

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7236337号  
(P7236337)

(45)発行日 令和5年3月9日(2023.3.9)

(24)登録日 令和5年3月1日(2023.3.1)

(51)国際特許分類	F I
F 0 1 D 5/30 (2006.01)	F 0 1 D 5/30
F 0 1 D 5/28 (2006.01)	F 0 1 D 5/28
F 0 2 C 7/00 (2006.01)	F 0 2 C 7/00 C
F 0 1 D 25/00 (2006.01)	F 0 2 C 7/00 D
F 0 4 D 29/34 (2006.01)	F 0 1 D 25/00 L
請求項の数 8 (全13頁) 最終頁に続く	

(21)出願番号 特願2019-113879(P2019-113879)	(73)特許権者 000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(22)出願日 令和1年6月19日(2019.6.19)	(74)代理人 110002147 弁理士法人酒井国際特許事務所
(65)公開番号 特開2021-1549(P2021-1549A)	(72)発明者 岡部 良次 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(43)公開日 令和3年1月7日(2021.1.7)	(72)発明者 神谷 昌美 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
審査請求日 令和4年5月20日(2022.5.20)	(72)発明者 新藤 健太郎 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
	審査官 藤原 弘
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 複合材翼及び複合材翼の成形方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

強化繊維と樹脂とを含む複合材層を積層して形成される複合材翼において、  
翼溝に装着される翼根部と、  
前記翼根部から先端側に延在して設けられる翼形部と、  
前記翼溝と前記翼根部との間に設けられ、前記翼根部に接合される金属パッチと、を備え、  
前記翼根部は、前記複合材層が積層された積層体となっており、  
前記翼形部から連続して設けられる翼形積層体と、  
前記翼形積層体の内側に設けられる翼根内側積層体と、  
前記翼形積層体の外側に設けられる翼根外側積層体と、を含み、  
前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体は、前記金属パッチの線膨張係数となるように、前記強化繊維が配向されており、  
前記翼形部が延在する方向を0°方向とすると、  
前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体は、前記強化繊維の繊維方向が±45°方向となる配向割合が、30%よりも大きく60%よりも小さい複合材翼。

10

【請求項2】

前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体は、前記強化繊維の繊維方向が±45°方向となる配向割合が、35%以上55%以下となっている請求項1に記載の複合材翼。

【請求項3】

20

前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体は、前記強化繊維の繊維方向が0°方向となる配向割合が、±45°方向となる配向割合の残りとなる、45%以上65%以下となっている請求項2に記載の複合材翼。

【請求項4】

前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体は、前記強化繊維の繊維方向が±45°方向となる配向割合が、44%以上55%以下となっている請求項2に記載の複合材翼。

【請求項5】

前記翼根部と前記翼形部との間は、湾曲する湾曲部となっており、

前記金属パッチは、前記翼根部にのみ設ける請求項1から4のいずれか1項に記載の複合材翼。

【請求項6】

前記翼根部は、前記金属パッチを配置するために形成される窪みを有する請求項1から5のいずれか1項に記載の複合材翼。

【請求項7】

前記金属パッチが配置される前記翼根部の設置面内において、前記翼根部側から先端側に向かう方向を長さ方向とし、前記長さ方向に直交する方向を幅方向とすると、

前記金属パッチは、前記幅方向において所定の間隔ごとに形成される切込みを有する請求項1から6のいずれか1項に記載の複合材翼。

【請求項8】

強化繊維と樹脂とを含む複合材層を積層して形成される複合材翼の成形方法において、  
前記複合材翼は、  
翼溝に装着される翼根部と、  
前記翼根部から先端側に延在して設けられる翼形部と、  
前記翼溝と前記翼根部との間に設けられ、前記翼根部に接合される金属パッチと、を備え、

前記翼根部は、前記複合材層が積層された積層体となっており、  
前記翼形部から連続して設けられる翼形積層体と、  
前記翼形積層体の内側に設けられる翼根内側積層体と、  
前記翼形積層体の外側に設けられる翼根外側積層体と、を含み、  
前記翼根部を成形するための成形型に前記金属パッチを配置する配置工程と、  
前記金属パッチ上に、前記複合材層を積層して、前記翼形積層体、前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体を形成する積層工程と、  
前記翼形積層体、前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体を加熱して硬化させる硬化工程と、を備え、

