

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5840687号
(P5840687)

(45) 発行日 平成28年1月6日 (2016.1.6)

(24) 登録日 平成27年11月20日 (2015.11.20)

(51) Int. Cl.

F I

B 3 2 B 3/02 (2006.01)

B 3 2 B 3/02

B 3 2 B 5/00 (2006.01)

B 3 2 B 5/00

A

B 3 2 B 5/28 (2006.01)

B 3 2 B 5/28

A

B 3 2 B 15/08 (2006.01)

B 3 2 B 15/08

M

B 6 4 C 1/00 (2006.01)

B 6 4 C 1/00

B

請求項の数 9 (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-524848 (P2013-524848)
 (86) (22) 出願日 平成23年6月22日 (2011.6.22)
 (65) 公表番号 特表2013-539428 (P2013-539428A)
 (43) 公表日 平成25年10月24日 (2013.10.24)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/041519
 (87) 国際公開番号 W02012/024023
 (87) 国際公開日 平成24年2月23日 (2012.2.23)
 審査請求日 平成26年5月13日 (2014.5.13)
 (31) 優先権主張番号 12/857,835
 (32) 優先日 平成22年8月17日 (2010.8.17)
 (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 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義敦
 (72) 発明者 グリース, ケネス ハーラン
 アメリカ合衆国 ワシントン 98031
 , ケント, 125番 コート サウス
 イースト 22229

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材と金属のジョイントを有する複合構造物およびその作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の積み重ねである、繊維強化樹脂プライの積層された積み重ね、および、

第2の積み重ねである、金属シートの積み重ねであって、複合材料金属フィンガージョ
 イントを形成するように構成され、該フィンガージョイントは前記第1の積み重ねを前記
 第2の積み重ねに接続する、第2の積み重ねからなる複合構造物であって、

前記第2の積み重ねが金属シートと各金属シート間の接着剤の層とからなり、該金属シ
 ートが、チタンシート、チタン合金シートのうちの少なくとも一つを有し、前記第2の積
 み重ねにおける各金属シートの終端が、前記第1の積み重ねからの多重繊維強化樹脂プ
 ライの終端と接触し、前記第2の積み重ねが、前記第1の積み重ねと第2の積み重ねとの間
 の境界とともに超音波の導波路を有するように構成される、複合構造物。

【請求項 2】

前記第1の繊維強化樹脂プライの積み重ねおよび前記第2の金属シートの積み重ねが層
 状に配置されており、前記層状をなす層の各々が、第1の金属シートおよび少なくとも1
 つの繊維強化樹脂プライを含む、
 請求項1に記載の複合構造物。

【請求項 3】

前記層の各々における繊維強化樹脂プライの第1の厚さが、前記層における前記第1の
 金属シートの第2の厚さと概ね等しい、請求項2に記載の複合構造物。

【請求項 4】

前記層の各々における前記繊維強化樹脂プライのおよび前記第 1 の金属シートの前記少なくとも一つが、前記層のそれぞれにおいて樹脂から金属への遷移点を形成する実質的に接している縁部を有する、

請求項 2 に記載の複合構造物。

【請求項 5】

前記各層のそれぞれにおける前記遷移点が、互いに対して互い違いになっている、請求項 4 に記載の複合構造物。

【請求項 6】

前記層が、前記第 1 の積層された繊維強化樹脂プライの積み重ねと前記第 2 の金属シートの積み重ねとの間に繊維強化樹脂と金属のフィンガージョイントを形成している、請求項 2 に記載の複合構造物。

10

【請求項 7】

前記金属シートがチタン合金からなり、前記繊維強化樹脂プライが炭素繊維強化エポキシを有する、請求項 1 に記載の複合構造物。

【請求項 8】

MEMS センサ、圧電センサ及びトランスジューサのうち少なくとも一つをさらに有する、請求項 1 に記載の複合構造物。

【請求項 9】

複合構造物であって、

第 1 の積み重ねである、繊維強化樹脂プライの積層された積み重ねと、

20

金属シート及び各隣接した金属シート間の接着層からなる第 2 の積み重ねであって、複合材料金属ジョイントを形成するように構成され、該ジョイントは前記第 1 の積み重ねを前記第 2 の積み重ねに接続し、各金属シートが、チタンシート、チタン合金シートのうちの少なくとも一つからなり、前記第 2 の積み重ねにおける各金属シートの終端が、前記第 1 の積み重ねにおける多重積層繊維強化樹脂プライの終端と接触し、前記第 2 の積み重ねによって導波路が構成され、該導波路は該複合構造物の接合の質の非破壊評価を容易にするように構成された第 2 の積み重ねと、

超音波を受信するように構成されたセンサとを有する、複合構造物。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本開示は、概して複合構造物に、特に繊維強化樹脂積層体に関し、かつ、より詳細には複合材と金属のジョイントを有する混成複合材を扱う。

【背景技術】

【0002】

複合構造物の組立てには、しばしば、接合技術が用いられる。複合構造物に締結具も必要な用途では、締結具ジョイントを通じて伝達される荷重に耐えるために締結具を取り囲んでいる構造物の局所的厚さまたは標準厚さを増大させる必要があることがある。構造物の局所的厚さが増大するに伴い、締結具を長くする必要があるかもしれず、これにより、構造物の重量が増加する。また、構造物の局所的厚さの増大により、締結具ジョイントを横切る荷重経路の偏心率が増加しかねず、締結具に望ましくない曲げ荷重がかかることがある。

