(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5164843号
(P5164843)
(45)発行日　平成25年3月21日(2013.3.21)　(24)登録日　平成24年12月28日(2012.12.28)

(51)Int.Cl.　F I
G01N 29/26 (2006.01)　G01N 29/26 501

請求項の数 18 (全 14 頁)

(21)出願番号	特願2008-528174 (P2008-528174)
(86)(22)出願日	平成18年8月23日 (2006.8.23)
(65)公表番号	特表2009-506328 (P2009-506328A)
(43)公表日	平成21年2月12日 (2009.2.12)
(86)国際出願番号	PCT/US2006/033187
(87)国際公開番号	WO2007/025109
(87)国際公開日	平成19年3月1日 (2007.3.1)
審査請求日	平成21年2月20日 (2009.2.20)
(31)優先権主張番号	11/213,652
(32)優先日	平成17年8月26日 (2005.8.26)
(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　サル，デニス・ピィ
アメリカ合衆国、９８０４２－５９２３
ワシントン州、ケント、エス・イー・スリーハンドレッス・ストリート、１９９１９

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ラピッドプロトタイプ集積線形超音波変換器検査装置、システム、および方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
複合サンドイッチ構造の完全性および適合性を検査するための非破壊検査装置であって、
少なくとも１つの検査センサを支持および方向付けするための少なくとも１つの窪みを有するセンサホルダを含み、前記窪みは調整可能な位置合わせねじを有するよう構成され、前記位置合わせねじは、前記検査センサを前記位置合わせねじから前記窪みの反対の端に対して押付けることにより前記検査センサを前記窪みの長さに沿って固定することができ、前記センサホルダは前記複合サンドイッチ構造の湾曲した表面上を移動するように構成された、装置。
【請求項２】
前記センサホルダは、ハットストリンガーの少なくともある部分を検査およびその上を移動するために構成される、請求項１に記載の装置。
【請求項３】
前記センサホルダは、さらに複合サンドイッチ構造の手動検査のためのハンドルを規定する、請求項１に記載の装置。
【請求項４】
前記センサホルダはさらに調整可能な角部を有するように構成され、前記調整可能な角部は、前記位置合わせねじから前記窪みの反対の端に対して前記位置合わせねじによって検査センサの一端が固定される位置に対応する、前記センサホルダの凹角部の位置を前記

調整可能な角部が規定するように、前記位置合わせねじの位置と一致するよう再配置され得る、請求項１に記載の装置。

【請求項５】

前記センサホルダは、前記位置合わせねじが、前記調整可能な角部の位置を調整し得、かつ検査センサに対して前記角部を押付けることにより前記窪みの長さに沿って前記検査センサを固定し得るように、さらに構成される、請求項４に記載の装置。

【請求項６】

前記窪みは、前記検査センサを前記窪み内へ保持することにより、前記窪み内に位置する検査センサを固定し得る少なくとも１つの除去可能かつ調整可能なエンクロージャを有するよう構成される、請求項１に記載の装置。

【請求項７】

前記センサホルダはさらに、第１の検査センサを前記複合サンドイッチ構造に対して第１の角度で支持および方向付けするための第１の窪みを規定するよう構成され、これにより前記第１の窪みによって支持される検査センサが前記複合サンドイッチ構造の第１の部分を検査するのを可能とし、前記センサホルダはさらに、第２の検査センサを前記複合サンドイッチ構造に対して第２の角度で支持および方向付けするための第２の窪みを規定するよう構成され、これにより前記第２の窪みによって支持される検査センサが前記複合サンドイッチ構造の第２の部分を検査するのを可能とし、その間、前記センサホルダは前記複合サンドイッチ構造の前記第１および第２の部分の上を移動する、請求項１に記載の装置。

【請求項８】

前記センサホルダによって規定される窪みの中に配置され、前記窪みによって支持および方向付けされる少なくとも１つの検査センサをさらに含む、請求項１に記載の装置。

【請求項９】

流体マニフォルドと、前記流体マニフォルドに接続される流体入口とをさらに含み、前記流体入口は流体を前記流体マニフォルドの中へ注入するために構成され、前記センサホルダはさらに、前記少なくとも１つの窪みと前記複合サンドイッチ構造との間で、前記流体マニフォルドから流体の分散を可能とするために構成される、請求項１に記載の装置。

【請求項１０】

前記センサホルダは、前記流体マニフォルドを規定するようさらに構成される、請求項９に記載の装置。

【請求項１１】

前記センサホルダによって規定される窪みの中に配置される少なくとも１つの検査センサをさらに含み、前記流体マニフォルドは、前記検査センサと前記複合サンドイッチ構造との間で、前記流体マニフォルドから流体の分散を可能とするために構成される、請求項９に記載の装置。

【請求項１２】

検査中に前記複合サンドイッチ構造に対する前記検査装置の位置、速さ、方向、および速度といった特性のうち少なくとも１つを測定するために構成されるエンコーダをさらに含む、請求項１に記載の装置。

【請求項１３】

前記センサホルダを前記複合サンドイッチ構造の少なくとも前記第１の部分の上で動かし得る運動装置をさらに含み、前記運動装置は、前記センサホルダによって担持されるいずれのセンサホルダも、前記複合サンドイッチ構造の前記少なくとも第１の部分の検査のために前記複合サンドイッチ構造の上を横に動くように、前記少なくとも１つの窪みにおいて支持される前記少なくとも１つの検査センサの端から端までの向きに垂直な軸に沿って、前記複合サンドイッチ構造の上で前記センサホルダを動かすために構成される、請求項１に記載の装置。

