

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6854045号  
(P6854045)

(45) 発行日 令和3年4月7日(2021.4.7)

(24) 登録日 令和3年3月17日(2021.3.17)

(51) Int.Cl.		F 1			
<b>F 1 6 B</b>	<b>5/02</b>	<b>(2006.01)</b>	F 1 6 B	5/02	U
<b>B 6 4 C</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 4 C	1/00	B
<b>B 6 4 C</b>	<b>1/12</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 4 C	1/12	

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2017-185952 (P2017-185952)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成29年9月27日 (2017.9.27)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2019-60420 (P2019-60420A)		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(43) 公開日	平成31年4月18日 (2019.4.18)	(74) 代理人	100112737
審査請求日	令和2年1月10日 (2020.1.10)		弁理士 藤田 考晴
		(74) 代理人	100140914
			弁理士 三苫 貴織
		(74) 代理人	100136168
			弁理士 川上 美紀
		(74) 代理人	100172524
			弁理士 長田 大輔
		(72) 発明者	杉山 拓史
			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】 継手構造の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

貫通穴が形成された複数の板材と、前記複数の板材が重ねられ、前記複数の板材の各前記貫通穴に貫通して設置された締結用部材と、を有し、前記締結用部材によって前記複数の板材が接合された継手構造の製造方法であって、

炭素繊維を含む複数の第1プリプレグを積層して第1群とし、前記第1群の前記第1プリプレグよりも厚さが薄く炭素繊維を含む複数の第2プリプレグを積層して第2群とし、前記第1群と前記第2群とを有する第1板材を生成し、

前記第1板材の前記第2群を、前記第1板材と接する第2板材側の表面側に配置する継手構造の製造方法。

【請求項 2】

前記第2群の板厚は、前記第1板材の中心から一面側における前記第1群と前記第2群の合計板厚のうち20%以上の割合に設定されている請求項1に記載の継手構造の製造方法。

【請求項 3】

前記第2群の板厚は、前記第1板材の中心から一面側における前記第1群と前記第2群の合計板厚のうち40%以上の割合に設定されている請求項1に記載の継手構造の製造方法。

【請求項 4】

前記第2群の板厚は、前記第1板材の中心から一面側における前記第1群と前記第2群

の合計板厚のうち60%以下の割合に設定されている請求項1から3のいずれか1項に記載の継手構造の製造方法。

【請求項5】

繊維の主軸方向の変更が繰り返される前記第1プリプレグの1回の繰り返し単位を1サイクルとするとき、前記第2プリプレグを、前記第1プリプレグの前記1サイクルの1倍又は2倍の板厚分で積層して前記第2群とする請求項1に記載の継手構造の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、継手構造の製造方法に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

航空機の機体を形成する胴体、主翼等の航空機部品は、CFRP（炭素繊維強化プラスチック）によって製作される場合があり、CFRPは、金属に比べて、低密度で高強度であるという特徴がある。

【0003】

CFRPは、樹脂を含浸させた炭素繊維シートであるプリプレグを複数層に積層して所望の厚さに形成される。プリプレグは、一般的に1枚0.2mm程度の厚さである。CFRPは、同一厚さの板材と比較した場合、上述した一般的なプリプレグよりも厚さの薄いプリプレグを積層したものが、一般的なプリプレグを積層したものよりも強度が高いことが知られている。

20

【0004】

下記の特許文献1には、複合プライ（層）のラミネートの自由端において生じる剥離を防止するため、0.08mm以下の厚さの薄肉プライを用いてラミネートを構築する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特表2008-514458号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

航空機部品において、複数の板材を接合してより広い板面を形成する場合、ボルトやリベット等の締結用部材を複数の板材に貫通させて、締結用部材が複数の板材を挟み込んで複数の板材同士を固定する。複数の板材の面内方向に引張り力が作用した場合、ボルトやリベット等の締結用部材には、板材によってせん断力が発生する。このとき、板材に形成された貫通孔の内面は、反作用によって締結用部材から押圧される。

【0007】

板材がCFRP製である場合、貫通孔の内面に作用する押圧力によって、板材の各プライが剥離して板厚方向に開き、破損する恐れがある。そのため、板材がCFRP製である場合、板材の強度を確保するため、板厚を金属製の板材よりも厚くする必要がある。したがって、締結用部材によって複数の板材が接合される継手部においては、金属製の板材をCFRP製の板材に置き換えた場合の重量軽減効果が少ないという課題がある。

