

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6307429号
(P6307429)

(45) 発行日 平成30年4月4日(2018.4.4)

(24) 登録日 平成30年3月16日(2018.3.16)

(51) Int.Cl.

F 1

GO 1 N 27/00	(2006.01)	GO 1 N 27/00	Z
B 6 4 F 5/10	(2017.01)	B 6 4 F 5/10	
GO 1 N 29/04	(2006.01)	GO 1 N 29/04	

請求項の数 11 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-505133 (P2014-505133)
(86) (22) 出願日	平成24年2月9日(2012.2.9)
(65) 公表番号	特表2014-515825 (P2014-515825A)
(43) 公表日	平成26年7月3日(2014.7.3)
(86) 國際出願番号	PCT/US2012/024425
(87) 國際公開番号	W02012/141779
(87) 國際公開日	平成24年10月18日(2012.10.18)
審査請求日	平成27年2月9日(2015.2.9)
審判番号	不服2016-14023 (P2016-14023/J1)
審判請求日	平成28年9月20日(2016.9.20)
(31) 優先権主張番号	13/085,450
(32) 優先日	平成23年4月12日(2011.4.12)
(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、60606-2016 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	110002077 園田・小林特許業務法人
(72) 発明者	イン、ジョンボム アメリカ合衆国 ワシントン 98004 , ベルビュー, ノースイースト 9番 プレイス 10650 2122番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】接着の完全性を監視するシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

接着構造体(34)または複合材板状構造体(102)の硬化接着ライン(32)の内部における接着の完全性を監視するシステム(30; 100)であって、該システムは：硬化接着ライン(32)を有する接着構造体(34)または複合材板状構造体(102)であって、前記硬化接着ライン(32)が：

接着剤層(52)と、

前記接着剤層(52)と一体化されるスクリムプライ層(58)と、

前記スクリムプライ層(58)と一体化される電力センサ網(64)と、を含む、前記接着構造体(34)または複合材板状構造体(102)と、

電力を前記電力センサ網(64)に供給する電力供給装置(74; 116)と、

データを前記電力センサ網(64)から取り出し、そして処理するデジタルデータ通信ネットワーク(76; 118)と、を備え、

前記電力センサ網(64)は、前記硬化接着ライン(32)の内部における接着の完全性を、前記硬化接着ライン(32)の内部において測定される歪み状態の変化により、要求に応じて監視し、

前記電力センサ網(64)は、圧電センサ群であって、前記スクリムプライ層(58)に一体化されまたは前記スクリムプライ層の上に取り付けられ、かつ網状格子パターン(68; 72)を前記スクリムプライ層(58)にわたって形成する、圧電センサ群を有する、システム(30; 100)。

10

20

【請求項 2】

前記接着構造体(34)は、複合材料、金属材料、または複合材料及び金属材料の組み合わせにより形成される第1構造(36)を含み、該第1構造は、複合材料、金属材料、または複合材料及び金属材料の組み合わせにより形成される第2構造(42)に接着される、請求項1に記載のシステム(30；100)。

【請求項 3】

前記接着剤層(52)は、エポキシ接着剤、ポリウレタン接着剤、及び変性アクリレート系接着剤を含むグループから選択される材料を含む、請求項1に記載のシステム(30；100)。

【請求項 4】

前記スクリムプライ層(58)は、ナイロン纖維材料、ポリエステル纖維材料、及びガラス纖維材料を含むグループから選択される材料を含む、請求項1に記載のシステム(30；100)。

【請求項 5】

前記スクリムプライ層(58)は多機能層であり、接着剤層(52)及び接着ライン監視システムの両方として機能する、請求項1に記載のシステム(30；100)。

【請求項 6】

前記電力供給装置(74；116)及び前記デジタルデータ通信ネットワーク(76；118)は無線である、請求項1に記載のシステム(30；100)。

【請求項 7】

前記圧電センサ群が、スクリム材料からなる織布纖維層またはランダムマット纖維層と一体化される、請求項1に記載のシステム(30；100)。

【請求項 8】

接着構造体(34)または複合材板状構造体(102)の硬化接着ライン(32)の内部における接着の完全性を監視する方法(200)であって、該方法は：

硬化接着ライン(32)を有する接着構造体(34)または複合材板状構造体(102)を設ける工程であって、前記硬化接着ライン(32)が、接着剤層(52)と、前記接着剤層(52)と一体化されるスクリムプライ層(58)と、そして前記スクリムプライ層(58)と一体化される電力センサ網(64)と、を含む、前記設ける工程と、

電力センサ網(64)を動作させて、前記硬化接着ライン(32)の接着の完全性を、前記硬化接着ライン(32)の内部において測定される歪み状態の変化により、要求に応じて監視する工程と、

前記硬化接着ライン(32)の接着の完全性に関するデータを、前記電力センサ網(64)からデジタルデータ通信ネットワーク(76；118)を介して取り出し、そして処理する工程とを含み、

前記電力センサ網(64)は、圧電センサ群であって、前記スクリムプライ層(58)に一体化されまたは前記スクリムプライ層の上に取り付けられ、かつ網状格子パターン(68；72)を前記スクリムプライ層(58)にわたって形成する、圧電センサ群を有する、方法(200)。

【請求項 9】

前記方法を用いて、航空機(10)、宇宙船、航空宇宙ビークル、宇宙打ち上げ機、ロケット、衛星、回転翼航空機、ウォータークラフト、ボート、列車、自動車、トラック、バス、及び建築物における接着構造体の硬化接着ライン(32)の内部での接着の完全性を監視するために使用される、請求項8に記載の方法(200)。

【請求項 10】

前記デジタルデータ通信ネットワーク(76；118)は無線である、請求項8に記載の方法(200)。

【請求項 11】

前記接着構造体(34)または複合材板状構造体(102)を設ける工程は、圧電センサ群をスクリム材料からなる織布纖維層またはランダムマット纖維層と一体化することを

10

20

30

40

50

含む、請求項 8 に記載の方法（200）。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は概して、接着の完全性を監視するシステム及び方法に関するものであり、特に複合材構造体のような接着構造体の接着の完全性を監視するシステム及び方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

構造物群及び構造部品群の製造及び組立に際して、これらの構造部品を接着して、または連結して合体させるためにファスナー金具ではなく、接着接合ジョイントまたは接着ラインのような接合ジョイントまたは接着ラインが益々使用されるようになっている。接着接合ジョイントは、複合材構造部品群を、他の複合材料、または金属のような他の材料と組み合わせて接着するために使用することができる。この点に関して、接着接合複合材構造群及び構造部品群は通常、航空機、宇宙船、回転翼航空機、ウォータークラフト、自動車、トラック、バス、及び他のビークル及び構造物の製造及び組立に、このような複合材構造群及び構造部品群が設計に柔軟性があり、かつ軽量であるために使用することができる。

【0003】

接着接合ジョイントまたは接着ラインの完全性を評価して、接着接合の品質、安定性、有効性、性能、強度、または他の特性を測定するだけでなく、接着構造または構造部品群の予測寿命全体を通じて要求される通りに高信頼度で機能する接着接合の能力を評価する公知の検査方法及び装置が存在する。このような公知の検査方法及び装置は、目視検査、局所領域非破壊検査方法、レーザ接合品質検査装置及び超音波検査装置、または他の公知の方法及び装置のような多大な時間を要する多種多様な技術を含むことができる。これらの公知の検査方法及び装置は、金具を検査のために使用不能状態にする必要があり、そして接着ラインを、構成部品が使用されている状態で調査する機能を備えることができない。更に、このような検査方法及び装置は、接着ラインの完全性を確保する作業に要するコスト及びフロー時間を増大させる。更に、このような公知の検査方法及び装置は、接着ラインの完全性に関する情報を、要求時にいつでも入手することができ、かつ継続的にリアルタイムに入手することができる状態で実行することができるのではなく、特定の時点で、または定期的にしか実行することができない。

【0004】

詳細には、公知の目視検査及び局所領域非破壊検査方法及び装置は、接着接合ジョイントまたは接着ラインに眼を接近させる作業が制限される、または可能ではない場合に、例えばこのような接着接合ジョイントまたは接着ラインが、離れた箇所、または内部箇所に位置する、または表面の下に位置する場合には効果的ではない。内部接合ジョイント群及び接着ライン群への接近は、構造物群または構造部品群を解体しないで、または構造物群または構造部品群に損傷を与えないで、例えば部品を取り外すことをしないで、或いはドリルで穴を構造物に開けて測定工具を挿入することをしないで行なうことは困難であるか、または不可能である。更に、超音波検査は、特殊な機器、長期間の操作者訓練、及び構造部品への効果的な接近を必要とする。

