

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-5702

(P2010-5702A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 3 K 20/12 (2006.01)	B 2 3 K 20/12 3 6 6	4 E 0 6 7
	B 2 3 K 20/12 3 1 0	

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-238576 (P2009-238576)	(71) 出願人	000004617
(22) 出願日	平成21年10月15日 (2009.10.15)		日本車輛製造株式会社
(62) 分割の表示	特願2006-157962 (P2006-157962)		愛知県名古屋市熱田区三本松町 1 番 1 号
	の分割	(74) 代理人	110000291
原出願日	平成18年6月7日 (2006.6.7)		特許業務法人コスモス特許事務所
		(72) 発明者	佐藤 哲郎
			名古屋市熱田区三本松町 1 番 1 号 日本車
			輛製造株式会社内
		(72) 発明者	大塚 大輔
			名古屋市熱田区三本松町 1 番 1 号 日本車
			輛製造株式会社内
		F ターム (参考)	4E067 EB00

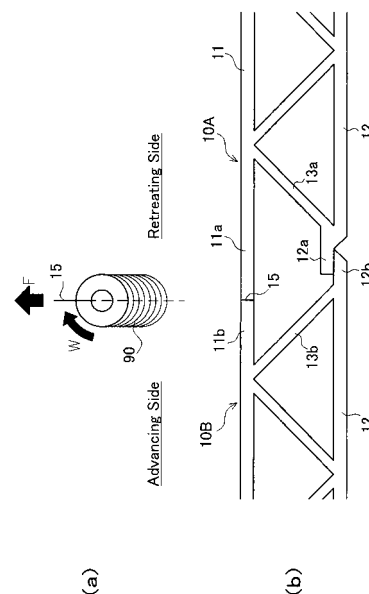
(54) 【発明の名称】 ダブルスキンパネルの接合方法および構造体の製造方法

(57) 【要約】

【課題】寸法精度を緩和させたダブルスキンパネルの接合方法および構造体の製造方法を提供すること。

【解決手段】最端に位置する端部リブ13a, 13bの基点から上面板11及び下面板12の面内方向外側に突き出した接合端部を備える一対のダブルスキンパネル10A, 10Bについて、上側接合端部11a, 11b同士を突き当ててボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具によって摩擦攪拌接合し、下側接合端部12a, 12b同士は、重ね合わせてアーク溶接などで接合するものであって、摩擦攪拌接合では、接合する一対の上側接合端部11a, 11bの突き出し量を異なる長さにし、長さの短い上側接合端部11bを、摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌接合用工具の並進送りによる相対運動と回転による相対運動との向きが一致する側(Advancing Side)に配置させるようにしたダブルスキンパネルの接合方法。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上面板と下面板が幅方向に複数並んだリブによって連結され、前記上面板又は下面板とリブとの連結部分を基点とし、最端に位置する端部リブの基点から前記上面板及び下面板の面内方向外側に突き出した接合端部を備える一対のダブルスキンパネルについて、

前記上面板側では、上側接合端部同士を突き当ててボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具によって摩擦攪拌接合し、前記下面板側では、下側接合端部同士を重ね合わせ、アーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合するダブルスキンパネルの接合方法において、

前記摩擦攪拌接合では、接合する一対の前記上側接合端部の突き出し量を異なる長さにし、長さの短い前記上側接合端部を、摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌接合用工具の並進送りによる相対運動と回転による相対運動との向きが一致する側に配置させるようにしたことを特徴とするダブルスキンパネルの接合方法。

【請求項 2】

上面板と下面板が幅方向に複数並んだリブによって連結され、前記上面板又は下面板とリブとの連結部分を基点とし、最端に位置する端部リブの基点から前記上面板及び下面板の面内方向外側に突き出した接合端部を備える複数のダブルスキンパネルを幅方向に並べ、隣り合うダブルスキンパネル同士を、前記上面板側では、上側接合端部同士を突き当ててボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具によって摩擦攪拌接合し、前記下面板側では、下側接合端部同士を重ね合わせ、アーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合して構成する構造体の製造方法において、

前記摩擦攪拌接合では、接合する一対の前記上側接合端部の突き出し量を異なる長さにし、長さの短い前記上側接合端部を、摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌接合用工具の並進送りによる相対運動と回転による相対運動との向きが一致する側に配置させるようにしたことを特徴とする構造体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、上面板と下面板が複数のリブで連結された形状のダブルスキンパネル同士を接合する接合方法および、複数のダブルスキンパネルを接合して構成する構造体の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

最近、鉄道車両や航空機などの外板接合に、アーク溶接などに比べて入熱量が少なく溶接ひずみを抑える摩擦攪拌接合が注目されている。図10は、ダブルスキンパネルの摩擦攪拌接合を示した概念図である。被接合部材であるダブルスキンパネル100A、100Bは、上面板101と下面板102が複数の傾斜したリブ103によって連結され、接合端部には垂直な端部リブ104が設けられている。そして、ダブルスキンパネル100A、100Bが、図示するように上面板101と下面板102の接合端面同士突き合わせて配置され、それぞれ摩擦攪拌接合用工具1によって接合される。

【0003】

ボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具1は、上面板101や下面板102を挟み込む上部回転体2と下部回転体3、そしてその間の攪拌軸4を備えて構成されている。回転が与えられた摩擦攪拌接合用工具1は、攪拌軸4が接合部に沿って送られ、機械的攪拌によって周囲の材料を塑性流動化させる。上部回転体2と下部回転体3は、上下方向から上面板101や下面板102を挟み込んで可塑性ゾーンから材料が失われるのを防いでいる。軟化した材料は、塑性流動化して移動する攪拌軸4の後方に流れ、互いに混じり合った可塑性材は摩擦熱を失って急速に冷却固化し、接合が完結する。ダブルスキンパネル100A、100Bは、上面板101同士が接合され後、反転して下面板102同士の接合が同様に行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2004-042115号公報

