

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年2月7日(07.02.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/026594 A1

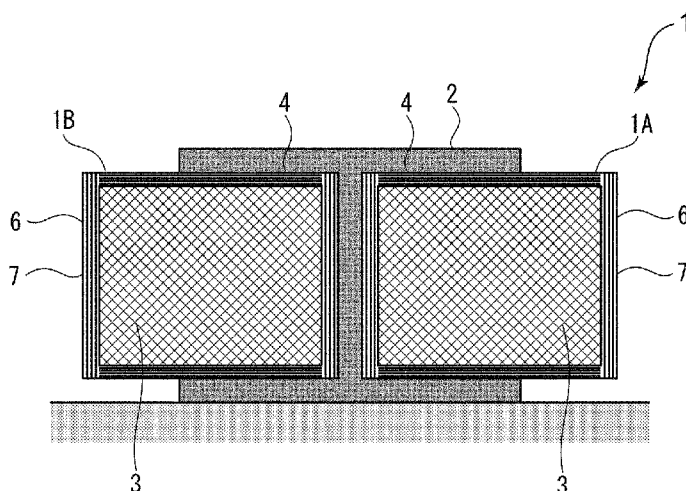
(51) 国際特許分類:
B29C 70/54 (2006.01) B29C 33/38 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/026574
(22) 国際出願日: 2018年7月13日(13.07.2018)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2017-150650 2017年8月3日(03.08.2017) JP
(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)
[JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目
1 6 番 5 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 清水 隆之 (SHIMIZU, Takayuki);
〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号
三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 奥田 晃
久(OKUDA, Akihisa); 〒1088215 東京都港区港
南二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会
社内 Tokyo (JP). 尾▲崎▼了太(OZAKI, Ryota);
〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号
三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 真能 翔
也(MANO, Shoya); 〒1088215 東京都港区港南
二丁目 1 6 番 5 号 三菱重工業株式会
社内 Tokyo (JP). 清水 正彦(SHIMIZU, Masahiko);
〒1088215 東京都港区港南二丁目 1 6 番 5 号
三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 誠真 I P 特許業務法人(SEISHIN IP
PATENT FIRM, P.C.); 〒1080073 東京都港区

(54) Title: FLEXIBLE MANDREL, AND METHOD FOR PRODUCING COMPOSITE MATERIAL COMPONENT

(54) 発明の名称: 可撓性マンドレル、複合材部品の製造方法



(57) Abstract: This flexible mandrel for moulding a composite material including a thermosetting resin is provided with: a main body (3) including a first material; and a thermally conductive layer (7) which includes a second material having a higher thermal conductivity than the first material, and which is formed so as to cover at least a portion of the main body. The thermally conductive layer extends from a contact surface (4) of the flexible mandrel which comes into contact with the composite material during moulding, to a non-contact surface (6) which does not come into contact with the composite material.

(57) 要約: 可撓性マンドレルは、熱硬化性樹脂を含む複合材を成形するための可撓性マンドレルであって、第1の材料を含む本体(3)と、第1の材料より高い熱伝導率を有する第2の材料を含み、本体の少なくとも一部を覆うように形成された熱伝導層(7)とを備える。熱伝導層は、可撓性マンドレルのうち成形時に複合材に接触する接触面(4)から複合材に接触しない非接触面(6)に至るように延在する。

[続葉有]

WO 2019/026594 A1



三田三丁目13番16号 三田43M
Tビル13階 Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

明 細 書

発明の名称：可撓性マンドレル、複合材部品の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、複合材部品を成形するために用いられる可撓性マンドレル及び、当該可撓性マンドレルを用いた複合材部品の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 炭素繊維強化プラスチック（CFRP：carbon fiber reinforced plastic）に代表される複合材は、一般的な金属材料に比べて強度・剛性に優れており、軽量化が要求される航空機や宇宙機器等の構造に多く利用されている。CFRPでは主にエポキシ樹脂のような熱硬化性樹脂が使用されており、複合材を高温高圧のオートクレーブと呼ばれる容器内で熱硬化することにより、成形が行われる。

[0003] このような複合材部品の一例として、航空機に使用される板材を補強するためのストリングがある。ストリングは機体設計によって輪郭やねじりを含む複雑な形状を有しており、例えばI型の断面形状を有する。このようなストリングは、型材である一対のマンドレルの間に半硬化状態の柔らかいCFRPシート（複合材）を積層した後に、真空バッグで全体を囲うことで内部の空気を排除し、複合材とマンドレルとを密着させて熱硬化処理を行うことで成形される。

[0004] 特許文献1では、このようなストリングを成形するために用いられる金属製のマンドレルにおいて、深さ方向に溝を形成することで良好な可撓性を実現し、複雑な形状（輪郭やねじり）に対応可能であることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第4896035号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 上記特許文献1のように熱硬化性樹脂を含む複合材の成形に用いられるマンドレルは、成形対象である複合材に比べて熱容量も大きくなる。そのため、成形対象である複合材に対して熱硬化処理を実施する際に、十分に昇温するために多くの時間を要しており、部品製造レートの低下や、熱硬化処理で消費される電力増加によってコスト増を招く要因となっている。
- [0007] またストリングのような複雑な形状を有する複合材部品の成形に用いられるマンドレルは、自身も軽量で可撓性を有するCFRPで形成されることがある。この場合、マンドレル自身の可撓性を確保しながら上記課題を解決する必要がある。
- [0008] 本発明の少なくとも一実施形態は上述の事情に鑑みなされたものであり、良好な可撓性を確保しつつ、熱硬化性樹脂を含む複合材を熱硬化処理時する際の昇温を促進することにより、部品製造レートを向上させ、コスト低減を達成可能な可撓性マンドレル及び複合材部品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] (1) 本発明の少なくとも一実施形態に係る可撓性マンドレルは上記課題を解決するために、熱硬化性樹脂を含む複合材を成形するための可撓性マンドレルであって、第1の材料を含む本体と、前記第1の材料より高い熱伝導率を有する第2の材料を含み、前記本体の少なくとも一部を覆うように形成された熱伝導層と、を備え、前記熱伝導層は、前記可撓性マンドレルのうち成形時に前記複合材に接触する接触面から前記複合材に接触しない非接触面に至るように延在する。
- [0010] 上記(1)の構成によれば、第1の材料を含む本体部の少なくとも一部は、第1の材料より高い熱伝導率を有する第2の材料を含む熱伝導層によって覆われる。このような熱伝導層は接触面から非接触面に至るように延在するため、熱硬化処理時に外部から供給される熱量は、熱伝導層を介して成形対象である複合材に効果的に伝達される。そのため熱硬化処理に昇温に必要な

時間を短縮でき、部品製造レートを向上させ、コスト低減を達成できる。

[0011] (2) 幾つかの実施形態では上記(1)の構成において、前記熱伝導層は前記本体の周方向全体を囲む。

[0012] 上記(2)の構成によれば、熱硬化処理時に外部から供給される熱量をより効果的に複合材に伝達できる。

[0013] (3) 幾つかの実施形態では上記(1)又は(2)の構成において、前記第2の材料はPITCH系CFRPである。

[0014] 上記(3)の構成によれば、熱伝導層を形成する第2の材料としてPITCH系CFRPが用いられる。PITCH系CFRPは比較的高価な材料であるが、本体に比べて熱伝導層は薄いため、コストを抑えながら効率的な熱伝導を実現できる。