前記積層工程では、前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体が、前記金属パッチの線膨張係数となるように、前記強化繊維を配向しており、

前記翼形部が延在する方向を0°方向とすると、

前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体は、前記強化繊維の繊維方向が±45°方向となる配向割合が、30%よりも大きく60%よりも小さい複合材翼の成形方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複合材翼及び複合材翼の成形方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、翼形部の半径方向の内側端部にあるシャンクと、シャンクに接続されたダブテールとの間に配置された金属パッチを備える複合材翼が知られている（例えば、特許文献1参照）。金属パッチは、シャンク及びダブテールにおける応力集中を低減するために、ダブテールに接着結合して設けられている。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

## 【特許文献】

【0003】

【文献】特開2016-527426号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1の複合材翼では、金属パッチとダブテールとは、接着により結合されているが、金属パッチとダブテールとの線膨張係数は異なるものとなっている。このため、金属パッチ及びダブテールが加熱されると、線膨張係数差により、金属パッチとダブテールとの接着界面に対して、せん断応力が発生することから、金属パッチとダブテールとの接着強度が低下する可能性がある。

10

【0005】

そこで、翼根部と金属パッチとの接合強度の低下を抑制することができる複合材翼及び複合材翼の成形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】

【0006】

本発明の複合材翼は、強化繊維と樹脂とを含む複合材層を積層して形成される複合材翼において、翼溝に装着される翼根部と、前記翼根部から先端側に延在して設けられる翼形部と、前記翼溝と前記翼根部との間に設けられ、前記翼根部に接合される金属パッチと、を備え、前記翼根部は、前記複合材層が積層された積層体となっており、前記翼形部から連続して設けられる翼形積層体と、前記翼形積層体の内側に設けられる翼根内側積層体と、前記翼形積層体の外側に設けられる翼根外側積層体と、を含み、前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体は、前記金属パッチの線膨張係数となるように、前記強化繊維が配向されている。

20

【0007】

本発明の複合材翼の成形方法は、強化繊維と樹脂とを含む複合材層を積層して形成される複合材翼の成形方法において、前記複合材翼は、翼溝に装着される翼根部と、前記翼根部から先端側に延在して設けられる翼形部と、前記翼溝と前記翼根部との間に設けられ、前記翼根部に接合される金属パッチと、を備え、前記翼根部は、前記複合材層が積層された積層体となっており、前記翼形部から連続して設けられる翼形積層体と、前記翼形積層体の内側に設けられる翼根内側積層体と、前記翼形積層体の外側に設けられる翼根外側積層体と、を含み、前記翼根部を成形するための成形型に前記金属パッチを配置する配置工程と、前記金属パッチ上に、前記複合材層を積層して、前記翼形積層体、前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体を形成する積層工程と、前記翼形積層体、前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体を加熱して硬化させる硬化工程と、を備え、前記積層工程では、前記翼根内側積層体及び前記翼根外側積層体が、前記金属パッチの線膨張係数となるように、前記強化繊維を配向する。

30

## 【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、翼根部と金属パッチとの接合強度の低下を抑制することができる。

40

## 【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1は、実施形態1に係る複合材翼の外観を示す斜視図である。

【図2】図2は、実施形態1に係る複合材翼の翼根部を模式的に示す断面図である。

【図3】図3は、図1のA-A断面図である。

【図4】図4は、図1のB-B断面図である。

【図5】図5は、図1のC-C断面図である。

【図6】図6は、図1のD-D断面図である。

【図7】図7は、複合材翼の翼根部における強化繊維の配向割合と線膨張係数との関係を示すグラフである。

50

【図 8】図 8 は、実施形態 1 に係る複合材翼の成形方法を示す図である。

【図 9】図 9 は、実施形態 2 に係る複合材翼の金属パッチを示す模式図である。

【図 10】図 10 は、実施形態 2 に係る複合材翼の他の一例の金属パッチを示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

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。

10

【0011】

[実施形態 1]

図 1 は、実施形態 1 に係る複合材翼の外観を示す斜視図である。実施形態 1 に係る複合材翼 10 は、強化繊維及び樹脂からなる複合材を用いて成形された翼である。複合材翼 10 としては、例えば、ガスタービンまたはガスタービンエンジン等に用いられる動翼が適用可能である。