【特許文献2】特開2004-223587号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具で行う摩擦攪拌接合は、固定ピン式工具では必要な荷重受けリブなどが不要なため、ダブルスキンパネルの重量を軽減させることができる。しかしながら、ボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具の場合には、被接合部材の接合端面の寸法管理が厳しくなることでダブルスキンパネルの製造コストが上がってしまう問題があった。すなわち、図10では接合部に隙間108が空いているが、この隙間108が大きいと接合後の肉厚が薄くなってしまい強度不足になる。一方、強度不足を補うには接合端部を肉厚にすればよいが、鉄道車両用構体などのように全長が長いものでは、接合箇所が多いため全体の車体重量が無視できない。従って、こうした強度不足や重量増の問題を解消するには、接合端部の寸法管理が厳しくなってダブルスキンパネルのコストアップになってしまう。

【0006】

ここで、図11は、鉄道車両用構体の外観を示した図である。ダブルスキンパネルを接合した構造体である鉄道車両用構体200は、側構体201、屋根構体202そして台枠203が周方向に接合され、長手方向端部には妻構体204を接合して構成されている。その側構体201や屋根構体202は、複数の長尺なダブルスキンパネル210が幅方向（周方向）に突き合わされ、隣り合うもの同士が車体長さの20～25mもの距離に渡り、接合線211に沿って摩擦攪拌接合が行われる。従って、前述した寸法管理の問題点は、こうした長い距離を接合する場合に特に顕著である。そこで、鉄道車両用構体200などの製造においては、ある程度ずれが生じることを前提とし、ずれを修正するため、ダブルスキンパネルの位置決めや固定のための作業や治具を必要とした。従って、この点でも煩雑な作業を行う工数が加わってしまい製造コストを上げることになった。

【0007】

そこで、本発明は、かかる課題を解決すべく、寸法精度を緩和させたダブルスキンパネルの接合方法および構造体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】

【0008】

本発明に係るダブルスキンパネルの接合方法は、上面板と下面板が幅方向に複数並んだリブによって連結され、前記上面板又は下面板とリブとの連結部分を基点とし、最端に位置する端部リブの基点から前記上面板及び下面板の面内方向外側に突き出した接合端部を備える一対のダブルスキンパネルについて、前記上面板側では、上側接合端部同士を突き当ててボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具によって摩擦攪拌接合し、前記下面板側では、下側接合端部同士を重ね合わせ、アーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合する方法において、前記摩擦攪拌接合で、接合する一対の前記上側接合端部の突き出し量を異なる長さにし、長さの短い前記上側接合端部を、摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌接合用工具の並進送りによる相対運動と回転による相対運動との向きが一致する側に配置させるようにしたことを特徴とする。

【0009】

本発明に係る構造体の製造方法は、上面板と下面板が幅方向に複数並んだリブによって連結され、前記上面板又は下面板とリブとの連結部分を基点とし、最端に位置する端部リブの基点から前記上面板及び下面板の面内方向外側に突き出した接合端部を備える複数のダブルスキンパネルを幅方向に並べ、隣り合うダブルスキンパネル同士を、前記上面板側では、上側接合端部同士を突き当ててボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具によって摩擦

10

20

30

40

50

攪拌接合し、前記下面板側では、下側接合端部同士を重ね合わせ、アーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合して構成する製造方法において、前記摩擦攪拌接合で、接合する一对の前記上側接合端部の突き出し量を異なる長さにし、長さの短い前記上側接合端部を、摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌接合用工具の並進送りによる相対運動と回転による相対運動との向きが一致する側に配置させるようにしたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明は、ダブルスキンパネルの一方である上面板側についてボビンツール式の摩擦攪拌接合用工具を使用した摩擦攪拌接合を行うものであって、接合部である付き合わせた一对の上側接合端部の長さを異なるものとし、長さの短い上側接合端部を、摩擦攪拌接合を行う摩擦攪拌接合用工具の並進送りによる相対運動と回転による相対運動との向きが一致する側、すなわち相対速度が大きい側に配置させた。具体的には、平面視において摩擦攪拌接合用工具を右回転させながら前進させる場合、左右に付き合わせた上側接合端部の長さが短い方を左側に配置させて摩擦攪拌接合を行う。これにより本発明によれば、突き出し量が大きい右側の上側接合端部が、剛性の高い左側に位置する上側接合端部へ倣うように弾性変形し、より正寸に近い状態で接合することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】ダブルスキンパネルの接合継手について第1案を示した図である。

【図2】受け側ダブルスキンパネルに対して被さり側ダブルスキンパネルの配置作業状態を示した図である。

【図3】上側接合端部が同じ長さの場合に生じ得る接合不良を示した図である。

【図4】第1案の接合継手において、摩擦攪拌時に長い上側接合端部が短い上側接合端部に倣う効果を示した図である。

【図5】ダブルスキンパネルの接合継手について第2案を示した図である。

【図6】ダブルスキンパネルの接合継手について第3案を示した図である。

【図7】本発明に係る接合方法の実施形態を概念的に示した図である。

【図8】摩擦攪拌溶接を行った場合の温度分布を示した図である。

【図9】ダブルスキンパネルの接合継手について第4案を示した図である。

【図10】ダブルスキンパネルの接合継手について従来例を示した図である。

【図11】ダブルスキンパネルによって構成される構造体の一例である鉄道車両用構体の外観を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

次に、本発明に係るダブルスキンパネルの接合方法および構造体の製造方法について、その一実施形態を図面を参照しながら以下に説明する。図1は、第1案のダブルスキンパネルの接合継手を示した図である。このダブルスキンパネル10A、10Bは押出し中空型材であり、上面板11と下面板12および、その上面板11と下面板12を連結する複数の傾斜したリブ13によって構成されている。ダブルスキンパネル10A、10Bは同じ構造をしたものであって、幅方向（図面左右方向）両端に図示するような一組の接合継手が形成されている。そして、左右互いの接合継手が接合され、例えば構造体の一例として図11に示す鉄道車両用構体200を構成する。このとき上面板11が車体外側になって下面板12が車体内側になる。