[0015] (4) 幾つかの実施形態では上記(3)の構成において、前記PITCH系CFRPは前記接触面から前記非接触面に向かう繊維方向を有する。

[0016] PITCH系CFRPの熱伝導率は異方性を有しており、繊維方向における熱伝導率が優れている。上記(4)の構成によれば、熱伝導層に含まれるPITCH系CFRPは、繊維方向が接触面から非接触面に向かうため、熱硬化処理の実施時に外部から供給される熱量は、成形対象である複合材に対して良好に伝達される。

[0017] (5) 幾つかの実施形態では上記(1)又は(2)の構成において、前記第2の材料は金属である。

[0018] 上記(5)の構成によれば、熱伝導層に含まれる第2の材料として、良好な熱伝導率を有する金属を用いてもよい。この場合、熱伝導層に含まれる金属の厚さは、成形時に要求される可撓性を阻害しないような厚さに設定されるとよい。

[0019] (6) 幾つかの実施形態では上記(1)から(5)のいずれか一構成において、前記第1の材料はPAN系CFRPである。

[0020] 上記(6)の構成によれば、可撓性マンドレルの大部分の容積を占める本体を構成する第1の材料として、比較的安価で良好な可撓性を有するPAN

系CFRPが用いられる。

[0021] (7) 幾つかの実施形態では上記(1)から(6)のいずれか一構成において、前記熱伝導層は2mm未満の厚さを有する。

[0022] 上記(7)の構成によれば、熱伝導層の厚さを上記範囲に設定することで、マンドレルに要求される可撓性を十分に確保しながら、熱伝導層による昇温時間の短縮を達成できる。

[0023] (8) 幾つかの実施形態では上記(1)から(7)のいずれか一構成において、前記本体には内側に向けて少なくとも一つの穴部が形成される。

[0024] 上記(8)の構成によれば、可撓性マンドレルの本体に穴部が形成されることにより、可撓性マンドレルの熱容量を低減させられる。これにより、熱硬化処理の昇温に必要な時間を更に短縮できる。

[0025] (9) 幾つかの実施形態では上記(8)の構成において、前記穴部は前記本体のうち前記非接触面側に設けられる。

[0026] 上記(9)の構成によれば、成形時に複合材と接触しない非接触面に穴部を設けることで、接触面では複合材との接触状態を確保して良好な熱伝導を確保しつつ、可撓性マンドレルの熱容量を低減することで、熱硬化処理時の昇温時間をより効果的に短縮できる。

[0027] (10) 幾つかの実施形態では上記(8)又は(9)の構成において、前記穴部を充填する充填材を更に備え、前記充填材は前記第1の材料より高い熱伝導率を有する。

[0028] 上記(10)の構成によれば、充填材として本体に比べて高い熱伝導率を有する充填剤が穴部に充填されることで、可撓性マンドレルの熱伝導性を更に向上できる。これにより、加熱硬化処理時の昇温を、より迅速に行うことができる。

[0029] (11) 本発明の少なくとも一実施形態に係る複合材部品の製造方法は上記課題を解決するために、一对の可撓性マンドレルを用いて熱硬化性樹脂を含む複合材を成形することにより、複合材部品の製造するための方法であって、第1の材料を用いて、前記可撓性マンドレルの本体を形成する工程と、前

記第１の材料より高い熱伝導率を有する第２の材料を用いて、前記可撓性マンドレルのうち成形時に前記複合材に接触する接触面から前記複合材に接触しない非接触面に至るまで、前記本体の少なくとも一部を覆うように熱伝導層を形成する工程と、前記熱伝導層が形成された前記可撓性マンドレルの間に前記複合材を介在させ、熱硬化処理を実施する工程と、を備える。

[0030] 上記（１１）の方法によれば、上述の可撓性マンドレル（上記各種形態を含む）を用いることで、良好な可撓性を確保しつつ、熱硬化性樹脂を含む複合材に対して熱硬化処理を実施する際に、昇温を促進できる。

[0031] （１２）幾つかの実施形態では上記（１１）の方法において、前記本体に前記熱伝導層を形成する前に、前記本体の内側に向けて穴部を形成する工程を更に備える。

[0032] 上記（１２）の方法によれば、本体に対して穴部を形成した後に熱伝導層を形成することで、熱硬化性樹脂を含む複合材に対して熱硬化処理を実施する際に、より効果的に熱伝導が可能な可撓性マンドレルを製造できる。

[0033] （１３）幾つかの実施形態では上記（１１）又は（１２）の方法において、前記熱伝導層は金属材料を溶射することにより形成される。

[0034] 上記（１３）の方法によれば、熱伝導層を金属材料から形成する場合には、溶射を用いることで、マンドレルの仕様として要求される可撓性を有する熱伝導層を好適に形成できる。

発明の効果

[0035] 本発明の少なくとも一実施形態によれば、良好な可撓性を確保しつつ、熱硬化性樹脂を含む複合材を熱硬化処理時する際の昇温を促進することにより、部品製造レートを向上させ、コスト低減を達成可能な可撓性マンドレル及び複合材部品の製造方法を提供できる。

図面の簡単な説明

[0036] [図１]本発明の少なくとも一実施形態に係る可撓性マンドレルを示す斜視図である。

[図２]図１の断面図である。

[図3]図2の第1変形例である。

[図4]図2の第2変形例である。

[図5]本発明の少なくとも一実施形態に係る複合材部品2の製造方法を工程毎に示すフローチャートである。

[図6]I型断面を有する複合材部品2を成形するためのCFRPシートの組み合わせパターンを示す模式図である。

[図7]熱硬化処理時における図1及び図2の可撓性マンドレルの内部温度とオートクレープ内の雰囲気温度の時間経過を示す測定結果である。

[図8]熱硬化処理時における図3の可撓性マンドレルの内部温度とオートクレープ内の雰囲気温度の時間経過を示す測定結果である。

発明を実施するための形態

[0037] 以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

また例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0038] 以下の実施形態では、複合材として、炭素繊維を樹脂で強化された炭素繊維強化プラスチック（CFRP：carbon fiber reinf

orced plastic) であって、主にエポキシ樹脂をはじめ、不飽和ポリエステル、ビニルエステル、フェノール、シアネートエステル、ポリイミドのような熱硬化性樹脂を含むことにより、熱硬化処理によって成形が可能な材料を例に説明する。

尚、複合材の強化繊維は、炭素繊維以外にもガラス繊維、ボロン繊維、アラミド繊維なども同様に適用可能である。

[0039] また以下の実施形態では、複合材を成形することで得られる複合材部品として、航空機に使用される板材を補強するためのストリングを例示するが、技術的思想が共通する範囲において、種々の部品に適合可能である。特に、強度・剛性ととともに軽量化が要求される航空機や宇宙機器等の構造に利用可能である。

[0040] (可撓性マンドレル)