40

【0003】

上で触れた問題の解決法の一つとして、締結具の領域内で複合構造物に金属製取り付け具を取り付けることが挙げられる。これらの金属製取り付け具は、接触している炭素繊維強化複合材と実質的に化学反応を起こさないチタンまたは類似の金属から形成することができる。しかしながら、チタン製取り付け具は、とりわけ複雑な形状へと形成する必要がある場合に比較的高価であることがある。

【発明の概要】

【0004】

50

したがって、実質的に全金属の取り付け具を実質的に全複合樹脂の構造物に接続するために用いてもよい、比較的安価で製造容易な、かつ、締結具の接続点の周囲で伝達される荷重に耐えることのできる複合樹脂と金属のジョイントが必要である。また、全金属の取り付け具と全複合樹脂の構造物との間の化学反応を実質的に回避する複合樹脂と金属のジョイントも必要である。

【 0 0 0 5 】

開示されている実施形態は、実質的に全金属の取り付け具の実質的に全複合樹脂の構造物への接続に用いることができる繊維強化樹脂複合材と金属のジョイントを含む混成型複合構造物を提供する。ジョイントは、航空宇宙輸送手段などの高性能用途における使用に適した複合構造物と金属構造物との間の遷移を提供する。この実質的に全複合材から実質的に全金属材料への遷移は、腐食の可能性および/または偏心から生じる問題を低減するか、または、なくすことができる。複合構造物のレイアップ中、ある数の複合材プライの代わりに金属シートを用い、複合材プライから金属シートへの遷移が互い違いの位置で起こることにより、複合材部分から金属部分への十分な荷重伝達がもたらされる。互い違いの遷移の結果として、複合材プライと金属シートとの間の交互配置が生じ、かつ、ジョイントにおける亀裂や接合剥れの発生および/または伝搬を低減可能な複数の接合線が作られる。金属シート間に配置される接着剤は、上記シート同士を結びつけ、ほぼ固体の金属製取り付け具へと一体化する。

10

【 0 0 0 6 】

開示される一実施形態にしたがって、繊維強化樹脂プライの積層された積み重ね、および、金属シートの積み重ねを含む複合構造物を提供する。金属シートは、繊維強化樹脂プライを金属シートに接続する複合材と金属のジョイントを形成するために、縁部が繊維強化樹脂プライの縁部と交互配置されている。

20

【 0 0 0 7 】

別の実施形態にしたがって、複合樹脂部分、金属部分、樹脂部分と金属部分との間の遷移セクションを含む混成樹脂金属構造物を提供する。樹脂部分は、繊維強化樹脂の積層されているプライを含み、金属部分は、接合されている金属のシートを含む。遷移セクションは、積層されているプライと金属シートとの間に互い違いの重複部を含む。

【 0 0 0 8 】

別の実施形態にしたがって、混成複合金属部品を提供する。部品は、界面位置において終端している繊維強化複合材料のレイアップを含む。界面位置において、複合材料と同じ厚さの金属プライは、部品の金属縁部へと続いており、かつ、前の界面位置から部品の縁部へ向かって互い違いになっている複合材と金属の界面に対してレイアップが繰り返される。金属プライ間に構造用接着剤の層が配置され、次の金属と複合材の界面が、部品縁部から離れて互い違いになって、入れ子継ぎ目を製造し、かつ、入れ子タブを製造する互い違いの界面の積み重ねが、部品の全厚さまで続き、複合材プライのいずれも部品の縁部まで完全に延在することはない、

30

【 0 0 0 9 】

さらに別の実施形態にしたがって、複合構造物を組立てる方法を提供する。該方法は、複合材部分と金属部分とを有する多層複合材レイアップを形成すること、および、複合材部分と金属部分との間の複合材と金属のジョイントを形成することを含む。該方法は、レイアップを圧縮および硬化させることをさらに含む。

40

【 0 0 1 0 】

さらなる実施形態にしたがって、混成金属部品を製造する方法を提供する。該方法は、界面位置において終端している少なくとも1層の繊維強化複合材プライを設置する工程、および、隣接した金属プライを設置する工程であって、金属プライが隣接した繊維強化複合材プライと実質的に同じ厚さである、設置する工程を含む。複合材プライを設置する工程および隣接した金属プライを設置する工程を繰り返して、前の界面位置から部品の前記縁部へ向かって互い違いになっている複合材と金属との界面を形成する。該方法は、金属プライ間の構造用接着剤のプライを設置する工程、および、複合材プライと金属プライと

50

のレイアップを繰り返し、次の金属と複合材との界面が部品縁部から離れて互い違いになって、入れ子継ぎ目を製造する工程をさらに含む。

【 0 0 1 1 】

本願は以下に記載する態様を含む。

(態 様 1)

