

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6847679号
(P6847679)

(45) 発行日 令和3年3月24日 (2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月5日 (2021.3.5)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 9 C 73/10 (2006.01) B 2 9 C 73/10
 B 2 9 C 70/28 (2006.01) B 2 9 C 70/28

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-8476 (P2017-8476)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成29年1月20日 (2017.1.20)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2018-114721 (P2018-114721A)		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(43) 公開日	平成30年7月26日 (2018.7.26)	(74) 代理人	110002147
審査請求日	令和1年8月28日 (2019.8.28)		特許業務法人酒井国際特許事務所
		(72) 発明者	下野 耕大
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	武内 幸生
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		(72) 発明者	秋山 勝徳
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材の修理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複合材の修理対象となる被修理部を補修する複合材の修理方法において、
 繊維に樹脂が含浸している含浸領域と繊維に樹脂が含浸していない未含浸領域とを含む
 プリプレグである半含浸プリプレグと、
 シート状に形成された樹脂シートと、
 通気性を有する部材である通気部材と、が用意されており、
 前記複合材の表面から窪んで形成される前記被修理部に、前記樹脂シートを配置する樹脂シート配置工程と、
 前記樹脂シート上に前記半含浸プリプレグを積層して配置するプリプレグ配置工程と、
 積層した前記半含浸プリプレグの前記未含浸領域と連通するように前記通気部材を配置
 すると共に、前記通気部材を、真空吸引部と接する位置に配置する通気部材配置工程と、
 を備え、
 前記プリプレグ配置工程では、前記半含浸プリプレグを所定数積層することに真空吸引
 を行うことを特徴とする複合材の修理方法。

【請求項 2】

前記半含浸プリプレグは、積層される積層方向である面外方向に亘って前記未含浸領域
 が形成されており、
 前記通気部材は、前記半含浸プリプレグの最表面側に配置されて前記半含浸プリプレグ
 を被覆すると共に、前記真空吸引部と接する位置に配置される通気被覆部材を有し、

10

20

前記通気部材配置工程では、前記プリプレグ配置工程後において、前記半含浸プリプレグを被覆するように、積層された前記半含浸プリプレグの最表面側に前記通気被覆部材を配置することを特徴とする請求項 1 に記載の複合材の修理方法。

【請求項 3】

前記半含浸プリプレグは、積層される積層方向に直交する面内方向に亘って前記未含浸領域が形成されており、

前記通気部材は、

前記樹脂シートと前記半含浸プリプレグとの間に配置されて前記半含浸プリプレグの前記未含浸領域と連通する通気介在部材と、

前記半含浸プリプレグの最表面側に配置されて前記半含浸プリプレグを被覆すると共に、前記通気介在部材及び前記真空吸引部と接する位置に配置される通気被覆部材と、を有し、

前記通気部材配置工程は、

前記樹脂シート配置工程後において、前記樹脂シート上に前記通気介在部材を配置する通気介在部材配置工程と、

前記プリプレグ配置工程後において、前記半含浸プリプレグを被覆するように、積層された前記半含浸プリプレグの最表面側に前記通気被覆部材を配置する通気被覆部材配置工程と、を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の複合材の修理方法。

【請求項 4】

前記通気介在部材は、前記真空吸引部の真空吸引による、積層された前記半含浸プリプレグの前記樹脂シートへの移動に抗して、前記半含浸プリプレグと前記樹脂シートとの間に脱気回路を形成する緩衝材であることを特徴とする請求項 3 に記載の複合材の修理方法。

【請求項 5】

前記通気介在部材は、不織布であり、

前記不織布の厚さは、前記樹脂シートの厚さの 0.7 倍以上となっていることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の複合材の修理方法。

【請求項 6】

前記不織布の厚さは、前記樹脂シートの厚さの 3 倍以下となっていることを特徴とする請求項 5 に記載の複合材の修理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複合材の修理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、複合材の修理対象となる損傷部等の被修理部を修理する修理方法として、樹脂を含浸させたプリプレグを、複合材の損傷部に積層して配置し、積層したプリプレグを硬化させることで、損傷部を補修する複合材の修理方法が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2010 - 137527 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、積層されたプリプレグを硬化すると、硬化後の積層されたプリプレグに空隙が残存することで、修理後の損傷部となる補修部の強度が低下する可能性がある。この場合、プリプレグを予め積層して修理パッチとして用意することが考えられる。これによれば

10

20

30

40

50

、プリプレグの空隙の形成を抑制できるが、一方で、修理パッチの作成にコストがかかり、また、修理パッチを事前に作成する分、修理に長時間を要する可能性がある。

【 0 0 0 5 】

そこで、本発明は、被修理部を適切に修理することができる複合材の修理方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の複合材の修理方法は、複合材の修理対象となる被修理部を補修する複合材の修理方法において、繊維に樹脂が含浸している含浸領域と繊維に樹脂が含浸していない未含浸領域とを含むプリプレグである半含浸プリプレグと、シート状に形成された樹脂シートと、通気性を有する部材である通気部材と、が用意されており、前記複合材の表面から窪んで形成される前記被修理部に、前記樹脂シートを配置する樹脂シート配置工程と、前記樹脂シート上に前記半含浸プリプレグを積層して配置するプリプレグ配置工程と、積層した前記半含浸プリプレグの前記未含浸領域と連通するように前記通気部材を配置すると共に、前記通気部材を、真空吸引部と接する位置に配置する通気部材配置工程と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 7 】

この構成によれば、複合材の被修理部に、未含浸領域を有する半含浸プリプレグを積層して配置し、未含浸領域と通気部材とを連通させた状態で、通気部材に真空吸引部を接触させることができる。このため、真空吸引部による真空吸引時において、未含浸領域と通気部材とにより脱気回路を形成することができる。そして、脱気回路が形成された状態で樹脂を溶融させることにより、樹脂を未含浸領域及び通気部材に好適に含浸させることができ、空隙の形成を抑制することができる。よって、修理後の被修理部である補修部において空隙の残存が抑制されるため、補修部の強度の低下を抑制することができ、被修理部を適切に修理することができる。