【請求項１４】

前記運動装置は、ホイールが取付けられたモータを含む、請求項１３に記載の装置。

【請求項１５】
前記センサホルダは、複合サンドイッチ構造の手動検査のためのハンドルを規定するようさらに構成される、請求項１に記載の装置。
【請求項１６】
複合サンドイッチ構造の完全性および適合性を検査するための非破壊検査装置を作成する方法であって、前記方法は、
複合サンドイッチ構造の湾曲した表面上を移動するように構成されるセンサホルダのための電子設計モデルを作成するステップを含み、前記センサホルダの前記電子設計モデルは、少なくとも１つの非破壊検査センサを支持するための少なくとも１つの窪みを有し、前記窪みは調整可能な位置合わせねじを有するよう構成され、前記位置合わせねじは、前記検査センサを前記位置合わせねじから前記窪みの反対の端に対して押付けることにより前記検査センサを前記窪みの長さに沿って固定することができ、前記方法はさらに、
前記センサホルダのための前記電子設計モデルを用いて、前記センサホルダをラピッドプロトタイピングによって形成するステップを含む、方法。
【請求項１７】
前記センサホルダを形成する前記ステップは、立体リトグラフィによって材料の層を築き上げるステップを含む、請求項１６に記載の方法。
【請求項１８】
前記センサホルダの前記電子設計モデルはさらに、前記センサホルダによって規定される少なくとも１つの窪みに隣接する領域内へ、自身から流体を供給することを可能とするための流体マニフォルドを規定する、請求項１６に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願への相互参照
この出願は、米国特許６，７２２，２０２と、公開された米国特許出願ＵＳ－２００６－００５５３９９－Ａ１と、公開された米国特許出願ＵＳ－２００６－００５３８９２－Ａ１と、米国特許７，２４９，５１２とに関係付けられる。
【０００２】
発明の分野
この発明は、一般的には、構造を検査するための装置および方法に関し、より特定的には、この発明の実施例は、ラピッドプロトタイプ集積線形超音波変換器を用いて構造の非破壊検査を行うのための装置、システム、および方法に関する。
【背景技術】
【０００３】
背景
構造の非破壊検査（ＮＤＩ）は、構造に害を与えることなくまたは構造の大幅な分解を必要とすることなく、徹底的にその構造を点検することを含む。典型的には、非破壊検査は、検査のために部品を取外すことに関連付けられる日程、労働、およびコストを避け、かつ構造に損傷を与える可能性を避けるので好ましい。非破壊検査は、構造の外側および／または内側の徹底的な点検が必要とされる多くのアプリケーションにとって有利である。たとえば、航空機産業において、非破壊検査は一般的に、航空機構造を検査して、この構造におけるいかなる種類の内側または外側の損傷もしくは不具合（欠陥）を探すために用いられる。検査は、構造の製造時または完成した構造が実地試験を含む就航された後に行なわれてもよく、これにより製造の間ならびに就航時における現在の使用および将来の使用の間における構造の完全性および適合性を確認する。
【０００４】
定期的に非破壊的に試験される構造の中には複合構造があり、その例としては、カーボンファイバーで強化されたグラファイトエポキシ（Ｇｒ／Ｅｐ）材料から作られるハットストリンガーまたはハットスチフナならびに共硬化もしくは共接合されたハットストリン

ガーのような、起伏がつけられた表面を有する複合サンドイッチ構造ならびにその他の接着接合されたパネルおよびアセンブリおよび構造がある。これらの複合構造ならびにグラファイト材料を用いたもののような軽量な複合および接合材料に対するシフトによって、安全かつ信頼のおける利用のために、構造の完全性、製品品質、およびライフサイクルサポートを保証する装置および工程が入手可能であることが要求される。このように、構造の性能に悪影響を与え得るクラック、不連続、ボイド、または孔隙のような、いかなる不具合をも特定するよう、構造を検査することはしばしば望ましい。たとえば、コアの各側に接合される複合または金属の外板を有する、軽量ハニカムまたは発泡コア材料の１つ以上の層から概してなる複合サンドイッチ構造における典型的な不具合には、コアと外板との界面またはコアと埋め込まれた隔壁との間の界面で起こる剥離が含まれる。

【０００５】

さまざまなタイプのセンサが非破壊検査を行なうのに用いられ得る。１つ以上のセンサが、構造の点検されるべき部分の上を動き、この構造に関するデータを受信し得る。たとえば、構造における厚み検量、層流の不具合および孔隙の検出、および／またはクラックの検出のためのもののような、パルスエコー（ＰＥ）、透過法（ＴＴ）、またはせん断波センサが超音波データを得るよう用い得る。構造の接着接合線においてのような、ボイドまたは孔隙の検出を提供するよう、反響、パルスエコー、またはインピーダンスセンサが用い得る。航空機構造の高分解能検査は、一般的には、検査中の部品または構造の平面図画像を提供するよう、半自動化された超音波試験（ＵＴ）を用いて行なわれる。硬い積層およびある複合構造は一般的にワンサイドのパルスエコー超音波（ＰＥＵ)試験を用いて検査され、複合サンドイッチ構造は一般的に高分解能検査のために透過法超音波（ＴＴＵ)試験を用いて検査される。パルスエコー超音波（ＰＥＵ）試験において、超音波変換器のような超音波センサは、検査されるべき構造の一表面に隣接またはその近くに位置決めされる。たとえば、ＰＥＵ変換器は、検査中の構造内へと超音波信号を送信し、その構造から超音波信号の反射を受信する。透過法超音波検査においては、変換器同士、または変換器および受信センサのような超音波センサは、その他方と向き合いながらも構造の対向する側に接触するよう位置決めされる。超音波信号は、少なくとも１つの変換器によって送信され、その構造を通って伝搬され、他方の変換器に受信される。センサによって取得されるデータは典型的には処理され、次いで、受信した信号の振幅のグラフとしてディスプレイを介してユーザへと提供される。データ取得ボードおよびデータ取扱ソフトウェアを、資格のある検査官による点検を可能にするよう、ハットストリンガーのような検査中の構造の画像表現としてデータをコンピュータモニタ上に表示するといったように、検査についての対応する色および／またはグラフィックデータで補われた、検査データの収集および表示のために用いてもよい。