【0012】

(複合材翼)

図 1 に示すように、複合材翼 10 は、固定端となる翼根側から自由端となる翼頂側に向かって延在している。ここで、翼根側と翼頂側とを結ぶ方向が、翼長方向となっており、図 1 に示す L 方向となっている。また、複合材翼 10 は、図 1 の翼長方向に直交する方向の一方側が前縁側となっており、他方側が後縁側となっている。そして、前縁側と後縁側とを結ぶ方向が、翼幅方向となっており、図 1 に示す W 方向となっている。

20

【0013】

複合材翼 10 は、強化繊維に樹脂を含浸させたプリプレグ（複合材層）を、複数積層して熱硬化させることで成形される。実施形態 1 では、プリプレグを用いたが、強化繊維及び樹脂を含むものであればよい。例えば、強化繊維としては、炭素繊維の他、ガラス繊維及びアラミド繊維を適用してもよく、これらに限定されず、プラスチック繊維又は金属繊維であってもよい。また、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。熱硬化性樹脂は、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂及びビニルエステル樹脂が例示される。熱可塑性樹脂は、ポリアミド樹脂、ポリプロピレン樹脂、ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) 樹脂、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) 等が例示される。ただし、強化繊維に含浸される樹脂は、これらに限定されず、その他の樹脂でもよい。

30

【0014】

複合材翼 10 は、翼根側に設けられる翼根部 21 と、翼根部 21 の翼頂側に設けられる翼形部 22 と、翼根部 21 に設けられる金属パッチ 23 と、を備えている。

【0015】

図 1 に示すように、複合材翼 10 の翼根部 21 及び翼形部 22 は、翼幅方向に亘って湾曲して形成されており、複合材翼 10 の内側から外側に向かって凸となる側が背側となっており、複合材翼 10 の内側から外側に向かって凹となる側が腹側となっている。

40

【0016】

(翼根部)

翼根部 21 は、軸中心に回転するローターの外周に形成される翼溝に装着される。図 2 は、実施形態 1 に係る複合材翼の翼根部を模式的に示す断面図である。具体的に、図 2 は、翼幅方向に直交する面で切った翼根部 21 の断面である。この断面において、翼長方向に直交する方向が翼厚方向となっており、翼厚方向の一方側が背側となっており、翼厚方向の他方側が腹側となっている。図 2 の断面において、翼根部 21 は、翼頂側へ向かって先細りとなるテーパ形状となっており、翼厚方向の背側の面と翼厚方向の腹側の面とが、

50

翼溝に当接する当接面（ダブル面ともいう）31a, 31bとなっている。つまり、背側の当接面31aと腹側の当接面31bとは、翼頂側へ向かって先細りとなるテーパ面となっている。

【0017】

また、翼根部21は、図3から図6に示すように、プリプレグを複数積層した積層体を硬化させることで形成されており、複数の積層体を含んで構成されている。図3は、図1のA-A断面図である。図4は、図1のB-B断面図である。図5は、図1のC-C断面図である。図6は、図1のD-D断面図である。

【0018】

翼根部21は、図4に示すように、翼形部22から連続して設けられる翼形積層体35と、翼形積層体35の内側に設けられる翼根内側積層体36と、翼形積層体35の外側に設けられる翼根外側積層体37と、を含んでいる。また、翼根部21は、背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向の中央を通る面を中心面Iとすると、この中心面Iを中心として、各積層体35, 36, 37が背側と腹側にそれぞれ設けられている。

10

【0019】

翼形積層体35は、翼根部21から翼形部22に亘って設けられる積層体である。翼形積層体35は、図4及び図5に示す断面において、翼根内側積層体36と翼根外側積層体37との間に位置する中間層となっている。翼形積層体35は、中心面Iを挟んで両側に設けられ、背側及び腹側の翼形積層体35は、翼形部22において接合される一方で、翼根部21において背側の翼形積層体35と腹側の翼形積層体35とは翼根側へ向かうにつれて離れるように設けられる。