【0005】

更に、複合材構造の健全性を、外部センサを用いて監視する公知の方法及び装置が存在する。例えば、Watkins, Jr (ワトキンスジュニア) らによる特許文献1 (米国特許公開第2007/0166831 A1号明細書) には、複合材構造の健全性を、状態センサを複合材構造の表面に配置することにより監視する方法が開示されている。しかしながら、複数センサを当該構造の外部表面に位置決めして、構造部品群及び接着ラインの内部の測定を含む当該構造全体に対する測定を行なう必要がある。このような公知の方法及び装置は、接着ライン特性の間接的で精度の低い測定しか行えず、接着ラインの、

10

20

30

40

50

または接着ラインの内部の接着ライン特性の直接的で精度の高い測定を行なうことができない。更に、外部センサ群の位置合わせ、及び位置決めは、構造物または構造部品への接近可能性により、例えば複合材サンドイッチ構造体の一方の面に接近できないことにより複雑になる。

【0006】

従って、この技術分野では、構造物群または構造体群の接着接合ジョイント群または接着ライン群の直ぐ傍における、または接着接合ジョイント群または接着ライン群の内部における接着の完全性を監視するシステム及び方法を改善する必要があり、システム及び方法をこのように改善することにより、公知のシステム及び方法よりも優れた利点を実現する。

10

【発明の概要】

【0007】

構造物または構造体の接着接合ジョイントまたは接着ラインの直ぐ傍における、または内部における接着の完全性を監視するシステム及び方法に対するこの必要性を満たす。以下の詳細な説明で説明されるように、当該システム及び方法の実施形態は、既存のシステム及び方法よりも遙かに優れた利点をもたらすことができる。

【0008】

本開示の1つの実施形態では、接着構造体の硬化接着ラインの内部における接着の完全性を監視するシステムが提供される。前記システムは、硬化接着ラインを有する接着構造体を備える。前記硬化接着ラインは、接着剤層と、前記接着剤層と一体化されるスクリムプライ層と、そして前記スクリムプライ層と一体化される電力センサ網と、を含む。前記システムは更に、電力を前記電力センサ網に供給する電力供給装置を備える。前記システムは更に、データを前記電力センサ網から取り出し、そして処理するデジタルデータ通信ネットワークを備える。前記電力センサ網は、前記硬化接着ラインの内部における接着の完全性を、前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される局所的動的応答及び電気機械特性の変化を解釈することにより、要求に応じて監視する。

20

【0009】

本開示の別の実施形態では、複合材板状接着構造体の硬化接着ラインの内部における接着の完全性を監視するシステムが提供される。前記システムは、硬化接着ラインを有する複合材板状接着構造体を備える。前記硬化接着ラインは、接着剤層と、前記接着剤層と一体化されるスクリムプライ層と、そして前記スクリムプライ層と一体化される電力センサ網と、を含む。前記システムは更に、電力を前記電力センサ網に供給する無線電力供給装置を備える。前記システムは更に、データを前記電力センサ網から取り出し、そして処理する無線デジタルデータ通信ネットワークを備える。前記電力センサ網は、前記硬化接着ラインの内部における接着の完全性を、前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される局所的動的応答及び電気機械特性の変化を解釈することにより、要求に応じて監視する。

30

【0010】

本開示の別の実施形態では、接着構造体の硬化接着ラインの内部における接着の完全性を監視する方法が提供される。前記方法は、硬化接着ラインを有する接着構造体を設ける工程を含む。前記硬化接着ラインは、接着剤層と、前記接着剤層と一体化されるスクリムプライ層と、そして前記スクリムプライ層と一体化される電力センサ網と、を含む。前記方法は更に、電力センサ網を動作させて、前記硬化接着ラインの接着の完全性を、前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される局所的動的応答及び電気機械特性の変化を解釈することにより、要求に応じて監視する工程を含む。前記方法は更に、前記硬化接着ラインの接着の完全性に関するデータを、前記電力センサ網からデジタルデータ通信ネットワークを介して取り出し、そして処理する工程を含む。

40

【0011】

説明してきた特徴、機能、及び利点は、本開示の種々の実施形態において個別に実現することができる、または更に他の実施形態において組み合わせることができ、これらの実

50

施形態についての更なる詳細は、次の説明及び以下の図面を参照することにより明らかになる。

【0012】

本開示は、以下の詳細な説明を、好適かつ例示的な実施形態を示し、必ずしも寸法通りには描かれていない添付の図面と併せて参考することにより、より深く理解することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、本開示のシステム及び方法の種々の実施形態のうちの1つの実施形態を適用することができる例示的な航空機を斜めから見た図である。

10

【図2】図2は、本開示の接着の完全性を監視するシステムの種々の実施形態のうちの1つの実施形態のブロック図を示している。

【図3】図3は、本開示の接着の完全性を監視するシステムの種々の実施形態のうちの別の実施形態のブロック図を示している。

【図4】図4Aは、本開示のシステムの種々の実施形態のうちの1つの実施形態を有する接着構造の1つの実施形態を部分断面で見た図である。図4Bは、本開示のシステムの種々の実施形態のうちの1つの実施形態を有する接着構造の別の実施形態を部分断面で見た図である。図4Cは、本開示のシステムの種々の実施形態のうちの1つの実施形態を有する接着構造の別の実施形態を部分断面で見た図である。

【図5】図5Aは、本開示の電力センサ網の種々の実施形態のうちの1つの実施形態を有する接着構造の1つの実施形態を部分断面で見た図である。図5Bは、本開示の電力センサ網の種々の実施形態のうちの別の実施形態を有する接着構造の別の実施形態を部分断面で見た図である。

20

【図6】図6は、アクティブセンサノード群を有するスクリムプライ層の種々の実施形態のうちの1つの実施形態を上面から見た図である。

【図7】図7は、ファイバセンサ群を有するスクリムプライ層の種々の実施形態のうちの別の実施形態を上面から見た図である。

【図8】図8は、接着界面剥離及び弱接着を検出する様子を示す本開示のシステムの種々の実施形態のうちの1つの実施形態の模式図を示している。

【図9】図9は、本開示の接着の完全性を監視する方法の1つの実施形態のフロー図を示している。

30

【発明を実施するための形態】

【0014】

次に、本開示の実施形態について、本開示のこれらの実施形態のうちの全てではなく幾つかが図示されている添付の図面を参照しながら、以下に更に完全に説明する。実際、幾つかの異なる実施形態を提供することができ、そしてこれらの実施形態は、本明細書において開示される実施形態に限定されるものとして解釈されてはならない。限定されるのではなく、これらの実施形態は、本開示が網羅的であり、かつ完全であり、そして本開示の範囲をこの技術分野の当業者に完全に伝えることができるよう提供される。以下の詳細な説明は、本開示を実施するために現時点で考えられる最良の形態について行なわれる。本説明は、限定的に捉えられるべきではなく、本開示の範囲が添付の請求項によって最良に規定されるので、本開示の一般的原理を例示するためにのみ行なわれる。

40

【0015】

次に、これらの図を参照するに、図1は、接着の完全性を監視するシステム30(図2参照)、またはシステム100(図3参照)、または方法200(図9参照)の種々の実施形態のうちの1つの実施形態を用いることができる先行技術による例示的な航空機10を斜めから見た図である。航空機10は、胴体12と、機首14と、コックピット16と、胴体12に動作可能に接続される複数翼18と、1つ以上の推進ユニット20と、垂直尾翼22と、そして1つ以上の水平尾翼24と、を備える。図1に示す航空機10は、民

50

間旅客機の概要を表わしているが、本明細書に開示されるシステム 30, 100, 及び方法 200 は、他の種類の航空機において用いることができる。更に詳細には、本開示の実施形態の教示内容は、他の旅客機、貨物航空機、軍用機、回転翼航空機、及び他の種類の航空機、または空中飛翔体だけでなく、衛星、宇宙打ち上げ機、ロケットのような航空宇宙ビークル、及び他の種類の航空宇宙ビークルに適用することができる。また、本開示によるシステム、方法、及び装置の実施形態は、ポート及び他のウォータークラフト、列車、自動車、トラック、バスのような他のビークル、及び他の種類のビークルにおいて利用することができることを理解されたい。