40

【0008】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、板材の面内方向に引張り力が作用し、板材の貫通孔の内面に締結用部材から押圧力を受けた場合において、板材の貫通孔の表面側において破損を生じにくくさせることが可能な継手構造の製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

50

上記課題を解決するために、本発明の継手構造の製造方法は以下の手段を採用する。

すなわち、本発明の一態様に係る継手構造の製造方法は、貫通穴が形成された複数の板材と、前記複数の板材が重ねられ、前記複数の板材の各前記貫通穴に貫通して設置された締結用部材とを有し、前記締結用部材によって前記複数の板材が接合された継手構造の製造方法であって、炭素繊維を含む複数の第1プリプレグを積層して第1群とし、前記第1群の前記第1プリプレグよりも厚さが薄く炭素繊維を含む複数の第2プリプレグを積層して第2群とし、前記第1板材の前記第2群を、前記第1板材と接する第2板材側の表面側に配置する。

【0010】

この構成によれば、継手構造は、複数の板材が重ねられ、板材に形成された貫通穴に締結用部材が貫通して設置されることによって、複数の板材が締結用部材によって接合されたものである。複数の板材のうち少なくとも1枚の第1板材は、複数のプリプレグが積層された炭素繊維強化プラスチック製であり、第1板材は、複数の第1プリプレグが積層された第1群と、第1群の第1プリプレグよりも厚さの薄い複数の第2プリプレグが積層された第2群とを有し、第1群と第2群が板厚方向に配置される。第1板材の第2群が、第1板材と接する第2板材側の表面側に配置されることから、第1板材の面内方向に引張力が作用し、第1板材の貫通孔の内面に押圧力が生じた場合でも、第1板材の表面側において破損が生じにくい。

【0011】

上記一態様において、前記第2群の板厚は、前記第1板材の中心から一面側における前記第1群と前記第2群の合計板厚のうち20%以上の割合に設定されてもよい。

【0012】

上記一態様において、前記第2群の板厚は、前記第1板材の中心から一面側における前記第1群と前記第2群の合計板厚のうち40%以上の割合に設定されてもよい。

【0013】

上記一態様において、前記第2群の板厚は、前記第1板材の中心から一面側における前記第1群と前記第2群の合計板厚のうち60%以下の割合に設定されてもよい。

【0014】

上記一態様において、繊維の主軸方向の変更が繰り返される前記第1プリプレグの1回の繰り返し単位を1サイクルとすると、前記第2プリプレグを、前記第1プリプレグの前記1サイクルの1倍又は2倍の板厚分で積層して前記第2群とする構成されてもよい。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、板材の面内方向に引張力が作用し、板材の貫通孔の内面に締結用部材から押圧力を受けた場合において、板材の貫通孔の表面側において破損を生じにくくさせることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の一実施形態に係る継手構造を示す縦断面図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る継手構造を示す平面図である。

【図3】比較例に係る継手構造の構成を示す概略図である。

【図4】本発明の一実施形態の第1実施例に係る継手構造の構成を示す概略図である。

【図5】本発明の一実施形態の第2実施例に係る継手構造の構成を示す概略図である。

【図6】板材の面圧強度と、比較例の第1プリプレグに対して置き換えられた第2プリプレグの割合との関係を示すグラフである。

【図7】本発明の一実施形態に係る継手構造の第1変形例を示す縦断面図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る継手構造の第2変形例を示す縦断面図である。

【図9】本発明の一実施形態に係る継手構造の第3変形例を示す縦断面図である。

【図10】本発明の一実施形態に係る継手構造の第4変形例を示す縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

## 【0017】

以下、本発明の一実施形態に係る継手構造1について、図1及び図2を用いて説明する。

本実施形態に係る継手構造1は、CFRP板2と、複数の金属板3と、CFRP板2及び金属板3を一体的に固定するボルト4及びナット5などを備える。

## 【0018】

CFRP板2は、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)製の板材であり、金属板3は、例えば、アルミニウム合金製の板材である。なお、本実施形態において、CFRP板2は、本発明の第1板材の一例であり、金属板3は、本発明の第2板材の一例である。

CFRP板2と金属板3には、それぞれボルト4の軸部が貫通して設置される貫通孔2A, 3Aが形成されている。なお、本実施形態では、締結用部材の一例として、ボルト4及びナット5の例について説明したが、本発明はこの例に限定されない。例えば、締結用部材は、リベットでもよい。