【０００６】

非破壊超音波試験はしばしば、検査装置と構造との間に水を泡立てるといったような、変換器または変換器アレイから検査中の構造の表面へと超音波信号を結合することを含む。硬い積層はワンサイドのパルスエコー超音波（ＰＥＵ）試験を用いて検査され得、接合線厚みはワンサイドのパルスエコー超音波試験を用いて測定され得る。その一方、複合サンドイッチ構造は典型的には高分解能検査のために透過法超音波（ＴＴＵ）試験を必要とする。透過法超音波検査においては、変換器同士、または変換器および受信センサのような超音波センサが、他方と向き合いながらも、複合材料の対向表面のような、検査されるべき構造の対向する側に接触するよう位置決めされる。超音波信号は、少なくとも１つの変換器によって送信され、その構造を通って伝搬され、他方の変換器に受信される。ＰＥＵおよびＴＴＵ変換器のようなセンサによって取得されるデータは、典型的には処理素子によって処理され、処理されたデータはディスプレイを介してユーザへと提供され得る。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

非破壊検査は、適切なセンサを構造の上で動かす技術者によって手動で行ない得る。一

般的には手動でのスキャニングは、訓練を受けた技術者がセンサを保持し、この構造におけるすべての所望の部分をセンサが確実に試験し得るよう構造に沿ってセンサを動かすことからなる。多くの場所において、技術者はセンサをある方向において端から端まで繰返し動かしつつ、同時に別の方向にセンサをインデックス付けしなければならない。構造の傍に立つ技術者の場合、技術者はセンサを右そして左に動かし、また戻し、その一方で各通路の間でセンサをインデックス付けをするということを繰返すかもしれない。さらに、センサは典型的には位置情報を取得されたデータと関連付けないので、手動で構造をスキャニングしているのと同じ技術者が、不具合があるとすればこの構造のどこにあるのかを判断するよう、構造をスキャニングしながらセンサのディスプレイを見なければならない。したがって、検査品質は、センサの動きに関するものだけではなく、表示されたデータを解釈することにおける技術者の注意深さといった技術者の能力に大部分を依存する。

【０００８】

半自動化された検査システムは、手動検査技術の欠点のいくつかを乗り越えるよう開発されてきた。たとえば、モバイル・オートメーテッド・スキャナ（ＭＡＵＳ（登録商標））システムは、超音波検査に典型的に適合される固定されたフレームと１つ以上の自動化されたスキャニングヘッドとを一般的に用いる携帯スキャニングシステムである。ＭＡＵＳシステムは、パルスエコー、せん断波、および透過法センサとともに用い得る。この固定されたフレームは、検査されるべき構造の表面に、真空吸着カップ、磁石、または同様の固定方法によって取付けられ得る。より小さいＭＡＵＳシステムは、技術者によって構造の表面の上を手動で動かされる携帯可能なユニットであり得る。しかしながら、透過法超音波検査のためには、半自動化された検査システムは構造の両側へのアクセスを必要とし、そのため自動化されたスキャンヘッドの制御のために固定されたフレームを用いる半自動化されたシステムにとっては特に、不可能でないにしても、少なくともある状況においては問題となるであろう。

【０００９】

自動化された検査システムも、手動および半自動化された検査技術の代替物として開発されてきた。パルスエコー超音波検査のようなシングルサイドの検査方法では、ミシガン（Michigan）のロチェスターヒルズ（Rochester Hills）のＦＡＮＵＣロボティックス（FANUC Robotics)からのＲ－２０００ｉＡ™シリーズ６軸ロボットまたはスイスのチューリッヒ（Zurich）のＡＢＢリミテッド（ABB Ltd.）からのＩＲＢ６６００ロボットのような一本腕のロボット装置が、パルスエコー超音波検査装置を位置決めおよび動かすのに用いられ得る。透過法検査の場合、オートメイティッド・ウルトラソニック・スキャニング・システム（ＡＵＳＳ（登録商標））のシステムが用いられ得る。このＡＵＳＳシステムは、検査中の構造における対向する表面に隣接して位置決めされ得る２つのロボット制御されたプローブアームを有する。一方のプローブアームは、超音波送信機を構造の一表面に沿って動かし、他方のプローブアームは、それに対応して、構造におけるその対向する表面に沿って超音波受信機を動かす。したがって、透過法超音波検査のためには、ＡＵＳＳ－Ｘシステムのような従来の自動化されたスキャニングシステムは、構造の両側へのアクセスを必要とし、そのため特にとても大きいまたは小さい構造にとって、不可能でないにしても、少なくともある状況においては問題となるであろう。送信機および受信機を、互いに対しておよび検査中の構造に対して適切に位置合わせがされ、かつそれらに対して適切に空間があるのを維持するよう、ＡＵＳＳ－Ｘシステムは、１０軸における運動制御を提供する複雑な位置決めシステムを有する。さらに、ＡＵＳＳシステムはパルスエコー検査および同時二重周波数検査を行ない得る。

【００１０】

構造の検査を行なう速度を増すよう、スキャニングシステムは、検査センサのアレイ、すなわち送信機および／または検出器のアレイを含み得る。これによって、構造の検査はさらに早く効率的に進展し得、これにより検査に関連付けられるコストを削減する。同様に、スキャニングシステムは線形超音波変換器（無順序またはマトリックスアレイと比較して、線形アレイ変換器とも言う）を含み得る。しかしながら、典型的には、各構造およ