【0016】

図 2 は、接着の完全性を監視するシステム 30 の種々の実施形態のうちの 1 つの実施形態のブロック図を示している。本開示の 1 つの実施形態では、接着構造体 34 の硬化接着ライン 32 またはジョイントの内部の接着の完全性を監視するシステム 30 が提供される。本明細書において使用されるように、「*adhesive integrity* (接着の完全性)」という用語は、接着接合の品質、安定性、有効性、性能、及び強度の指標、及び接着構造体または構造物の予測寿命全体を通じて要求される通りに高信頼度で機能する接着接合の能力を指す。

10

【0017】

システム 30 は、硬化接着ライン 32 またはジョイントを有する接着構造体 34 を備える。図 4 A ~ 4 C に示すように、接着構造体 34 は、第 1 構造 36 及び第 2 構造 42 を備えることができる。第 1 構造 36 は、第 1 面 38 及び第 2 面 40 を有する。第 2 構造 42 は、第 1 面 44 及び第 2 面 46 を有する。第 1 構造 36 は、複合材料、金属材料、複合材料及び金属材料の組み合わせ、または別の適切な材料により形成することができる。第 2 構造 42 は、複合材料、金属材料、複合材料及び金属材料の組み合わせ、または別の適切な材料により形成することができる。好適には、第 1 構造 36 及び / 又は第 2 構造 42 の複合材料は、ポリマー複合材料、繊維強化複合材料、繊維強化ポリマー、炭素繊維強化プラスチック (CFRP)、ガラス強化プラスチック (GRP)、熱可塑性複合材料、熱硬化性複合材料、エポキシ樹脂複合材料、形状記憶ポリマー複合材料、セラミックマトリックス複合材料、または別の適切な複合材料を含む。例示的な複合材料は通常、熱可塑性ポリマーマトリックスまたは熱硬化性ポリマーマトリックス中に分散させた強化織物のような強化織維を含むことができる。強化織物は、金属織維、炭素織維、ガラス織維、ホウ素織維、セラミック織維、及びポリマー織維により形成される織維を含むことができる。強化織維は、織布もしくは不織布マットの形状とすることができます、またはマトリックス中に分散させることができます。マトリックス材料は、ポリアミド、ポリオレフィン、及びフルオロポリマーのような熱可塑性材料、及びエポキシ及びポリエステルのような熱硬化性樹脂を含むことができる。好適には、第 1 構造 36 及び / 又は第 2 構造 42 の金属材料は、アルミニウム、ステンレススチール、チタン、上に挙げた材料の合金、または別の適切な金属または金属合金を含む。

20

30

【0018】

図 4 A は、金属のような 1 種類の材料により形成される第 1 構造 36 a を有し、かつ第 1 構造 36 a の材料と同じ金属のような材料により形成される第 2 構造 42 a を有する接着構造 34 a の 1 つの実施形態を部分断面で見た図である。図 4 B は、金属のような 1 種類の材料により形成される第 1 構造 36 a を有し、かつ第 1 構造 36 a の材料とは異なる複合材料のような材料により形成される第 2 構造 42 b を有する接着構造 34 b の別の実施形態を部分断面で見た図である。図 4 C は、複合材料のような 1 種類の材料により形成される第 1 構造 36 b を有し、かつ第 1 構造 36 b の材料と同じ複合材料のような材料により形成される第 2 構造 42 b を有する接着構造 34 c の別の実施形態を部分断面で見た図である。

40

【0019】

図 4 A ~ 4 C に示すように、接着構造体 34 の硬化接着ライン 32 またはジョイントは、接着剤層または複数の接着剤層 52 を含む。図 4 A に示すように、接着剤層 52 は、第

50

1面54及び第2面56を有する。接着剤層または複数の接着剤層52は、エポキシ接着剤、ポリウレタン接着剤、変性アクリレート系接着剤、または別の適切な接着剤のような接着材料を含むことができる。エポキシ接着剤は普通、高強度、低収縮性を有し、そして殆どの材料との間に強い耐久接着強度を形成する。ポリウレタン接着剤は普通、高速硬化性を有し、衝撃に耐えることができる強力な弾性ジョイント部を形成し、そして好ましい低温強度を有する。変性アクリレート系接着剤は普通、高速硬化性を有し、高い強度及び韌性を有し、そして多種多様な材料と強力に接着する。

【0020】

図2に示すように、硬化接着ライン32は更に、接着剤層または複数の接着剤層52と一体化されるスクリムプライ層(scrim(目の粗い薄手の綿布)ply layer)58を含む(図4A~4C、及び図5A~5Bも参照)。図4Aに示すように、スクリムプライ層58は、第1面60及び第2面62を有する。スクリムプライ層58は好ましくは、ナイロン纖維材料、ポリエステル纖維材料、ガラス纖維材料、または別の適切な纖維材料のような種々の纖維材料によって形成される材料を含む。スクリムプライ層58は好ましくは、多機能層であり、そして接着剤層52に一体化されることにより接着剤層として機能し、そして更に、接着ライン監視システムとして機能する。

【0021】

図4A~4Cに示すように、接着ライン32は更に、スクリムプライ層58と一体化される電力センサ網64を含む。電力センサ網64は好ましくは、複数の離間センサ素子66を含む。これらのセンサ素子66は、アクティブセンサノード群66a(図6参照)、アクティブファイバセンサ群66b(図7参照)、アクティブワイヤセンサ群(図示せず)、光ファイバワイヤセンサ群(図示せず)、纖維を被覆するセンサコーティング群(図示せず)、カーボンナノチューブ群(図示せず)、パッシブセンサ群、または別の適切なセンサ素子を含むことができる。これらのセンサ素子66は、高電気抵抗絶縁熱可塑性ポリマーマトリクスまたは高電気抵抗絶縁熱硬化性ポリマーマトリクス、及びカーボンブラック、カーボンナノチューブのような導電性纖維、及び銀、ニッケル、及びアルミニウムのような金属粒子により構成することができるが、金属酸化物のような他の導電性及び半導電性粒子を用いてもよい。これらのセンサ素子66は更に、電極センサ、圧電センサ、パルスエコー(P E)センサ、ピッチキャッチアクティブセンサ、光透過型(T T)センサ、せん断波センサ、共振型センサ、機械的インピーダンス測定センサ、ラム波センサ、レイリー波センサ、ストンリー波センサ、または他の適切なセンサを含むことができる。好適には、これらのセンサ素子66はアクティブセンサである。しかしながら、パッシブセンサを用いてもよい。アクティブセンサは、環境からの刺激を受けると直ぐに、電流または電圧を発生させることができる。パッシブセンサは、コンデンサ、抵抗、またはインダクタンスのような或る受動素子の消費電力に、刺激の結果として変化を発生させることができ、そして通常、パッシブセンサを動作させるために電気エネルギーを追加する必要がある。幾つかのRFID素子は能動素子とことができ、そして幾つかのRFID素子は受動素子とすることができる。

【0022】

これらのセンサ素子66は、取り外し可能とすることができます、そして接着剤層52と一体化されるスクリムプライ層58に手動で配置することができ、その後取り外すことができる。別の構成として、これらのセンサ素子66は、スクリムプライ層58に、またはスクリムプライ層58の内部に、接着剤または1つ以上の機械式ファスナー(図示せず)によって接合させるか、またはそれ以外には、取り付けることができる。これらのセンサ素子66は、スクリムプライ層58の表面部の或る部分、または略全体を覆う帯状部材または電極の形態の、またはスクリムプライ層58に、またはスクリムプライ層58の上に取り付けられるマット、纖維、または織布シートの形態の微小離散センサ群とすることができます。

【0023】

システム30は、硬化接着ライン32の検出機能を接着構造体34に組み込み、そして

10

20

30

40

50

硬化接着ライン 3 2 の特性及び完全性を要求に応じて、または継続的に調査する方法を提供する。高性能接着剤層 5 2 及びスクリムプライ層 5 8 は、接着構造体 3 4 の永久部分とすることができる。監視システム 3 0 は、内部電力センサ網 6 4 及び内部センサ素子群 6 6 を硬化接着ライン 3 2 に、または硬化接着ライン 3 2 の内部に設けて、硬化接着ライン 3 2 自体の直ぐ傍における、または硬化接着ライン 3 2 自体の内部における接着ライン特性、及び接着ラインの完全性の直接的な測定及び評価を可能にする。