20

【0020】

また、翼形積層体35は、図4及び図5に示すように、翼形部22が設けられる翼幅方向の中央部の部位に設けられる。一方で、翼形積層体35は、図3及び図6に示すように、翼形部22が設けられない翼幅方向の前縁側及び後縁側の部位には設けられない。

【0021】

翼根内側積層体36は、図3から図6に示すように、翼幅方向に直交する面で切った断面において、略三角形形状に形成されている。翼根内側積層体36は、翼形積層体35が設けられる図4及び図5において、背側及び腹側の翼形積層体35の間の空間に設けられる。つまり、翼根内側積層体36は、背側及び腹側の翼形積層体35の中心面I側（内側）に設けられる。一方で、翼根内側積層体36は、翼形積層体35が設けられない図3及び図6において、背側及び腹側の翼根外側積層体37の間の空間に設けられる。つまり、翼根内側積層体36は、背側及び腹側の翼根外側積層体37の中心面I側（内側）に設けられる。

30

【0022】

翼根外側積層体37は、図3から図6に示すように、翼根部21の翼厚方向における両外側にそれぞれ設けられている。翼根外側積層体37は、翼形積層体35が設けられる図4及び図5において、背側及び腹側の翼形積層体35の両外側にそれぞれ設けられている。一方で、翼根外側積層体37は、翼形積層体35が設けられない図3及び図6において、翼根内側積層体36の両外側にそれぞれ設けられている。

40

【0023】

そして、翼形積層体35、翼根内側積層体36及び翼根外側積層体37は、翼幅方向における所定の位置によって、積層方向における厚さが異なるものとなっている。

【0024】

（翼形部）

翼形部22は、翼厚方向における厚さが、翼根側において厚肉となっており、翼頂側に向かうにつれて薄肉に形成されている。また、翼形部22は、翼幅方向における厚さが、中央部において厚肉となっており、前縁側及び後縁側に向かうにつれて薄肉に形成されている。なお、翼根部21と翼形部22との間は、湾曲する湾曲部となっている。

【0025】

50

(金属パッチ)

金属パッチ 23 は、翼根部 21 の当接面 31 a, 31 b のみに設けられ、翼根部 21 と翼形部 22 との間の湾曲部には設けられていない。つまり、金属パッチ 23 は、ローターの翼溝と、翼溝に装着される翼根部 21 との間に設けられる。金属パッチ 23 は、翼根部 21 の当接面 31 a, 31 b に、接着剤を用いて一体に接合されている。また、腹側の当接面 31 b が、湾曲する内側の面となっており、背側の当接面 31 a が、湾曲する外側の面となっている。このため、翼根部 21 の背側の当接面 31 a に設けられる金属パッチ 23 a は、翼根部 21 の腹側の当接面 31 b に設けられる金属パッチ 23 b に比して、翼幅方向における長さが長いものとなっている。

【0026】

また、図 2 に示すように、金属パッチ 23 は、翼根部 21 に形成される窪み 25 に配置されている。窪み 25 は、翼根部 21 の当接面 31 a, 31 b のそれぞれに対して窪んで形成されており、金属パッチ 23 を配置可能に、金属パッチ 23 と同形状に形成されている。

【0027】

(翼根部の繊維配向について)

ここで、図 7 を参照して、翼根部 21 における強化繊維の配向割合と、金属パッチ 23 の線膨張係数とについて説明する。図 7 は、複合材翼の翼根部における強化繊維の配向割合と線膨張係数との関係を示すグラフである。金属パッチ 23 は、金属材料を用いて構成されていることから、所定の線膨張係数となっている。一方で、翼根部 21 は、積層体となっていることから、強化繊維の繊維方向に依存する線膨張係数となっている。すなわち、翼根部 21 の線膨張係数は、積層体を構成する複合材層に含まれる強化繊維の繊維方向によって変化するものとなっている。

【0028】

翼根部 21 において、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、金属パッチ 23 の線膨張係数となるように、強化繊維が配向されている。具体的に、金属パッチ 23 の線膨張係数は、 $10 \sim 15 \times 10^{-6} /$  となっている。ここで、翼形部 22 が延在する翼長方向を  $0^\circ$  方向とする。この場合、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、繊維方向が  $0^\circ$  方向となる強化繊維と、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維とを少なくとも含んでいる。そして、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、線膨張係数を  $10 \sim 15 \times 10^{-6} /$  とする場合、図 7 に示すグラフとなるような配向割合とする。