び検査アプリケーションは、変換器の位置合わせ（構造の表面に対する位置および向き）および構造を網羅するスキャニングを提供するよう設計される対応する変換器または変換器アレイを必要とする。従来では、異なる構造ならびに異なる大きさおよび構成の構造をスキャニングするために特別な検査装置が製造される。特定の構造をスキャニングするための１つ以上の線形検査センサを用いる検査装置の設計においては、構造の表面に対して検査センサを適切に位置合わせすることを保証し、構造を網羅するスキャニングを保証することが必要とされる。たとえば、平坦および湾曲した表面、ならびに凸端や凹角のような放射状の外観を含む構造の外観に対して考慮がなされなければならない。

【００１１】

従来では、各検査用途に特化した検査装置を製造するには、これら特化した検査装置を設計および構築するのにかなりの時間ならびに財源および人的資源が必要とされる。さらに従来では、各特化された検査装置は、１つの構造を検査するためだけに設計され、その構造を検査する能力だけがあり、典型的には、異なる大きさの構造に、または、異なる大きさの線形検査センサを利用する異なる検査アプリケーションに適応させることができない。

【００１２】

したがって、構造を検査するための改善された非破壊検査装置、システム、および方法に対する必要性が存在する。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

発明の概要

１つ以上の線形検査センサを用いて複数の側および／または検査が難しい外観を有する構造を検査するといったような、構造を検査するための改善された装置、システム、および方法が提供される。それらは、立体リトグラフィのようなラピッドプロトタイピングから製造されたセンサホルダを用い、構造、特定的にはハットストリンガーのような構造の検査のために位置合わせされる線形検査センサを支持するよう構成される。この発明の方法の実施例は、個々の検査センサのアレイではなく線形検査センサ（線形アレイ検査センサとも言う）で構造を検査するための特定の検査装置を製造する高速かつ効率的な方法を提供する。

【００１４】

この発明の別の局面に従えば、線形パルスエコー超音波センサのような、この発明の実施例の装置およびシステムの線形検査センサの間で超音波信号の結合を促進させるよう、線形検査センサと検査中の構造のそれぞれの表面との間に接触媒質を配置してもよい。この発明に従った検査装置の実施例の装置は、線形検査センサの超音波信号を構造へ結合するよう、線形検査センサと構造の表面との間に流体接触媒質を与え得る流体マニフォルドを有利に含んでもよい。

【００１５】

この発明の別の局面に従えば、構造の検査のために位置合わせされる線形検査センサを支持するよう構成される検査装置のような、１つ以上の線形検査センサで構造を検査するための特定の検査装置を製造するための方法が提供される。

【００１６】

この発明のこれらおよびその他の特徴ならびにさらなる詳細は、これらおよびその他の実施例を参照して、詳細な説明においてさらに記載される。

【００１７】

このように一般用語においてこの発明を記載してきたが、以下、必ずしも尺度決めされていない添付の図面が参照される。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１８】

詳細な説明

添付の図面を参照して、この発明をより詳細に記載する。すべてではなく、いくつかの

この発明の実施例が示される。この発明は、多くの異なる形態に具現化されてもよく、記載された実施例に限定されるように解釈されるべきではない。同様の番号および変数は、これら図面を通して同様の要素およびパラメータを指す。

【００１９】

ここで、この発明の実施例はパルスエコー超音波（ＰＥＵ）非破壊検査を参照して記載され、典型的には線形パルスエコー超音波非破壊検査センサとともに用いられるが、この発明の実施例は、ワンサイドの検査方法に限定されず、透過法超音波検査を含む（ただし限定はない）他の検査方法のために用いられてもよい。たとえば、複雑な構成を有するハットストリンガーおよびその他の構造の検査は、パルスエコー超音波検査のようなワンサイドの検査方法を用いるこの発明の実施例を用いてより簡単に検査され得る。しかしながら、透過法超音波検査のために、この発明の実施例を磁気的に結合された検査プローブにおいて用いてもよい。

【００２０】

ここで、ハットストリンガー、特に航空機の機体用の複合ハットストリンガーの検査について、この発明のラピッドプロトタイプ集積線形超音波変換器検査装置、システム、および方法の実施例を記載する。しかしながら、これら装置、システム、および方法は、検査するのが難しい幾何学的構成および／または遠く離れた位置を有する他の複合構造を含む（ただし限定はない）、ハットストリンガー以外の非破壊検査を必要とする構造および同様のアプリケーションにも用いられてもよい。この発明の装置、システム、および方法の実施例は、技術者が行う手動の手作業によるスキャニングのために用いられてもよく、または半自動または自動ロボット運動制御システムを用いて用いられてもよく、さらに公開された米国特許出願ＵＳ－２００６－００５５３９９－Ａ１と、公開された米国特許出願ＵＳ－２００６－００５３８９２－Ａ１と、米国特許７，２４９，５１２における磁気的に結合されたプローブを参照して記載されるもののような磁気結合を用いて用いられてもよいであろう。この発明の実施例の１つの利点は、ハットストリンガーのマルチサイドの表面のような検査されるべき構造の対応する形状および外観に従って、特定の検査用途のための特定の形状を有する検査装置を作成することが、ラピッドプロトタイピングによって可能となることである。したがって、この発明に従った装置およびシステムの実施例は、異なるハットストリンガー設計形状、大きさ、および部品厚みの変化のような、構造の形状、大きさ、およびその他の特性の変動に対応するよう設計および製造され得る。線形超音波変換器を支持するための検出装置のラピッドプロトタイプ構造は、ここではセンサホルダとして言及される。