【 0 0 0 8 】

また、前記半含浸プリプレグは、積層される積層方向である面外方向に亘って前記未含浸領域が形成されており、前記通気部材は、前記半含浸プリプレグの最表面側に配置されて前記半含浸プリプレグを被覆すると共に、前記真空吸引部と接する位置に配置される通気被覆部材を有し、前記通気部材配置工程では、前記プリプレグ配置工程後において、前記半含浸プリプレグを被覆するように、積層された前記半含浸プリプレグの最表面側に前記通気被覆部材を配置することが、好ましい。

【 0 0 0 9 】

この構成によれば、半含浸プリプレグの未含浸領域が面外方向に亘って形成される場合、積層された半含浸プリプレグを被覆して通気被覆部材を配置することで、通気被覆部材と未含浸領域と連通して配置することができる。このため、積層された半含浸プリプレグの全域に亘って脱気回路を形成でき、空隙の形成をより抑制することができる。

【 0 0 1 0 】

また、前記半含浸プリプレグは、積層される積層方向に直交する面内方向に亘って前記未含浸領域が形成されており、前記通気部材は、前記樹脂シートと前記半含浸プリプレグとの間に配置されて前記半含浸プリプレグの前記未含浸領域と連通する通気介在部材と、前記半含浸プリプレグの最表面側に配置されて前記半含浸プリプレグを被覆すると共に、前記通気介在部材及び前記真空吸引部と接する位置に配置される通気被覆部材と、を有し、前記通気部材配置工程は、前記樹脂シート配置工程後において、前記樹脂シート上に前記通気介在部材を配置する通気介在部材配置工程と、前記プリプレグ配置工程後において、前記半含浸プリプレグを被覆するように、積層された前記半含浸プリプレグの最表面側に前記通気被覆部材を配置する通気被覆部材配置工程と、を含むことが、好ましい。

【 0 0 1 1 】

この構成によれば、半含浸プリプレグの未含浸領域が面内方向に亘って形成される場合、樹脂シートと半含浸プリプレグとの間に通気介在部材を配置することで、通気介在部材

10

20

30

40

50

と未含浸領域と連通して配置することができる。また、積層された半含浸プリプレグを被覆して通気被覆部材を配置することで、通気被覆部材と通気介在部材と連通して配置することができる。このため、積層された半含浸プリプレグの全域に亘って脱気回路を形成でき、空隙の形成をより抑制することができる。

【0012】

また、前記通気介在部材は、前記真空吸引部の真空吸引による、積層された前記半含浸プリプレグの前記樹脂シートへの移動に抗して、前記半含浸プリプレグと前記樹脂シートとの間に脱気回路を形成する緩衝材であることが、好ましい。

【0013】

この構成によれば、真空吸引によって、積層された半含浸プリプレグが樹脂シートへ移動する場合でも、通気介在部材が緩衝材として機能することで、脱気回路を形成することができる。

10

【0014】

また、前記通気介在部材は、不織布であり、前記不織布の厚さは、前記樹脂シートの厚さの0.7倍以上となっていることが、好ましい。

【0015】

この構成によれば、不織布の厚さを適切な厚さとすることができるため、修理後の被修理部である補修部において空隙の残存をより好適に抑制することができ、また、補修部の強度の低下を抑制することができる。なお、不織布は、単層(1枚)であってもよいし、複数層(複数枚重ねたもの)であってもよく、特に限定されない。

20

【0016】

また、前記不織布の厚さは、前記樹脂シートの厚さの3倍以下となっていることが、好ましい。

【0017】

この構成によれば、不織布の厚さを樹脂が含浸する適切な厚さとすることができるため、修理後の被修理部である補修部において、複合材の被修理部における半含浸プリプレグの一体化を好適に行うことができ、補修部の強度の低下を抑制することができる。

【0018】

また、前記プリプレグ配置工程では、前記半含浸プリプレグを所定数積層するごとに真空吸引を行うことが、好ましい。

30

【0019】

この構成によれば、半含浸プリプレグ同士の層間における空隙の形成を抑制することができる。

【0020】

また、前記半含浸プリプレグを前記被修理部の形状に合わせて予め積層して形成された修理パッチが用意され、前記プリプレグ配置工程では、前記樹脂シート上に前記修理パッチを配置することが、好ましい。

【0021】

この構成によれば、半含浸プリプレグ同士の層間において空隙が生じないように、予め半含浸プリプレグを積層して修理パッチとすることができる。このため、半含浸プリプレグ同士の層間における空隙の形成を抑制することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、実施形態1に係る複合材の修理方法の修理対象となる複合材を模式的に示す断面図である。

【図2】図2は、実施形態1に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【図3】図3は、実施形態1に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【図4】図4は、実施形態2に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【図5】図5は、実施形態2に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【図6】図6は、実施形態2に係る複合材の修理方法において修理された複合材の補修部

50

における、不織布の厚さに応じて変化する空隙率のグラフである。

【図 7】図 7 は、実施形態 2 に係る複合材の修理方法において修理された複合材の補修部の強度に関するグラフである。

【図 8】図 8 は、実施形態 3 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【図 9】図 9 は、実施形態 3 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【図 10】図 10 は、複合材の修理方法の修理対象となる被修理部の一例を示す断面図である。

【図 11】図 11 は、半含浸プリプレグの一例を示す説明図である。

【図 12】図 12 は、半含浸プリプレグの他の一例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0023】

以下に、本発明に係る実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能であり、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせることも可能である。

【0024】

[実施形態 1]

実施形態 1 に係る複合材 1 の修理方法は、複合材 1 に形成された損傷等による欠損部を修理対象としており、この修理対象となる被修理部 5 を修理する方法となっている。この修理方法によって修理された後の被修理部 5 である補修部 8 は、予め設定された所定の強度を満足するように修理される。