繊維強化樹脂プライの積層された積み重ね、および、

繊維強化樹脂プライを金属シートに接続する複合材と金属のジョイントを形成するために、縁部が繊維強化樹脂プライの縁部と交互配置されている金属シートの積み重ねを含む、複合構造物。

(態 様 2)

繊維強化樹脂プライの積み重ねおよび金属シートの積み重ねが層状に配置されており、層の各々が、金属シートおよび繊維強化樹脂プライの少なくとも一方を含む、態様 1 に記載の複合構造物。

(態 様 3)

層の各々における繊維強化樹脂プライの厚さが、層における金属シートの厚さと概ね等しい、態様 2 に記載の複合構造物。

(態 様 4)

層の各々における繊維強化樹脂プライおよび金属シートが、樹脂から金属への遷移点を形成する実質的に接している縁部を有する、態様 2 に記載の複合構造物。

(態 様 5)

層の遷移点が、互いに対して互い違いになっている、態様 4 に記載の複合構造物。

(態 様 6)

層が、樹脂プライの積み重ねと金属シートの積み重ねとの間に繊維強化樹脂と複合材のフィンガージョイントを形成している、態様 2 に記載の複合構造物。

(態 様 7)

金属シートのうちの隣接したもの同士の間シートを接合するための接着剤の層をさらに含む、態様 1 に記載の複合構造物。

(態 様 8)

金属シートがチタン合金であり、かつ、
プライの繊維強化材が炭素を含む、
態様 1 に記載の複合構造物。

(態 様 9)

レイアップの複合樹脂部分と金属部分との間の複合材と金属のジョイントを形成することを含む、繊維強化複合樹脂部分と金属部分とを有する多層複合材レイアップを形成することを含む、複合構造物を組立てる方法。

(態 様 1 0)

レイアップを形成することが、少なくとも 1 層の繊維強化複合樹脂プライおよび 1 枚の金属シートを実質的に縁部同士が互いに接している状態で配置して、層における繊維強化複合樹脂と金属との間の遷移点を形成することにより、層の各々を形成することを含む、態様 9 に記載の方法。

(態 様 1 1)

レイアップを形成することが、層における遷移点同士を互いに対して互い違いにすることを含む、態様 1 0 に記載の方法。

(態 様 1 2)

金属シートの上に接着剤の層を配置することにより金属部分を一体化することを含む、態様 1 0 に記載の方法。

本願は以下に記載する態様を含む。

(態 様 1 3) 繊維強化樹脂の積層されているプライを含む複合樹脂部分と、

10

20

30

40

50

接合されている金属のシートを含む金属部分と、
複合樹脂部分と金属部分との間の遷移セクションであって、積層されているプライと
金属シートとの間に互い違いの重複部を含む遷移セクションと、
を含む、混成複合樹脂金属構造物。

(態様 14) 積層されているプライおよび金属シートが、層状に配置されており、かつ
、

層の各々が、実質的に縁部同士が接している状態の金属シートのうちの 1 枚と複数の
繊維強化樹脂プライとを含む、態様 13 に記載の混成複合樹脂金属構造物。

(態様 15) 層の各々におけるプライの厚さが、層における金属シートの厚さと実質的
に等しい、態様 14 に記載の混成複合樹脂金属構造物。

(態様 16) 互い違いの重複部が、複合樹脂部分と金属部分との間に複合材と金属のフ
ィンガージョイントを形成する、態様 13 に記載の混成複合樹脂金属構造物。

(態様 17) シート同士を接合し、かつ、金属部分を一体化するために金属シートの各
々の間に接着剤の層をさらに含む、態様 13 に記載の混成複合樹脂金属構造物。

(態様 18) 金属シートの各々が、チタン合金である、態様 13 に記載の混成複合樹脂
金属構造物。

(態様 19) 界面位置において終端している繊維強化複合材料のレイアップを含む混成
複合金属部品であって、複合材料と同じ厚さの金属プライが部品の金属縁部へと続いてお
り、かつ、前の界面位置から部品の縁部へ向かって互い違いになっており、かつ、金属プ
ライ間に構造用接着剤の層を含む複合材と金属の界面に対してレイアップが繰り返され、
次の金属と複合材の界面が、部品縁部から離れて互い違いになって、入れ子継ぎ目を製造
し、かつ、入れ子タブを製造する互い違いの界面の積み重ねが、部品の全厚さまで続き、
複合材プライのいずれも部品の縁部まで完全に延在することはない、混成複合金属部品。

(態様 20) 界面位置において終端している少なくとも 1 層の繊維強化複合材プライを
設置する工程、

隣接した金属プライを設置する工程であって、金属プライが隣接した繊維強化複合材
プライと同じ厚さである、設置する工程、

複合材プライを設置する工程および隣接した金属プライを設置する工程を繰り返して
、前の界面位置から部品の前記縁部へ向かって互い違いになっている複合材と金属との界
面を形成する工程、

金属プライ間の構造用接着剤のプライを設置する工程、および、

複合材プライと金属プライとのレイアップを繰り返し、次の金属と複合材との界面が
部品縁部から離れて互い違いになって、入れ子継ぎ目を製造する工程、
を含む、混成金属部品を製造する方法。