【0029】

図 7 は、その横軸が、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比 (配向割合) であり、その縦軸が、線膨張係数となっている。図 7 に示すように、線膨張係数を  $10 \sim 15 \times 10^{-6} /$  とする場合、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が、30% よりも大きく 60% よりも小さいものとなっている。より具体的には、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比は、35% 以上 55% 以下となっている。さらに、図 7 において、35% 以上 55% 以下となる範囲においてプロットされているプロット点は 3 点となっている。この 3 点のプロット点を含むような、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比は、44% 以上 55% 以下となっている。また、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、繊維方向が  $0^\circ$  方向となる強化繊維が、残りの配向比となっている。つまり、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が 35% 以上 55% 以下となる場合、繊維方向が  $0^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が、45% 以上 65% 以下となっている。例として、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が 35% である場合、繊維方向が  $0^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が 65% となる。また、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が 55% である場合、繊維方向が  $0^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が 45% となる。同様に、翼根内側積層体 36 及び翼根外側積層体 37 は、繊維方向が  $\pm 45^\circ$  方向となる強化繊維の配向比が 44% 以上 55% 以下と

10

20

30

40

50

なる場合、繊維方向が0°方向となる強化繊維の配向比が、45%以上56%以下となっている。

#### 【0030】

翼根部21は、翼根内側積層体36及び翼根外側積層体37における強化繊維の配向比を上記のようにすることで、金属パッチ23と同等の線膨張係数である $10 \sim 15 \times 10^{-6} /$ とすることができる。

#### 【0031】

また、翼根部21における上記の配向比は、翼幅方向において可能な限り均一とすることが好ましい。これは、翼根部21が加熱された場合において、金属パッチ23と同様に、翼根部21も翼幅方向に均一に膨張させることができるためである。

#### 【0032】

このように構成された複合材翼10は、軸中心に回転するローターの外周に形成される翼溝に装着される。このため、複合材翼10の金属パッチ32は、翼溝と翼根部21との間に位置して、翼溝に当接して設けられる。また、複合材翼10は、軸中心に回転するローターの外周に、所定の間隔を空けて、周方向に複数並べて設けられている。そして、ローターが回転することで、複合材翼10同士の間を、流体が前縁側から後縁側に向かって流通する。このとき、ローターが回転することで、複合材翼10には、翼長方向に遠心力が付与される。複合材翼10の翼長方向に遠心力が付与されると、翼溝と金属パッチ23との界面に摩擦力が発生し、この摩擦力が、金属パッチ23と翼根部21との界面に伝達され、せん断応力として付与される。このとき、翼根部21及び金属パッチ23は、流体が高温流体であるため加熱される。翼根部21及び金属パッチ23は、加熱される場合であっても、線膨張係数が同等となっていることから、翼根部21と金属パッチ23との接着界面において発生するせん断応力が小さいものとなる。

#### 【0033】

次に、図8を参照して、複合材翼10の成形方法について説明する。図8は、実施形態1に係る複合材翼の成形方法を示す図である。複合材翼10は、背側の部位である背側翼部材12と、腹側の部位である腹側翼部材14とを接合させることで形成されている。

#### 【0034】

背側翼部材12は、強化繊維に樹脂を含浸させたプリプレグを、複数積層して熱硬化させたものとなっている。背側翼部材12は、背側成形型41によって成形される。背側翼部材12は、複合材翼10の外表面が凸となる湾曲形状に形成され、複合材翼10の内面が凹となる湾曲形状に形成されている。背側成形型41は、背側翼部材12の外表面を成形する背側成形面41aと、背側成形面41aの周囲に設けられた平坦な背側型合わせ面41bと、を有する。背側成形面41aは、背側翼部材12の外表面を凸となる湾曲形状に成形すべく、凹状に窪んで形成されている。

#### 【0035】

腹側翼部材14は、背側翼部材12と同様に、強化繊維に樹脂を含浸させたプリプレグを、複数積層して熱硬化させたものとなっている。腹側翼部材14は、腹側成形型42によって成形される。腹側翼部材14は、複合材翼10の外表面が凹となる湾曲形状に形成され、複合材翼10の内面が凸となる湾曲形状に形成されている。腹側成形型42は、腹側翼部材14の外表面を成形する腹側成形面42aと、腹側成形面42aの周囲に設けられた平坦な腹側型合わせ面42bと、を有する。腹側成形面42aは、腹側翼部材14の外表面を凹となる湾曲形状に成形すべく、凸状に突出して形成されている。