【００２１】

この発明に従った装置の実施例は、構造の少なくともある部分が角、端、溝、もしくは凸または凹表面のような非平面の表面といった湾曲した外観を含む場合、この構造の表面の少なくともある部分の形状に対応する、センサホルダの表面側（検査中に構造に隣接および／または乗る装置の部分）を有するよう設計されてもよい。たとえば、検査すべき構造が凹形状を有するならば、装置の表面側は、この構造の凹形状に合う凸形状を有するよう設計されてもよい。同様に、検査すべき構造がハットストリンガーの場合、この装置はハットストリンガーの形状、大きさ、および角の角度に対応するよう設計されてもよい。たとえば、ハットストリンガーのサイドウェブを検査するよう設計される装置は、その構造に適合するよう設計（形決め、サイズ決め、など）されてもよく、これにより、ハットストリンガーのサイドウェブを網羅する検査を提供するよう位置合わせされた線形変換器を支持する。たとえば、この装置は、ハットストリンガーのトップキャップとサイドウェブとの間の角のうち１つ以上、およびハットストリンガーのサイドウェブと上部構造にハットストリンガーが取付けられるところとの間の角のうち１つ以上とそれぞれ一致する１つ以上の凹または凸角を含んでもよい。図１～図５に示されるこの発明の実施例の検査装置は、ハットストリンガーのトップキャップとサイドウェブとの間の２つの角と一致する２つの凹角を含み、ハットストリンガーのサイドウェブと上部構造にハットストリンガーが結合するところとの間の角に一致する１つの凸角とを含む。図６～図９に示されるこの

発明の実施例の検査装置は、２つの凹角および２つの凸角を含む。図１０～図１２に示されるこの発明の実施例の検査装置は、１つの凹角および２つの凸角を含む。

【００２２】

この発明に従ったセンサホルダの設計および使用により、線形検査センサを用いて構造を完全に網羅する検査が可能となる。線形検査センサは、Ｙ軸をスキャニングしている際はＸ軸は固定位置にあるといったように、一次元においてのみ検査を行なう。しかしながら、この発明に従ったセンサホルダを用いることにより、完全に網羅する検査が可能となる。ハットストリンガーの幅にわたって線形検査センサを置き、次いでハットストリンガーの長さに沿って線形検査センサを通過させるといったような特定のパターンでスキャニングを行なうことにより、完全に網羅する検査が達成され得る。

【００２３】

この発明の実施例の検査装置と特に検査装置のセンサホルダとは、検査されるべき構造の形状および大きさに対応するよう設計される。たとえば、図１～図５、図６～図９、および図１０～図１２に示される検査装置１０、２１０、および３１０は、ハットストリンガーのウェブサイドおよびトップキャップの検査のために意図される。たとえば、検査装置１０および２１０のセンサホルダ１２および２１２は、各々、ハットストリンガーのトップキャップおよび／またはウェブサイドを検査するために、ハットストリンガー構造の少なくともある部分の上を移動するために設計される。検査装置３１０のセンサホルダ３１２は、ハットストリンガーのウェブサイドまたはトップキャップのいずれかの上を移動し、それを検査するために構成される。検査装置１０、２１０、３１０は各々、ハットストリンガーのウェブサイドートップキャップの交差の角の角度、および／またはハットストリンガーのウェブサイドと構造の外板との間の溝に対応する凹角および／または凸角を有する。同様に、検査装置１０、２１０、３１０は、各々、ハットストリンガーのウェブサイドおよび／またはキャップトップの上を移動するために設計される平坦な表面側部分を有するよう設計される。検査装置１０、２１０、３１０の間の１つの共通点は、各々が、溝において角に沿って動くまたは検査中の構造の別の固定部分に対して動くために少なくとも１つの方向付け角を含むことである。これにより、照会のために、ハットストリンガーまたは他の構造と検査装置との間に方向付けを提供し、検査動作に一貫性を提供する。

【００２４】

この発明の実施例は、１つの部品としてまたは組立てられる複数の部品において、ラピッドプロトタイプによって製造されてもよい。たとえば、１つの装置ならば、（ｉ）線形検査センサを支持するための長方形のセンサ窪みと、（ii）手動検査作業および検査装置を扱うためのハンドルと、（iii）光学シャフトエンコーダのようなエンコーダを支持するための構造ホルダと、（iv）線形検査センサの超音波信号を構造に結合させるよう、流体入口から線形検査センサと構造との間の領域への流体の流れを提供するための流体マニフォルド窪みとを有するよう製造されてもよい。代替的には、たとえば、装置における組立てられ得る個々の部品が製造されてもよい。この発明の実施例の検査装置と特にセンサホルダとは、ラピッドプロトタイピング（ＲＰ、高速製造（rapid manufacturing）、固体自由形状製造(solid free-form fabrication)、コンピュータ自動化製造(computer automated manufacturing)、および積層造形法(layered manufacturing)としても知られる）によって有利に製造され得る。ラピッドプロトタイピングは、紫外線光（たとえば、各層をトレースする低出力の集中ＵＶレーザ）に晒されると固まる液状の感光性ポリマー（たとえば液状エポキシまたはアクリレート樹脂）から３次元の最終生産物を製造する立体リトグラフィのように、電子設計モデルを、最終生産物を製造するよう物理的に築き上げられる電子層へとスライスすることを含む。立体リトグラフィは、ハル（Hull)によるものであって、カリフォルニア（California）のバレンシア（Valencia）の３Ｄシステムズインコーポレーション（3D Systems Inc.）に譲渡された米国特許番号４，５７５，３３０にさらに記載される。シート積層造形（laminated object manufacturing）、粉末焼結積層法（selective laser sintering）、熱溶解積層法（fused deposition modeling）、ソ

リッドグランド硬化（solid ground curing）、および３Ｄインクジェットプリンティング（3D inkject printing）のような、他のタイプのラピッドプロトタイピングも可能である。ラピッドプロトタイピングはツーリングを必要としない。なぜならば、最終生産物は電子設計モデル、典型的にはＣＡＤモデルから直接製造されるからである。ラピッドプロトタイピングはツーリングを必要としないので、ラピッドプロトタイピングは、特定の検査装置を製造する比較的安価で速い方法を提供する。ラピッドプロトタイピングは特に特定の検査装置にとって有利である、なぜならばＣＡＤモデルは検査されるべき構造に対応する特定のアプリケーション用に作られ得、それに対応する検査装置が作られ得るからである。たとえ検査されるべき構造が珍しい形状または表面輪郭を有していても、この発明の実施例は、特定の検査アプリケーションのために具体的に設計されつつ、それでも比較的少ない時間かつ比較的低コストで作られ得る。