(態様 21) 複合材プライと金属プライとの互い違いの界面の積み重ねを続けて、複合
材プライのいずれも部品の縁部まで完全には延在していない状態で、部品の全体厚さまで
入れ子タブを製造する工程

をさらに含む、態様 20 に記載の方法。

(態様 22) 部品を真空バッグ法で処理して、レイアップ内の空隙を除去する工程、お
よび、

レイアップした部品を硬化させる工程

をさらに含む、態様 21 に記載の方法。

(態様 23) 繊維強化全複合材部分、全金属部分および複合材部分を金属部分に接続す
る混成の複合材と金属のフィンガージョイントを形成している複数の積層されている層で
あって、

層の各々が、複数の複合樹脂のプライおよびチタン金属シートを含み、プライおよび
金属シートが、互いに縁部同士が接している状態で配置されていることにより、層にお
ける複合材から金属への遷移点を形成し、かつ、層における遷移点が互いに対して互い違
いになって、フィンガージョイントを形成している、複数の積層されている層と、

金属シートを一体化するための金属シート間の接着剤の層と、

10

20

30

40

50

を含む、混成複合樹脂金属航空機構造物であって、

層の各々におけるプライの厚さが、シートの中の 1 枚と接着剤の層との合計厚さと実質的に等しい、混成複合樹脂金属航空機構造物。

(態様 2 4) 繊維強化全複合材部分、全金属部分および複合材部分を金属部分に接続する混成の複合材と金属のフィンガージョイントを含むレイアップを形成する工程であって、チタン金属シートと縁部同士が接している状態で複数の複合樹脂プライを配置することにより、層において複合材から金属への遷移点を形成することにより、層の各々が形成される、複数の層をレイアップすることを含むレイアップを形成する工程、

金属シート間に接着剤の層を配置して、金属部分を一体化する工程、

層における遷移点を互いに対して互い違いにすることにより、複合材部分と金属部分との間にジョイントを形成する工程、

レイアップを圧縮する工程、および、

レイアップを硬化させる工程

を含む、混成複合樹脂金属航空機構造物を作製する方法。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】図 1 は、複合材と金属のジョイントを有する複合構造物の断面図を示している。

【図 2】図 2 は、複合材と金属のジョイントを含む複合構造物の斜視図を示している。

【図 3】図 3 は、図 2 において図 3 として示されている領域の斜視図を示している。

【図 4】図 4 は、複合材プライと金属シートとの間の交互配置をよりよく示しているジョイントの断面図を示している。

【図 5】図 5 は、金属シート上へのフィルム接着剤の塗布をも示している図 4 に示したジョイントの分離された 2 層の断面図を示している。

【図 6】図 6 は、図 5 に示した 2 層により形成されているジョイントのある部分の拡大断面図を示している。

【図 7】図 7 は、図 2 ~ 図 4 に示した複合ジョイントを有する複合構造物を作製する方法の大まかなフロー図を示している。

【図 8】図 8 は、図 7 に示した方法の追加の詳細を示すフロー図を示している。

【図 9】図 9 は、図 2 ~ 図 4 に示した複合ジョイントを有する複合構造物を作製する別の方法のフロー図である。

【図 1 0】図 1 0 は、航空機の製造および保守方法論のフロー図を示している。

【図 1 1】図 1 1 は、航空機のブロック図を示している。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

まず図 1 を参照して、混成複合構造物 2 0 は、複合材と金属のジョイント 2 6 を含む遷移セクション 2 5 により金属部分 2 4 と結合されている複合樹脂部分 2 2 を含む。説明されている実施例において、複合構造物 2 0 は、実質的に平坦な複合材シートであるが、用途によっては、構造物 2 0 は、1 つ以上の湾曲部、なだらかな起伏またはその他の幾何学的特徴を有していてもよい。例えば、複合構造物 2 0 は、外板 2 0 を通ってフレーム 2 8 内へ貫通するラップジョイント 3 0 および締結具 3 2 により航空機のフレーム 2 8 部分に固定されている航空機（図示せず）の起伏の付いた内部および / または外部外板を含んでもよい。

【 0 0 1 4 】

フレーム 2 8 は、複合材料、金属材料またはその他の剛性材料を含んでもよく、構造物 2 0 の金属部分 2 4 は、フレーム 2 8 と複合材部分 2 0 との間のさまざまな荷重およびローディングの種類の伝達に適した剛性の金属製取り付け具 2 4 として作用してもよい。下でより詳細に取り上げるように、金属部分 2 4 は、限定はされないが、複合材部分 2 0 および構体 2 8 に対して実質的に非反応性かつ親和性のチタンなどのさまざまな金属のうちのいずれかを含んでもよい。実用的な一実施形態において、例えば限定はされないが、複合樹脂部分 2 2 は、炭素繊維強化エポキシを含んでもよく、金属部分 2 4 は

10

20

30

40

50

、チタン合金を含んでいてもよく、フレイム 28 は、アルミニウム合金または複合材を含んでいてもよい。遷移セクション 25 およびジョイント 26 は、限定はされないが引張り、曲げ、ねじれおよびせん断荷重を含む複合樹脂部分 22 と金属部分 24 との間の典型的な荷重の範囲および種類を支えるのに十分な強度を有する。説明した遷移セクション 25 およびジョイント 26 は、全複合樹脂部分 22 と全金属部分 24 との間に形成されているが、2つの異なる複合構造物（図示せず）同士または2つの異なる金属製構造物（図示せず）同士の結合にこれらを使用することも可能である。