【 0 0 2 4 】

これらのセンサ素子 6 6 は好ましくは、超音波伝播及び電気機械インピーダンスに基づくモダリティ（態様）を有する。高性能スクリムプライ層 5 8 を実現するために、これらのセンサ素子 6 6 は、スクリム材料からなる織布繊維層または繊維ランダムマット層と一体的に形成することができる。1つの実施形態では、センサ素子群 6 6 を備えたスクリム材料を、接着剤層 5 2 の内部に積層させることにより、検出機能を備える一体型フィルム接着剤スクリムプライ層 5 8（図 6 参照）を形成することができる。図 6 は、スクリムプライ層 5 8 の内部に一体化される、またはスクリムプライ層 5 8 の上に取り付けられるアクティブセンサノード群 6 6 a の形態のセンサ素子群 6 6 を有する電力センサ網 6 4 を備えるスクリムプライ層 5 8 a の形態のスクリムプライ層 5 8 の種々の実施形態のうちの1つの実施形態を上面から見た図である。図 6 に示すように、これらのセンサノード 6 6 a は、網状格子パターン 6 8 を形成する。図 4 A 及び 6 に示すように、スクリムプライ層 5 8 は、第 1 面 6 0（図 4 A 及び 6 参照）と、第 2 面 6 2（図 4 A 参照）と、第 1 端部 8 8（図 6 参照）と、そして第 2 端部 9 0（図 6 参照）と、を有する。

10

【 0 0 2 5 】

別の実施形態では、センサ素子群 6 6 は、接着剤層 5 2 と一体化される既存の、または既知のスクリムプライ層 5 8（図 7 参照）に取り付けるか、または一体化することができる。図 7 は、スクリムプライ層 5 8 と一体化される、またはスクリムプライ層 5 8 の上に取り付けられるアクティブファイバセンサ群 6 6 b の形態のセンサ素子群 6 6 を有する電力センサ網 6 4 を備えるスクリムプライ層 5 8 b の形態のスクリムプライ層 5 8 の種々の実施形態のうちの別の実施形態を上面から見た図である。図 7 に示すように、これらのファイバセンサ 6 6 b は、網状格子パターン 7 2 を形成する。図 5 B 及び 7 に示すように、スクリムプライ層 5 8 は、第 1 面 6 0（図 5 B 及び 7 参照）と、第 2 面 6 2（図 5 B 参照）と、第 1 端部 8 8（図 7 参照）と、そして第 2 端部 9 0（図 7 参照）と、を有する。

20

【 0 0 2 6 】

図 2 に示すように、システム 3 0 は更に、電力を電力センサ網 6 4 に供給する電力供給装置 7 4 を備える。電力供給装置 7 4 は、バッテリ、電圧源、R F I D (r a d i o f r e q u e n c y i d e n t i f i c a t i o n : 無線周波数識別装置)、磁気誘導無線電力伝送機器、または別の適切な電力供給装置を含むことができる。電力供給装置 7 4 は無線電力供給装置であることが好ましい。

30

【 0 0 2 7 】

図 2 に示すように、システム 3 0 は更に、データを電力センサ網 6 4 から取り出し、そして処理するデジタルデータ通信ネットワーク 7 6 を備える。デジタルデータ通信ネットワーク 7 6 は無線であることが好ましい。デジタルデータ通信ネットワーク 7 6 は、データを電力センサ網 6 4 から取り出すデータ取出しシステム 7 8 を含むことができる。データ取出しシステム 7 8 は、R F I D、無線トランシーバ（送信機及び受信機の両方を有する装置であり、これらの送信機及び受信機は組み合わされ、そして共回路または单一ハウジングを共有する）、または別の適切なデータ取出しシステムを含むことができる。

40

【 0 0 2 8 】

電力センサ網 6 4 は、硬化接着ライン 3 2 において、または硬化接着ライン 3 2 の内部において直接的に測定される局所的動的応答 8 4（図 2 参照）及び電気機械特性 8 6（図 2 参照）の変化を解釈することにより、硬化接着ライン 3 2 の内部の接着の完全性 8 2（図 2 参照）を要求に応じて監視する。電力センサ網 6 4 は、硬化接着ライン 3 2 の内部の接着の完全性 8 2（図 2 参照）を継続的に監視することもできる。局所的動的応答 8 4 及

50

び電気機械特性 8 6 は、硬化接着ラインにおいて、または硬化接着ラインの内部において直接的に測定されることが好ましく、そして接着構造体 3 4 の硬化接着ライン 3 2 の性能に悪影響を及ぼす可能性のある接着界面剥離 9 2 (図 8 参照)、弱接着 9 4 (図 8 参照)、歪み状態、水分侵入、材料変化、亀裂、ボイド、層間剥離、気泡、または他の適切な局所的動的応答、または電気機械特性、或いは他の不規則性を含むことができる。硬化接着ライン 3 2 の完全性は、硬化接着ライン 3 2 において、または硬化接着ライン 3 2 の内部において直接的に測定される局所的動的応答 8 4 及び電気機械特性 8 6 の変化を解釈することにより判断することができる。水分侵入を見積もる光ファイバ系材料のような更に別のセンサ素子群 6 6 、歪みを見積もる圧電センサ群、または他の検出方法を接着剤層 5 2 に組み込むこともできる。接着ラインの厚さの制御、接着ラインの粘着性制御、及び / 又は接着ラインの接着均一性を含むスクリムプライ層 5 8 の他の機能的側面を保持することもできる。10

【 0 0 2 9 】

図 2 に示すように、デジタルデータ通信ネットワーク 7 6 は更に、電力センサ網 6 4 からのデータを処理するデータ処理システム 8 0 を含むことができる。データ処理システム 8 0 は、例えば公知のコンピュータプロセッサ (図示せず) 、データベース (図示せず) 、及びデータ保存管理システム (図示せず) を含むことができる。

【 0 0 3 0 】

システム 3 0 は、接着構造体 3 4 の硬化接着ライン 3 2 の内部の接着の完全性 8 2 を監視する。好適には、システム 3 0 は、航空機 1 0 (図 1 参照) 、宇宙船、航空宇宙ビークル、宇宙打ち上げ機、ロケット、衛星、回転翼航空機、ウォータークラフト、ボート、列車、自動車、トラック、バス、建築物、または他の適切なビークル及び構造物に使用される接着構造体のような接着構造体 3 4 の硬化接着ライン 3 2 における、または硬化接着ライン 3 2 の内部における接着の完全性 8 2 を監視するために用いられる。20

【 0 0 3 1 】

図 3 は、複合材板状接着構造体 1 0 2 の硬化接着ライン 3 2 の内部の接着の完全性を監視するシステム 1 0 0 の種々の実施形態のうちの別の実施形態のブロック図を示している。システム 1 0 0 は、硬化接着ライン 3 2 を有する複合材板状接着構造体 1 0 2 を備える。図 5 A ~ 5 B に示すように、複合材板状接着構造体 1 0 2 は、第 1 基材 1 0 4 及び第 2 基材 1 1 0 を含むことができる。第 1 基材 1 0 4 は、第 1 面 1 0 6 及び第 2 面 1 0 8 を有する。第 2 基材 1 1 0 は、第 1 面 1 1 2 及び第 2 面 1 1 4 を有する。第 1 基材 1 0 4 及び第 2 基材 1 1 0 は共に、ポリマー複合材料、纖維強化複合材料、纖維強化ポリマー、炭素纖維強化プラスチック (C F R P) 、ガラス強化プラスチック (G R P) 、熱可塑性複合材料、熱硬化性複合材料、エポキシ樹脂複合材料、形状記憶ポリマー複合材料、セラミックマトリックス複合材料、または別の適切な複合材料により形成されることが好ましい。30 図 5 A は、本開示の電力センサ網 6 4 の種々の実施形態のうちの 1 つの実施形態を有する接着構造 1 0 2 a の 1 つの実施形態を部分断面で見た図である。図 5 A に示すように、電力センサ網 6 4 は、アクティブセンサノード群 6 6 a を含むセンサ素子群 6 6 を備える。図 5 B は、本開示の電力センサ網 6 4 の種々の実施形態のうちの別の実施形態を有する接着構造 1 0 2 b の別の実施形態を部分断面で見た図である。図 5 B に示すように、電力センサ網 6 4 は、アクティブファイバセンサ群 6 6 b を含むセンサ素子群 6 6 を備える。40

