検査装置とこれに付随する検査方法である。

#### 【発明の概要】

#### 【0008】

前述した背景を踏まえ、複合構造体等の構造体を検査するための改善された装置及び方法が、本発明のさまざまな実施形態にしたがって提供される。

#### 【0009】

30

一態様では、構造体を検査するために一装置が提供される。この装置は、接触媒質を受けるための一以上の注入口を画定する第1筐体を備える。この装置はまた、テーパー型チャンバと内部チャンバを画定する第2筐体も備えている。内部チャンバは接触媒質を一以上の注入口を介して受け、テーパー型チャンバの中へ接触媒質を注入するように位置づけされている。第1筐体にはセンサが結合され、テーパー型チャンバの上に位置づけされる。テーパー型チャンバは、センサと検査対象の構造体の間の接触媒質の液柱を維持するように構成されている。

#### 【0010】

さらに別の態様では、構造体の表面にプローブを位置づけし、表面端部上を含む表面に沿ってプローブを移動し、プローブを表面端部上で移動させている間にプローブと表面の間に接触媒質の液柱を実質的に維持するステップを含む検査方法が提供される。

40

一般用語で本発明を説明してきたが、ここで原寸に必ずしも比例していない添付の図面を参照する。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】図1は一実施形態による構造体を検査するための検査装置の簡略化した斜視図である。

【図2】図2は一実施形態による検査装置の構成部品の簡略化した分解組立図である。

【図3】図3は一実施形態による検査装置の結合した上部及び下部筐体の構成部品の簡略化した断面図である。

50

【図4】図4は一実施形態による、ある構造体の上を横切っているときの検査装置の簡略化した正面の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここで本発明を、全てではないが幾つかの実施形態を示す添付の図を参照しながら以下にさらに詳しく説明する。実際には、本発明を多数の異なる形態に具現化することが可能であり、本明細書に説明した実施形態に限定されると解釈するべきではない。同じ番号は明細書全体において同じ要素を示している。

【0013】

図1をここで参照すると、本発明の一実施形態による構造体101を検査するための装置100が図示されている。装置100は、様々な物質でできた多様な構造体を検査することができる。例えば、構造体101はハニカム複合構造体等の複合構造体であってよい。

【0014】

構造体101は多種多様の形状及び寸法を有することができ、航空機、海上船舶、自動車、宇宙船などと関連して等の車両への応用だけでなく、建物及びほかの構造計画と関連して等の非車両への応用を含む幅広い応用形態に使用することができる。さらに、構造体101は要望にしたがって、組立前あるいは組立後に検査することができる。

【0015】

一実施形態においては、装置100はプローブ102、上部筐体104、下部筐体106及びジンバル式ハンドル108を備えている。一実施形態では、上部筐体104と下部筐体106はいかなる好適な材料からできてもよく、例えば、Delrin(登録商標)装置100は検査対象の構造体101の第1表面101Aに近接して設置されている。

【0016】

一実施形態においては、装置100は、その多くが当業者に周知のさまざまな手段を用いて構造体101の第1表面101Aに沿って移動させることができる。一実施形態では、ジンバル式ハンドル108をロボット装置(図示せず)又は同等の装置によってはめ込むことが可能である。当業者に周知のように、ロボット装置は運動制御システム又は他の位置調整システムによって制御することができ、これにより、プローブ102を所定の方法で、第1表面101Aに沿った既定のパターンで制御可能に移動させる。装置100は第1表面101Aと接触し、これに沿って移動するため、運動制御システム又は他の位置調整システムは、従来の走査システムが要求するのと同様のやり方で操作する必要がある。

【0017】

一実施形態においては、プローブ102はプローブ102が構造体101のそれぞれの表面101Aの上を移動するときに、構造体101を検査するためのセンサ103を備えている。一実施形態では、センサ103は、構造体101の第1表面101Aに面するセンサ103の一部分が、第1表面101Aと接触する下部筐体106の表面208(図2)から間隔を置いて上部筐体104に配置されるように位置づけされている。