まず複合材部品の成形に用いられる可撓性マンドレルの構成について説明する。図1は本発明の少なくとも一実施形態に係る可撓性マンドレル1を示す斜視図であり、図2は図1の断面図である。図1及び図2では、同形状を有する一対の可撓性マンドレル1（以下、それぞれを区別して述べる場合には、それぞれ「第1の可撓性マンドレル1A」及び「第2の可撓性マンドレル1B」と称する）とともに、成形対象物である複合材部品2がともに示されている。

[0041] 可撓性マンドレル1は、複合材部品2を成形するための型材であり、成形対象物である複合材部品2に対応する形状を有する。本実施形態では、複合材部品2の一例としてI型断面を有し、長手方向に延在する形状を有する航空機ストリングが示されている。第1の可撓性マンドレル1A及び第2の可撓性マンドレル1Bは同形状を有しており、図1では、それらの間に複合材部品2の材料となる複合材を配置して成形が行われる様子が示されている。

[0042] 可撓性マンドレル1は、本体3と、本体3の少なくとも一部を覆うように形成された熱伝導層7と、を備える。本体3は、複合材部品2を成形するための型材であり、成形対象物である複合材部品2に対応する形状を有する。

本実施形態では、複合材部品 2 の一例として I 型断面を有し、長手方向に延在する形状を有する航空機ストリングが示されている。第 1 の可撓性マンドレル 1 A 及び第 2 の可撓性マンドレル 1 B は同形状を有しており、図 1 では、それらの間に複合材部品 2 の材料となる複合材を配置して成形が行われる様子が示されている。

[0043] 図 2 に示されるように、可撓性マンドレル 1 の本体 3 は、熱伝導層 7 を介して複合材部品 2 に接触する接触面 4、及び、熱伝導層 7 を介して複合材部品 2 に接触しない非接触面 6 を含む。このうち接触面 4 は、上述したように、複合材部品 2 を成形するために複合材部品 2 に対応する形状を有するが、非接触面 6 は任意の形状を有してもよい。

[0044] 本体 3 は第 1 の材料を含む。第 1 の材料は、熱硬化処理を実施する際に、外部から供給される熱量を複合材部品 2 に対して伝達するために、熱伝導性材料を含む。また本体 3 の材料は、複合材部品 2 の仕様形状に応じて変形可能な可撓性を有する。このような第 1 の材料として、例えば、複合材（CFRP）が使用可能であり、特に、比較的成本が安い PAN 系 CFRP を用いることができる。

[0045] 熱伝導層 7 は、本体 3 の少なくとも一部を覆うように形成されており、本実施形態では特に、本体 3 の周方向全体を囲んでいる。このような熱伝導層 7 は、本体 3 に含まれる第 1 の材料に比べて高い熱伝導率を有する第 2 の材料を含んでおり、図 2 に示されるように、本体 3 の接触面 4 から非接触面 6 に至るように延在する。熱伝導層 7 の一部は雰囲気中に露出するため、可撓性マンドレル 1 が高温高圧のオートクレープ内で加熱された際に、外部雰囲気からの熱量が熱伝導層 7 を介して、当該熱伝導層 7 に接触する複合材部品 2 に伝達される。そのため、熱伝導層 7 を有さない可撓性マンドレルに比べて、熱硬化処理時の昇温に必要な時間を短縮できる。

[0046] 熱伝導層 7 は、可撓性マンドレル 1 の基本的形状を画定する本体 3 に比べて薄く形成される。熱伝導層 7 の厚さは、可撓性マンドレル 1 の基本的形状に影響を与えない範囲が好ましく、例えば、2 mm 以下である。また熱伝導

層 7 に含まれる第 2 の材料として、例えば P I T C H 系 C F R P が使用可能である。P I T C H 系 C F R P は、P A N 系 C F R P に比べて高価であるが、熱伝導層 7 は本体 3 に比べて薄いため、コストが大幅に増加することもない。

[0047] 熱伝導層 7 に含まれる第 2 の材料として P I T C H 系 C F R P を採用した場合、P I T C H 系 C F R P の熱伝導率は繊維方向に対して異方性を有するため、繊維方向が接触面 4 から非接触面 6 に向かう方向になるように形成するとよい。これにより、接触面 4 から非接触面 6 に向かう方向における熱伝達が向上するため、外部雰囲気から複合材部品 2 への熱伝達を、より効果的に向上できる。

[0048] また P I T C H 系 C F R P は繊維方向に沿った変形に対する耐久性に優れる。そのため、繊維方向が接触面 4 から非接触面 6 に向かう方向になるように熱伝導層 7 を形成することで、可撓性マンドレル 1 が変形した際に、熱伝導層 7 に割れやヒビを生じることがなく、柔軟に対応できる。つまり本体 3 に熱伝導層 7 を設けた際においても、可撓性マンドレル 1 の可撓性を良好に確保できる。

[0049] 尚、熱伝導層 7 は金属材料を溶射することにより形成されてもよい。金属材料は上述の P I T C H 系 C F R P に比べて高剛性であるが、溶射によって十分薄い熱伝導層として形成することで、要求される可撓性を確保可能である。

[0050] 図 3 は図 2 の第 1 変形例である。第 1 変形例に係る可撓性マンドレル 1 は、本体 3 の内側に向けて形成された少なくとも一つの穴部 8 を有する。この種の可撓性マンドレルは、典型例には、中実のバルク体からなるが、この場合、成形対象物である複合材部品 2 に比べてマンドレル本体の熱容量が大きくなりがちであり、熱硬化処理時の昇温に時間を要してしまう。その点、第 1 変形例に係る可撓性マンドレル 1 では、本体 3 に穴部 8 が形成されることで、可撓性マンドレル 1 の熱容量を低減できるので、熱硬化処理時の昇温を促進できる。

- [0051] ここで第1変形例では特に、穴部8は本体3のうち非接触面6に開口されている。そのため、接触面4では複合材部品2との接触状態が確保され、複合材部品2に対して良好な熱伝達が可能となる。
- [0052] 穴部8は、有底の非貫通穴として形成されている。穴部8の深さは任意でよいが、例えば、接触面4及び非接触面6間の距離Lの60%～90%の深さを有する。穴部8の深さを当該範囲に設定することで、可撓性マンドレル1の熱容量を的確に低減し、複合材部品2への良好な熱伝導が可能である。
- [0053] 尚、穴部8は貫通穴として形成されてもよい。また図3の穴部8は略ストレート形状を有しているが、例えば本体3の内部において湾曲形状を有してもよい。
- [0054] また第1変形例では、穴部8は複数設けられている。このように複数の穴部8を設けることにより、穴部8が単一しか設けられていない場合に比べて、可撓性マンドレル1の可撓性及び剛性を的確に確保しつつ、熱容量を効果的に低減できる。
- [0055] また第1変形例では、複数の穴部8は、均一な分布を有している。このように穴部8が均一に分布する領域では、その領域全体に亘って熱容量が一定の割合で減少するため、熱硬化処理時に複合材に対して均一に熱量を供給でき、良好な品質の成形が可能となる。
- [0056] 尚、複数の穴部8は不均一に形成されていてもよい。この場合、穴部8の分布はランダムでもよいが、例えば可撓性マンドレル1が複合材部品2の形状に応じて変形された際に、所定の温度分布、応力分布等が実現されるように、複合材部品2の形状に応じて設定されてもよい。これにより、熱硬化処理時に、複合材部品2に対して伝達される熱量をコントロールすることができ、良質な品質の成形が可能となる。
- [0057] 図4は図2の第2変形例である。第2変形例では、第1変形例の穴部8に対して、本体3に比べて高い熱伝導率を有する材料を含む充填材12が充填される。穴部8に充填される充填材12によって本体3の熱伝導性を更に向上でき、より迅速な昇温が可能となる。充填材12の材料としては、例えば