【 0 0 3 2 】

図 5 A ~ 5 B に示すように、接着構造体 1 0 2 の硬化接着ライン 3 2 は、接着剤層または複数の接着剤層 5 2 を含む。接着剤層または複数の接着剤層 5 2 は、エポキシ接着剤、ポリウレタン接着剤、変性アクリレート系接着剤、または別の適切な接着剤のような接着材料を含むことができる。硬化接着ライン 3 2 は更に、接着剤層または複数の接着剤層 5 2 と一体化されるスクリムプライ層 5 8 を含む。図 5 A に示すように、スクリムプライ層 5 8 は、第 1 面 6 0 及び第 2 面 6 2 を有する。スクリムプライ層 5 8 は好ましくは、ナイロン纖維材料、ポリエステル纖維材料、ガラス纖維材料、または別の適切な纖維材料のような種々の纖維材料によって形成される材料を含む。スクリムプライ層 5 8 は、多機能層50

であり、そして接着剤層 52 に一体化されることにより接着剤層として機能し、そして更に、接着ライン監視システムとして機能する。硬化接着ライン 32 は更に、スクリムプライ層 58 と一体化される電力センサ網 64 を含む。電力センサ網 64 は好ましくは、複数の離間センサ素子 66 を含み、これらのセンサ素子 66 は、アクティブセンサノード群 66a (図 5A 参照)、アクティブファイバセンサ群 66b (図 7 参照)、アクティブワイヤセンサ群 (図示せず)、光ファイバワイヤセンサ群 (図示せず)、纖維を被覆するセンサコーティング (図示せず)、カーボンナノチューブ群 (図示せず)、パッシブセンサ群、または別の適切なセンサ素子を含むことができる。これらのセンサ素子 66 は好ましくは、超音波伝播及び電気機械インピーダンスに基づくモダリティ (態様) を有する。監視システム 100 は、内部電力センサ網 64 及び内部センサ素子群 66 を硬化接着ライン 32 に、または硬化接着ライン 32 の内部に設けて、硬化接着ライン 32 自体の直ぐ傍における、または硬化接着ライン 32 自体の内部における接着ライン特性、及び接着ラインの完全性の直接的な測定及び評価を可能にする。

【0033】

図 3 に示すように、システム 100 は更に、電力を電力センサ網 64 に供給する無線電力供給装置 116 を備える。無線電力供給装置 116 は、バッテリ、電圧源、R F I D (radio frequency identification : 無線周波数識別装置)、磁気誘導無線電力伝送機器、または別の適切な無線電力供給装置を含むことができる。

【0034】

図 3 に示すように、システム 100 は更に、データを電力センサ網 64 から取り出し、そして処理する無線デジタルデータ通信ネットワーク 118 を備える。無線デジタルデータ通信ネットワーク 118 は、データを電力センサ網 64 から取り出す無線データ取出しシステム 120 を含むことができる。無線データ取出しシステム 120 は、R F I D、無線トランシーバ、または別の適切なデータ取出しシステムを含むことができる。電力センサ網 64 は、硬化接着ライン 32 の内部において直接的に測定される局所的動的応答 84 (図 3 参照) 及び電気機械特性 86 (図 3 参照) の変化を解釈することにより、硬化接着ライン 32 の内部の接着の完全性 82 (図 3 参照) を要求に応じて監視する。電力センサ網 64 は更に、硬化接着ライン 32 の内部の接着の完全性 82 を継続的に監視することもできる。局所的動的応答 84 及び電気機械特性 86 は、硬化接着ライン 32 において、または硬化接着ライン 32 の内部において直接的に測定されることが好ましく、そして複合材板状接着構造体 102 の硬化接着ライン 32 の性能に悪影響を及ぼす可能性のある接着界面剥離 92 (図 8 参照)、弱接着 94 (図 8 参照)、歪み状態、水分侵入、材料変化、亀裂、ボイド、層間剥離、気泡、または他の適切な局所的動的応答または電気機械特性、或いは他の不規則性を含むことができる。硬化接着ライン 32 の完全性は、硬化接着ライン 32 において、または硬化接着ライン 32 の内部において直接的に測定される局所的動的応答 84 及び電気機械特性 86 の変化を解釈することにより判断することができる。水分侵入を見積もる光ファイバ系材料のような更に別のセンサ素子群 66、歪みを見積もる圧電センサ群、または他の検出方法を接着剤層 52 に組み込むこともできる。接着ラインの厚さの制御、接着ラインの粘着性制御、及び / 又は接着ラインの接着均一性を含むスクリムプライ層 58 の他の機能的側面を保持することもできる。

【0035】

図 3 に示すように、無線デジタルデータ通信ネットワーク 118 は更に、電力センサ網 64 からのデータを処理する無線データ処理システム 122 を含むことができる。無線データ処理システム 122 は、例えば公知のコンピュータプロセッサ (図示せず)、データベース (図示せず)、及びデータ保存管理システム (図示せず) を含むことができる。

【0036】

システム 100 は、複合材板状接着構造体 102 の硬化接着ライン 32 の内部の接着の完全性を監視する。好適には、システム 100 は、航空機、宇宙船、航空宇宙ビークル、宇宙打ち上げ機、ロケット、衛星、回転翼航空機、ウォータークラフト、ポート、列車、

10

20

30

40

50

自動車、トラック、バス、建築物、または他の適切なビークル及び構造物に使用される複合材板状接着構造体のような複合材板状接着構造体 102 の硬化接着ライン 32 の内部における接着の完全性を監視するために用いられる。

【0037】

図 8 は、本開示のシステム 100 の種々の実施形態のうちの 1 つの実施形態の模式図を示し、接着界面剥離 92 及び弱接着 94 を検出する様子を示している。図 8 は、第 2 基材 110 に、接着剤層 52 と一体化されるスクリムプライ層 58 で接着される第 1 基材 104 と、そしてスクリムプライ層 58 と一体化される電力センサ網 64 を有するスクリムプライ層 58 と、を示している。無線電力供給装置 116 は、電力をシステム 100 の電力センサ網 64 に供給する。スクリムプライ層 58 を備える接着剤層 52 は、接着界面剥離 92 及び弱接着 94 が形成されている様子が図示されている。無線デジタルデータ通信ネットワーク 118 は、電力センサ網 64 からの接着界面剥離 92 及び弱接着 94 に関するデータを処理して、システム 100 の健全性を監視する。10

【0038】

本開示の別の実施形態では、接着構造体 34 (図 2 参照) の硬化接着ライン 32 (図 2, 3 参照) の内部の接着の完全性を監視する方法 200 が提供される。図 9 は、硬化接着ライン 32 の内部の接着の完全性を監視する方法 200 の 1 つの実施形態のフロー図を示している。方法 200 は、硬化接着ライン 32 を有する接着構造体 34 (図 4A ~ 4C 参照) を設ける工程 202 を含む。接着構造体 34 は好ましくは、複合材板状接着構造体 102 (図 3 参照) を含むことができる。上に説明したように、そして図 4A ~ 4C に示すように、接着構造体 34 は、第 1 構造 36 及び第 2 構造 42 を含むことができる。第 1 構造 36 は、複合材料、金属材料、複合材料及び金属材料の組み合わせ、または別の適切な材料により形成することができる。第 2 構造 42 は、複合材料、金属材料、複合材料及び金属材料の組み合わせ、または別の適切な材料により形成することができる。好適には、第 1 構造 36 及び / 又は第 2 構造 42 の複合材料は、ポリマー複合材料、纖維強化複合材料、纖維強化ポリマー、炭素纖維強化プラスチック (CFRP)、ガラス強化プラスチック (GRP)、熱可塑性複合材料、熱硬化性複合材料、エポキシ樹脂複合材料、形状記憶ポリマー複合材料、セラミックマトリックス複合材料、または別の適切な複合材料を含む。好適には、第 1 構造 36 及び / 又は第 2 構造 42 の金属材料は、アルミニウム、ステンレススチール、チタン、上に挙げた材料の合金、または別の適切な金属または金属合金を含む。20