## 【0019】

継手構造1は、図2に示すように、例えば、1枚のCFRP板2と、CFRP板2の両面にそれぞれ1枚ずつ配置される2枚の金属板3とが、ボルト4及びナット5によって接合されたものである。

## 【0020】

CFRP板2は、複数のプリプレグが積層されて生成されたCFRP製である。CFRP板2のプリプレグにおける繊維の主軸方向は、一方向に対して45°、90°、-45°又は0°であり、プリプレグの繊維の主軸方向が、層ごとに変化するように、複数のプリプレグが積層される。複数のプリプレグは、例えば、繊維の主軸方向が45°、90°、-45°、0°の順となるように積層される。

## 【0021】

CFRP板2は、繊維の主軸方向が45°、90°、-45°、0°の順に積層された4層のプリプレグを1サイクルとしたとき、複数のサイクルから構成される。すなわち、1サイクルとは、繊維の主軸方向の変更が繰り返されるプリプレグの1回の繰り返し単位である。

## 【0022】

なお、CFRP板2は、板厚方向の中央を中心として、板厚方向に対称となる構造を有することが好ましい。すなわち、中心に対して一面側において、中心から一面側の表面へ向けて、各プリプレグの繊維の主軸方向が0°、-45°、90°、45°の順に繰り返し積層される場合、中心に対して他面側においても、中心から他面側の表面へ向けて、各プリプレグの繊維の主軸方向が0°、-45°、90°、45°の順に積層される。

## 【0023】

CFRP板2は、図1に示すように、複数の第1プリプレグが積層された第1群6と、第1群6の第1プリプレグよりも厚さの薄い複数の第2プリプレグが積層された第2群7を有する。また、CFRP板2の第2群7は、CFRP板2と接する金属板3側の表面側に配置される。

## 【0024】

第1群6は、例えば、板厚が例えば0.2mmである第1プリプレグが積層される。第2群7は、例えば板厚が例えば0.08mm未満である第2プリプレグが積層される。厚さの薄い複数の第2プリプレグが積層された第2群7は、第1群6よりも強度が高い。

## 【0025】

本実施形態では、CFRP板2において、厚さの薄い複数の第2プリプレグが積層された第2群7が、CFRP板2と接する金属板3側の表面側に配置されることから、CFRP板2の面内方向に引張り力が作用し、CFRP板2の貫通孔2Aの内面にボルト4によって押圧力が生じた場合でも、CFRP板2の表面側において破損が生じにくい。

## 【0026】

従来、ボルトやリベット等の締結用部材を用いて、複数の板材を接合した継手構造にお

10

20

30

40

50

いて、板材がCFRP製である場合、貫通孔の内面に作用する押圧力によって、板材の各プリプレグが剥離して板厚方向に開き、破損する恐れがあることが知られている。これに対し、発明者らは、板材に形成された貫通孔の内面は、ボルトによって、高さ方向中央側よりも特に表面側において接触面圧が高くなり、圧縮ひずみが大きくなるという知見を得た。これは、解析モデルに対するシミュレーション結果や、実際の引っ張り試験による破損部分の観察結果によって、貫通孔の内面において高さ方向中央側よりも表面側において破損が大きいことが確認されたことに基づいて得られた知見である。

【0027】

厚さの薄い複数の第2プリプレグが積層された第2群7は、第1群6よりも強度が高い。そして、接触面圧が高くなり、圧縮ひずみが大きくなる貫通孔の内面の表面側において第2群7が配置されることから、第1群6のみで構成された従来の継手構造に比べて、貫通孔の内面の表面側におけるプリプレグの剥離が生じにくくなる。

10

【0028】

本実施形態では、CFRP板2のすべてのプリプレグを、厚さの薄い複数の第2プリプレグが積層された第2群7で構成するのではなく、剥離の起点となる表面側のみを第2群7で構成し、中央側は、例えば従来の厚さの複数の第1プリプレグが積層された第1群6で構成する。

【0029】

したがって、CFRP製の板材のすべてのプリプレグを第2群7で構成する場合に比べて、第2プリプレグの積層数を低減できるため、第2プリプレグを利用した場合のデメリットである製造コストの上昇を抑制できる。また、CFRP製の板材のすべてのプリプレグを第1群6で構成する場合に比べて、ボルト4等の締結部材による貫通孔2A内面の剥離を防ぎ、継手構造の強度を確実に向上させる。