【0015】

図1～図4を参照して、複合材料プライ 35 のレイアップは、後にここで遷移点 39 と呼ばれる界面位置 39 において終端され、ここで、複合材料プライ 35 と実質的に同じ厚さの金属シートまたはプライ 37 が金属部分 24 の金属縁部 24a へと続き、前の界面位置 39 から金属縁部 24a へ向かって互い違いになっており、かつ、金属プライ 37 間に構造用金属接着剤 45 のプライ（図5および図6参照）を含む複合材と金属の界面 39 に対してレイアップが繰り返され、次の金属と複合材の界面 39 は、部品縁部 24a から離れて互い違いになって、入れ子継ぎ目 27 が製造される。入れ子タブ 29（図3参照）を製造するこの互い違いの界面の積み重ねは、混成複合構造物 20 の全厚さまで続き、複合材プライ 35 のいずれも全金属部分 24 の金属縁部 24a まで完全に延在することはない。

【0016】

ここで図2～図4も参照して、構造物 20 の複合材部分 22 は、繊維強化樹脂プライ 35 の積層された積み重ね 34 を含み、構造物 20 の金属部分 24 は、ともに接合されて、実質的に一体化された金属構造物を形成する金属シートまたはプライ 37 の積み重ね 36 を含む。図5および図6に示すように、複合材プライ 35 および金属シート 37 は、層 38 に配置されている。層 38 の各々は、金属シート 37 のうちの1枚と実質的に縁部同士が接している状態の複合材プライ 35 のうちの1層以上を含む。したがって、層 38 の各々は、点 39 において、複合材、すなわち、複合樹脂プライ 35 から金属、すなわち、金属シート 37 へと遷移する。

【0017】

遷移点 39 は、プライ 35 と金属シート 37 とが遷移セクション 25（図1）において互いに重複するような所定のレイアップ計画にしたがって、互いに対して互い違いになっている。遷移点 39 が互い違いとなっていることにより、ジョイント 26 における亀裂や接合剥れの発生および/または伝搬を低減可能な複数の接合線が作られる。また、遷移点 39 が互い違いとなっている結果、全複合材部分 22 と全金属部分 24 との間の入れ子継ぎ目 27 を形成するジョイント 26 内の複合材プライ 35 と金属シート 37 との交互配置の形態が生じる。この入れ子継ぎ目 27 は、フィンガー接合 26、フィンガージョイント 26 または複数段階ラップジョイント 26 とも呼ばれることがある。遷移点 39 のうちの隣接したものの同士は、構造物 20 の面内方向において互いから離間していることにより、接合剥れおよび亀裂などの不整合の伝搬に対する強度および耐性を含む最適な性能特性を示す接合ジョイント 26 を達成する。説明されている実施例において、ジョイント 26 を形成している入れ子継ぎ目 27 は、遷移点 39 が最大重複部の概ね中央点 55 から反対方向に互い違いになっている両側フィンガージョイント 26 の形態である。しかしながら、複数の遷移点 39 が単一方向に互い違いになっている片側フィンガージョイントに限定されないがこれを含むその他のジョイント構成が可能である。

【0018】

複合材プライ 35 は、限定はされないが、一方向プリプレグテープまたは布地の形態であってもよい炭素繊維エポキシなどの繊維強化樹脂を含んでいてもよい。ガラス繊維を含むその他の繊維強化材が可能であり、非プリプレグ材料の使用が可能であることがある。複合材プライ 35 は、所定の繊維配向を有していてもよく、所望の性能仕様を満たすために予め規定されたプライ計画にしたがってレイアップされる。前に触れたように、接合シート 37 は、対象とする用途に適したチタンなどの金属を含んでいてもよい。説明されて

10

20

30

40

50

いる実施例において、金属シート 37 の積み重ね 36 は、プライ 35 の積層された積み重ね 34 の厚さ t_2 と概して実質的に等しい全体厚さ t_1 を有する。ただし、説明されている実施例において、 t_2 は、積み重ね 37 の両面のいくつかの上包プライ 43 の厚さだけ t_1 よりわずかに大きい。

【0019】

図 5 および図 6 は、図 2 ~ 図 4 に示したジョイント 26 の 2 つの隣り合った層 38 の詳細を示している。本実施例において、各層 38 は、ひとまとめにした全体厚さ T_1 を有する 4 層のプライ 35 を含む。隣接した層 38 の個々の金属シート 37 は、構造用接着剤 45 の層によりともに接合されており、該接着剤 45 は、レイアッププロセス中に金属シート 36 間に配置される市販のフィルム接着剤またはその他の形態の適切な接着剤を含んで