【0013】

本案の接合継手は、上面板11同士が摩擦攪拌接合によって接合され、下面板12同士がアーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合される。接合継手は、上面板11側では、幅方向の端部に位置する端部リブ13a、13bから面内方向外側に延びて自由端になっており、上面板11又は下面板12と端部リブ13a、13bとの連結部分を基点とし、その基点から突き出した部分が上側接合端部11a、11bであ

る。なお、上面板 1 1 や下面板 1 2 の同一面方向を面内方向とし、上面板 1 1 や下面板 1 2 と法線方向を面外方向とする。一方、下面板 1 2 側は、右端では端部リブ 1 3 b から面内方向外側に延びて下側接合端部 1 2 b が基点から突き出し、左端では下面板 1 2 と端部リブ 1 3 a との連結部分に段差を付けた下側段付端部 1 2 a が面内方向外側に突き出されている。そして、下側段付端部 1 2 a の段差部分と下側接合端部 1 2 b の端面とが傾斜し、図示するような重なり時に開先 1 4 が形成されるようになっている。

【0014】

そこで、こうした構成のダブルスキンパネル 1 0 A, 1 0 B を接合する場合には、上面板 1 1 側では互いに上側接合端部 1 1 a, 1 1 b の先端が突き合わされ、下面板 1 2 側では下側接合端部 1 2 b に下側段付端部 1 2 a が上から重ねられる。そして、第 1 接合工程で上面板 1 1 側の上側接合端部 1 1 a, 1 1 b が摩擦攪拌によって接合され、その後、ダブルスキンパネル 1 0 A, 1 0 B が反転され、第 2 接合工程で下面板 1 2 側の下側接合端部 1 2 b と下側段付端部 1 2 a が M I G 溶接や T I G 溶接等のアーク溶接によって接合される。アーク溶接の他、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合するようにしてもよい。

【0015】

ところで、第 1 接合工程の摩擦攪拌接合では、上側接合端部 1 1 a, 1 1 b の先端が突き当てられ、その接合部が摩擦攪拌接合用工具 1 の上部回転体 2 と下部回転体 3 によって荷重を加えて上下から挟み込まれる。そして、摩擦攪拌接合用工具 1 が回転しながら接合線 1 5 に沿って送られることで、攪拌軸 4 が上側接合端部 1 1 a, 1 1 b の接合部を摩擦攪拌させ、その周囲の材料を塑性流動化させる。その際、上部回転体 2 と下部回転体 3 は、上下から上側接合端部 1 1 a, 1 1 b を押さえ込んで可塑性ゾーンから材料が失われるのを防いでいる。よって、軟化した材料は塑性流動化して攪拌混練され、攪拌軸 4 の後方に流れ、その後方で互いに混じり合った可塑性材が摩擦熱を失って急速に冷却固化して接合が完結する。

【0016】

一方、第 2 接合工程では、反転された下面板 1 2 側が上面になる。接合継手は、下側接合端部 1 2 b と下側段付端部 1 2 a とが重ね合わされており、接合部分に開先 1 4 が形成されている。そこで、その開先 1 4 部分に M I G 溶接や T I G 溶接等のアーク溶接で肉盛溶接が行われ、下面板 1 2 同士が接合される。また、下面板 1 2 の接合は、アーク溶接の他にもレーザ溶接や、M I G ハイブリッドや T I G ハイブリッドなど、アーク溶接とレーザ溶接を組み合わせたレーザハイブリッド溶接によって行うようにしてもよい。このことは以下の各形態において同様である。

【0017】

本案の接合継手では、上面板 1 1 側を摩擦攪拌接合して歪みが生じた場合でも、アーク溶接などを行う下面板 1 2 側は、歪みを吸収した接合が可能である。すなわち、下面板 1 2 側の接合には寸法許容量が相対的に緩やかな開先 1 4 をアーク溶接などによって接合するため、上下両面を摩擦攪拌接合するのに較べて寸法管理が容易になった。よって、この接合継手は、下面板 1 2 の接合がある程度のズレを許容するので、下側接合端部 1 2 b と下側段付端部 1 2 a の寸法精度を緩やかにして、上面板 1 1 の上側接合端部 1 1 a, 1 1 b について寸法精度を厳しく管理すればよく、ダブルスキンパネル 1 0 A, 1 0 B の製造コストの他、接合時に要する位置決めや固定のためのコスト削減が可能になる。

【0018】

また、上面板 1 1 側を接合する摩擦攪拌接合では、アーク溶接などのように溶接ビードができないため、鉄道車両用構体 2 0 0 など、構造体表面の見栄えをよいものとすることができる。そして、上面板 1 1 の接合後に切削仕上げなどの仕上げ加工が不要になれば、工数削減によるコスト削減にもなる。また、摩擦攪拌接合はアーク溶接などに比べて入熱量が少ないので強度低下が小さく、その分、部材の肉厚を薄くできるため構造体の軽量化が可能である。更に、上部回転体 2 と下部回転体 3 とで挟み込んで接合するため、固定ピン方式のように荷重を支えるリブが必要ないため、この点でも構造体の軽量化が可能とな

る。

【0019】

ところで、上面板11側と下面板12側との2箇所で接続する本案の接合継手は、上面板11側では、上側接合端部11aが上側接合端部11bよりも長く形成され、接合線15の位置がダブルスキンパネル10B側に偏っている。これは、図2(a)に示すように、先ずダブルスキンパネル10Bを治具8上に置き、後からダブルスキンパネル10Aを合わせる場合、下面板12側で、下側接合端部12bに対する下側段付端部12aの重ね合わせを容易にするためである。なお、先に治具8に置かれたダブルスキンパネル10Bが、特許請求の範囲に記載する受け側ダブルスキンパネルであり、後から配置されるダブルスキンパネル10Aが被さり側ダブルスキンパネルに相当する。