【0018】

プローブ102の稼働中、プローブ102のセンサ103によって受信された信号は、信号を受信した時間の表示及び/又は信号を受信したときのプローブ102の相対位置の表示とともに保存することができる。信号は、プローブ102と同一箇所に配置された又はプローブ102から離れたところにありプローブ102に電気的に結合したメモリ装置によって保存できる。センサ103が受信した信号を分析することにより、構造体101の完全性だけでなく、そこに存在する欠陥を判定することができる。

【0019】

単一のセンサ103を記述したが、当然ながらプローブ102は例えばアレイ配置された超音波変換器等のアレイ配置されたセンサ103を備えることができ、これにより、検

10

20

30

40

50

査が行われる速度が上がり、結果的に検査にかかる費用が削減される。

【0020】

一実施形態においては、センサ103はプローブ102が構造体101のそれぞれの表面上を移動するときに構造体101を超音波によって検査するための超音波変換器を備えることができる。例えば、超音波変換器は反射エコー又はパルスエコーモードで稼動する。このため、超音波変換器はこの例示の実施形態において超音波信号の送信及び受信の両方を行う。

【0021】

プローブ102の超音波変換器と構造体101の間ににおける超音波信号の結合を促進するため、例えば水または同様の液体等の接触媒質を使用することができる。超音波変換器と構造体101のそれぞれの表面の間の液体をあわ立てることにより、超音波信号は構造体101の中へ及び構造体101の外へ効果的に結合される。

10

【0022】

下に詳細を記載するように、上部筐体104は超音波変換器と構造体101のそれぞれの表面101Aの間で泡立てられた接触媒質の注入口110を備えることができる。図面に示していないが、接触媒質の供給源を注入口110に接続することができる。この接続を行いやすくするために、管又は同等の構造体を、いかなる方法、例えば管の締まりばめあるいはプレス嵌めを一以上の注入口110に差し込む等の方法によって上部筐体104に接続することができる。

【0023】

20

図2に示すように、上部筐体104により注入口110と出口202が画定される。下部筐体106により、構造体101の第1表面101Aに面するセンサ103の部分と流体連結状態にある、接触媒質チャンバ206（以下「チャンバ206」）に隣接して形成された内部チャンバ204が画定される。

【0024】

注入口110を通じて導入される接触媒質は、内部チャネルを介して内部チャンバ204に流れこみ、内部チャンバ204においては上部筐体104に流入して最初は一箇所に集まる。内部チャンバ204が接触媒質で充填されると、内部チャンバ204から接触媒質があふれ出て出口を通じてチャンバ206へ流れる。

【0025】

30

最初に接触媒質を内部チャンバ204にためることにより、接触媒質の流れの乱れを抑えることができ、有利である。これにより、接触媒質がセンサ103と第1表面101Aの間を、信号の雑音比にかなりの悪影響を及ぼしかねない気泡、キャビテーション、又は他の乱流が起きることなく滑らかに流れることが可能になる。

【0026】

図3は一体型の上部筐体104と下部筐体106の断面図である。図3に示すように、チャンバ206はテーパー型で「V」型チャンバを形成し、接触媒質の「液柱」302がチャンバ206内で維持されやすくして、センサ103と第1表面101Aの間の領域が効果的に充填されるようにする。チャンバ206のテーパー形状により、接触媒質302が開口部304を通じて流れるとときに接触媒質302の流れが制限される。プローブ102の長さに沿ってじょうご効果が適用される。チャンバ206が一旦充填されると、余分な接触媒質はチャンバ内の空気とともに出口202を通じて押し出される。

40

【0027】

稼働中は図4に示すように、装置100が構造体101の第1表面101Aに近接して配置される。このやり方においては、プローブ102が構造体101のそれぞれの表面とプローブ接触した状態に有利に配置することができる。

接触面208を介した装置100と構造体101のそれぞれの表面101Aの間の接触を可能にすることで、プローブ102と、さらに具体的には、例えば超音波変換器等のセンサ103の位置づけは、プローブ102の位置づけを複合運動制御システム又は他のタイプの位置調整システムを用いて制御する必要なく、維持することができる。

50

## 【0028】

加えて、接触面 208 を介した装置 100 と構造体 101 のそれぞれの表面 101A の間の接触により、同様に複合運動制御システム又は他の位置調整システムを必要とせずに、例えばそれぞれの超音波変換器等のそれぞれのセンサ 103 と構造体 101 の間に一貫した間隔が維持される。