金属発泡体が有用であり、具体的には発泡アルミニウムのように、軽量であり、且つ、熱伝導率に優れた材料が好ましい。

[0058] (複合剤部品の製造方法)

続いて上記構成を有する可撓性マンドレル 1 を用いた複合材部品 2 の製造方法について説明する。図 5 は、本発明の少なくとも一実施形態に係る複合材部品 2 の製造方法を工程毎に示すフローチャートである。

[0059] まず所定の材料を用いて可撓性マンドレル 1 の本体 3 を形成する (ステップ S 1)。ここで本体 3 の材料は、上述したように、熱硬化処理時に、外部から供給される熱量を複合材部品 2 に伝達可能な熱伝導性を有するとともに、複合材部品 2 の仕様形状に応じて変形可能な可撓性を有する材料であり、例えば、複合材 (P A N 系 C F R P) が用いられる。

このような本体 3 は、例えば略直方体形状の中実なバルク体として形成される。

[0060] 続いてステップ S 1 で形成された本体 3 を少なくとも部分的に囲むように熱伝導層 7 を形成する (ステップ S 2)。熱伝導層 7 は、本体 3 に含まれる第 1 の材料に比べて高い熱伝導率を有する第 2 の材料、例えば P I T C H 系 C F R P から形成される。熱伝導層 7 の厚さは、可撓性マンドレル 1 の基本的形状に対して影響を与えない程度であり、例えば、2 mm 以下に設定される。また P I T C H 系 C F R P のように熱伝導性に異方性を有する材料の場合、繊維方向が接触面 4 から非接触面 6 に向かう方向になるように形成される。

尚、第 2 の材料として金属材料が用いられる場合には、熱伝導層 7 は例えば溶射によって形成される。

[0061] ここで上述の変形例 (図 3 及び図 4 を参照) のように、本体 3 に穴部 8 を設ける場合には、ステップ S 2 で熱伝導層 7 を形成する前に、本体 3 に対して切削のような機械加工を行うとよい。またステップ S 1 で本体 3 を形成する際に、同時に穴部 8 を形成してもよい (例えば本体 3 と穴部 8 とを一体的に形成してもよい)。

- [0062] また上述の第2変形例のように、本体3に形成された穴部8に充填材12が充填される場合、充填材12の充填作業もまた、ステップS2で熱伝導層7を形成する前に行われるとよい。充填材12は、本体3に比べて高い熱伝導率を有する材料を含んでもよく、例えば発泡アルミニウムのような金属発泡体が使用可能である。
- [0063] 続いて、このように完成した可撓性マンドレル1を用いて、複合材部品2の成形が進められる。上述の可撓性マンドレル1を一对用意し（ステップS3）、それらの間に複合材部品2の材料となる複合材を配置する（ステップS4）。ここで使用される複合材は、例えば半硬化状態の柔らかなCFRPシートであり、複合材部品2の形状に応じて組み合わせられる。
- [0064] 図6はI型断面を有する複合材部品2を成形するためのCFRPシートの組み合わせパターンを示す模式図である。図1に示されるようなI型断面を有する複合材部品2を成形する場合には、例えば、第1の可撓性マンドレル1Aの接触面4を覆う第1シート2Aと、第2の可撓性マンドレル1Bの接触面4を覆う第2シート2Bと、第1シート2A及び第2シート2Bにわたって上方から覆う第3のシート2Cと、第1シート2A及び第2シート2Bにわたって上方から覆う第4のシート2Dと、が組み合わせられる。
- [0065] 続いて、一对の可撓性マンドレル1の間に複合材を配置させた状態で、全体をバッグ材で覆い、内部の空気を排出することにより真空バッグ処理を実施する（ステップS5）。続いて真空バッグ処理が施された状態で、複合材が間に配置された一对の可撓性マンドレル1に対して熱硬化処理を行う（ステップS6）。熱硬化処理は高温高圧のオートクレープ内で行われる。オートクレープ内の雰囲気温度が上昇すると、可撓性マンドレル1を介して伝達された熱量によって複合材が加熱される。
- [0066] ここで図7は、熱硬化処理時における図1及び図2の可撓性マンドレル1の内部温度とオートクレープ内の雰囲気温度の時間経過を示す測定結果である。図7では、破線はオートクレープ内の雰囲気温度を示しており、時間の経過とともに目標温度T0まで次第に増加する様子が示されている。このよ

うに雰囲気温度が変化するに従って、可撓性マンドレル 1 の内部温度も追従するように増加する。測定結果（実線）は熱伝導層 7 を有さない比較例（熱伝導層 7 を有さないことを除いて、図 1 及び図 2 の可撓性マンドレル 1 と同一のもの）に係る計測結果であり、測定結果（一点鎖線）は穴部 8 が形成された本実施形態の可撓性マンドレル 1 に係る計測結果である。図 7 に示されるように、本実施形態は比較例に比べて目標温度 T_0 に到達する時間が約 48 分ほど早い結果が得られた。これは、本実施形態に係る可撓性マンドレル 1 は熱伝導層 7 を有することにより、迅速に昇温が可能であることを示している。

[0067] また図 8 は熱硬化処理時における図 3 の可撓性マンドレル 1 の内部温度とオートクレープ内の雰囲気温度の時間経過を示す測定結果である。図 8 では、破線はオートクレープ内の雰囲気温度を示しており、時間の経過とともに目標温度 T_0 まで次第に増加する様子が示されている。このように雰囲気温度が変化するに従って、可撓性マンドレル 1 の内部温度も追従するように増加する。測定結果（実線）は熱伝導層 7 を有さない比較例（熱伝導層 7 及び穴部 8 を有さないことを除いて、図 3 の可撓性マンドレル 1 と同一のもの）に係る計測結果であり、測定結果（一点鎖線）は穴部 8 が形成された本実施形態の可撓性マンドレル 1 に係る計測結果である。図 8 示されるように、本実施形態（図 3）は比較例に比べて目標温度 T_0 に到達する時間が約 75 分ほど早い結果が得られた。これは、本実施形態に係る可撓性マンドレル 1 は熱伝導層 7 を有することにより、更に迅速に昇温が可能であることを示している。

[0068] ステップ S 6 の熱硬化処理では、このように目標温度に昇温された状態が所定時間維持されることで、複合材の熱硬化が進行し、複合材部品 2 の成形が行われる。熱硬化処理が完了すると、バッグ材を解放し、内部から完成した複合材部品 2 が取り出される（ステップ S 7）。