10

【0020】

例えば、図2(b)に示すように、ダブルスキンパネル110Aの下側段付端部112aが上側接合端部111aよりも面内方向外側に突き出していれば、ダブルスキンパネル110Bの下側接合端部112bは上側接合端部111bよりも面内方向内側に引き込んだ形状になる。こうした形状の接合継手では、治具8上に配置された受け側のダブルスキンパネル110Bに対し、被さり側のダブルスキンパネル110Aを矢印Rで示すように移動させる必要がある。すなわち、下側段付端部112aが上側接合端部111bに当たらないように、ダブルスキンパネル110Aをダブルスキンパネル110Bから離れた位置で一旦下降させ、その後、水平移動させてから再び降ろして下側段付端部112aを下側接合端部112bに重ね合わせ、上側接合端部111a, 111bを突き当てる。

20

【0021】

或いは、下側段付端部112aは段差によって浮き上がっているため、ダブルスキンパネル110Aをダブルスキンパネル110Bから離れた位置で治具8上に配置させ、その後ダブルスキンパネル110Aを滑らせ、下側段付端部112aを下側接合端部112bに重ね合わせ、上側接合端部111a, 111bを突き当てる方法もある。

【0022】

ダブルスキンパネル110A, 110Bが図11に示す側構体201を構成するダブルスキンパネル210である場合、20m以上の長い距離にわたって正確に位置決めする必要がある。従って、後者の方法では、僅かにでも歪みが生じていると、下側段付端部112aが下側接合端部112bに載らずに当たってしまう。その場合、無理に力をかけて下側段付端部112aを下側接合端部112bに載せようとする、ダブルスキンパネル110A自体を変形させてしまう。従って、被さり側であるダブルスキンパネル110Aを配置するには、図2(b)に示すような前者の方法の方が確実であるが、移動が複雑なため、長尺なダブルスキンパネル110Aを保持して移動させることは困難な作業であった。

30

【0023】

そこで、本案の接合継手は、ダブルスキンパネル10Bの下側接合端部12bが、上側接合端部11bの先端より、ダブルスキンパネル10Aの下側段付端部12aが重なる幅以上に面内方向外側に突き出して形成されている。すなわち、ダブルスキンパネル10Bの上側接合端部11bを短くし、ダブルスキンパネル10Aの上側接合端部11aを長く形成している。そして、こうした構成の接合継手によれば、図2(a)に矢印Qで示すように、治具8上のダブルスキンパネル10Bに対してダブルスキンパネル10Aをほぼ真っ直ぐに下降するだけで、下側接合端部12bに対して下側段付端部12aを重ねることができる。従って、長尺なダブルスキンパネル10A, 10Bであってもダブルスキンパネル10Aの配置作業が容易になり、しかも下側段付端部12aを下側接合端部12bに対して無理なく確実に重ねられる。

40

【0024】

ここで、図3は、上側接合端部の端部リブ基点からの突き出し量を等しくしたダブルスキンパネル120A, 120Bの接合継手を示した図である。左右の上側接合端部121a, 121bの長さが等しいか、それに近い場合、部材の寸法の誤差によってその先端が

50

正寸位置（一点鎖線で示す位置）からずれてしまうことがある。片持ち支持の上側接合端部 1 2 1 a, 1 2 1 b は、端部リブ 1 2 3 a, 1 2 3 b からの距離が長いと、特に長尺なダブルスキンパネル A, B では、寸法管理を徹底しても部分的にでも撓みによるずれが生じるおそれがある。従って、図 3 (a) のように、撓んだ方向が揃っている場合は、そのままの位置で接合され、面外方向に誤差が生じたままの仕上がりとなる。また、図 3 (b) のように上下逆に位置ずれが生じている場合でも、互いに弾性変形することなく、面外方向にずれのあるまま接合された仕上がりになってしまう。

【0025】

本案は、こうした仕上がり精度の問題も同時に解消することが可能である。すなわち、ダブルスキンパネル 1 0 B の上側接合端部 1 1 b を短くすることは、前述したようにダブルスキンパネル A 側の配置を確実にかつ容易に行うことを可能にする他、上側接合端部 1 1 b の長さをより短くして仕上がり精度の向上にも寄与している。なお、板厚等は同じで基点からの突き出し量のみが異なる場合においては、突き出し量が短い方が型材の面外方向の寸法誤差は小さい傾向がある。

片持ち支持の上側接合端部 1 1 b は、端部リブ 1 3 b からの突き出し量が小さい分モーメントも小さく、面外方向への剛性が高くなる。その一方で、同じ片持ち支持の上側接合端部 1 1 a は、逆に突き出し量が大きくなるため剛性は低くなる。従って、図 4 (a) に示すように、接合前の上側接合端部 1 1 a, 1 1 b は、剛性の高い上側接合端部 1 1 a は一点鎖線で示す正寸位置に対してほとんど誤差は生じていないが、剛性の低い上側接合端部 1 1 b は正寸位置に対して誤差が大きくなってしまう。

【0026】

摩擦撚拌接合時には、上側接合端部 1 1 a, 1 1 b が摩擦撚拌接合用工具 1 の上部回転体 2 と下部回転体 3 によって上下から挟み込まれる。すると、上側接合端部 1 1 a は剛性の低いため挟み込み荷重によって弾性変形し、剛性の高い上側接合端部 1 1 b 側に倣うように先端部が面外方向に変位する。従って、摩擦撚拌接合用工具 1 が回転しながら接合線 1 5 に沿って送られると、図 4 (a) に示すように撓んでいた上側接合端部 1 1 a が、上側接合端部 1 1 b に合うように弾性変形して図 4 (b) に示すように正寸に近い状態で接合される。こうして本案では、一方の上側接合端部 1 1 b を短くして剛性を高め、他方の上側接合端部 1 1 a を長くして剛性を低くすることで、仕上がり時の寸法誤差を極めて小さいものとすることができた。そして、鉄道車両用構体 2 0 0 など、構造体を構成した場合、表面の見栄えをよいものとすることができる。