20

【0025】

図 1 は、実施形態 1 に係る複合材の修理方法の修理対象となる複合材を模式的に示す断面図である。図 2 は、実施形態 1 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。図 3 は、実施形態 1 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【0026】

複合材 1 の修理方法の説明に先立ち、図 1 を参照して、被修理部 5 が修理されることで補修部 8 が形成された複合材 1 について説明する。複合材 1 は、強化繊維と樹脂とが一体に成形された材料である。複合材 1 は、例えば、強化繊維として炭素繊維が用いられた炭素繊維強化プラスチック (CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastic) である。なお、強化繊維は、炭素繊維に限定されず、その他のプラスチック繊維、ガラス繊維、天然繊維又は金属繊維でもよい。樹脂は、熱硬化性樹脂が好ましいが、熱可塑性樹脂でもよい。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂である。熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)、ポリエーテルケトンケトン (PEKK)、及びポリフェニレンサルファイド (PPS) 等である。なお、樹脂は、これらに限定されず、その他の樹脂を用いてもよい。

30

【0027】

複合材 1 は、その表面側 (図 1 の上側) に、修理対象となる被修理部 5 が形成され、この被修理部 5 に、シート状の半含浸プリプレグ 10 を複数積層して硬化させることで、補修部 8 が形成される。被修理部 5 は、側面及び底面を有する有底の孔となっている。被修理部 5 は、孔の開口部分が円形状に形成され、底面が開口部分よりも小さな円形状に形成され、側面が底面から開口部分に向かって広がるように傾斜するテーパ面となっている。なお、図 10 に示すように、被修理部 5 は、底面を有しない貫通孔であってもよい。図 10 に示す貫通孔は、複合材 1 の一方側の面 (図 10 の上面) から他方側の面 (図 10 の下面) に向かって先細りとなるように貫通形成される孔である。被修理部 5 が図 10 に示す貫通孔である場合、小さい開口面積となる下面側の開口部分の周囲に、シーラント等のシール部材 15 を配置し、シール部材 15 を介して下面側の開口部分を覆うように、封止部材 16 を配置する。これにより、封止部材 16 を貫通孔の底部として機能させる。

40

【0028】

50

この被修理部 5 には、孔の深さ方向を積層方向として、複数の半含浸プリプレグ 10 が積層される。半含浸プリプレグ 10 は、強化繊維に樹脂が含浸している含浸領域と、強化繊維に樹脂が含浸していない未含浸領域と、を含むプリプレグである。半含浸プリプレグ 10 は、その種類に応じて、未含浸領域の形成状態が異なるものとなっている。実施形態 1 において、半含浸プリプレグ 10 は、積層される積層方向である面外方向、及び積層方向に直交する面内方向に亘って、未含浸領域が形成されている。このような、半含浸プリプレグ 10 としては、例えば、図 11 に示すものがあり、強化繊維 F の束の外周面を樹脂 R が被覆する含浸領域とし、強化繊維 F の束の内部を未含浸領域とした両サイドタックの半含浸プリプレグ 10 であり、強化繊維 F の束の内部を未含浸領域とすることで、面内方向に亘って未含浸領域を形成するものとなる。また、この半含浸プリプレグ 10 は、網目を有する織布（織物）として形成することで、面外方向に亘って未含浸領域を形成するものとなる。半含浸プリプレグ 10 は、被修理部 5 と相補的な形状となるように、複数積層される。なお、実施形態 1 においては、半含浸プリプレグ 10 として、少なくとも面外方向に亘って未含浸領域を形成するものであればよく、面内方向に亘って未含浸領域を形成しないものであってもよい、面内方向に亘って未含浸領域を形成するものであってもよい。

10

【0029】

補修部 8 は、積層された複数の半含浸プリプレグ 10 が加熱され、含浸領域の樹脂が溶融し、溶融した樹脂が未含浸領域に流入して、強化繊維と樹脂とが一体となって硬化することで形成される。

20

【0030】

次に、図 2 及び図 3 を参照して、被修理部 5 を有する複合材 1 の修理方法について説明する。複合材 1 の修理方法では、上記の半含浸プリプレグ 10 と、樹脂シート 11 と、通気部材としての通気被覆シート（通気被覆部材）12 とが使用される。樹脂シート 11 は、樹脂をシート状に形成したものであり、半含浸プリプレグ 10 に用いられる樹脂と接着可能な材料となっている。なお、樹脂シート 11 は、半含浸プリプレグ 10 に用いられる樹脂と同じものであってもよいし、異なるものであってもよく、特に限定されない。通気被覆シート 12 は、シート状に形成したものであり、少なくとも面内方向において通気性を有するシートとなっている。通気被覆シート 12 としては、例えば、ピールブライが用いられる。

30

【0031】

図 2 及び図 3 に示すように、複合材 1 の修理方法では、被修理部形成工程 S2 と、樹脂シート配置工程 S3 と、プリプレグ配置工程 S4 と、通気部材配置工程 S5 と、成形工程 S6 とを順に行っている。被修理部形成工程 S2 を行う前において、複合材 1 の表面には、欠損部 21 が形成されている（ステップ S1）。

【0032】

被修理部形成工程 S2 では、複合材 1 の表面に形成された欠損部 21 を切削等により加工して、上記の形状となる被修理部 5 を形成する。被修理部形成工程 S2 では、上記の形状となる被修理部 5 を形成することで、被修理部 5 を修理に適した形状とすることができる。

40

【0033】

樹脂シート配置工程 S3 では、複合材 1 の表面から窪んで形成される被修理部 5 に、樹脂シート 11 を配置する。具体的に、樹脂シート配置工程 S3 では、被修理部 5 の底面及び側面に接して、これらの面を被覆するように、樹脂シート 11 を配置する。