【００２５】

図１～図５は、この発明の実施例に従った検査装置１０を示す。図１は、検査装置１０の側面斜視図である。図３は、検査装置１０の上面および側面アングルの斜視図である。図４は、図３のアングルの反対である、検査装置１０の上面および側面アングルの斜視図である。図５は、この検査装置１０の上面斜視図である。図２は、検査装置１０がハットストリンガー４のウェブサイド６およびキャップトップ８の検査動作のために用いられるかもしれない場合における、ハットストリンガー４の上に配置される検査装置１０を示す。

【００２６】

検査装置１０は２つの線形変換器４０、４１を含む。この線形変換器４０、４１は、一方の線形変換器４０がハットストリンガー４のウェブサイド６を検査するよう方向付けされ、他方の線形変換器４１がハットストリンガー４のトップキャップ８を検査するよう方向付けされる態様で、検査装置１０におけるラピッドプロトタイプで作られたセンサホルダ１２によって支持される。センサホルダ１２は、線形変換器４０、４１が中に固定される長方形の窪みを、センサホルダ１２にねじで止められるＵ字形をしたホルダ（変換器支持部）４２、４３のようなものによって、規定する。センサホルダは、異なる形状および大きさの検査構造に対する調整を可能とするよう構成されてもよい。たとえば、図１～図５のセンサホルダ１２は調整可能な角部６４を含み、この調整可能な角部６４は、調整可能な角部６４が位置合わせねじ６６の長さに沿って動くのを制御する位置合わせねじ６６の回転を調整するよう位置決めされる。同様に、Ｕ字形をしたホルダ４２、４３および長方形の窪みは、線形変換器４０、４１の位置調整すること、および線形変換器４０、４１を幅がより広いウェブサイド部または幅がより広いトップキャップ部を有するハットストリンガーを検査するためのより長い線形変換器のような異なる長さの線形変換器と取替えることを可能とするよう構成される。

【００２７】

検査装置は、検査中の構造のそれぞれの表面に面する検査装置のセンサホルダの面または表面から外側に延在する、ローラベアリング６０、６１、６２またはスキッドのような接触部材をさらに含んでもよい。ローラベアリング、ボールベアリング、流体ベアリング、またはスキッドなどのようなさまざまなタイプの接触部材が用いられ得る。スキッドは、検査中の構造の表面との接触のために、かつそこを横切る平行運動を提供するよう、スキッドの表面の上に、デラウェア州(Delaware)、ウィルミントン（Wilmington)のＥ．Ｉ．デュポンヌムール社（E.I.DuPond Nemours & Company）から入手可能なテフロン（登録商標）材料を含んでもよい。スキッドは、最初に構造の上に検査装置を置く際、試験下の構造の表面の破損または損傷を防ぐのに有益であり得る。ウォーターベアリングおよびエアーベアリングのような流体ベアリングは、検査中の構造に対して検査装置の間隔および方向付けを維持するよう用い得る。ベアリングおよびスキッドなどは、プローブを水圧浮揚または静水圧ベアリングを用いて構造の表面との接触から離すといったような、検査装置と検査中の構造の表面との間の摩擦を減らすよう用い得る。接触部材の使用により、構造の表面の上において検査装置のスムーズな平行移動を提供し得、これにより、検査装置

は意図する方向を維持し、検査センサの位置合わせを維持し、表面の大きさ、スムーズさ、または平坦さに関わらず、検査装置を簡単に進ませるのが可能になるといったように表面の連続するスキャニングが可能となる。さらに、検査装置と構造の表面との間にスキッドまたは流体ベアリングの使用すれば、柔らかい外板の引っかき傷または外板のパネルのへこみを防ぎ得る。

【００２８】

超音波検査動作のために、水または空気のような流体が、検査装置内において、１つ以上の供給ラインを通じ、流体入口を介して、検査装置中を流体が流れることを可能とする規定されたチャンネルもしくはマニフォルド、中心キャビティ、または同様の開口部のような１つ以上の窪みの中へと供給され得、検査装置および特定的にはそれによって支持される検査センサと構造との間にこの流体を分散させる。これにより、検査センサと構造との間で試験信号を結合する。この工程は流体結合として知られる。一般的には、超音波検査信号のＳ／Ｎ比に悪影響を及ぼすかもしれない泡、キャビテーション、または乱流なしに、検査センサと構造との間にスムーズに流体が流れるよう試みがなされる。検査装置１０は、検査装置１０に流体接触媒質を届けるよう流体供給ラインが接続され得る流体入口５０、５１を含む。この流体入口５０、５１は、流体接触媒質を流体入口５０、５１から線形変換器４０、４１とハットストリンガー４のウェブサイド６およびキャップトップ８のような検査中の構造との間の領域へと通すよう構成される、センサホルダ１２内の内部流体マニフォルドに接続される。

【００２９】

検査装置１０は、検査されているハットストリンガー４に対する検査装置１０の運動または位置情報を記録するために、ホイール３１を有する光学シャフトエンコーダ（ＯＳＥ）または線形エンコーダ３０をさらに含む。光学シャフトエンコーダ３０およびホイール３１は、ハットストリンガー４のウェブサイド６に近接して構造に沿って移動することにより動作するよう検査装置に搭載される。しかしながら、代替的な実施例では、図１０～図１２の実施例において示されるように、ハットストリンガーのウェブサイドまたはトップキャップに沿うような異なる場所で動作するよう方向付けされ、ならびに／または異なる高さおよび／もしくは大きさを有するハットストリンガーのような異なる構造の検査に必要とされるように調整を可能にする態様で搭載されるエンコーダを用いてもよい。光学シャフトエンコーダ３０のためのホイールアタッチメント３１の使用と同様に、この発明に従った検査装置の他の実施例は、検査のために検査装置を構造に沿って半自動または自動で動かすよう、駆動モータまたは同様の自動化された駆動機構とともに用いてもよい。代替的には、磁気結合されたクローラまたは運動制御されたロボットアームを、検査のために構造に沿って検査装置を動かすことを制御するよう用いてもよい。