【0027】

次に、図 5 は、第 1 案を変形した第 2 案のダブルスキンパネルの接合継手を示した図である。ダブルスキンパネル 2 0 A, 2 0 B は同じ構成の押出し中空型材であり、上面板 2 1 と下面板 2 2 および、その上面板 2 1 と下面板 2 2 を連結する複数の傾斜したリブ 2 3 によって構成され、幅方向の両端部に一組の接合継手が形成されている。そして、ダブルスキンパネル 2 0 A, 2 0 B は、左右互いの接合継手が接合され、例えば構造体の一例として図 1 0 に示す鉄道車両用構体 2 0 0 を構成する。その場合、上面板 2 1 が車体外側になって下面板 2 2 が車体内側になる。

【0028】

接合継手は、上面板 2 1 同士が摩擦撚拌接合によって接合され、下面板 2 2 同士がアーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合される。そのため、上面板 2 1 側は、端部に位置する左右の端部リブ 2 3 a, 2 3 b から面内方向外側に上側接合端部 2 1 a, 2 1 b が突き出している。一方、下面板 2 2 側は、右端の端部リブ 2 3 b から面内方向外側に下側接合端部 2 2 b が突き出し、左端では端部リブ 2 3 a と下面板 2 2 の連結部分に段差を付けた下側段付端部 2 2 a が面内方向外側に突き出されている。

【0029】

そして、本案では、突き出し量の小さい上側接合端部 2 1 b を肉厚にし、より剛性を高めた形状にしている。そして、突き出し量の大きい上側接合端部 2 1 a は、摩擦撚拌接合用工具 1 の上部回転体 2 と下部回転体 3 (図 1 参照) によって挟み込まれる接合部分が、

上側接合端部 2 1 b の肉厚と同一になるように一部肉厚になっている。

よって、この接合継手でも、ダブルスキンパネル 2 0 B の下側接合端部 2 2 b が、上側接合端部 2 1 b の先端より、ダブルスキンパネル 2 0 A の下側段付端部 2 2 a が重なる幅以上に面内方向外側に突き出して形成されている。そして接合時には、治具 8 上のダブルスキンパネル 2 0 B に対してダブルスキンパネル 2 0 A をほぼ真っ直ぐに下降するだけで、下側接合端部 2 2 b に対して下側段付端部 2 2 a を重ねることができる。そのため、長尺なダブルスキンパネル 2 0 A, 2 0 B であってもダブルスキンパネル 2 0 A の配置作業が容易になり、しかも下側段付端部 2 2 a を下側接合端部 2 2 b に対して無理なく確実に重ねられる。

【0030】

また、本案は、肉厚の上側接合端部 2 1 b は剛性がより高くなり、上側接合端部 2 1 a は先端部分のみが肉厚であってより剛性が低くなっている。そのため、摩擦攪拌接合用工具 1 の上部回転体 2 と下部回転体 3 で荷重を加えて上側接合端部 2 1 a, 2 1 b を上下から挟み込むと、剛性の低い上側接合端部 2 1 a 側が剛性の高い上側接合端部 2 1 b 側に合うように弾性変形し、より面外方向の寸法精度の向上した状態で摩擦攪拌接合が行われる。

【0031】

次に、図 6 は、第 3 案のダブルスキンパネルの接合継手を示した図である。ダブルスキンパネル 3 0 A, 3 0 B は押出し中空形材であり、上面板 3 1 と下面板 3 2 および、その上面板 3 1 と下面板 3 2 を連結する複数の傾斜したリブ 3 3 によって構成され、幅方向の両端部に一組の接合継手が形成されている。そして、このダブルスキンパネル 3 0 A, 3 0 B は、互いに接合され、例えば構造体の一例として図 10 に示す鉄道車両用構体 2 0 0 を構成する。その場合、上面板 3 1 が車体外側になって下面板 3 2 が車体内側になる。

【0032】

ダブルスキンパネル 3 0 A, 3 0 の接合継手も、上面板 3 1 同士が摩擦攪拌接合によって接合され、下面板 3 2 同士がアーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合される。そのため、上面板 3 1 側は、端部に位置する左右の端部リブ 3 3 a, 3 3 b から面内方向外側に延びて自由端になっており、その突き出した部分が上側接合端部 3 1 a, 3 1 b である。一方、下面板 3 2 側は、右端に位置する端部リブ 3 3 b から面内方向外側に延びて下側接合端部 3 2 b が突き出し、左端では、端部リブ 3 3 a と下面板 3 2 の連結部分に段差を付けた下側段付端部 3 2 a が面内方向外側に突き出されている。

【0033】

更に本案では、端部リブ 3 3 a, 3 3 b が上面板 3 1 側に屈折部 3 1 1 が形成されている。屈折部 3 1 1 は、上面板 3 1 に対して直交し、傾斜部よりも肉厚にして剛性を高くしている。そして、端部リブ 3 3 a, 3 3 b は、傾斜部の延長線が隣のリブ 3 3 c, 3 3 d と上面板 3 1 との連結部 P に交わるように形成され、下面板 1 1 も含めて断面が三角形となる仮想トラスを構成するようになっている。端部リブ 3 3 a, 3 3 b に屈折部 3 1 1 を設けたのは、特に端部リブ 3 3 b から突き出した上側接合端部 3 1 b の突き出し量を小さくするためである。

【0034】

ボピントール式の摩擦攪拌接合用工具 1 によって摩擦攪拌接合する場合、接合部を下側から下部回転体 3 によって支持するため、その下部回転体 3 が入るスペースを確保する必要がある。図 1 に示す第 1 案のように、上側接合端部 1 1 b と端部リブ 1 3 b とが鋭角に交わると、その狭くなったスペースに下部回転体 3 が入らないため、端部リブ 1 3 b から遠い位置に接合線 1 5 が位置し、上側接合端部 1 1 b が比較的長くなってしまふ。そこで、本案の接合継手では、端部リブ 3 3 b に屈折部 3 1 1 を形成したことにより、下部回転体 3 の入るスペースが確保でき、あわせて端部リブ 3 3 b からの突き出し量を小さくした上側接合端部 3 1 b とすることができた。