【0034】

プリプレグ配置工程 S4 では、樹脂シート 11 上に半含浸プリプレグ 10 を複数積層して配置する。積層される複数の半含浸プリプレグ 10 のうち、被修理部 5 の底面側となる下層の半含浸プリプレグ 10 は、被修理部 5 の開口側となる上層の半含浸プリプレグ 10 に比して、小径となるように形成されている。つまり、小径の半含浸プリプレグ 10 を、上層に向かって大径の半含浸プリプレグ 10 となるように積層することで、被修理部 5 と

50

相補的な形状とする。また、プリプレグ配置工程 S 4 では、半含浸プリプレグ 10 を所定数だけ積層することにより真空吸引を行っている。つまり、半含浸プリプレグ 10 を積層すると、積層される半含浸プリプレグ 10 の層間に空隙が形成される可能性があるため、定期的に真空吸引を行うことで、半含浸プリプレグ 10 の層間に形成される空隙を除去する。

【0035】

通気部材配置工程 S 5 では、積層した半含浸プリプレグ 10 の未含浸領域と連通するように、通気被覆シート 12 を配置する。通気部材配置工程 S 5 では、プリプレグ配置工程 S 4 において積層された半含浸プリプレグ 10 を被覆するように、積層された半含浸プリプレグ 10 の最表面側（最上層側）に通気被覆シート 12 を配置する。

【0036】

また、通気部材配置工程 S 5 では、通気被覆シート 12 を、後述する成形工程 S 6 において用いられる真空吸引ポート（真空吸引部）25 と接する位置に配置する。つまり、通気被覆シート 12 は、被修理部 5 よりも一回り大きく形成されており、被修理部 5 を被覆する中央の被覆部位 12a と、被覆部位 12a の外周側に設けられる被修理部 5 を被覆しない余剰部位 12b とを有する。そして、通気被覆シート 12 は、余剰部位 12b に真空吸引ポート 25 が接する。通気部材配置工程 S 5 では、通気被覆シート 12 の被覆部位 12a を、半含浸プリプレグ 10 を被覆するように配置する。また、通気部材配置工程 S 5 では、通気被覆シート 12 の余剰部位 12b を、被修理部 5 の外側、すなわち、成形工程 S 6 において用いられる真空吸引ポート（真空吸引部）25 と接する位置に配置する。

【0037】

成形工程 S 6 では、通気被覆シート 12 の被覆部位 12a 上に、ヒータマット 28 を設置すると共に、通気被覆シート 12 の余剰部位 12b に真空吸引ポート 25 を設置する。ヒータマット 28 は、半含浸プリプレグ 10 の樹脂を溶融させて熱硬化させる所定の温度となるように、半含浸プリプレグ 10 を加熱する。また、成形工程 S 6 では、ヒータマット 28 を被覆するように、シール材 30 を介してバッグフィルム 29 を配置する。バッグフィルム 29 は、通気被覆シート 12 よりも一回り大きく形成されており、シール材 30 は、バッグフィルム 29 と複合材 1 との間に気密に配置される。

【0038】

成形工程 S 6 では、真空吸引ポート 25 によりバッグフィルム 29 の内部を、真空吸引ポート 25 を介して真空吸引することで、半含浸プリプレグ 10 の未含浸領域及び通気被覆シート 12 を脱気回路として形成する。そして、成形工程 S 6 では、脱気回路が形成された状態で、ヒータマット 28 により樹脂を溶融させることにより、樹脂を半含浸プリプレグ 10 の未含浸領域及び通気被覆シート 12 に含浸させる。半含浸プリプレグ 10 の未含浸領域及び通気被覆シート 12 に含浸した樹脂は熱硬化し、強化繊維と樹脂とが一体となって硬化することで、補修部 8 が形成される（ステップ S 7）。なお、通気被覆シート 12 としてピールプライが用いられている場合、硬化後の通気被覆シート 12 は、引き剥がされる。

【0039】

以上のように、実施形態 1 によれば、複合材 1 の被修理部 5 に、未含浸領域を有する半含浸プリプレグ 10 を積層して配置し、未含浸領域と通気被覆シート 12 とを連通させた状態で、通気被覆シート 12 に真空吸引ポート 25 を接触させることができる。このため、真空吸引ポート 25 による真空吸引時において、未含浸領域と通気被覆シート 12 とにより脱気回路を形成することができる。そして、脱気回路が形成された状態で樹脂を溶融させることにより、樹脂を未含浸領域及び通気被覆シート 12 に好適に含浸させることができ、空隙の形成を抑制することができる。よって、修理後の被修理部 5 である補修部 8 において空隙の残存が抑制されるため、補修部 8 の強度の低下を抑制することができ、被修理部 5 を適切に修理することができる。

【0040】

また、実施形態 1 によれば、半含浸プリプレグ 10 の未含浸領域が面外方向に亘って形成される場合、積層された半含浸プリプレグ 10 を被覆するように通気被覆シート 12 を

10

20

30

40

50

配置することで、通気被覆シート 12 と未含浸領域と連通して配置することができる。このため、積層された半含浸プリプレグ 10 の全域に亘って脱気回路を形成でき、空隙の形成をより抑制することができる。

【0041】

また、実施形態 1 によれば、半含浸プリプレグの積層時に定期的に真空吸引を行うことで、半含浸プリプレグ 10 同士の層間における空隙の形成を抑制することができる。

【0042】

[実施形態 2]

次に、図 4 から図 7 を参照して、実施形態 2 に係る複合材の修理方法について説明する。なお、実施形態 2 では、重複した記載を避けるべく、実施形態 1 と異なる部分について説明し、実施形態 1 と同様の構成である部分については、同じ符号を付して説明する。図 4 は、実施形態 2 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。図 5 は、実施形態 2 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。図 6 は、実施形態 2 に係る複合材の修理方法において修理された複合材の補修部の断面図である。図 7 は、実施形態 2 に係る複合材の修理方法において修理された複合材の補修部の強度に関するグラフである。