[0069] 以上説明したように本発明の少なくとも一実施形態によれば、可撓性マンドレルの本体のうち非接触面に非貫通孔を形成することで、可撓性マンドレ

ルの熱容量を低下させ、熱硬化処理に昇温に必要な時間を短縮でき、良好な部品製造レート及びコスト低減を達成できる。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明の少なくとも一実施形態は、CFRP等の複合材を含む複合材部品を成形するために用いられる可撓性マンドレル及び、当該可撓性マンドレルを用いた複合材部品の製造方法に利用可能である。

符号の説明

- [0071] 1 可撓性マンドレル
2 複合材部品
3 本体
4 接触面
6 非接触面
7 熱伝導層
8 穴部
12 充填材

請求の範囲

- [請求項1] 熱硬化性樹脂を含む複合材を成形するための可撓性マンドレルであって、
第1の材料を含む本体と、
前記第1の材料より高い熱伝導率を有する第2の材料を含み、前記本体の少なくとも一部を覆うように形成された熱伝導層と、
を備え、
前記熱伝導層は、前記可撓性マンドレルのうち成形時に前記複合材に接触する接触面から前記複合材に接触しない非接触面に至るように延在する、可撓性マンドレル。
- [請求項2] 前記熱伝導層は前記本体の周方向全体を囲む、請求項1に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項3] 前記第2の材料はP I T C H系C F R Pである、請求項1又は2に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項4] 前記P I T C H系C F R Pは前記接触面から前記非接触面に向かう繊維方向を有する、請求項3に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項5] 前記第2の材料は金属である、請求項1又は2に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項6] 前記第1の材料はP A N系C F R Pである、請求項1から5のいずれか一項に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項7] 前記熱伝導層は2 m m未満の厚さを有する、請求項1から6のいずれか一項に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項8] 前記本体には内側に向けて少なくとも一つの穴部が形成される、請求項1から7のいずれか一項に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項9] 前記穴部は前記本体のうち前記非接触面側に設けられる、請求項8に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項10] 前記穴部を充填する充填材を更に備え、
前記充填材は前記第1の材料より高い熱伝導率を有する、請求項8

又は 9 に記載の可撓性マンドレル。

[請求項11] 一対の可撓性マンドレルを用いて熱硬化性樹脂を含む複合材を成形することにより、複合材部品を製造するための方法であって、

第 1 の材料を用いて、前記可撓性マンドレルの本体を形成する工程と、

前記第 1 の材料より高い熱伝導率を有する第 2 の材料を用いて、前記可撓性マンドレルのうち成形時に前記複合材に接触する接触面から前記複合材に接触しない非接触面に至るまで、前記本体の少なくとも一部を覆うように熱伝導層を形成する工程と、

前記熱伝導層が形成された前記可撓性マンドレルの間に前記複合材を介在させ、熱硬化処理を実施する工程と、
を備える、複合材部品の製造方法。

[請求項12] 前記本体に前記熱伝導層を形成する前に、前記本体の内側に向けて穴部を形成する工程を更に備える、請求項 11 に記載の複合材部品の製造方法。

[請求項13] 前記熱伝導層は金属材料を溶射することにより形成される、請求項 11 又は 12 に記載の複合材部品の製造方法。

補正された請求の範囲
[2018年11月27日(27.11.2018)国際事務局受理]

- [請求項1] (補正後) 熱硬化性樹脂を含む複合材を成形するための可撓性マンドレルであって、
第1の材料を含む本体と、
前記第1の材料より高い熱伝導率を有する第2の材料を含み、前記本体の少なくとも一部を覆うように形成された熱伝導層と、
を備え、
前記熱伝導層は、前記可撓性マンドレルのうち成形時に前記複合材に接触する接触面から前記複合材に接触しない非接触面に至るように延在し、
前記第2の材料は熱伝導性に異方性を有する繊維材料を含み、
前記繊維材料は、前記接触面から前記非接触面に向かう繊維方向を有する、可撓性マンドレル。
- [請求項2] 前記熱伝導層は前記本体の周方向全体を囲む、請求項1に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項3] (補正後) 前記繊維材料はPITCH系CFRPである、請求項1又は2に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項4] (削除)
- [請求項5] (削除)
- [請求項6] (補正後) 前記第1の材料はPAN系CFRPである、請求項1から3のいずれか一項に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項7] (補正後) 前記熱伝導層は2mm未満の厚さを有する、請求項1から3又は6のいずれか一項に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項8] (補正後) 前記本体には内側に向けて少なくとも一つの穴部が形成される、請求項1から3、6又は7のいずれか一項に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項9] 前記穴部は前記本体のうち前記非接触面側に設けられる、請求項8に記載の可撓性マンドレル。

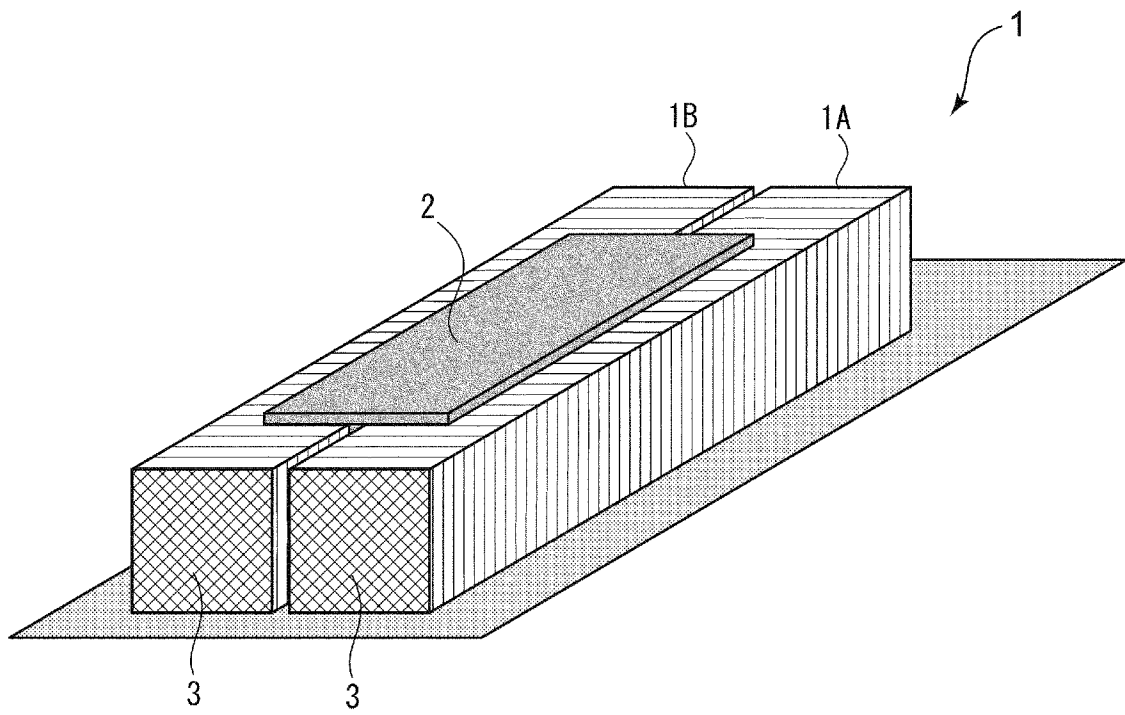
- [請求項10] 前記穴部を充填する充填材を更に備え、
前記充填材は前記第1の材料より高い熱伝導率を有する、請求項8又は9に記載の可撓性マンドレル。
- [請求項11] (補正後) 一对の可撓性マンドレルを用いて熱硬化性樹脂を含む複合材を成形することにより、複合材部品を製造するための方法であって、
第1の材料を用いて、前記可撓性マンドレルの本体を形成する工程と、
前記第1の材料より高い熱伝導率を有する第2の材料を用いて、前記可撓性マンドレルのうち成形時に前記複合材に接触する接触面から前記複合材に接触しない非接触面に至るまで、前記本体の少なくとも一部を覆うように熱伝導層を形成する工程と、
前記熱伝導層が形成された前記可撓性マンドレルの間に前記複合材を介在させ、熱硬化処理を実施する工程と、
を備え、
前記第2の材料は熱伝導性に異方性を有する繊維材料を含み、
前記熱伝導層は、前記繊維材料の繊維方向が前記接触面から前記非接触面に向かうように形成される、複合材部品の製造方法。
- [請求項12] 前記本体に前記熱伝導層を形成する前に、前記本体の内側に向けて穴部を形成する工程を更に備える、請求項11に記載の複合材部品の製造方法。
- [請求項13] 前記熱伝導層は金属材料を溶射することにより形成される、請求項11又は12に記載の複合材部品の製造方法。
- [請求項14] (追加) 一对の可撓性マンドレルを用いて熱硬化性樹脂を含む複合材を成形することにより、複合材部品を製造するための方法であって、
第1の材料を用いて、前記可撓性マンドレルの本体を形成する工程と、