20

【0030】

また、本実施形態は、板材のすべてのプリプレグを第1群6で構成する場合に比べて強度が向上することから、本実施形態に係る継手構造において、従来と同程度の強度を確保できればよい場合、CFRP板2の板厚を低減することができる。したがって、本実施形態に係る継手構造は、重量軽減に貢献できる。

【0031】

次に、面圧強度試験を行った本発明に係る実施例と比較例について説明する。

30

比較例は、板厚が0.2mmである第1プリプレグが積層された第1群6のみから構成される板材である。比較例は、図3に示すように、繊維の主軸方向が45°、90°、-45°、0°の順に積層された4層のプリプレグを1サイクルとし、板厚方向の中心に対し一面側に5つのサイクル(合計20層)、他面側に5つのサイクル(合計20層)が積層される。

【0032】

これに対し、図4に示すように、本発明の第1実施例に係るCFRP板2は、板厚が0.2mmである第1プリプレグが積層された第1群6と、板厚が0.05mmである第2プリプレグが積層された第2群7を有する。第2群7は、第1群6の1つのサイクルの板厚分で構成されたものであり、第1実施例は、比較例と比べると、比較例の第1群6の表面側の1つのサイクルを置き換えたものである。比較例の1つのサイクルの板厚は、 $0.2\text{mm} \times 4\text{層} = 0.8\text{mm}$ であり、これを置き換えた第1実施例の第2群7の板厚も、 $0.05\text{mm} \times 16\text{層} = 0.8\text{mm}$ である。第1実施例の第1群6は、板厚方向の中心に対し一面側に4つのサイクル(合計16層)が積層される。第1実施例も、板厚方向の中心に対し一面側と他面側が対称に構成される。したがって、第1実施例は、一面側において、16層の第1プリプレグが積層された第1群6と、16層の第2プリプレグが積層された第2群7とを有し、他面側においても、16層の第1プリプレグが積層された第1群6と、16層の第2プリプレグが積層された第2群7とを有する。

40

【0033】

図5に示すように、本発明の第2実施例に係るCFRP板2は、第1実施例と同様に、

50

板厚が0.2mmである第1プリプレグが積層された第1群6と、板厚が0.05mmである第2プリプレグが積層された第2群7を有する。第2群7は、第1群6の2つのサイクルの板厚分で構成されたものであり、第2実施例は、比較例と比べると、比較例の第1群6の表面側の2つのサイクルを置き換えたものである。比較例の2つのサイクルの板厚は、 $0.2\text{mm} \times 8\text{層} = 1.6\text{mm}$ であり、これを置き換えた第2実施例の第2群7の板厚も、 $0.05\text{mm} \times 32\text{層} = 1.6\text{mm}$ である。第2実施例の第1群6は、板厚方向の中心に対し一面側に3つのサイクル（合計12層）が積層される。第2実施例も、板厚方向の中心に対し一面側と他面側が対称に構成される。したがって、第2実施例は、一面側において、12層の第1プリプレグが積層された第1群6と、32層の第2プリプレグが積層された第2群7とを有し、他面側においても、12層の第1プリプレグが積層された第1群6と、32層の第2プリプレグが積層された第2群7とを有する。

10

## 【0034】

図6には、板材の面圧強度と、比較例の第1プリプレグに対して置き換えられた第2プリプレグの割合との関係を示す。なお、各プロットは、供試体数 = 3の平均値である。

## 【0035】

第1実施例は、比較例の一面側における第1プリプレグの20層のうち4層分が第2プリプレグに置き換えられていることから、第2プリプレグの割合は合計板厚のうち20%である。また、第2実施例は、比較例の一面側における第1プリプレグの20層のうち8層分が第2プリプレグに置き換えられていることから、第2プリプレグの割合は合計板厚のうち40%である。

20

## 【0036】

図6のグラフによると、本実施形態（第1実施例、第2実施例）は、板材のすべてのプリプレグを第1群6で構成する場合（比較例）に比べて強度が向上することが分かる。また、第1実施例と第2実施例の強度の向上割合（＝グラフの傾き）は、比較例と第1実施例の強度の向上割合に比べて低い。したがって、板厚の薄い第2プリプレグの割合を40%以上増加させたとしても、強度の向上はあまり見込まれないことが推測される。したがって、第2プリプレグが積層された第2群7は、表面側に積層することが効果的であるといえる。