#### 【0036】

複合材翼の成形方法において、背側の翼根部21に設けられる金属パッチ23aは、背側成形型41の翼根部21に相当する背側成形面41aに対して配置される(ステップS1:配置工程)。同様に、腹側の翼根部21に設けられる金属パッチ23bは、腹側成形型42の翼根部21に相当する腹側成形面42aに対して配置される(ステップS1:配置工程)。

#### 【0037】

10

20

30

40

50

この後、背側の金属パッチ 2 3 a 上にプリプレグを積層して、硬化前となる背側翼部材 1 2 を形成する積層工程を行う（ステップ S 2）。同様に、腹側の金属パッチ 2 3 b 上にプリプレグを積層して、硬化前となる腹側翼部材 1 4 を形成する積層工程（ステップ S 2）を行う。このとき、積層工程 S 2 では、翼根内側積層体 3 6 及び翼根外側積層体 3 7 が、金属パッチ 2 3 の線膨張係数となるように、上記した配向比に基づいてプリプレグが積層される。つまり、積層工程 S 2 では、翼根内側積層体 3 6 及び翼根外側積層体 3 7 において、3 5 % 以上 5 5 % 以下の配向比となるように、繊維方向が  $\pm 4 5 ^\circ$  方向となる強化繊維を含むプリプレグを積層し、残りの配向比となる 4 5 % 以上 6 5 % 以下の配向比となるように、繊維方向が  $0 ^\circ$  方向となる強化繊維を含むプリプレグを積層する。

**【 0 0 3 8 】**

そして、背側成型型 4 1 の背側型合わせ面 4 1 b と、腹側成型型 4 2 の腹側型合わせ面 4 2 b とを重ね合わせることで、硬化前となる背側翼部材 1 2 と腹側翼部材 1 4 とを重ね合わせる。この後、背側成型型 4 1 及び腹側成型型 4 2 を介して、背側翼部材 1 2 及び腹側翼部材 1 4 を加熱して硬化させる硬化工程を行うことにより、複合材翼 1 0 を成形する。

**【 0 0 3 9 】**

なお、上記した複合材翼 1 0 の成形方法では、金属パッチ 2 3 a、2 3 b と共に背側翼部材 1 2 及び腹側翼部材 1 4 を加熱して硬化させることで複合材翼 1 0 を成形したが、この方法に限定されない。複合材翼 1 0 の成形方法として、例えば、複合材翼 1 0 を硬化させた後、高温硬化用の接着剤を用いて金属パッチ 2 3 a、2 3 b を接着してもよい。

**【 0 0 4 0 】**

以上のように、実施形態 1 によれば、翼根内側積層体 3 6 及び翼根外側積層体 3 7 を、金属パッチ 2 3 の線膨張係数と同等なるように、強化繊維を配向することができる。このため、加熱時において翼根部 2 1 及び金属パッチ 2 3 が熱膨張する場合であっても、翼根部 2 1 と金属パッチ 2 3 との接着界面に発生するせん断応力を低下させることができる。よって、翼根部 2 1 と金属パッチ 2 3 との接合強度の低下を抑制することができる。

**【 0 0 4 1 】**

また、実施形態 1 によれば、繊維方向が  $\pm 4 5 ^\circ$  方向となる強化繊維の配向比を、3 5 % 以上 5 5 % 以下とすることで、翼根部 2 1 の線膨張係数を、金属パッチ 2 3 の線膨張係数と同等にすることができる。

**【 0 0 4 2 】**

また、実施形態 1 によれば、繊維方向が  $0 ^\circ$  方向となる強化繊維の配向比を、4 5 % 以上 6 5 % 以下とすることで、翼根部 2 1 の線膨張係数を、金属パッチ 2 3 の線膨張係数と同等にすることができる。