前記第 1 の材料より高い熱伝導率を有する第 2 の材料を用いて、前記可撓性マンドレルのうち成形時に前記複合材に接触する接触面から前記複合材に接触しない非接触面に至るまで、前記本体の少なくとも一部を覆うように熱伝導層を形成する工程と、

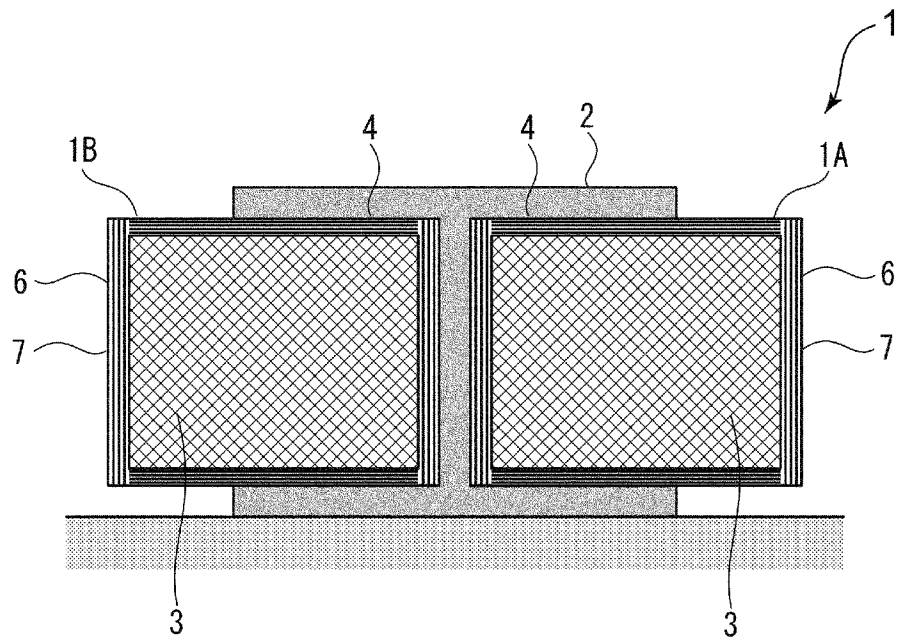
前記熱伝導層が形成された前記可撓性マンドレルの間に前記複合材を介在させ、熱硬化処理を実施する工程と、
を備え、

前記熱伝導層は金属材料を溶射することにより形成される、複合材部品の製造方法。

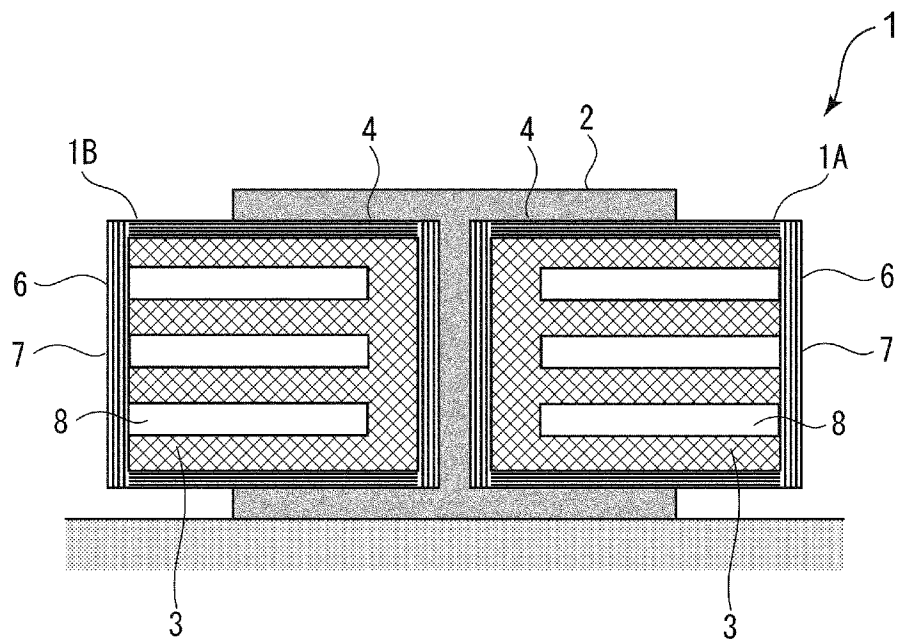
[図1]



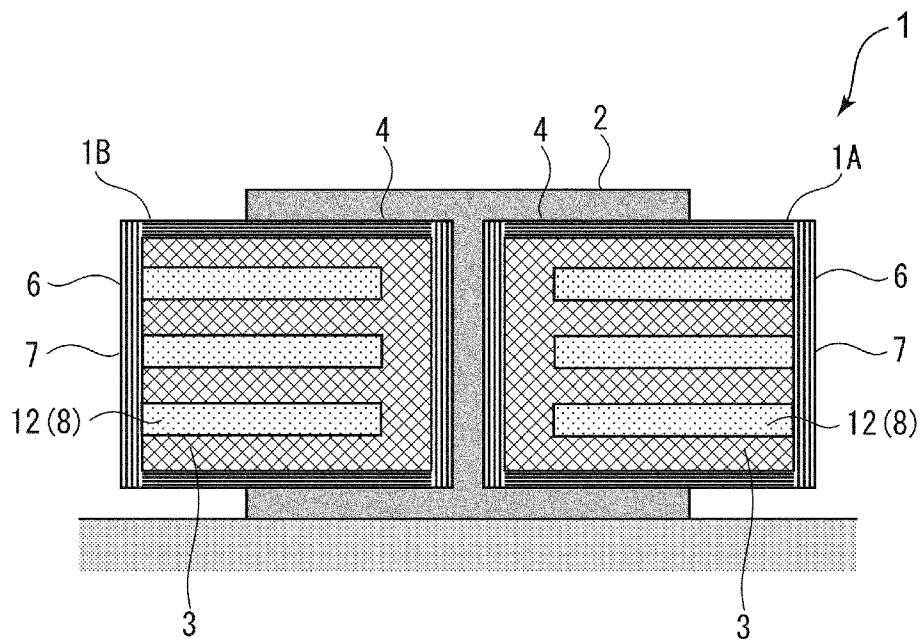
[図2]