10

【0043】

実施形態 2 の複合材の修理方法では、半含浸プリプレグ 10 として、面内方向に亘って未含浸領域が形成されるものが用いられ、また、通気部材として、実施形態 1 の通気被覆シート 12 の他、通気介在シート（通気介在部材）35 が用いられる。

20

【0044】

半含浸プリプレグ 10 は、少なくとも面内方向に亘って未含浸領域が形成されており、このような半含浸プリプレグ 10 としては、実施形態 1 と同様に、図 11 に示す両サイドタックの半含浸プリプレグ 10 であってもよい。また、半含浸プリプレグ 10 としては、例えば、図 12 に示すものがあり、繊維方向と直交する方向に並べた強化繊維 F の束の一方側の面（上面）を樹脂 R が被覆する含浸領域とし、他方面の面（下面）を未含浸領域としたワンサイドタックの半含浸プリプレグ 10 であってもよい。つまり、図 11 及び図 12 に示す半含浸プリプレグ 10 は、いずれも面内方向に亘って未含浸領域を形成するものである。また、実施形態 2 においては、半含浸プリプレグ 10 は織布とする必要はなく、繊維方向を面内方向に引き揃えたプライを用いてもよい。

30

【0045】

通気介在シート 35 は、シート状に形成したものであり、面内方向及び面外方向において通気性を有するシートとなっている。通気介在シート 35 としては、例えば、不織布（以下、不織布 35 ともいう）が用いられる。この不織布 35 は、半含浸プリプレグ 10 と樹脂シート 11 との間に設けられ、半含浸プリプレグ 10 の未含浸領域と連通するものとなっている。不織布 35 は、半含浸プリプレグ 10 に用いられる強化繊維と同じ繊維が用いられ、例えば、炭素繊維が用いられている。この不織布 35 は、被修理部 5 よりも一回り大きく形成されており、被修理部 5 を被覆する中央の被覆部位 35a と、被覆部位 35a の外周側に設けられる被修理部 5 を被覆しない余剰部位 35b とを有する。不織布 35 の余剰部位 35b は、通気被覆シート 12 の余剰部位 12b と重ね合わせられ、通気被覆シート 12 の余剰部位 12b を介して、真空吸引ポート 25 が接する。なお、不織布 35 は、樹脂繊維又はガラス繊維が用いられてもよい。

40

【0046】

また、真空吸引ポート 25 の真空吸引によって、積層された半含浸プリプレグ 10 が樹脂シート 11 へ向かって移動するが、不織布 35 は、半含浸プリプレグ 10 の樹脂シート 11 への移動に抗して、半含浸プリプレグ 10 と樹脂シート 11 との間に脱気回路を形成可能な緩衝材として機能している。この不織布 35 は、その厚さが、樹脂シート 11 の厚さ以上、樹脂シート 11 の厚さの 3 倍以下となっている。

【0047】

次に、図 4 及び図 5 を参照して、被修理部 5 を有する複合材 1 の修理方法について説明

50

する。実施形態 2 の複合材 1 の修理方法では、実施形態 1 の通気部材配置工程 S 5 が、通気介在シート 3 5 を配置する通気介在シート配置工程（通気介在部材配置工程）S 5 a と、通気被覆シート 1 2 を配置する通気被覆シート配置工程（通気被覆部材配置工程）S 5 b とに分けて行われている。

【 0 0 4 8 】

通気介在シート配置工程 S 5 a は、被修理部形成工程 S 2 及び樹脂シート配置工程 S 3 の後に行われると共に、プリプレグ配置工程 S 4 の前に行われる。通気介在シート配置工程 S 5 a では、樹脂シート 1 1 上に通気介在シート 3 5 を配置する。具体的に、通気介在シート配置工程 S 5 a では、通気介在シート 3 5 の被覆部位 3 5 a を、被修理部 5 の底面及び側面を被覆するように配置する。また、通気介在シート配置工程 S 5 a では、通気介在シート 3 5 の余剰部位 3 5 b を、被修理部 5 の外側、すなわち、成形工程 S 6 において用いられる真空吸引ポート（真空吸引部）2 5 と接する位置に配置する。

10

【 0 0 4 9 】

プリプレグ配置工程 S 4 では、通気介在シート 3 5 上に半含浸プリプレグ 1 0 を複数積層して配置する。このとき、プリプレグ配置工程 S 4 では、積層される半含浸プリプレグ 1 0 の未含浸領域が、通気介在シート 3 5 と連通するように、半含浸プリプレグ 1 0 が配置される。なお、プリプレグ配置工程 S 4 の他の部分については、実施形態 1 と同様であるため、説明を省略する。

【 0 0 5 0 】

通気被覆シート配置工程 S 5 b は、プリプレグ配置工程 S 4 の後に行われると共に、成形工程 S 6 の前に行われる。通気被覆シート配置工程 S 5 b では、通気被覆シート 1 2 の被覆部位 1 2 a を、半含浸プリプレグ 1 0 を被覆するように、積層された半含浸プリプレグ 1 0 の最表面側（最上層側）に配置する。また、通気被覆シート配置工程 S 5 b では、通気被覆シート 1 2 の余剰部位 1 2 b を、被修理部 5 の外側、すなわち、成形工程 S 6 において用いられる真空吸引ポート（真空吸引部）2 5 と接する位置に配置する。このとき、通気被覆シート配置工程 S 5 b では、通気被覆シート 1 2 の余剰部位 1 2 b を、通気介在シート 3 5 の余剰部位 3 5 b に重ね合わせて配置する。

20

【 0 0 5 1 】

成形工程 S 6 は、実施形態 1 と同様に、通気被覆シート 1 2 の被覆部位 1 2 a 上に、ヒータマット 2 8 を設置すると共に、通気被覆シート 1 2 の余剰部位 1 2 b 及び通気介在シート 3 5 の余剰部位 3 5 b に真空吸引ポート 2 5 を設置する。また、成形工程 S 6 では、ヒータマット 2 8 を被覆するように、シール材 3 0 を介してバッグフィルム 2 9 を配置する。