【0039】

上に説明したように、硬化接着ライン 32 は、接着剤層 52 と、接着剤層 52 と一体化されるスクリムプライ層 58 と、そしてスクリムプライ層 58 と一体化される電力センサ網 64 と、を含むことができる。図 4A に示すように、接着剤層 52 は、第 1 面 54 及び第 2 面 56 を含むことができる。上に説明したように、接着剤層 52 は、エポキシ接着剤、ポリウレタン接着剤、変性アクリレート系接着剤、または別の適切な接着剤のような接着材料を含むことができる。上に説明したように、接着剤層 52 と一体化されるスクリムプライ層 58 は、第 1 面 60 及び第 2 面 62 を有する。スクリムプライ層 58 は好ましくは、ナイロン纖維材料、ポリエスチル纖維材料、ガラス纖維材料、または別の適切な纖維材料のような種々の纖維材料によって形成される材料を含む。スクリムプライ層 58 は、多機能層とすることができる、そして接着剤層 52 に一体化されることにより接着剤層として機能し、そして更に、接着ライン監視システムとして機能することができる。上に説明したように、電力センサ網 64 は、複数の離間センサ素子 66 を備えることができ、これらの離間センサ素子 66 は、アクティブセンサノード群 66a、アクティブファイバセンサ群 66b、アクティブワイヤセンサ群 (図示せず)、光ファイバワイヤセンサ群 (図示せず)、纖維を被覆するセンサコーティング群 (図示せず)、カーボンナノチューブ群 (図示せず)、パッシブセンサ群、または別の適切なセンサ素子を含む。これらのセンサ素子 66 は好ましくは、超音波伝播及び電気機械インピーダンスに基づくモダリティ (態様) を有する。方法 200 では、内部電力センサ網 64 及び内部センサ素子群 66 を硬化接304050

着ライン 3 2 に、または硬化接着ライン 3 2 の内部に設けて、硬化接着ライン 3 2 自体の直ぐ傍における、または硬化接着ライン 3 2 自体の内部における接着ライン特性及び接着ラインの完全性を直接的に測定し、そして評価することができる。

【 0 0 4 0 】

図 9 に示すように、方法 2 0 0 は更に、電力センサ網 6 4 (図 4 A ~ 4 C 参照) を動作させて硬化接着ライン 3 2 の接着の完全性 8 2 を、硬化接着ライン 3 2 の内部において直接的に測定される局所的動的応答 8 4 及び電気機械特性 8 6 (図 2 参照) の変化を解釈することにより、要求に応じて監視する工程 2 0 4 を含む。好適には、電力センサ網 6 4 は、電力供給装置 7 4 (図 2 参照) により、更に好適には、無線電力供給装置 1 1 6 (図 3 参照) により動作させる。電力供給装置 7 4 または無線電力供給装置 1 1 6 は、バッテリ、電圧源、R F I D (r a d i o f r e q u e n c y i d e n t i f i c a t i o n : 無線周波数識別装置) 、磁気誘導無線電力伝送機器、または別の適切な電力供給装置を含むことができる。
10

【 0 0 4 1 】

図 9 に示すように、方法 2 0 0 は更に、硬化接着ライン 3 2 の接着の完全性に関するデータを、電力センサ網 6 4 からデジタルデータ通信ネットワーク 7 6 (図 2 参照) を介して取り出し、そして処理する工程 2 0 6 を含む。好適には、デジタルデータ通信ネットワークは、無線デジタルデータ通信ネットワーク 1 1 8 (図 3 参照) である。デジタルデータ通信ネットワーク 7 6 は、データを電力センサ網 6 4 から取り出すデータ取出しシステム 7 8 を含むことができる。データ取出しシステム 7 8 は、R F I D 、無線トランシーバ、または別の適切なデータ取出しシステムを含むことができる。無線デジタルデータ通信ネットワーク 1 1 8 は、データを電力センサ網 6 4 から取り出す無線データ取出しシステム 1 2 0 を含むことができる。電力センサ網 6 4 は、硬化接着ライン 3 2 の内部において直接的に測定される局所的動的応答 8 4 (図 2 , 3 参照) 及び電気機械特性 8 6 (図 2 , 3 参照) の変化を解釈することにより、硬化接着ライン 3 2 の内部の接着の完全性 8 2 (図 2 , 3 参照) を要求に応じて監視する。電力センサ網 6 4 は、硬化接着ライン 3 2 の内部の接着の完全性 8 2 を継続的に監視することもできる。局所的動的応答 8 4 及び電気機械特性 8 6 は、硬化接着ライン 3 2 において、または硬化接着ライン 3 2 の内部において直接的に測定されることが好ましく、そして接着構造体の硬化接着ラインの性能に悪影響を及ぼす可能性のある接着界面剥離 9 2 (図 8 参照) 、弱接着 9 4 (図 8 参照) 、歪み状態、水分侵入、材料変化、亀裂、ボイド、層間剥離、気泡、または他の適切な局所的動的応答、または電気機械特性、或いは他の不規則性を含むことができる。硬化接着ライン 3 2 の完全性は、硬化接着ライン 3 2 において、または硬化接着ライン 3 2 の内部において直接的に測定される局所的動的応答 8 4 及び電気機械特性 8 6 の変化を解釈することにより判断することができる。
20
30

【 0 0 4 2 】

デジタルデータ通信ネットワーク 7 6 は更に、電力センサ網 6 4 からのデータを処理するデータ処理システム 8 0 を含むことができる。無線デジタルデータ通信ネットワーク 1 1 8 は更に、電力センサ網 6 4 からのデータを処理する無線データ処理システム 1 2 2 を含むことができる。データ処理システム 8 0 及び無線データ処理システム 1 2 2 は、例えば公知のコンピュータプロセッサ (図示せず) 、データベース (図示せず) 、及びデータ保存管理システム (図示せず) を含むことができる。
40

【 0 0 4 3 】

方法 2 0 0 では、接着構造体 3 4 の硬化接着ライン 3 2 の内部における接着の完全性を監視し、そして好適には、複合材板状接着構造体 1 0 2 の硬化接着ライン 3 2 の内部における接着の完全性を監視する。好適には、方法 2 0 0 を用いて、接着構造体 3 4 の硬化接着ライン 3 2 の内部における、好適には、航空機、宇宙船、航空宇宙ビークル、宇宙打ち上げ機、衛星、回転翼航空機、ウォータークラフト、ポート、列車、自動車、トラック、バス、建築物、または他の適切なビークル及び構造物に使用されるような複合材板状接着構造体 1 0 2 の硬化接着ライン 3 2 の内部における接着の完全性を監視する。
50

【0044】

監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態では、アクティブな検出材料を接着剤スクリムプライ層58に一体化して、接着剤層及び接着ライン監視システムの両方として機能することができる多機能システムまたは多機能マトリックスを形成することができる。接着剤スクリムプライ層58のマトリックスと一体化されるこれらのセンサ素子66は、接着ライン境界の内部において測定される局所的動的応答84及び電気機械特性86の変化を解釈し、そしてこれらのセンサ素子66は、硬化接着ライン境界における、または硬化接着ライン境界の内部における接着界面剥離、歪み状態、水分侵入、材料変化、亀裂、ボイド、層間剥離、気泡のような重要な特性、及び/又は他の重要な特性を評価することができる。監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態は、スクリムメッシュパターンに応じた超音波伝播及び電気機械インピーダンスに基づくモダリティ(態様)を有する検出材料のような種々の一連のアクティブセンサ素子66を利用することにより、電力/情報網として機能することができる。システムの作動、及びデータ取り出しは、無線電力供給装置116、無線データ取出しシステム120、及び無線データ処理システム122を用いて無線で行なって、複合材板状接着構造体102のような構造体の硬化接着ライン32におけるデータをその場で解釈することができる。監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態は、硬化接着ライン32を多機能スクリムプライ層58が埋め込まれた状態で設けて、製造中及び運用中の両方における接着ライン境界の接着の完全性品質の変化を要求に応じて、または継続的に監視する。このような硬化接着ラインまたは接合ジョイントによって、これらの構造物及び構造部品の全体重量を、ファスナーを利用する重いジョイントの容積を小さくすることにより低減することができる。接合ジョイントは、これを、荷重をより広い設置面積に亘って分散させることにより、かなりの程度達成することができる。

10

20

【0045】

監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態は、航空機、宇宙船、航空宇宙ビークル、宇宙打ち上げ機、ロケット、衛星、回転翼航空機、ウォータークラフト、ボート、列車、自動車、トラック、バス、及び他の適切な輸送ビークル及び構造物に使用される接着構造体の硬化接着ライン32における、または硬化接着ライン32の内部における接着の完全性の監視を行なうことができる。監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態は、接着性を特徴付け、そして接着構造部品の接着ラインの完全性を、金具及び接着構造部品の使用寿命全体に亘って継続的に確保する、その場で非破壊検査するシステム及び方法を提供することができる。