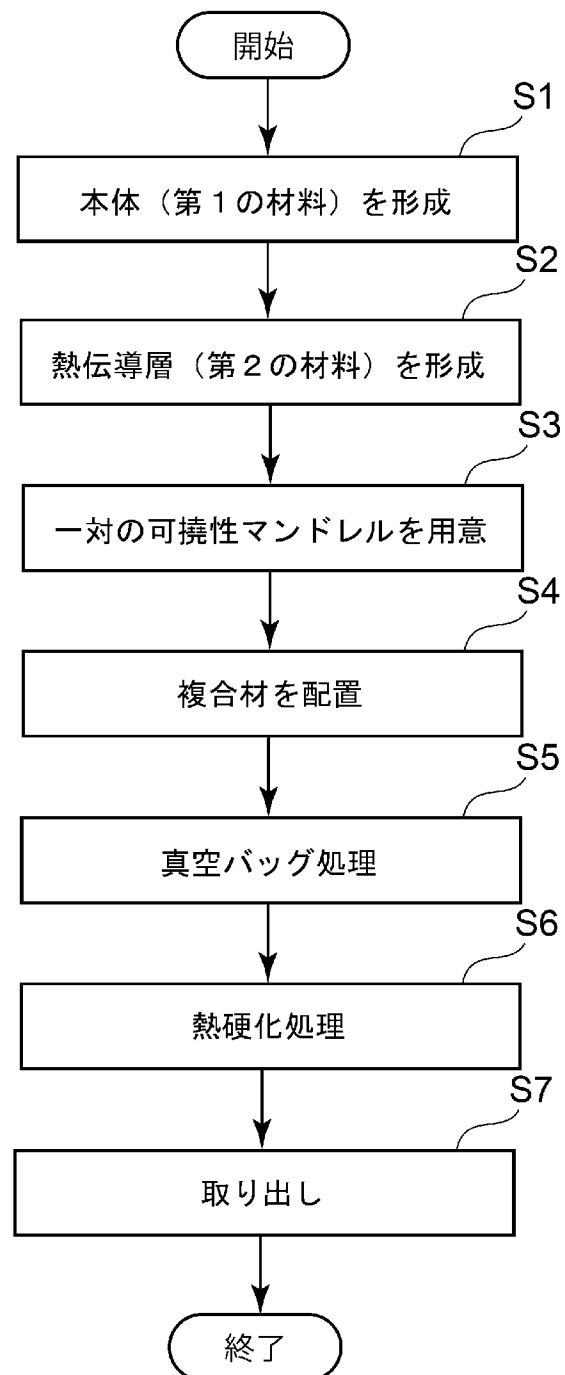
[図3]



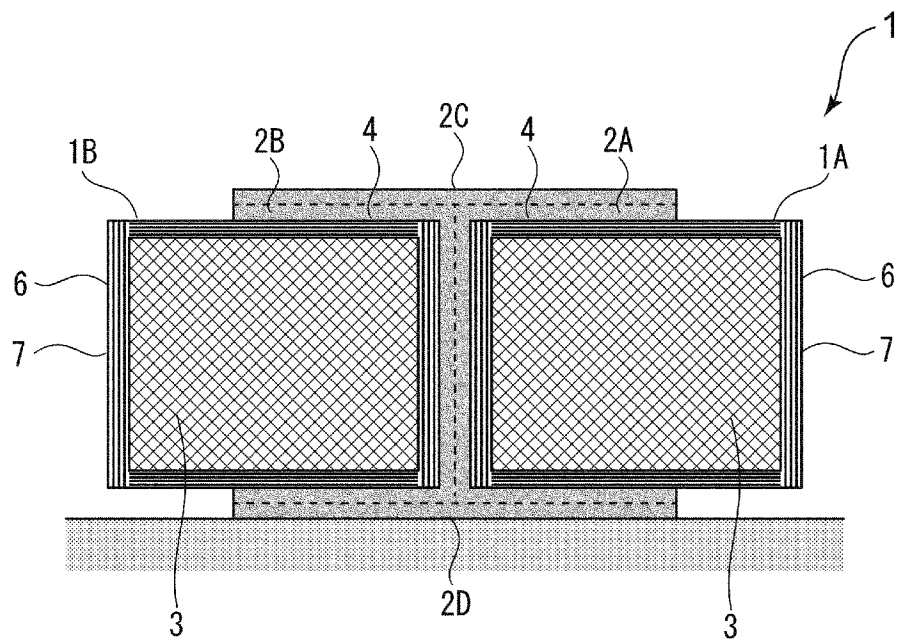
[図4]



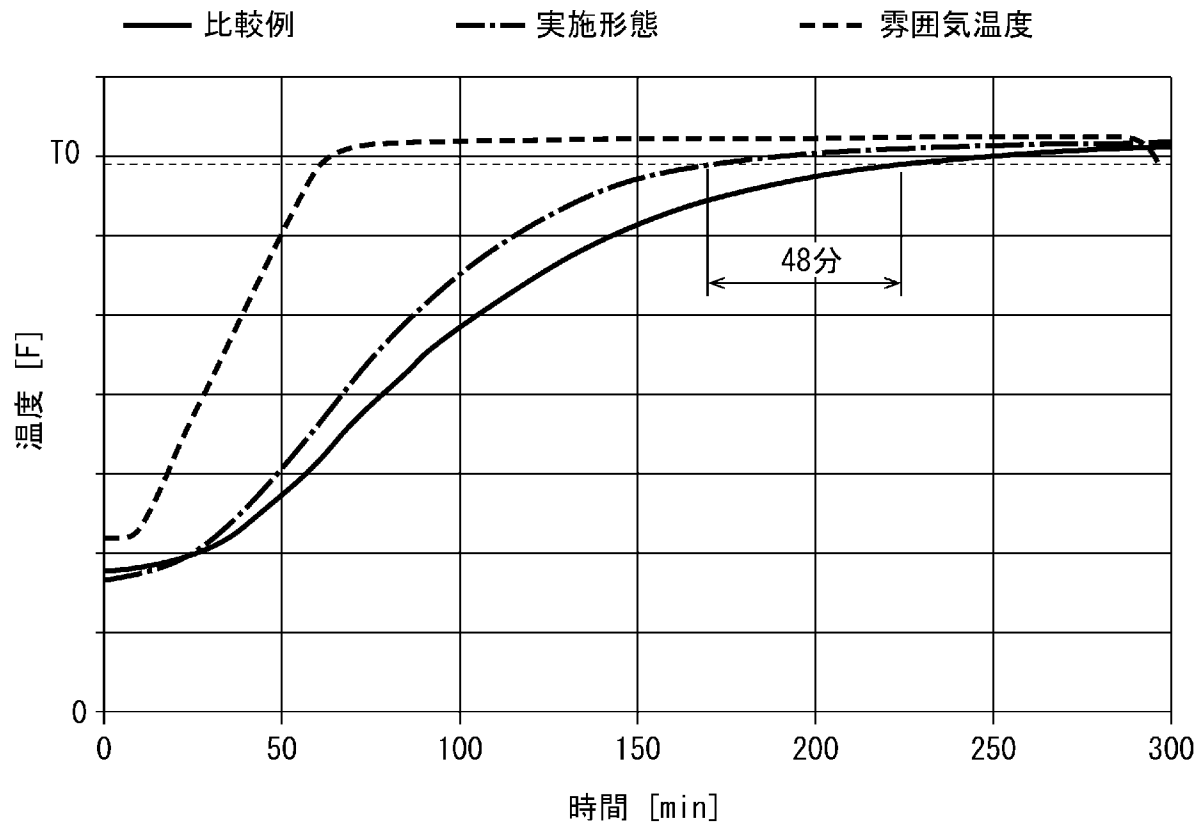
[図5]