30

【 0 0 5 2 】

成形工程 S 6 では、真空吸引ポート 2 5 によりバッグフィルム 2 9 の内部を、真空吸引ポート 2 5 を介して真空吸引することで、半含浸プリプレグ 1 0 の未含浸領域、通気被覆シート 1 2 及び通気介在シート 3 5 を脱気回路として形成する。そして、成形工程 S 6 では、脱気回路が形成された状態で、ヒータマット 2 8 により樹脂を熔融させることにより、樹脂を半含浸プリプレグ 1 0 の未含浸領域、通気被覆シート 1 2 及び通気介在シート 3 5 に含浸させる。半含浸プリプレグ 1 0 の未含浸領域、通気被覆シート 1 2 及び通気介在シート 3 5 に含浸した樹脂は熱硬化し、強化繊維と樹脂とが一体となって硬化することで、補修部 8 が形成される（ステップ S 7 ）。

40

【 0 0 5 3 】

次に、図 6 及び図 7 を参照して、実施形態 2 の複合材 1 の修理方法によって修理された複合材 1 の補修部 8 の一例について説明する。図 6 は、不織布 3 5 の厚みに応じて変化する空隙率のグラフである。図 6 は、その縦軸が、空隙率となっており、その横軸が、樹脂シート 1 1 の厚さに対する不織布 3 5 の厚さの割合（不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さ）である。

【 0 0 5 4 】

ここで、樹脂シート 1 1 の厚さは、0 . 2 0 mm となっており、不織布 3 5 の厚みは、

50

樹脂シート 11 の厚さに対して、0.7 倍以上 3 倍以下となる範囲となっている。以下、具体的に説明する。

【0055】

空隙率は、複合材 1 の補修部 8 の断面における評価領域に対して、補修部 8 に発生する空隙の空隙領域の割合である。図 6 において、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合 (0.11 / 0.20) が 0.55 である場合、補修部 8 の空隙率は 3.6 % となる。図 6 において、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合 (0.14 / 0.20) が 0.7 である場合、補修部 8 の空隙率は 1.0 % となる。図 6 において、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合 (0.21 / 0.20) が 1.05 である場合、補修部 8 の空隙率は 0.1 % となる。図 6 において、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合 (0.28 / 0.20) が 1.4 である場合、補修部 8 の空隙率はほぼ 0 % (空隙なし) となる。そして、空隙率の品質基準 (クライテリア) を 2 % 未満として評価した場合、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合が、0.7 以上の範囲が良いことが確認された。以上から、不織布 35 の厚みは、樹脂シート 11 の厚さの 0.7 倍よりも厚いことが好ましいものとなる。

10

【0056】

次に、図 7 を参照して、補修部 8 の強度について説明する。図 7 は、その縦軸が、強度保持率となっている。強度保持率は、未修理となる複合材 1 の強度を 100 % としたときの、補修部 8 における強度の割合である。図 7 では、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの値に応じた強度保持率となっており、左側から順に、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合が 0.7 となるもの、1.05 となるもの、1.4 となるものとなっている。

20

【0057】

図 7 では、第 1 から第 3 までの補修部 8 を用意し、第 1 から第 3 の補修部 8 について、それぞれ評価した強度保持率を示すと共に、第 1 から第 3 の平均となる補修部 8 の平均強度保持率を示している。

【0058】

図 7 において、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合が 0.7 となる場合 (図 7 の左側の場合)、補修部 8 の平均強度保持率は 79.9 % となる。図 7 において、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合が 1.05 となる場合 (図 7 の中央の場合)、補修部 8 の平均強度保持率は 80.0 % となる。図 7 において、不織布の厚さ / 樹脂シートの厚さの割合が 1.4 となる場合、補修部 8 の平均強度保持率は 81.3 % となる。そして、強度保持率の品質基準 (クライテリア) を 80 % 以上として評価した場合、上記の割合における不織布 35 の厚みの範囲が適切であることが確認された。また、不織布の厚みが増大すると補修部 8 が複合材 1 に対して不織布 35 の厚み分外側に突出し、意匠性や空力抵抗の観点から問題となる可能性がある。また、突出を防ぐために補修部 8 の半含浸プリプレグ 10 を薄くした場合には強度低下が懸念される。以上から、不織布 35 の厚みは、樹脂シート 11 の厚さの 3.0 倍以下がより好ましいものとなる。

30

【0059】

以上のように、複合材 1 の被修理部 5 に、未含浸領域を有する半含浸プリプレグ 10 を積層して配置し、未含浸領域、通気被覆シート 12 及び通気介在シート 35 を連通させた状態で、通気被覆シート 12 に真空吸引ポート 25 を接触させることができる。このため、真空吸引ポート 25 による真空吸引時において、未含浸領域、通気被覆シート 12 及び通気介在シート 35 により脱気回路を形成することができる。そして、脱気回路が形成された状態で樹脂を熔融させることにより、樹脂を未含浸領域及び通気介在シート 35 に好適に含浸させることができ、空隙の形成を抑制することができる。よって、修理後の被修理部 5 である補修部 8 において空隙の残存が抑制されるため、補修部 8 の強度の低下を抑制することができ、被修理部 5 を適切に修理することができる。

40

【0060】

また、実施形態 2 によれば、真空吸引によって、積層された半含浸プリプレグ 10 が樹脂シート 11 側へ移動する場合でも、通気介在シート 35 が緩衝材として機能することで、脱気回路が閉塞することなく、脱気回路を好適に形成することができる。

50

【 0 0 6 1 】

また、実施形態 2 によれば、不織布 3 5 の厚さを適切な厚さとすることで、補修部 8 における空隙の残存をより好適に抑制することができ、また、補修部 8 における半含浸プリプレグの一体化を好適に行うことができるため、補修部 8 の強度の低下を抑制することができる。