【0035】

そこで、摩擦攪拌接合用工具 1 の上部回転体 2 と下部回転体 3 により上側接合端部 3 1

10

20

30

40

50

a, 31bを上下から挟み込むと、剛性の低い上側接合端部31a側が剛性の高い上側接合端部31b側に倣うように弾性変形する。そのため、摩擦攪拌接合用工具1が回転しながら接合線35に沿って送られると、上側接合端部31aの撓みが生じていた箇所でも、弾性変形して突き出し部先端の面外寸法の誤差が小さくなり、正寸に近い状態で接合される。本案の接合継手では、上側接合端部31bの突き出し量が小さくなる形状によって剛性を高めているため、それに上側接合端部31aが倣うことで仕上がり時の寸法誤差をより小さいものとすることができた。なお、端部リブ33bの屈折部311は下部回転体3のスペースを確保する目的で形成しているので、他方の端部リブ33a側は屈折部311のない図1に示すような直線で形成するようにしてもよい。

【0036】

また、本案の接合継手でも、ダブルスキンパネル30Bの下側接合端部32bが、上側接合端部31bの先端より、ダブルスキンパネル30Aの下側段付端部32aが重なる幅以上に面内方向外側に突き出して形成されている。そのため接合時には、ダブルスキンパネル30Bに対してダブルスキンパネル30Aをほぼ真っ直ぐに下降するだけで、下側接合端部32bに対して下側段付端部32aを重ねることができる。そのため、長尺なダブルスキンパネル30A, 30Bであってもダブルスキンパネル30Aの配置作業が容易になり、しかも下側段付端部32aを下側接合端部32bに対して無理なく確実に重ねられる。

【0037】

ところで、左右に並べたダブルスキンパネル10A, 10B（図1参照）の接合継手では、左側の上側接合端部11bが短くなるように形成され、接合線15がダブルスキンパネル10B側に偏っている。これは、下側段付端部12aがダブルスキンパネル10Aに形成され、その下側段付端部12aが上から重ねられる下側接合端部12bがダブルスキンパネル10Bに形成されているからである。従って、下側段付端部12aと下側接合端部12bとの関係が逆であれば、上側接合端部11a, 11bの長さも逆転する。

ただし、上記第1案で上側接合端部11bが短いのは、上面板11側の接合位置をダブルスキンパネル10B側、つまり図面左側の部材である理由は摩擦攪拌接合用工具1の回転方向にもある。ここで、図7は、本発明に係る接合方法の実施形態を概念的に示した図である。詳しくは、上面板11側の接合位置と摩擦攪拌接合用工具1の回転方向との関係であって、図(a)は、上面板側の接合線に沿って送られる摩擦攪拌接合用工具1および接合痕90を、図(b)は、図1に示す第1案の接合継手をそれぞれ示している。

【0038】

摩擦攪拌接合用工具1は、接合継手を上方から見て右回転しながら、接合線15に沿ってF方向（図面上方）に送られるとする。接合部では、軟化して塑性流動化した材料が、攪拌軸4の周りを通り過ぎて後方に流れて混じり合う。この場合、摩擦攪拌接合用工具1に対する塑性流動化した材料の相対運動は、送りによる相対運動と回転による相対運動の向きが一致する進行方向左側が、相対速度が大きい側（図7に示す「Advancing Side」の側が相当する。）であり、送りによる相対運動と回転による相対運動の向きが逆になる進行方向右側が、相対速度が小さい側（図7に示す「Retreating Side」の側が相当する。）である。相対速度が小さい側の材料は、W方向に回転を受けて後方に流れるとともに、進行方向Fへの送りによって引っ張り作用を受ける。そのため、相対速度が小さい側では材料が疎の状態になって、上側接合端部11aは、上部回転体2と下部回転体3の間に引き込まれやすくなり、剛性の高い上側接合端部11bへ倣うように弾性変形し、より正寸に近い状態で接合される。

【0039】

一方、相対速度が大きい側では、摩擦攪拌接合用工具1の回転によって進行方向Fに材料が流れるが、前方に存在する非攪拌部の抵抗を受けて流れが制限されるため、密の状態になって、上側接合端部11bは、上部回転体2と下部回転体3の間に引き込まれ難い状態になる。従って、摩擦攪拌接合する接合端部の長さが異なる場合には、接合端部の突き出し量が小さい方を相対速度が大きい側、突き出し量が大きい方を相対速度が小さい側と

10

20

30

40

50

なるようにすべきである。本実施形態の接合方法では、こうした点を考慮し、相対速度が大きい側に剛性を高くした突き出し量の小さい上側接合端部 1 1 b が形成され、相対速度が小さい側には剛性の低い突き出し量が多い上側接合端部 1 1 b が形成されている。そのため、上側接合端部 1 1 a, 1 1 b 自身の剛性だけでなく、摩擦攪拌時に生じる上側接合端部 1 1 a の引き込み作用も利用して正寸に近いより正確な接合を可能にした。

【0040】

次に、図 8 は、摩擦攪拌溶接を行った場合の温度分布を示した図である。摩擦攪拌時、摩擦攪拌接合用工具 1 の周りの材料温度は、相対速度が大きい側の方が相対速度が小さい側よりも高温になる。温度が最高になる箇所は、攪拌軸 4 の後方であるが、図から分かるように 500℃を超える領域が、相対速度が大きい側に若干偏っている。このような温度分布を生じる理由は、相対速度が大きい側の材料の一部が接合線 1 5 を越えて相対速度が小さい側を回って再び相対速度が大きい側に戻るため、長くツールと接しているからである。