**【 0 0 4 3 】**

また、実施形態 1 によれば、金属パッチ 2 3 は、翼根部 2 1 にのみ設けられることから、翼根部 2 1 と翼根部 2 2 との間の湾曲部へ配置されることがない。ここで、湾曲部には、複合材翼 1 0 の回転時に生じる翼根部 2 2 の引張荷重と、翼根部 2 1 に生じる圧縮荷重とによって、せん断応力が集中する。このとき、金属パッチ 2 3 を翼根部 2 1 にのみ設けていることから、湾曲部における応力集中によって金属パッチ 2 3 が剥がれるリスクを低減することができる。

**【 0 0 4 4 】**

また、実施形態 1 によれば、翼根部 2 1 に金属パッチ 2 3 を配置するため窪み 2 5 を形成することができる。このため、金属パッチ 2 3 を設ける位置を明確にでき、また、金属パッチ 2 3 を翼根部 2 1 に接着する接着剤の層の厚みを調整することで、金属パッチ 2 3 の形状管理の自由度を広げることができる。

**【 0 0 4 5 】****[ 実施形態 2 ]**

次に、図 9 及び図 1 0 を参照して、実施形態 2 に係る複合材翼 1 0 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 9

10

20

30

40

50



は、実施形態 2 に係る複合材翼の金属パッチを示す模式図である。図 10 は、実施形態 2 に係る複合材翼の他の一例の金属パッチを示す模式図である。

【0046】

実施形態 2 の複合材翼 10 では、金属パッチ 23 a、23 b に複数の切れ目 61、62 を形成している。図 9 に示す金属パッチ 23 は、図 9 の上側が背側の金属パッチ 23 a となっており、図 9 の下側が腹側の金属パッチ 23 b となっている。金属パッチ 23 a の切れ目 61 及び金属パッチ 23 b の切れ目 62 は、翼根側から切り込まれた切れ目である。切れ目 61、62 は、金属パッチ 23 の翼幅方向において所定の間隔を空けて形成された欠損部であり、翼根側を底辺とし、翼頂側を頂点とする三角形に形成されている。各切れ目 61、62 は、翼長方向に延在して形成されており、金属パッチ 23 の翼長方向における全長に対して、 $3/4$  以下の長さとなっている。このため、金属パッチ 23 a、23 b の切れ目 61、62 が形成された部位は、翼長方向の一部がつながっている。また、金属パッチ 23 b の切れ目 62 の翼幅方向における幅は、金属パッチ 23 a の切れ目 61 に比して広いものとなっている。

10

【0047】

また、金属パッチ 23 b の切れ目 62 は、図 10 に示すようにしてもよい。つまり、図 1 に示すように、腹側の翼根部 21 は、翼頂側に比して翼根側の翼幅方向における長さが短いことから、金属パッチ 23 b の切れ目 62 は、翼頂側から切り込まれた切れ目となっている。

【0048】

以上のように、実施形態 2 によれば、金属パッチ 23 に切れ目 61、62 を形成することで、金属パッチ 23 が翼幅方向へ広がったり、縮んだりすることを許容することができる。このため、金属パッチ 23 は、翼根部 21 の熱硬化時における熱伸びを吸収することができる。

20

【符号の説明】

【0049】

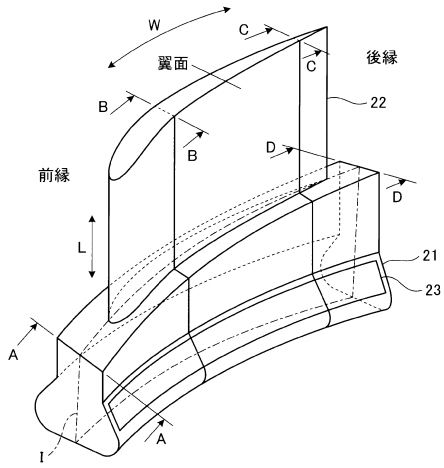
- 10 複合材翼
- 12 背側翼部材
- 14 腹側翼部材
- 21 翼根部
- 22 翼形部
- 23 金属パッチ
- 25 窪み
- 31 a、31 b 当接面
- 35 翼形積層体
- 36 翼根内側積層体
- 37 翼根外側積層体
- 41 背側成形型
- 42 腹側成形型
- 61 切れ目
- I 中心面