【００３０】

図６～図９は、この発明の別の実施例の検査装置２１０を示す。図１～図５の実施例との比較すると、図６～図９の検査装置２１０は、ハットストリンガー２０４のキャップトップ２０８と接触およびそれに沿って動くホイール２３１に対して方向付けされる光学シャフトエンコーダ２３０を含む。さらに検査装置２１０は、より広いキャップトップを有するハットストリンガーを検査するために、図９の分離部２６８によって示されるように分離し得るセグメント化された部分２１３、２１４をセンサホルダ２１２が有するよう構成されるという点において、図１～図５の検査装置と異なる。代替的には、このセグメント化された部分２１３、２１４は、キャップトップとウェブサイドとの間で異なる角度を有するハットストリンガーを検査するために、異なるセグメント化された部分と交換されてもよい。センサホルダ２１２の主要部分、光学シャフトエンコーダ２３０、およびホイール２３１は、ハットストリンガーのキャップトップ表面に対して方向付けされるように変化されないままであり、ハットストリンガーのキャップトップはハットストリンガーの幅、高さ、角度などに関わらず一定のままとなる。光学シャフトエンコーダ２３０のホイール２３１と同様の態様および方向付けで、駆動モータまたは同様の自動化された駆動機構が、半自動化または自動化された検査動作のために、ハットストリンガーに沿って検査

装置２１０を動かすよう検査装置２１０に取付けられてもよい。図１～図５の実施例とは違い、図６～図９の検査装置２１０は平坦な変換器支持部２４２を用いる。窪みの上部開口部に対して除去可能および調整可能なエンクロージャを提供する変換器支持部を含む（ただしこれらには限定されない）さまざまなタイプの変換器支持部が、この発明に従った検査装置の他の実施例とともに用いられてもよい。これにより、窪み内に線形変換器を固定し得るが、窪みから線形変換器を抽出するために変換器支持部を除去することを可能とする。

【００３１】

図１０～図１２は、この発明のさらに別の実施例の検査装置３１０を示す。検査装置３１０は、図１～図５および図６～図９の検査装置１０、２１０よりも小さく簡素な、この発明に従った装置のバージョンである。この検査装置３１０は、ハットストリンガーのさまざまな大きさのウェブサイドおよびキャップトップの検査のために構成され、そのために用いられてもよい。図１～図５および図６～図９の検査装置１０、２１０と同様に、検査装置３１０は、線形変換器３４０、変換器支持部３４２、流体入口３５１、およびローラベアリング３６１、３６２を含む。さらに検査装置３１０は、線形変換器３４０の一端と検査動作のための基準位置とが対応し、かつ線形変換器３４０が構造のスキャニングをこの基準位置において始めて線形変換器３４０の長さに沿って続けるように線形変換器３４０の一端がこの基準位置に対応する既知の位置に位置することになるように、線形変換器３４０を長方形の窪みの端に対して押すための変換器位置決めねじ３４３を含む。

【００３２】

前述したように、この発明の実施例は、技師が構造に沿って検査装置をスライドさせる場合でのような手動スキャニング動作において用いられてもよく、または半自動化または自動化されたスキャニング動作において用いられてもよい。さらに、前述したように、この発明の実施例のセンサホルダは、線形変換器を用いてスキャニングされるべき構造の同等に変化がある構成に合うように、さまざまな構成において作られてもよく、および／または形決めされたもしくはサイズ決めされた１つより多い構造の上でセンサホルダを使用することを可能とするよう調整可能であるかもしくは交換可能な部分を有してもよい。

【００３３】

さらに、この発明の実施例のセンサホルダおよび検査装置は、ハットストリンガーのウェブサイドまたはキャップトップをスキャニングするために用いられてもよい図１０～図１２の実施例のように、構造の複数の箇所の検査のために用いてもよく、および／またはハットストリンガーのウェブサイドおよびキャップトップの両方のすべてまたはある部分の検査のために用いられてもよい図１～図５の実施例のように、構造の異なる部分の同時検査のために複数の線形変換器とともに用いられてもよい。

【００３４】

この発明は特定の開示された実施例に限定されるべきではなく、この発明の修正例および他の実施例は特許請求の範囲内に含まれると意図される。特定の用語は限定を目的としたものではなく、一般的かつ記述的な意味において用いられる。

【図面の簡単な説明】

【００３５】

【図１】ハットストリンガーを検査するための、この発明の実施例の検査装置の斜視図である。

【図２】図１の検査装置の別の図である。

【図３】図１の検査装置のさらに別の図である。

【図４】図１の検査装置のさらに別の図である。

【図５】図１の検査装置のさらに別の図である。

【図６】ハットストリンガーを検査するための、この発明の別の実施例の検査装置の斜視図である。

【図７】図６の検査装置の概略図の上面平面図である。

【図８】図６の検査装置の概略図の側面立面図である。

【図９】図６の検査装置の概略図の正面立面図である。
【図１０】ハットストリンガーを検査するための、この発明のさらに別の実施例の検査装置の斜視図である。
【図１１】図１０の検査装置のさらに別の図である。
【図１２】図１１の検査装置のさらに別の図である。