【 0 0 6 2 】

なお、実施形態 2 では、不織布 3 5 を複数枚重ねたものとしたが、単層（ 1 枚 ）で構成してもよく、特に限定されない。

【 0 0 6 3 】

〔 実施形態 3 〕

次に、図 8 及び図 9 を参照して、実施形態 3 に係る複合材の修理方法について説明する。なお、実施形態 3 でも、重複した記載を避けるべく、実施形態 1 及び 2 と異なる部分について説明し、実施形態 1 及び 2 と同様の構成である部分については、同じ符号を付して説明する。図 8 は、実施形態 3 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。図 9 は、実施形態 3 に係る複合材の修理方法に関する一例の説明図である。

【 0 0 6 4 】

実施形態 3 の複合材の修理方法では、半含浸プリプレグ 1 0 を被修理部 5 の形状に合わせて予め積層した修理パッチ 4 1 を用いている。修理パッチ 4 1 は、図 8 に示すように、成形型 4 2 を用いて半含浸プリプレグ 1 0 を積層することにより、被修理部 5 と相補的な形状にプリ成形されている。なお、プリ成形は、積層した半含浸プリプレグ 1 0 を一体とする成形であって、半含浸プリプレグ 1 0 に含まれる樹脂を溶融させ熱硬化させたものではない。修理パッチ 4 1 をプリ成形する場合、半含浸プリプレグ 1 0 を所定数だけ積層すると真空吸引を行っている。つまり、半含浸プリプレグ 1 0 を積層すると、積層される半含浸プリプレグ 1 0 の層間に空隙が形成される可能性があるため、定期的に真空吸引を行うことで、半含浸プリプレグ 1 0 の層間に形成される空隙を除去する。

【 0 0 6 5 】

そして、図 9 に示すように、例えば、実施形態 2 のプリプレグ配置工程 S 4 では、通気介在シート 3 5 上に修理パッチ 4 1 を配置する。このとき、プリプレグ配置工程 S 4 では、修理パッチ 4 1 における半含浸プリプレグ 1 0 の未含浸領域が、通気介在シート 3 5 と連通するように、修理パッチ 4 1 が配置される。

【 0 0 6 6 】

以上のように、実施形態 3 によれば、半含浸プリプレグ 1 0 同士の層間において空隙が生じないように、予め半含浸プリプレグ 1 0 を積層して修理パッチ 4 1 とすることができる。このため、半含浸プリプレグ 1 0 同士の層間における空隙の形成を抑制することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 7 】

- 1 複合材
- 5 被修理部
- 8 補修部
- 1 0 半含浸プリプレグ
- 1 1 樹脂シート
- 1 2 通気被覆シート
- 1 2 a 被覆部位
- 1 2 b 余剰部位
- 1 5 シール部材
- 1 6 封止部材
- 2 1 欠損部
- 2 5 真空吸引ポート
- 2 8 ヒータマット

10

20

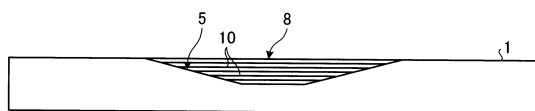
30

40

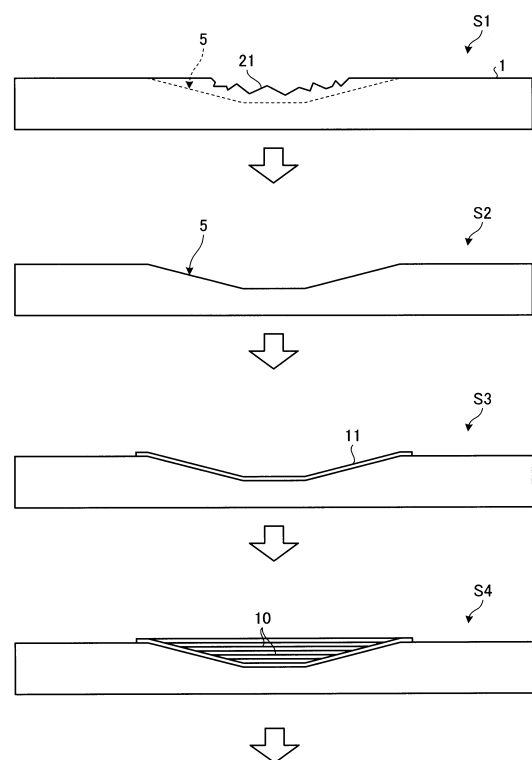
50

- 2 9 バッグフィルム
- 3 0 シール材
- 3 5 通気介在シート
- 3 5 a 被覆部位
- 3 5 b 余剰部位
- 4 1 修理パッチ
- 4 2 成形型
- F 繊維
- R 樹脂