30

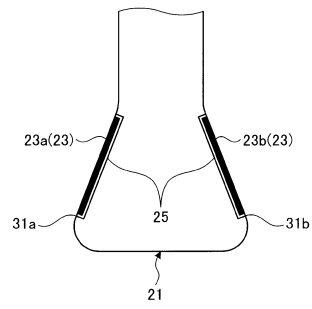
40

【図面】

【図 1】



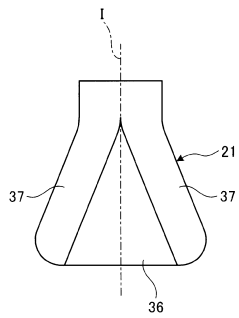
【図 2】



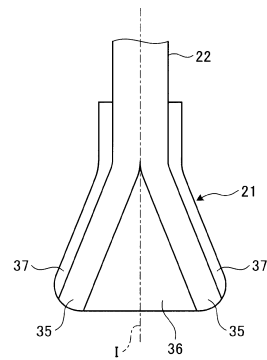
10

20

【図 3】



【図 4】

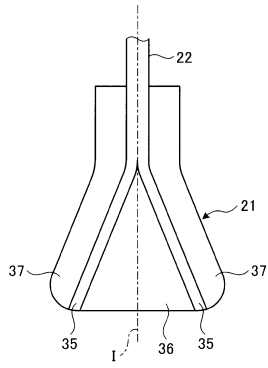


30

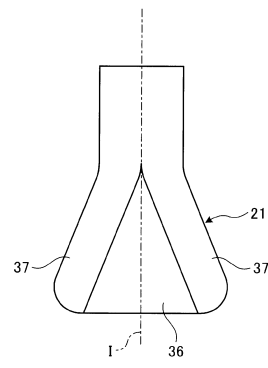
40

50

【 図 5 】

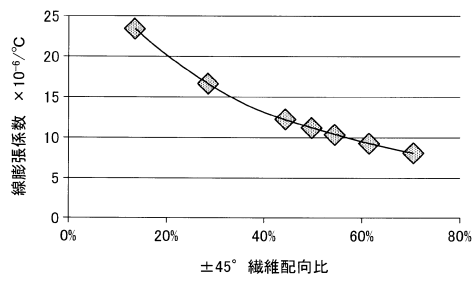


【 図 6 】

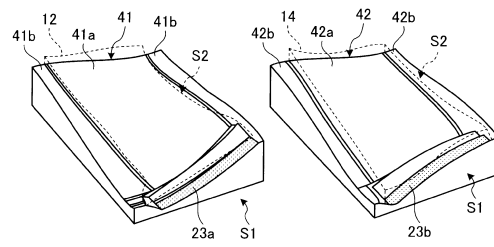


10

【 図 7 】



【 図 8 】



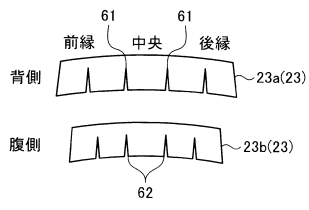
20

30

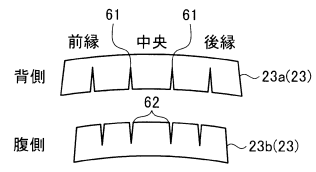
40

50

【 図 9 】



【 図 1 0 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

F I

<b>F 0 4 D</b>	<b>29/32</b>	<b>(2006.01)</b>	F 0 1 D	25/00	X
<b>F 0 4 D</b>	<b>29/02</b>	<b>(2006.01)</b>	F 0 4 D	29/34	C
<b>B 2 9 C</b>	<b>70/68</b>	<b>(2006.01)</b>	F 0 4 D	29/32	K
			F 0 4 D	29/02	
			B 2 9 C	70/68	

## (56)参考文献

特開 2 0 1 8 - 2 0 4 4 6 0 ( J P , A )  
 米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 1 8 7 4 4 1 ( U S , A 1 )  
 米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 0 5 0 1 5 8 ( U S , A 1 )  
 特開 2 0 0 9 - 3 4 9 8 5 ( J P , A )  
 特開昭 4 8 - 6 5 5 0 7 ( J P , A )  
 米国特許第 4 0 4 0 7 7 0 ( U S , A )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

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