30

【0046】

監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態は、硬化接着ラインを、構造物または構造構成部品の使用中に調査する能力を有することができ；接着ラインの完全性を確保する作業に要するコスト及びフロー時間を低減することができ；要求に応じてリアルタイムに、または継続的にリアルタイムに実行することにより、接着ラインの完全性に関する情報をいつでも入手することができ；そして、構造表面から離れて位置する、構造表面の内部に位置する、または構造表面の下に位置する硬化接着ラインまたは接合ジョイントの完全性、健全性、及び適合性を予測し、そして監視することができ、構造物または構造部品を解体するか、または取り外す必要がない、またはドリルで穴を構造物または構造部品に開けて測定工具を挿入する必要が全くない。更に、監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態は、内部電力センサ網及び内部センサ群を、硬化接着ラインに、または硬化接着ラインの内部に設けて、接着ライン自体の直ぐ傍における、または接着ライン自体の内部における接着ライン特性及び接着ラインの完全性の直接的な測定及び評価を可能にする。最後に、監視システム30,100、及び監視方法200の実施形態を用いて、硬化接着ラインまたは接合ジョイントの直ぐ傍における、または硬化接着ラインまたは接合ジョイントの内部における劣化または強度低下を、このような劣化または強度低下が実際に進行する前に予測することができるので、構造物及び構造構成部品の信頼性を向上させることができ、接着剤接着ラインの安全性を高めることができ、そして

40

50

全体的な製造及びメンテナンスコストを、構造物及び構造構成部品の寿命全体に亘って低減することができる。

【 0 0 4 7 】

本開示の多くの変形、及び他の実施形態は、本開示に関わり、かつこれまでの説明及び関連する図面に示される教示の恩恵を受けるこの技術分野の当業者であれば想到することができるであろう。本明細書において記載される実施形態は、例示のために提示され、限定的または網羅的に提示されるのではない。特定の用語を本明細書において用いているが、これらの用語は、一般的及び記述的な意味でのみ用いられ、限定目的で用いられるものではない。

また、本願は以下に記載する態様を含む。

10

(態様 1)

接着構造体の硬化接着ラインの内部における接着の完全性を監視するシステムであって、該システムは：

硬化接着ラインを有する接着構造体であって、前記硬化接着ラインが：

接着剤層と、

前記接着剤層と一体化されるスクリムプライ層と、

前記スクリムプライ層と一体化される電力センサ網と、を含む、前記接着構造体と、電力を前記電力センサ網に供給する電力供給装置と、

データを前記電力センサ網から取り出し、そして処理するデジタルデータ通信ネットワークと、を備え、

前記電力センサ網は、前記硬化接着ラインの内部における接着の完全性を、前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される局所的動的応答及び電気機械特性の変化を解釈することにより、要求に応じて監視する、

システム。

(態様 2)

前記接着構造体は、複合材料、金属材料、または複合材料及び金属材料の組み合わせにより形成される第1構造を含み、該第1構造は、複合材料、金属材料、または複合材料及び金属材料の組み合わせにより形成される第2構造に接着される、態様1に記載のシステム。

(態様 3)

前記接着剤層は、エポキシ接着剤、ポリウレタン接着剤、及び変性アクリレート系接着剤を含むグループから選択される材料を含む、態様1に記載のシステム。

(態様 4)

前記スクリムプライ層は、ナイロン繊維材料、ポリエステル繊維材料、及びガラス繊維材料を含むグループから選択される材料を含む、態様1に記載のシステム。

(態様 5)

前記スクリムプライ層は多機能層であり、接着剤層及び接着ライン監視システムの両方として機能する、態様1に記載のシステム。

(態様 6)

前記電力センサ網は、アクティブセンサノード群、個別感応性ワイヤ群、個別感応性ファイバ群、感応性光ファイバワイヤ群、繊維を被覆する感応性被膜群、カーボンナノチューブ群、及びパッシブセンサ群を含むグループから選択される複数の離間センサ素子を含む、態様1に記載のシステム。

(態様 7)

前記センサ素子群は、超音波伝播及び電気機械インピーダンスに基づくモダリティ(態様)を有する、態様6に記載のシステム。

(態様 8)

前記電力供給装置及び前記デジタルデータ通信ネットワークは無線である、態様1に記載のシステム。

(態様 9)

20

30

40

50

前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される前記局所的動的応答及び電気機械特性は、接着界面剥離、弱接着、歪み状態、水分侵入、材料変化、亀裂、ボイド、層間剥離、及び気泡を含むグループから選択される、態様1に記載のシステム。

(態様10)

複合材板状接着構造体の硬化接着ラインの内部における接着の完全性を監視するシステムであって、該システムは：

硬化接着ラインを有する複合材板状接着構造体であって、前記硬化接着ラインが：

接着剤層と、

前記接着剤層と一体化されるスクリムプライ層と、

前記スクリムプライ層と一体化される電力センサ網と、を含む、前記複合材板状接着構造体と、 10

電力を前記電力センサ網に供給する無線電力供給装置と、

データを前記電力センサ網から取り出し、そして処理する無線デジタルデータ通信ネットワークと、を備え、

前記電力センサ網は、接着の完全性を、前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される局所的動的応答及び電気機械特性の変化を解釈することにより、要求に応じて監視する、

システム。

(態様11)

前記電力センサ網は、アクティブセンサノード群、個別感応性ワイヤ群、個別感応性ファイバ群、感応性光ファイバワイヤ群、纖維を被覆する感応性被膜群、カーボンナノチューブ群、及びパッシブセンサ群を含むグループから選択される複数の離間センサ素子を含む、態様10に記載のシステム。 20

(態様12)

前記センサ素子群は、超音波伝播及び電気機械インピーダンスに基づくモダリティを有する、態様11に記載のシステム。

(態様13)

前記システムを用いて、航空機、宇宙船、航空宇宙ビークル、宇宙打ち上げ機、ロケット、衛星、回転翼航空機、ウォータークラフト、ボート、列車、自動車、トラック、バス、及び建築物における複合材板状接着構造体の硬化接着ラインの内部での接着の完全性を監視する、態様10に記載のシステム。 30

(態様14)

前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される前記局所的動的応答及び電気機械特性は、接着界面剥離、弱接着、歪み状態、水分侵入、材料変化、亀裂、ボイド、層間剥離、及び気泡を含むグループから選択される、態様10に記載のシステム。

(態様15)

接着構造体の硬化接着ラインの内部における接着の完全性を監視する方法であって、該方法は：

硬化接着ラインを有する接着構造体を設ける工程であって、前記硬化接着ラインが、接着剤層と、前記接着剤層と一体化されるスクリムプライ層と、そして前記スクリムプライ層と一体化される電力センサ網と、を含む、前記設ける工程と、 40

電力センサ網を動作させて、前記硬化接着ラインの接着の完全性を、前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される局所的動的応答及び電気機械特性の変化を解釈することにより、要求に応じて監視する工程と、

前記硬化接着ラインの接着の完全性に関するデータを、前記電力センサ網からデジタルデータ通信ネットワークを介して取り出し、そして処理する工程と、
を含む、方法。

(態様16)

前記電力センサ網は、アクティブセンサノード群、個別感応性ワイヤ群、個別感応性ファイバ群、感応性光ファイバワイヤ群、纖維を被覆する感応性被膜群、カーボンナノチュ 50

ープ群、及びパッシブセンサ群を含むグループから選択される複数の離間センサ素子を含む、態様 15 に記載の方法。

(態様 17)

前記センサ素子群は、超音波伝播及び電気機械インピーダンスに基づくモダリティを有する、態様 16 に記載の方法。

(態様 18)

前記方法を用いて、航空機、宇宙船、航空宇宙ピークル、宇宙打ち上げ機、ロケット、衛星、回転翼航空機、ウォータークラフト、ボート、列車、自動車、トラック、バス、及び建築物における接着構造体の硬化接着ラインの内部での接着の完全性を監視する、態様 15 に記載の方法。

10

(態様 19)

前記硬化接着ラインの内部において直接的に測定される前記局所的動的応答及び電気機械特性は、接着界面剥離、弱接着、歪み状態、水分侵入、材料変化、亀裂、ボイド、層間剥離、及び気泡を含むグループから選択される、態様 15 に記載の方法。

(態様 20)