## 【0029】

例えば水等の接触媒質はそのあとに、上部筐体 104 の注入口 110 (図 1) を通って泡立てられる。接触媒質はそして、注入口 110 から内部チャンバ 204 (図 2) へ流れ込み、最初はそこにを集められる。接触媒質はそれから内部チャンバ 204 から流れ出て出口 202 (図 2) を通ってチャンバ 206 に流れ込む。V 形状のチャンバ 206 は接触媒質で充填され、センサ 103 と構造体 101 のそれぞれの表面 101A の間に接触媒質の液柱 302 を形成する。

10

## 【0030】

図 4 を再び参照すると、一実施形態においては、装置 100 のプローブ 102 が構造体 101 の端部 101B に近づくと、プローブ 102 は端部 101B から突き出すことが可能である。この実施形態においては、V 形状チャンバ 206 があるために、接触媒質 302 が端部 101B からあふれ出ることが可能であったとしても、接触媒質の液柱 302 はセンサ 103 と第 1 表面 101A の間に維持される。このように、プローブ 102 が端部 101B に対して 90 度の角度をなすとき、プローブ 102 と構造体 101 の間の例えば超音波信号等の信号の結合は端部 101B において維持される。この実施形態では、装置 100 は接触媒質 302 を装置 100 が第 1 表面 101A 上を動きやすくするための液体として使用することができる。

20

## 【0031】

当然ながら、本発明は開示した特定の実施形態に限定されるべきでなく、変更及び他の実施形態は添付の請求項の範囲内に含まれるよう意図されている。本明細書には特定の用語が記載されているが、これらの用語は一般的及び説明的な意味でのみ使用したものであり、限定するものではない。

また、本発明は以下に記載する態様を含む。

## (態様 1)

構造体を検査するための装置であって、

30

接触媒質を受ける一以上の注入口を画定する第 1 筐体と、

テーパー型チャンバ及び内部チャンバを画定する第 2 筐体であって、前記内部チャンバが前記一以上の注入口を介して接触媒質を受け、前記接触媒質を前記テーパー型チャンバの中へ注入するよう位置づけされた第 2 筐体と、

前記第 1 筐体に接合したセンサであって、前記センサと検査対象の構造体の間に接触媒質の液柱を維持する前記テーパー型チャンバの上に位置づけされたセンサを備える装置。

## (態様 2)

前記接触媒質が水を含む、態様 1 に記載の装置。

## (態様 3)

前記第 1 筐体及び前記第 2 筐体が Delrin (登録商標) を含む、態様 1 に記載の装置。

40

## (態様 4)

前記センサが超音波変換器を含む、態様 1 に記載の装置。

## (態様 5)

前記センサがアレイ配置された超音波変換器を含む、態様 1 に記載の装置。

## (態様 6)

前記第 1 筐体が、乱流が抑制された状態で前記接触媒質が前記内部チャンバから前記テーパー型チャンバへ流れることが可能になるように形成された出口をさらに画定する、態様 1 に記載の装置。

50

( 態 様 7 )

前記構造体が複合ハニカム構造体を含む、態様 1 に記載の装置。

( 態 様 8 )

前記センサが構造体の端部の上に位置づけされたときに、前記テーパー型チャンバが、前記センサと検査対象の構造体の間の接触媒質の液柱を維持する、態様 1 に記載の装置。

( 態 様 9 )

構造体を検査するための装置であって、

水の流れを受ける一以上の注入口を画定する上部筐体と、

テーパー型チャンバ及び内部チャンバを画定する下部筐体であって、前記内部チャンバが前記一以上の注入口を介して水を受け、前記水を前記テーパー型チャンバの中に注入するように位置づけされた下部筐体と、

前記上部筐体に接合した直線アレー変換器であって、直線アレー変換器が構造体の端部上に位置づけされたときに、前記直線アレー変換器と検査対象の構造体の間に水の液柱を維持する前記テーパー型チャンバの上に位置づけされた前記直線アレー変換器を備える装置。

( 態 様 10 )