10

【0041】

ところで、接合部へ入る熱量が大きいと強度低下を生じることになるため、熱拡散を効率良く行うことが望まれる。この点、前記各案の接合継手では、図 7 に示す場合と同様に、摩擦攪拌接合用工具 1 の回転方向によって決定される相対速度が大きい側の上側接合端部 1 1 b が短く形成されている。こうした構成の接合継手では、上側接合端部 1 1 b が短いため端部リブ 1 3 b が近く、熱の逃げる経路が多くなる。従って、前記各案の接合継手では、相対速度が大きい側の熱を端部リブ 1 3 b へと逃がして効率よく冷却することができるため、最高温度が抑制され、相対速度が大きい側の温度と相対速度が小さい側の温度の格差が解消される。そして、もともと摩擦攪拌接合は接合時の入熱量が少ないが、より接合強度に関して有利となる。

20

【0042】

次に、図 9 は、第 4 案のダブルスキンパネルの接合継手を示した図である。これまでの接合継手は摩擦攪拌接合を行う上面板側の接合端部の長さが異なるものであった。それは、接合部を挟んで位置する端部リブ 1 3 a, 1 3 b (図 1 参照) の傾きが逆であって、左右対称形になるからである。しかし、本案のように端部リブ 4 3 a, 4 3 b が同方向に傾斜している場合、突き出し量を極端に変えることなくほぼ同じ長さにしても第 1 案の接合継手と同様の効果を奏する。ダブルスキンパネル 4 0 A, 4 0 B は、互いに同じ構造をした押出し中空型材であり、上面板 4 1 と下面板 4 2 および複数の傾斜したリブ 4 3 によって構成されている。図 9 では、幅方向 (図面左右方向) の左端部と右端部の接合継手を示している。そして、このダブルスキンパネル 4 0 A, 4 0 B も、例えば構造体の一例として図 1 1 に示す鉄道車両用構体 2 0 0 を構成する。このとき上面板 4 1 が車体外側になって下面板 4 2 が車体内側になる。

30

【0043】

上面板 4 1 同士が摩擦攪拌接合によって接合され、下面板 4 2 同士がアーク溶接、レーザ溶接またはレーザハイブリッド溶接によって接合される。接合継手の上面板 4 1 側は、端部リブ 4 3 a, 4 3 b から面内方向外側に延びて自由端になっており、その突き出した部分が上側接合端部 4 1 a, 4 1 b である。一方、下面板 4 2 側では、右端の端部リブ 4 3 b から面内方向外側に延びて下側接合端部 4 2 b が突き出し、左端には端部リブ 4 3 a から面内方向外側に延びて先端に段差が形成された下側段付端部 4 2 a が突き出して形成されている。下側接合端部 4 2 b は、上側接合端部 4 1 b の先端より、下側段付端部 4 2 a が重なる幅以上に面内方向外側に突き出して形成されている。

40

【0044】

従って、接合時には、治具 8 上のダブルスキンパネル 4 0 B に対してダブルスキンパネル 4 0 A をほぼ真っ直ぐに下降するだけで、下側接合端部 4 2 b に対して下側段付端部 4 2 a を重ねることができる。そのため、長尺なダブルスキンパネル 4 0 A, 4 0 B であってもダブルスキンパネル 4 0 A の配置作業が容易になり、しかも下側段付端部 4 2 a を下側接合端部 4 2 b に対して無理なく確実に重ねられる。

50

【0045】

以上、本発明に係るダブルスキンパネルの接合方法および構造体の製造方法について実施形態を説明したが、本発明はこれらに限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲で様々な変更が可能である。

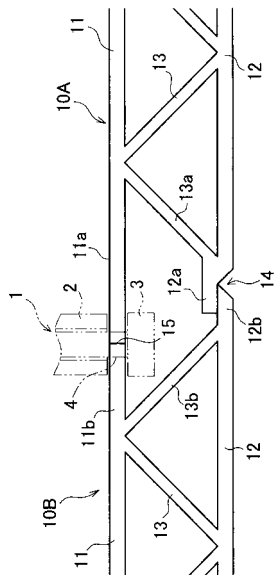
【符号の説明】

【0046】

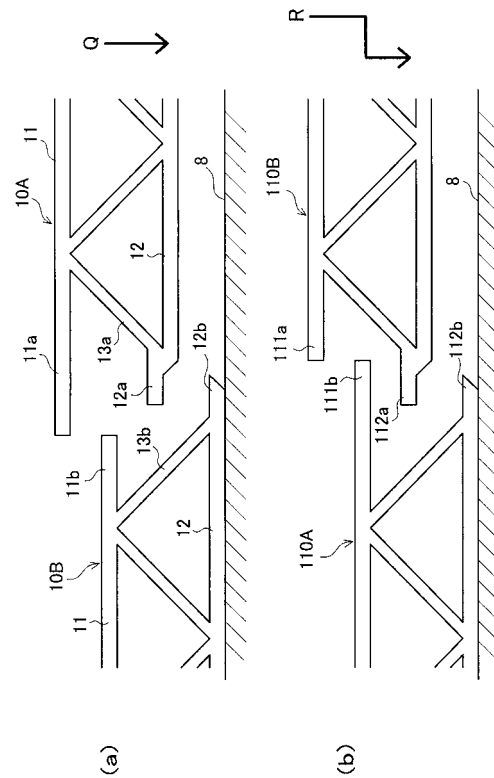
- 1 摩擦攪拌接合用工具
- 2 上部回転体
- 3 下部回転体
- 4 攪拌軸
- 10A, 10B ダブルスキンパネル
- 11 上面板
- 11a, 11b 上側接合端部
- 12 下面板
- 12a 下側段付端部
- 12b 下側接合端部
- 13 リブ
- 13a, 13b 端部リブ