前記デジタルデータ通信ネットワークは無線である、態様 15 に記載の方法。

【図 1】

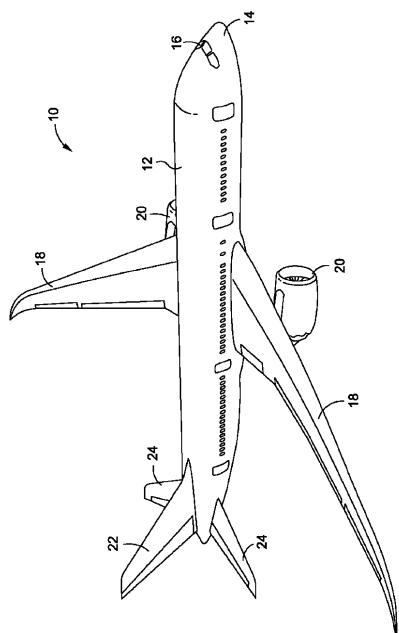
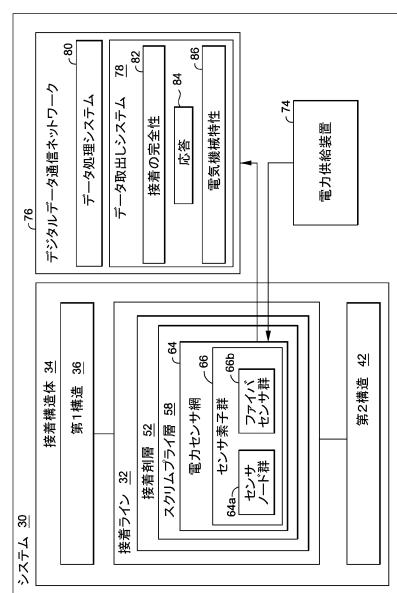
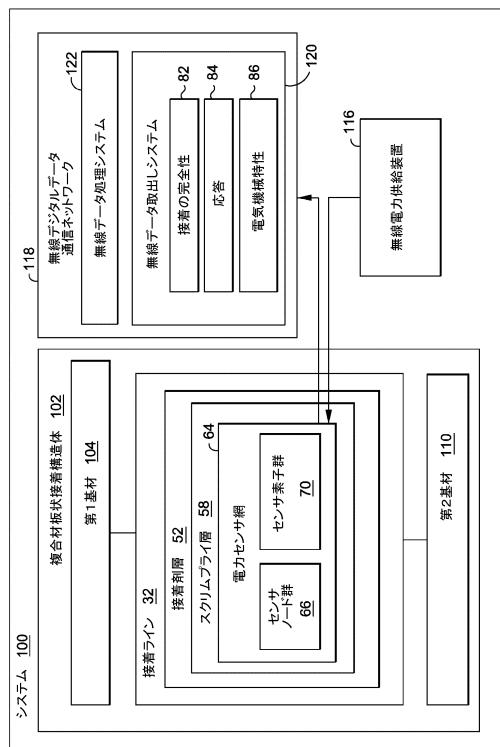


FIG. 1

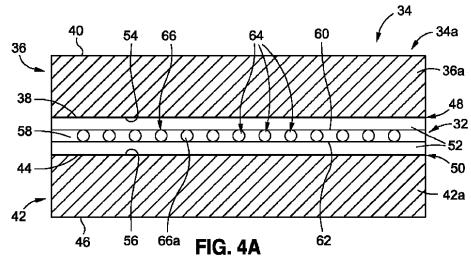
【図 2】



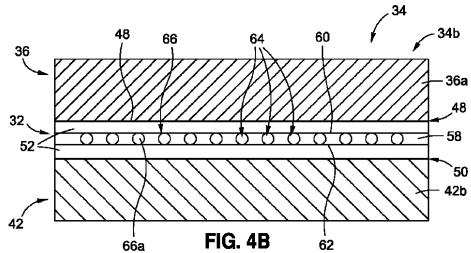
【図3】



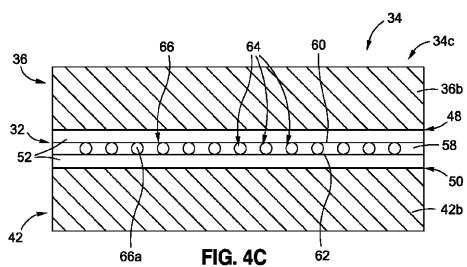
【図4A】



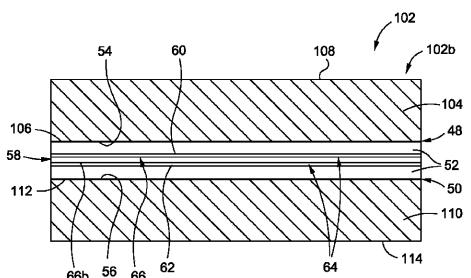
【図4B】



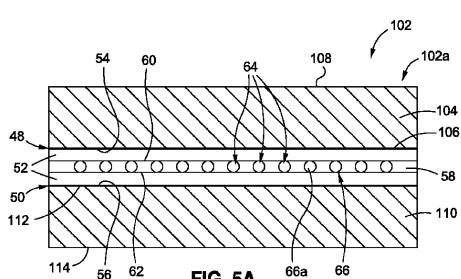
【図4C】



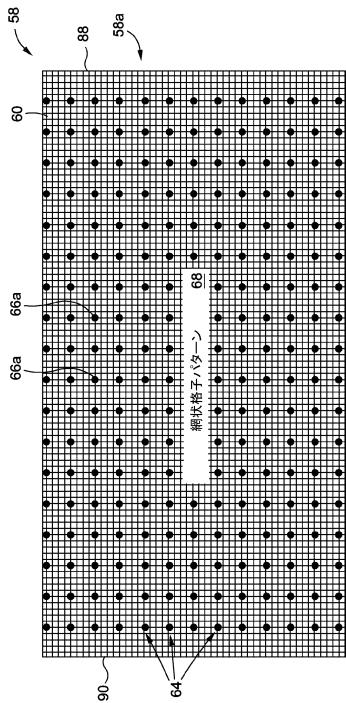
【図5B】



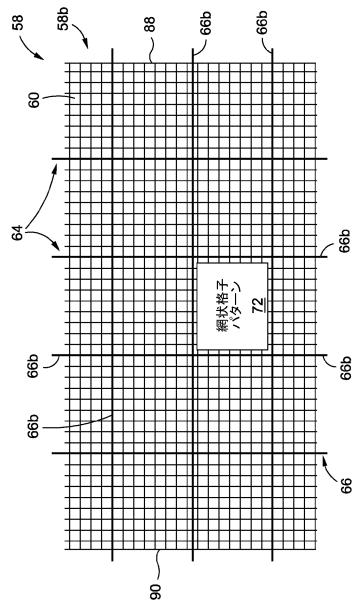
【図5A】



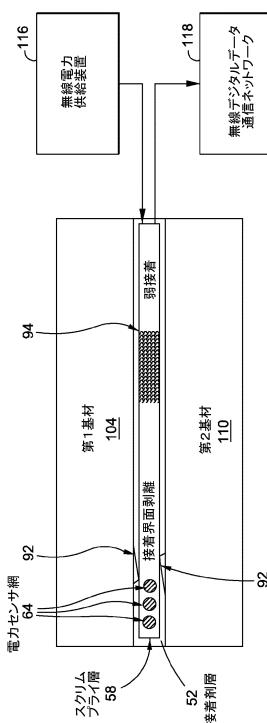
【図6】



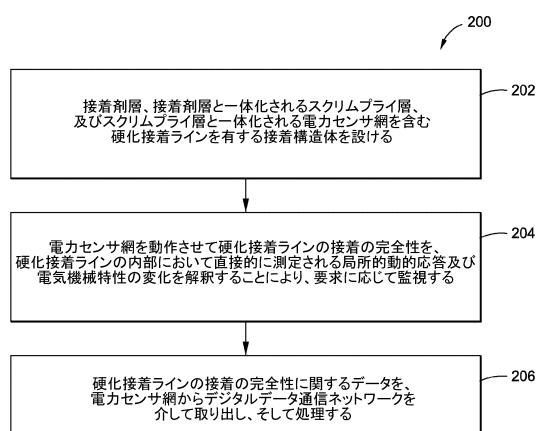
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 ゴス， ジョナサン ヘンリー
アメリカ合衆国 ワシントン 98027， イサクア， ノースウェスト モントゥルー ドラ
イブ 18109
- (72)発明者 プロホビック， ケイ ワイ。
アメリカ合衆国 ワシントン 98027， イサクア， 269番 アヴェニュー サウスレー
スト 14411
- (72)発明者 グレース， ウィリアム ピー.エイチ.
アメリカ合衆国 ワシントン 98115， シアトル， 29番 アヴェニュー ノースイース
ト 7266

合議体

審判長 福島 浩司
審判官 高 橋 祐介
審判官 松岡 智也

(56)参考文献 特表2003-515730(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/00-27/10 ,G01N 27/14-27/24 ,G01N 29/00-29/52