前記上部筐体と前記下部筐体が D e l r i n ( 登録商標 ) を含む、態様 9 に記載の装置。

( 態 様 11 )

前記上部筐体が、乱流が抑制された状態で前記水が前記内部チャンバから前記テーパー型チャンバへ流れることが可能になるように形成された出口をさらに画定する、態様 9 に記載の装置。

( 態 様 12 )

前記構造体が複合ハニカム構造体を含む、態様 9 に記載の装置。

( 態 様 13 )

構造体の表面上にプローブを位置づけし、

表面の端部の上を含む表面に沿ってプローブを移動させ、

プローブを表面の端部上で移動させる間に、前記プローブと前記表面の間に接触媒質の液柱を実質的に維持するステップを含む、検査方法。

( 態 様 14 )

前記接触媒質が水を含む、態様 13 に記載の方法。

( 態 様 15 )

プローブを表面の端部上で移動させる間に、前記プローブと前記表面の間に接触媒質の液柱を実質的に維持するステップが、様々な位置で信号を構造体に送信し、構造体から信号を受信するステップを含む、態様 13 に記載の方法。

( 態 様 16 )

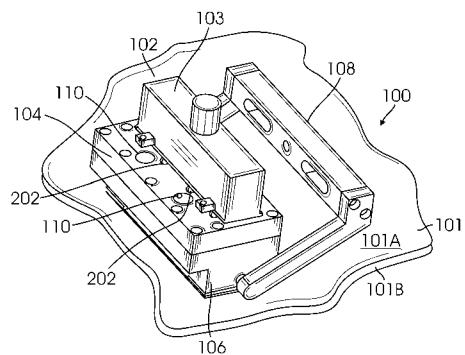
様々な位置が構造体の端部を含む、態様 15 に記載の方法。

10

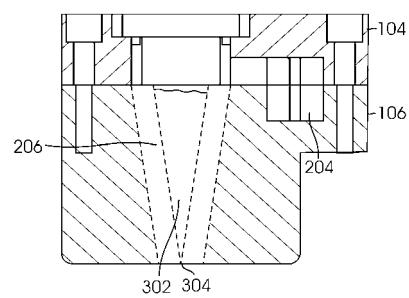
20

30

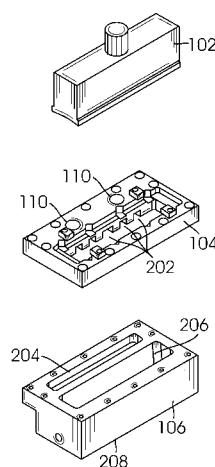
【図1】



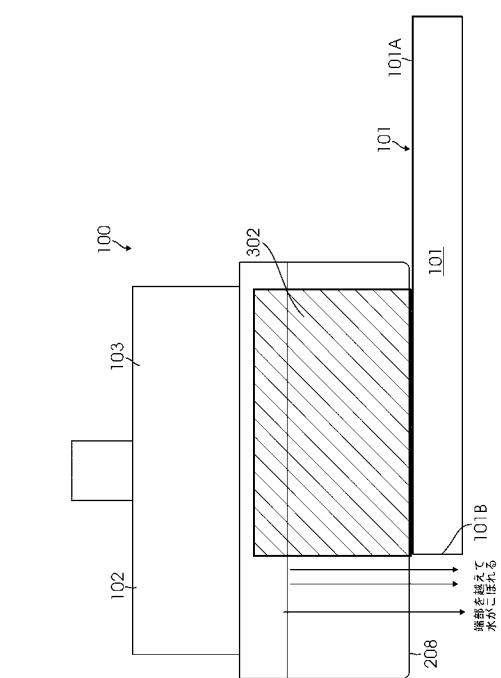
【図3】



【図2】



【図4】



---

フロントページの続き

審査官 比嘉 翔一

(56)参考文献 特開平07-113795(JP, A)  
特開2006-064698(JP, A)  
特表平06-502914(JP, A)  
実開平04-018358(JP, U)  
特開平09-325133(JP, A)  
特開昭63-263467(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 N 29/00 - 29/52  
G 01 B 17/00 - 17/08  
J S T P l u s ( J D r e a m I I )