10

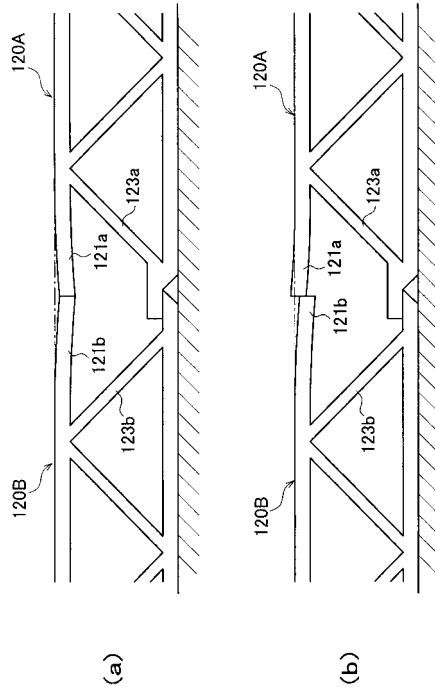
【図1】



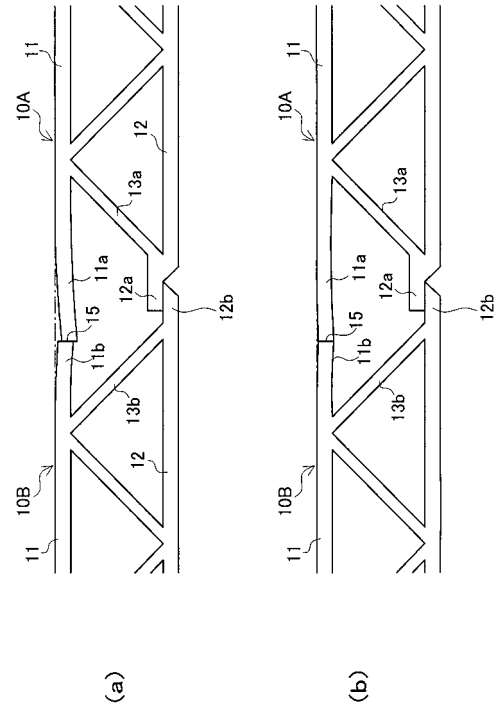
【図2】



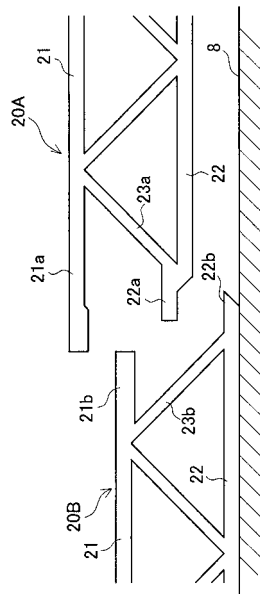
【図 3】



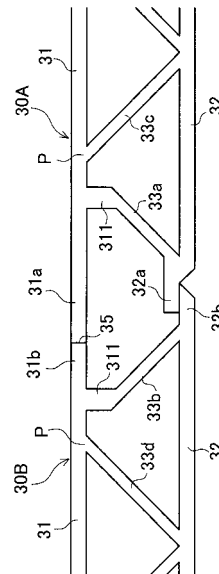
【図 4】



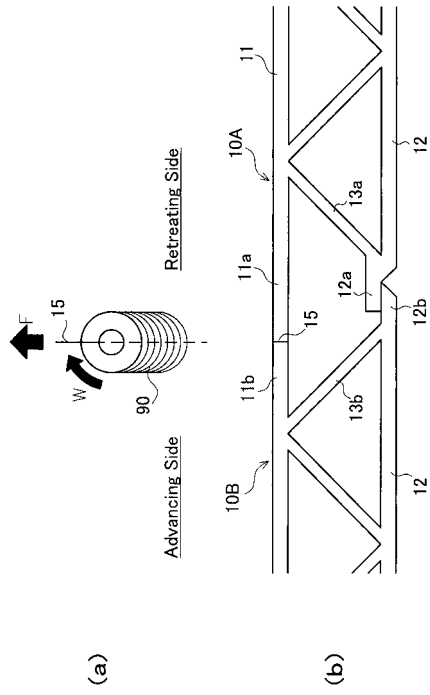
【図 5】



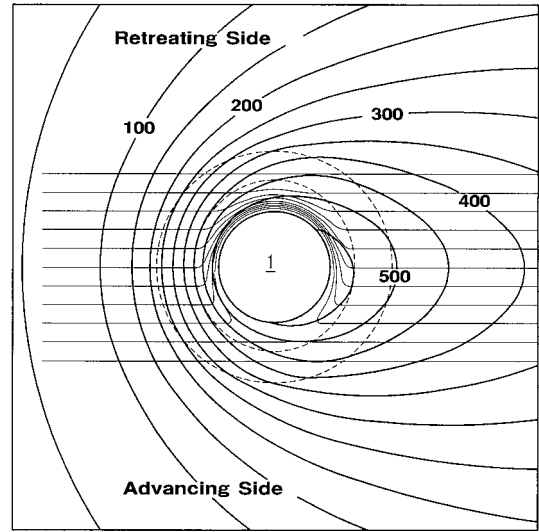
【図 6】



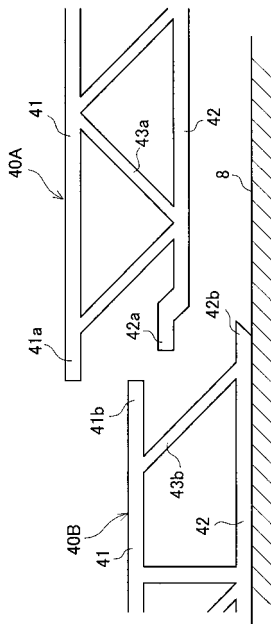
【図 7】



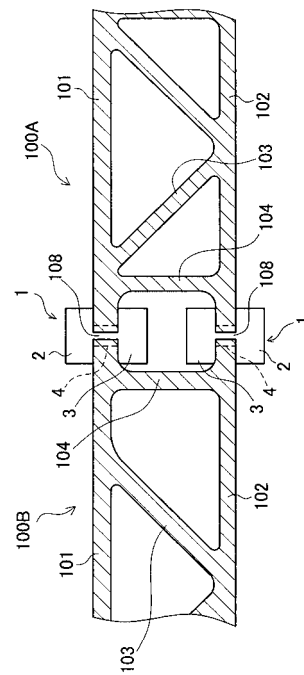
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