10

【0020】

図 6 において T_2 として表されている各金属シート 37 と 1 層の接着剤 45 との一体とした厚さは、層 38 における複合材プライ 35 の厚さ T_1 と実質的に等しい。図示していないが、接着剤の薄膜をプライ 35 間に配置して、層間接合強度を増してもよい。実的な一実施形態において、チタン合金金属シート 37 を用いてもよく、該シート 37 は各々が、およそ 0.0025 インチの厚さを有し、フィルム接着剤 45 は、およそ 0.005 インチの厚さであってもよく、4 つの複合炭素繊維エポキシプライ 35 は、約 0.30 インチのひとまとめにした全体厚さを有する各層 38 において用いられていてもよい。用途によっては、チタン以外の金属の使用が可能ことがある。隣接した遷移点 39 間の距離、よって、層 38 間の重複部の長さのみならず、複合材プライ 35 の厚さおよび数、ならびに、金属シート 37 の厚さは、ジョイント 26 を介して伝達されることとなる荷重の種類および大きさならびに、場合によると、その他の性能仕様を含む特定の用途の要件次第で異なる。

20

【0021】

複合材部分 22 と金属部分 24 それぞれ (図 1) の 2 つの異なる材料間のジョイント 26 の異なる層 38 により、構造物 20 が埋め込みまたは搭載センサ (図示せず) を用いた接合品質の非破壊評価に正に適したものとなる。超音波構造波 (図示せず) は、金属部分 24 の縁部、複合材部分 22 または遷移セクション 25 において構造物 20 中に導かれてもよい。これらの超音波は、金属 37 シートおよび複合材プライ 35 と金属シート 37 との間の界面 (図示せず) により形成される導波路となるものを通して進む。MEMS (微小電気機械システム) によるセンサ、薄型圧電センサ (図示せず) または構造物 20 に配置されたその他のトランスデューサを用いて、ジョイント 26 における接合線の状態を分析するために超音波構造波を受信してもよい。

30

【0022】

ここで図 7 を参照すると、複合構造物 20 を作製する 1 つの方法は、65 に示すように多層複合材レイアップを形成することを含む。レイアップを形成することは、工程 67 において複合樹脂部分 22 をレイアップすること、および、69 において金属部分 24 をレイアップすることを含む。レイアップを形成する工程 65 は、71 に示すようにレイアップの複合樹脂部分と金属部分との間に複合材と金属のジョイントを形成することをさらに含む。

40

【0023】

図 8 は、図 7 に示した方法の追加の詳細を示している。工程 40 において始めに、個々の金属シート 37 を所望の大きさおよび / または形状に切り取る。次に 42 において、溶剤でシート 37 を洗浄し、それらを乾燥させることなどを含んでもよい適切なプロセスにより金属シート 37 の表面を処理し、次いで 44 において、各層 38 におけるプライ 35 と金属シート 36 との間の遷移点 39 の所定の互い違い配置を含む予め規定されたプライ計画 (図示せず) により決定された順序で金属シート 36 および複合材プライ 35 をレイアップすることにより、レイアップを組み立てる。

【0024】

50

レイアッププロセス中、従来のレイアッププロセスにおける複合材プライのレイアップ内への配列とそっくり、レイアップ内へのプライのように金属シート 37 が配列される。工程 46 に示すように、金属シート 37 間に接着剤を挿入することにより、該シートを一体化された金属構造物となるようとも接合してもよい。同様に、図 8 には示していないが、個々の複合材プライ 35 間に接合接着剤を挿入することにより、これらプライ 35 間の接合強度を強めてもよい。次に 48 において、真空バッグ法などのいくつかの知られている圧縮技法のうちのいずれかを用いてレイアップを圧縮してもよく、その後、オートクレーブでのまたはオートクレーブ外での硬化プロセスを用いて工程 50 においてレイアップを硬化させる。工程 52 において、必要に応じて、硬化した複合構造物 20 を切り取りおよび / または点検してもよい。

10

【0025】

図 9 は、混成複合部品 20 を作製する方法のさらに別の実施形態を示している。該方法は、工程 73 において界面位置 39 において終端する少なくとも 1 層の複合材プライ 35 を適切なレイアップ工具（図示せず）上に設置することにより開始する。75 において、隣接した複合材料プライ 35 と実質的に同じ厚さの隣接した金属プライ 37 をレイアップする。77 に示すように、前の界面位置 39 から部品 20 の金属縁部 24a へ向かって互い違いになっている複合材と金属の界面 39 に対してレイアッププロセスを繰り返す。79 において、金属プライ 37 間に構造用接着剤のプライ 45 を設置する。引き続いて工程 73 ~ 工程 79 を繰り返して、入れ子継ぎ目 27 および互い違いの界面積み重ねを製造して、いずれの複合材プライ 35 も部品 20 の金属縁部 24a まで完全には延在していない状態に入れ子タブ 29 を混成部品 20 の全体厚さに形成する。図 9 には示していないが、完成したレイアップを真空バッグ法で処理して、空隙を除去し、その後、何らかの適切な硬化方法を用いて硬化させる。