【図１】

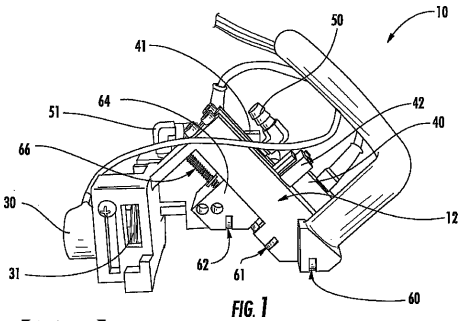

FIG. 1

【図２】

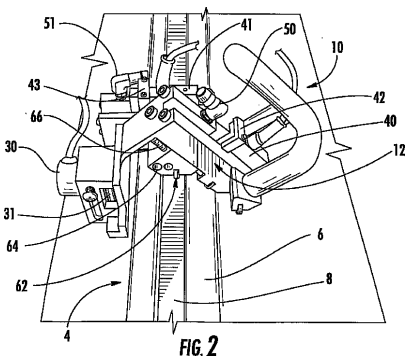

FIG. 2

【図３】

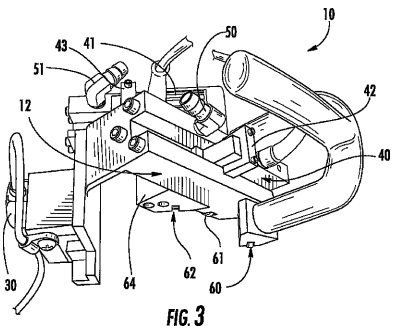

FIG. 3

【図４】

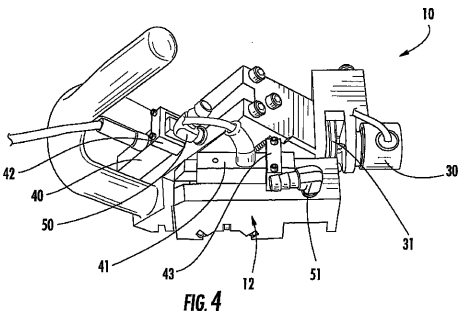

FIG. 4

【図５】

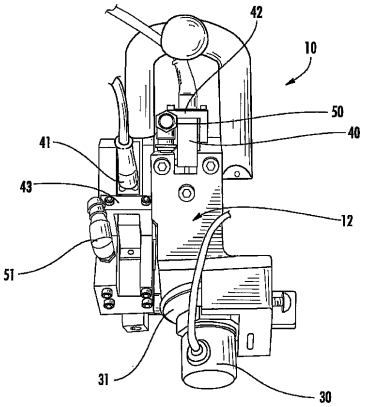

FIG. 5

【図６】

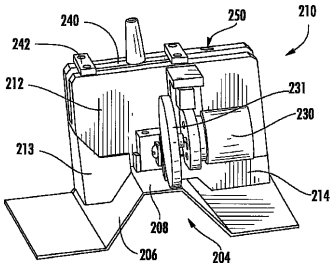

FIG. 6

【図７】

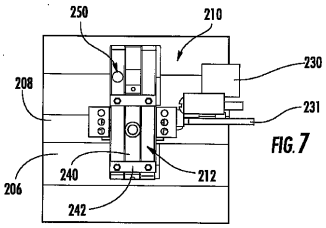

FIG. 7

【図８】

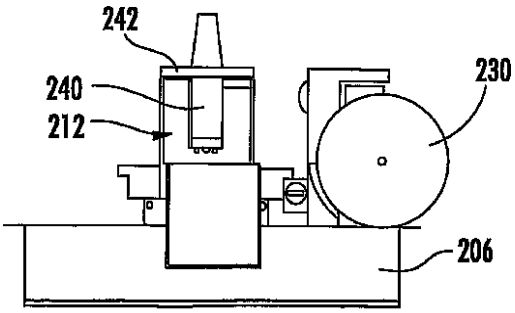

FIG. 8

【図９】

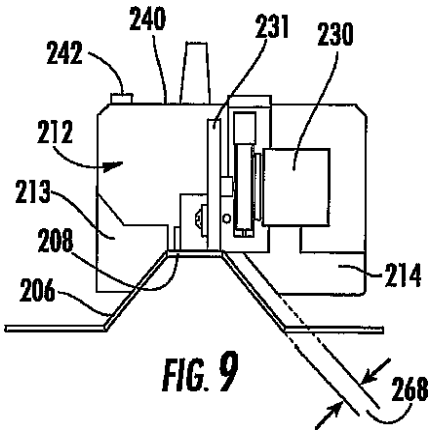

FIG. 9

【図１０】

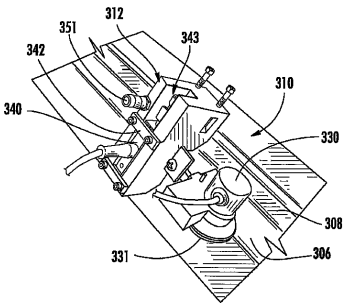

FIG. 10

【図１１】

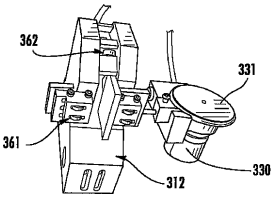

FIG. 11

【図１２】

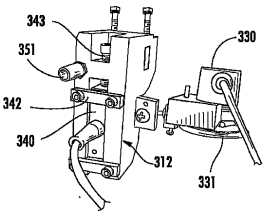

FIG. 12

フロントページの続き

(72)発明者　ブーイ，ヒエン・ティ
アメリカ合衆国、９８０３０　ワシントン州、ケント、マリオン・プレイス、８２２

審査官　森口　正治

(56)参考文献　特開平０３－０６５６４６（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－０９５２５５（ＪＰ，Ａ）
実開平０５－０６２８５６（ＪＰ，Ｕ）
特開平０１－１１９７５９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３５２１８７（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０８２７７１（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－２７０２２４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０２１８１３（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０８２２０６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G01N　29/26