## 【0037】

以上より、第2プリプレグが積層された第2群7の製造にかかるコストや、強度向上の見込みに鑑みると、第2プリプレグの割合は、合計板厚の60%以下であることが好ましい。また、第2プリプレグの割合が合計板厚の20%以上、又は、40%以上であることが好ましい。第2プリプレグの割合が20%であれば（上記第1実施例の場合）、比較例に比べて強度が4%向上し、第2プリプレグの割合が40%であれば（上記第2実施例の場合）、比較例に比べて強度が6%向上する。

30

## 【0038】

なお、上記実施形態において、継手構造1は、図1に示すように、1枚のCFRP板2と、CFRP板2の両面にそれぞれ1枚ずつ配置される2枚の金属板3とが、ボルト4及びナット5によって接合されたものである場合について説明したが、本発明はこの例に限定されない。

40

## 【0039】

例えば、図7に示すように、2枚のCFRP板2が、ボルト4及びナット5によって接合されたものでもよい。この場合、CFRP板2同士の接触面側において、ボルト4によって貫通孔2Aの内面にかかる押圧力が高いことから、CFRP板2の第2群7は、隣接するCFRP板2と接する表面側に配置され、2枚のCFRP板2のそれぞれの第2群7が互いに接するように配置される。この場合、2枚のうち1枚のCFRP板2に着目して、その1枚のCFRP板2が本発明の第1板材であるとすると、隣接するCFRP板2が本発明の第2板材である。

## 【0040】

また、図8に示すように、CFRP製の3枚のCFRP板2が、ボルト4及びナット5

50

によって接合されたものでもよい。この場合も、CFRP板2同士の接触面側において、ボルト4によって貫通孔2Aの内面にかかる押圧力が高いことから、CFRP板2の第2群7は、隣接するCFRP板2と接する表面側に配置され、2枚のCFRP板2のそれぞれの第2群7が互いに接するように配置される。この場合、3枚のうち1枚のCFRP板2に着目して、その1枚のCFRP板2が本発明の第1板材であるとすると、隣接するCFRP板2が本発明の第2板材である。

【0041】

さらに、図9に示すように、CFRP製の1枚のCFRP板2と、アルミニウム合金製の1枚の金属板3が、ボルト4及びナット5によって接合されたものでもよい。この場合、CFRP板2が金属板3と接触する面側において、ボルト4によって貫通孔2Aの内面

10

【0042】

またさらに、図10に示すように、中央に配置されたCFRP製の1枚のCFRP板2と、1枚のCFRP板2を挟んで、一面側に配置されたアルミニウム合金製の1枚の金属板3と、他面側に配置された1枚のCFRP板2が、ボルト4及びナット5によって接合されたものでもよい。この場合、中央に配置されたCFRP板2は、一面側の金属板3と接触する面側、及び、他面側のCFRP板2と接触する面側において、ボルト4によって貫通孔2Aの内面にかかる押圧力が高いことから、CFRP板2の第2群7は、隣接する

20

【0043】

上記変形例の場合においても、接触面圧が高くなり、圧縮ひずみが大きくなる貫通孔2Aの内面の表面側において第2群7が配置されることから、第1群6のみで構成された従来の継手構造に比べて、貫通孔2Aの内面の表面側におけるプリプレグの剥離が生じにくくなる。

30

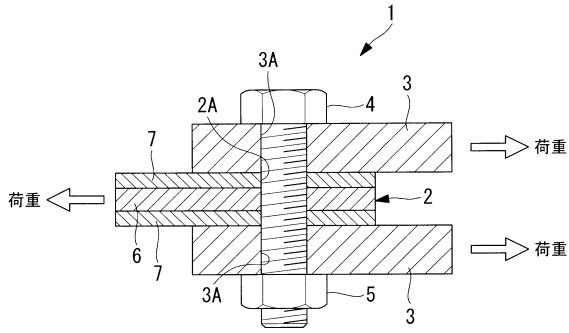
【符号の説明】

【0044】

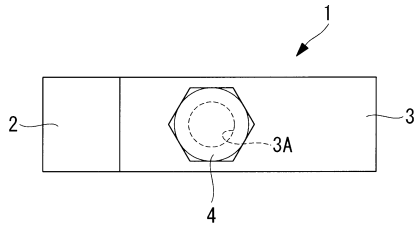
- 1 : 継手構造
- 2 : CFRP板
- 2A : 貫通孔
- 3 : 金属板
- 3A : 貫通孔
- 4 : ボルト
- 5 : ナット
- 6 : 第1群
- 7 : 第2群