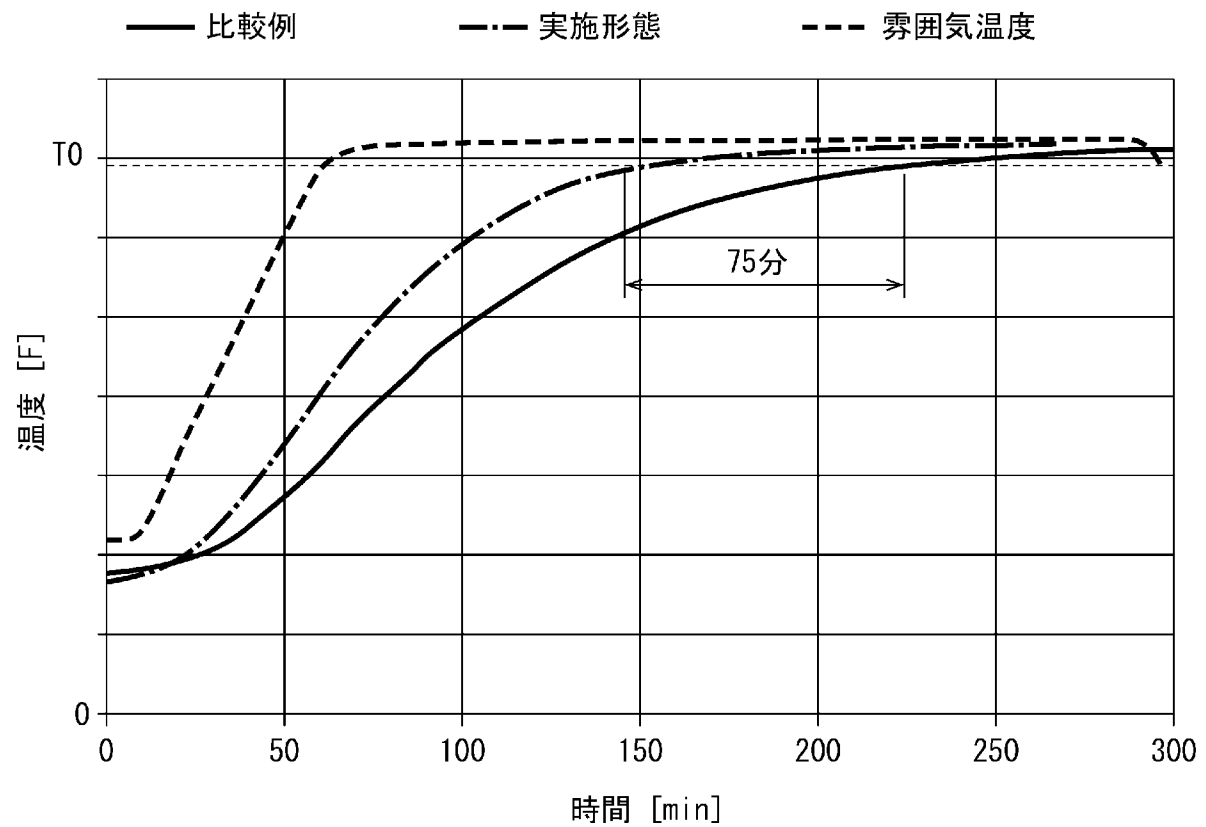
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/026574

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B29C70/54 (2006.01) i, B29C33/38 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B29C70/00-B29C70/88, B29C33/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2014-532000 A (THE BOEING CO.) 04 December 2014, claims, paragraphs [0032]-[0041], fig. 1-8 & WO 2013/055477 A2, claims, page 5, line 4 to page 8, line 2, fig. 1-8 & US 2013/0092323 A1 & EP 2747972 A2 & CA 2848202 A1 & CN 103857508 A & KR 10-2014-0075675 A	1-2, 5-7, 11 1-3, 5, 7-9, 11-12 4, 10, 13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15.08.2018

Date of mailing of the international search report
28.08.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/026574

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2012-131080 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 12 July 2012, claims, paragraphs [0006], [0014]-[0033], fig. 1-4 & WO 2012/086471 A1	1-3, 5, 7-9, 11-12 4, 6, 10, 13
Y	JP 2008-521645 A (THE BOEING CO.) 26 June 2008, paragraph [0014], fig. 1 & WO 2007/001447 A2, paragraph [0020], fig. 1 & JP 4896035 B2 & US 2006/0108057 A1 & US 2008/0099597 A1 & EP 1817155 A2 & AT 506173 T & ES 2364760 T	8-9, 12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B29C70/54(2006.01)i, B29C33/38(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B29C70/00-B29C70/88, B29C33/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2014-532000 A (ザ・ボーイング・カンパニー) 2014.12.04 [特許請求の範囲]、[0032] 乃至 [0041]、	1-2, 5-7, 11
Y	[図1] 乃至 [図8] & WO 2013/055477 A2 Claims, Page 5 line 4-Page 8 line 2 and FIG. 1-8	1-3, 5, 7-9, 11-12
A	& US 2013/0092323 A1 & EP 2747972 A2 & CA 2848202 A1 & CN 103857508 A & KR 10-2014-0075675 A	4, 10, 13

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.08.2018

国際調査報告の発送日

28.08.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中山 基志

4 R

5086

電話番号 03-3581-1101 内線 3471

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2012-131080 A (三菱重工業株式会社) 2012.07.12 [特許請求の範囲]、[0006]、[0014] 乃至 [0033]、 [図1] 乃至 [図4]	1-3, 5, 7-9, 11-12
A	& WO 2012/086471 A1	4, 6, 10, 13
Y	JP 2008-521645 A (ザ・ボーイング・カンパニー) 2008.06.26 [0014] 及び [図1] & WO 2007/001447 A2 [0020] and FIG. 1 & JP 4896035 B2 & US 2006/0108057 A1 & US 2008/0099597 A1 & EP 1817155 A2 & AT 506173 T & ES 2364760 T	8-9, 12