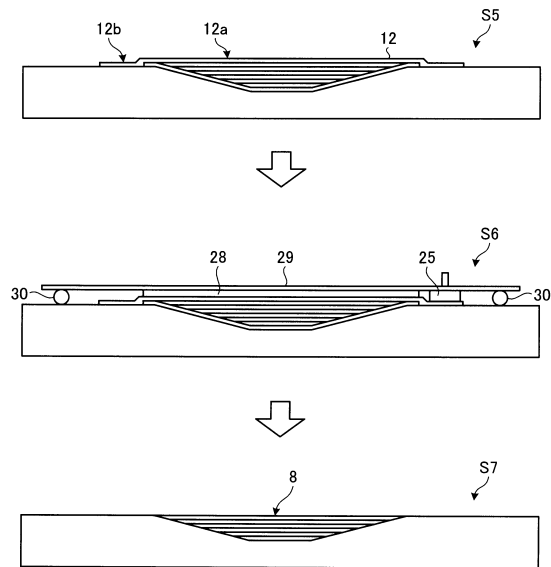
【図 1】



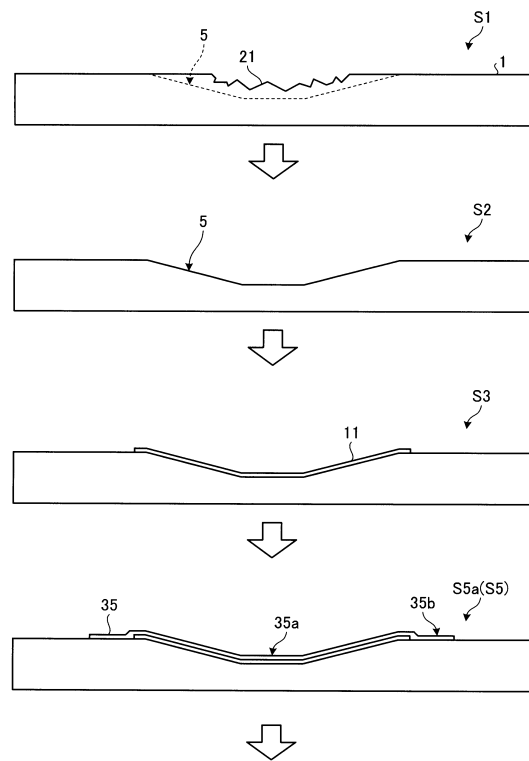
【図 2】



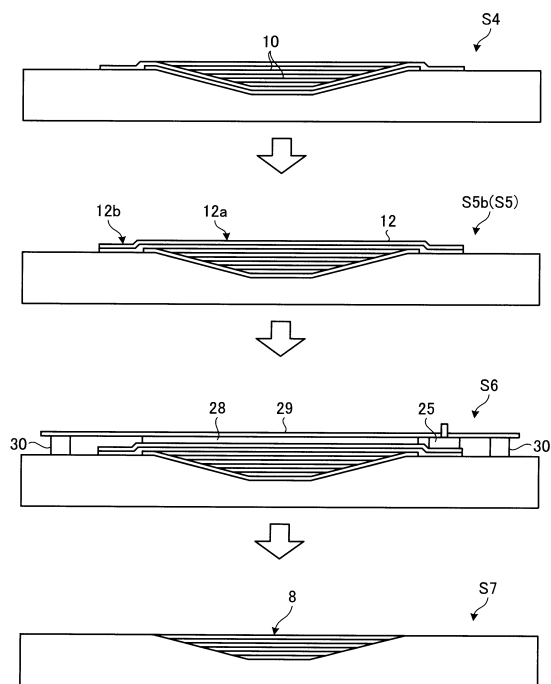
【図 3】



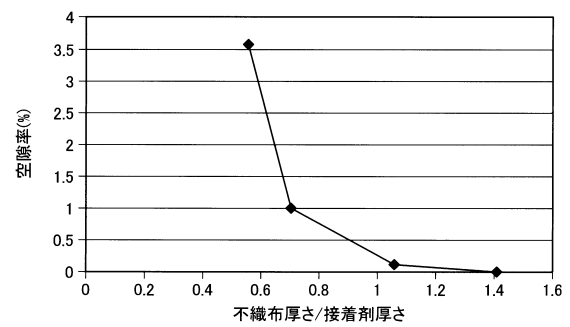
【図 4】



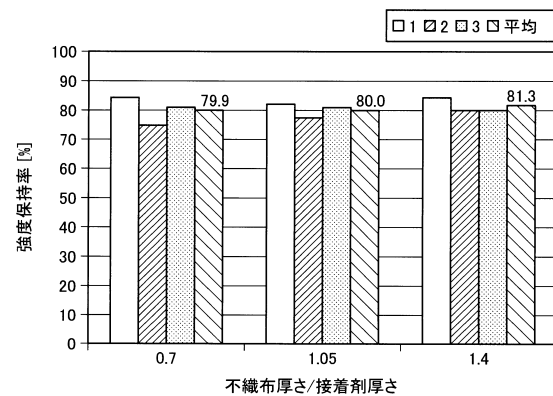
【図 5】



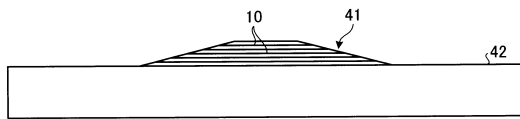
【図 6】



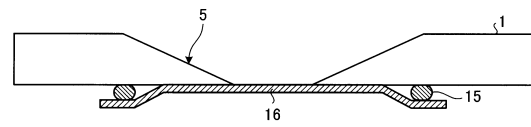
【図 7】



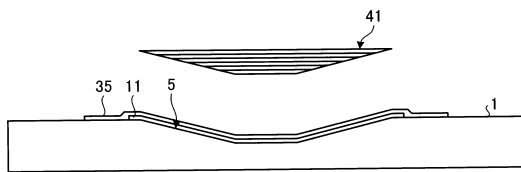
【図 8】



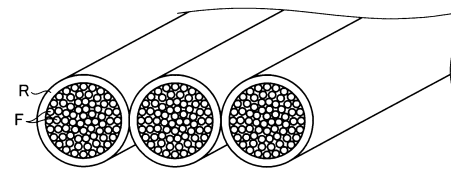
【図 10】



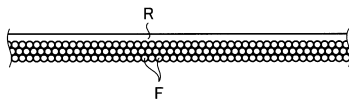
【図 9】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 平田 武彦
東京都港区港南二丁目１６番５号 三菱重工業株式会社内

審査官 ▲高▼橋 理絵

(56)参考文献 特表２０１３－５１２８０８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－２１０１８３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－０４６６１８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１９５８４４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２７６３５５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－１０７７０７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－２１６１０１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)

B 2 9 C	7 3 / 0 0 - 7 3 / 3 4
B 2 9 C	7 0 / 0 0 - 7 0 / 8 8
B 2 9 C	4 3 / 0 0 - 4 3 / 5 8
B 2 9 B	1 1 / 1 6
B 2 9 B	1 5 / 0 8 - 1 5 / 1 4
C 0 8 J	5 / 0 0 - 5 / 1 0
C 0 8 J	5 / 2 4