40

【図1】



【図2】



【図3】

	Ply数	積層方向	
1サイクル目	1	45	}
	2	90	
	3	-45	
	4	0	
2サイクル目	5	45	
	6	90	
	7	-45	
	8	0	
	9	45	
	10	90	
...			
20	0		
...	以下 SYMMETRY		

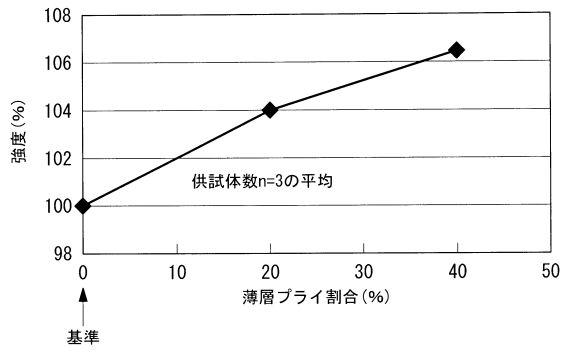
【図4】

Ply数	積層方向	
1	45	}
2	90	
3	-45	
4	0	
5	45	
6	90	
7	-45	
8	0	
9	45	
10	90	
11	-45	
12	0	
13	45	
14	90	
15	-45	
16	0	
17	45	}
18	90	
19	-45	
20	0	
21	45	
22	90	
...		
32	0	}
...	以下 SYMMETRY	

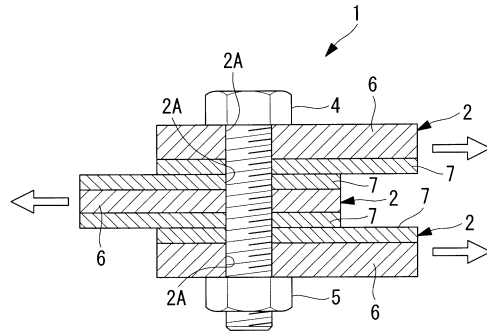
【図5】

Ply数	積層方向	
1	45	}
2	90	
3	-45	
4	0	
5	45	
6	90	
7	-45	
8	0	
9	45	
10	90	
11	-45	
12	0	
13	45	
14	90	
15	-45	
16	0	
17	45	
18	90	
19	-45	
20	0	
21	45	
22	90	
23	-45	
24	0	
25	45	
26	90	
27	-45	
28	0	
29	45	
30	90	
31	-45	
32	0	
33	45	}
34	90	
35	-45	
...		
44	0	
...	以下 SYMMETRY	

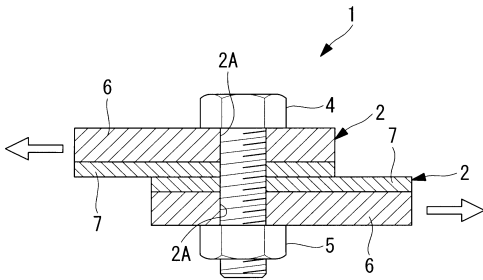
【図6】



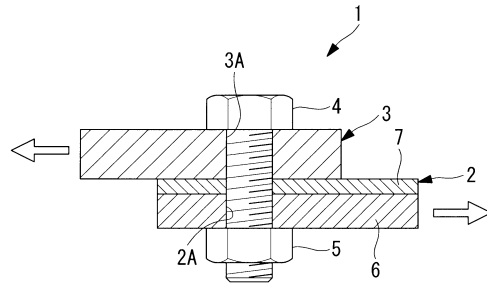
【図8】



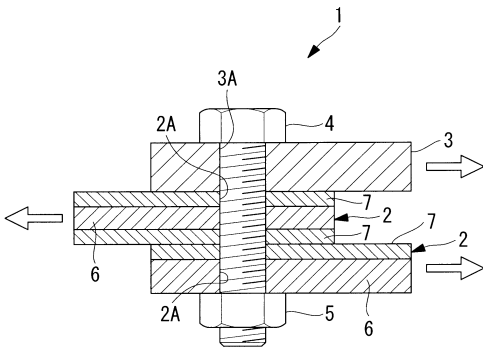
【図7】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(72)発明者 橋爪 良輔  
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 谷口 耕之助

(56)参考文献 特開2012-035442(JP, A)  
登録実用新案第3198893(JP, U)  
国際公開第2013/031360(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
F16B 5/02  
B64C 1/00  
B64C 1/12