20

【0026】

本開示の実施形態は、多種多様な潜在的用途、とりわけ、例えば航空宇宙、海洋および自動車用途を含む輸送産業において用いられてもよい。したがって、ここで図 10 および図 11 を参照して、図 10 に示す航空機の製造および保守方法 60 ならびに図 11 に示す航空機 62 との関連において本開示の実施形態を用いてもよい。開示している実施形態の航空機用途は、例えば広範な種類の構造的複合部品および構成部品、特に、組立てプロセス中に締結具の使用を要する部品を含んでいてもよい。本生産の前で、例示的方法 60 は、航空機 62 の仕様および設計 64 ならびに材料調達 66 を含んでいてもよい。生産の際は、航空機 62 の構成部品および部分組立品の製造 68 ならびにシステム統合 70 が行われる。その後、航空機 62 は、認証および納品 72 を経て、運航 74 されてもよい。顧客による運航中、航空機 62 は、（改修、再構成、修繕などをも含むかもしれない）定常的整備および保守 76 を受けることとなる。

30

【0027】

方法 60 のプロセスの各々は、システムインテグレータ、第三者および / または操作者（例えば、顧客）により行われるかまたは実施されてもよい。本件の説明のため、システムインテグレータは、任意の数の航空機製造者および主要なシステム下請け業者に限定されないがこれらを含んでもよい。第三者は、任意の数の取り扱い業者、下請け業者および供給業者に限定されないがこれらを含んでもよい。操作者は、航空会社、リース会社、軍隊、保守組織などであってもよい。

40

【0028】

図 11 に示すように、例示的方法 60 により製造される航空機 62 は、複数のシステム 80 および内装 82 とともに機体 78 を含んでいてもよい。高度システム 80 の例としては、推進システム 84、電気システム 86、油圧システム 88 および環境システム 90 のうちの 1 つ以上が挙げられる。任意の数のその他のシステムが含まれてもよい。開示している方法を使用して、機体 78 内または内装 82 内で用いられる部品、構造物および構成部品を組立ててもよい。航空宇宙の例が示されているが、本開示の原理は、海洋産業および自動車産業といった他の産業に適用することもできる。

50

【 0 0 2 9 】

ここで実施されているシステムおよび方法は、製造および保守方法 6 0 のいずれか 1 つまたはそれ以上の段階中に使用してもよい。例えば、製造プロセス 6 8 に対応する部品、構造物および構成部品は、航空機 6 2 が運航されている間に製造される部品、構造物および構成部品と同様に組立てまたは製造されてもよい。また、航空機 6 2 の組立てを大幅に早めるか、または、航空機 6 2 のコストを削減することにより、例えば、製造段階 6 8 および 7 0 中に、一以上の装置の実施形態、方法の実施形態またはこれらの組み合わせを利用してもよい。同様に、航空機 6 2 の運航中から、例えば限定はされないが、整備および保守 7 6 中にかけて、一以上の装置の実施形態、方法の実施形態またはこれらの組み合わせを利用してもよい。

10

【 0 0 3 0 】

ある例示的な実施形態に関して本開示の実施形態を説明してきたが、他の変形例に当業者が想到するであろうから、該特定の実施形態は、限定ではなく説明を目的とするものであることは理解されるべきである。

【 図 1 】

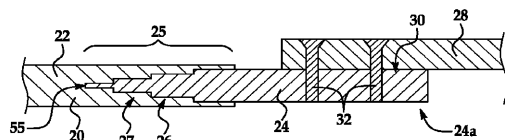


FIG. 1

【 図 4 】

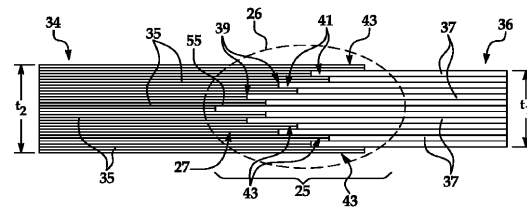
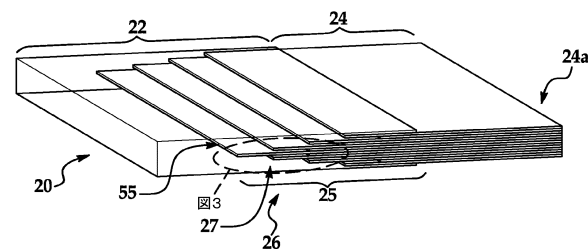


FIG. 4

【 図 2 】



【 図 5 】

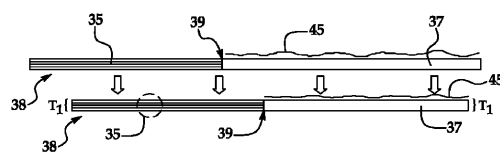


FIG. 5

【 図 3 】

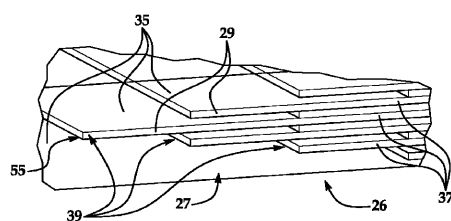


FIG. 3

【 図 6 】

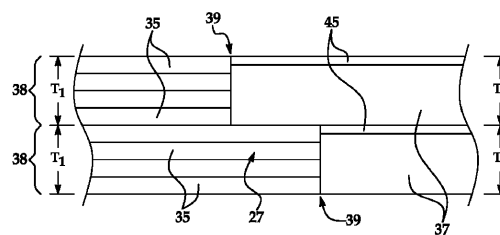
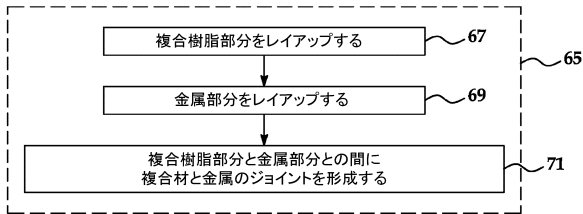
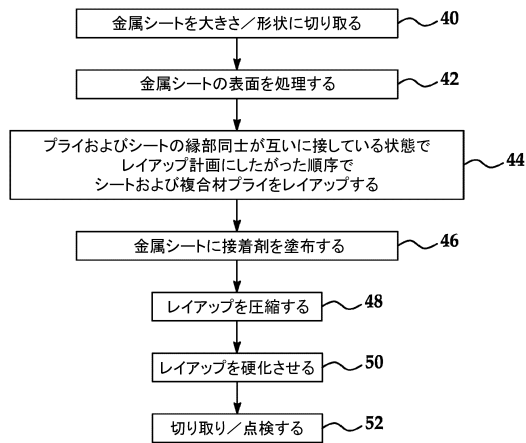


FIG. 6

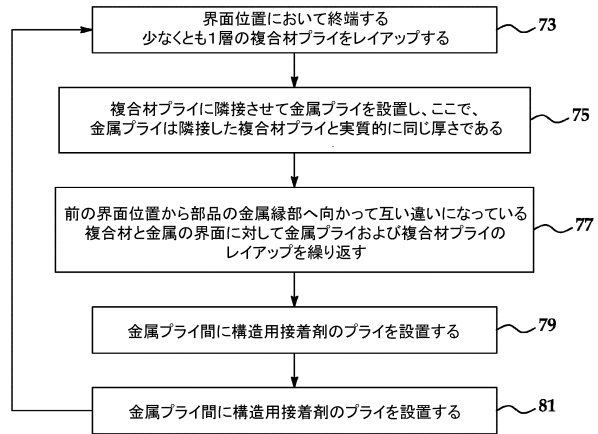
【図 7】



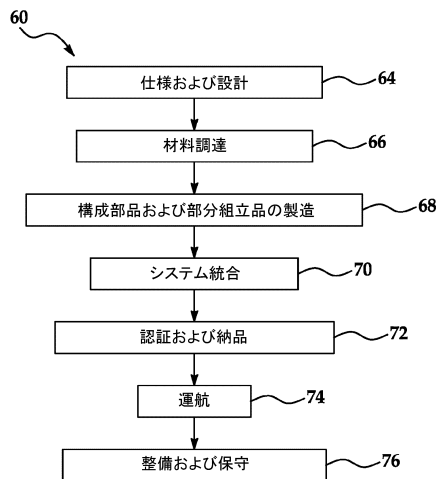
【図 8】



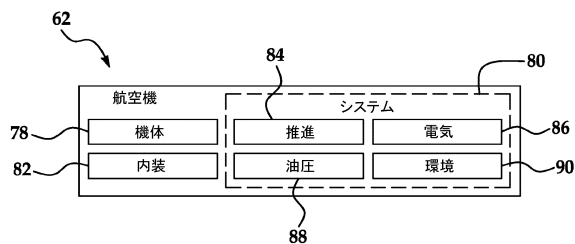
【図 9】



【図 10】



【図 11】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 B 6 4 C 1/12 (2006.01) B 6 4 C 1/12

(72)発明者 ジョージソン , ゲイリー イー .
 アメリカ合衆国 ワシントン 9 8 4 2 2 , タコマ , オルカ ドライブ ノースイースト 5
 3 3 3

審査官 岸 進

(56)参考文献 国際公開第 2 0 0 0 / 0 5 6 5 4 1 (W O , A 1)
 特開 2 0 0 7 - 1 9 1 1 4 8 (J P , A)
 KOLESNIKOV , CFRP/TITANIUM HYBRID MATERIAL FOR IMPROVING COMPOSITE BOLTED JOINTS , COMPO
 SITE STRUCTURES , 英国 , ELSEVIER SCIENCE LTD. , 2 0 0 8 年 2 月 8 日 , V83 N4 , P368-380
 FINK A , HYBRID CFRP/TITANIUM BOLTED JOINTS: PERFORMANCE ASSESSMENT AND APPLICATION 以
 下備考 , COMPOSITES SCIENCE AND TECHNOLOGY , 英国 , ELSEVIER , 2 0 1 0 年 2 月 1 日 , V70
 N2 , P305-317 , TO A SPACECRAFT PAYLOAD ADAPTOR

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B 3 2 B 1 / 0 0 - 4 3 / 0 0
 B 2 9 C 6 3 / 0 0 - 6 5 / 8 2
 B 6 4 B 1 / 0 0 - 1 / 7 0
 B 6 4 C 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0
 B 6 4 D 1 / 0 0 - 4 7 / 0 8
 B 6 4 F 1 / 0 0 - 5 / 0 0
 B 6 4 G 1 / 0 0 - 9 9 / 0 0
 F 1 6 B 3 / 0 0 - 4 / 0 0