

(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2005-40851  
(P2005-40851A)

(43) 公開日 平成17年2月17日(2005.2.17)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 20/12	B 2 3 K 20/12 3 6 4	4 E 0 6 7
// B 2 3 K 103:08	B 2 3 K 103:08	
B 2 3 K 103:10	B 2 3 K 103:10	

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-279987 (P2003-279987)	(71) 出願人	000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(22) 出願日	平成15年7月25日 (2003.7.25)	(71) 出願人	000142595 株式会社栗本鐵工所 大阪府大阪市西区北堀江1丁目12番19号
		(71) 出願人	591212523 東 健司 大阪府富田林市寺池台3-4-9
		(74) 代理人	100104064 弁理士 大熊 岳人
		(72) 発明者	森 久史 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財 団法人鉄道総合技術研究所内 最終頁に続く

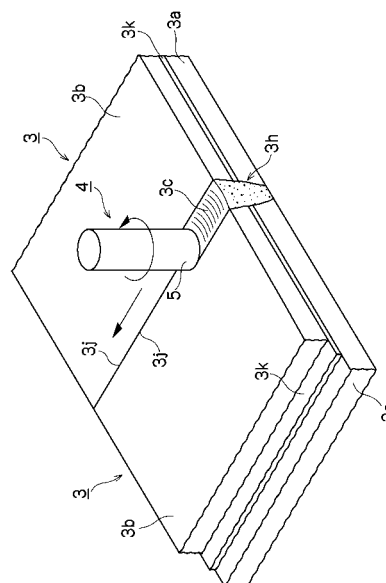
(54) 【発明の名称】 接合材とその継手構造、接合材の製造方法及び交通輸送手段の構体

(57) 【要約】

【課題】 変形や歪を少なくすることができる接合材とその継手構造、接合材の製造方法及び交通輸送手段の構体を提供することである。

【解決手段】 接合材3は、鉄道車両などの交通輸送手段の構体に使用される。接合材3は、金属3aと金属3bとを接着材層3kによって接合したサンドイッチ構造の合せ板材(クラッド材)である。金属3aは、アルミニウム合金であり、金属3bはマグネシウム合金である。金属3aの接合面3i同士及び金属3bの接合面3j同士を突き合わせた状態で、図5及び図6に示す回転ツール5を回転させながら接合面3i, 3jに金属3b側から押し付けて侵入させ、接合面3i, 3jに沿って移動させると接合面3iと接合面3jとが摩擦攪拌接合される。その結果、接合材3を長尺化するとともに、変形や割れの少ない接合材3を製造することができる。

【選択図】 図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 及び第 2 の金属を重ね合わせ接合した接合材であって、  
前記第 1 の金属は、アルミニウム合金であり、  
前記第 2 の金属は、マグネシウム合金であり、  
前記第 1 及び前記第 2 の金属は、摩擦攪拌接合されており、  
前記第 1 の金属は、空隙部を有する軽量構造体であること、  
を特徴とする接合材。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の接合材において、  
前記軽量構造体は、ハニカム構造体又は発泡構造体であること、  
を特徴とする接合材。

10

**【請求項 3】**

第 1 及び第 2 の金属を重ね合わせ接合した接合材同士を継手部で接合した接合材の継手構造であって、  
前記接合材は、前記継手部で摩擦攪拌接合されていること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の接合材の継手構造において、  
前記第 1 及び前記第 2 の金属は、接着剤によって接合されていること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

20

**【請求項 5】**

請求項 3 に記載の接合材の継手構造において、  
前記第 1 及び前記第 2 の金属は、摩擦攪拌接合されていること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

**【請求項 6】**

請求項 3 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の接合材の継手構造において、  
前記接合材は、前記第 1 及び前記第 2 の金属のうち熱伝導率が高く融点が高い金属側から摩擦攪拌接合されていること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

30

**【請求項 7】**

請求項 3 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の接合材の継手構造において、  
前記第 1 の金属は、アルミニウム合金であり、  
前記第 2 の金属は、マグネシウム合金であること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

**【請求項 8】**

請求項 7 に記載の接合材の継手構造において、  
前記アルミニウム合金は、空隙部を有する軽量構造体であること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

**【請求項 9】**

請求項 8 に記載の接合材の継手構造において、  
前記軽量構造体は、ハニカム構造体又は発泡構造体であること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

40

**【請求項 10】**

請求項 3 から請求項 9 までのいずれか 1 項に記載の接合材の継手構造において、  
前記接合材は、前記第 1 の金属同士を接合する接合面と前記第 2 の金属同士を接合する接合面とが平坦面であること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

**【請求項 11】**

請求項 3 から請求項 9 までのいずれか 1 項に記載の接合材の継手構造において、

50

前記接合材は、前記第 2 の金属同士を接合する接合面が段差面であること、  
を特徴とする接合材の継手構造。

【請求項 1 2】

第 1 及び第 2 の金属を重ね合わせ接合した接合材の製造方法であって、  
前記第 1 及び前記第 2 の金属を重ね合わせ接合する第 1 の接合工程と、  
前記第 1 の接合工程後に前記第 1 の金属同士及び前記第 2 の金属同士を継手部で摩擦攪  
拌接合する第 2 の接合工程と、  
を含む接合材の製造方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の接合材の製造方法において、  
前記第 1 の接合工程は、前記第 1 及び前記第 2 の金属を摩擦攪拌接合する工程であるこ  
と、  
を特徴とする接合材の製造方法。 10

【請求項 1 4】

請求項 1 2 又は請求項 1 3 に記載の接合材の製造方法において、  
前記第 1 及び前記第 2 の接合工程は、前記第 1 及び前記第 2 の金属のうち熱伝導率が高  
く融点が高い金属側から摩擦攪拌接合する工程であること、  
を特徴とする接合材の製造方法。

【請求項 1 5】

請求項 1 2 に記載の接合材の製造方法において、  
前記第 1 の接合工程は、前記第 1 及び前記第 2 の金属を接着する工程であること、  
を特徴とする接合材の製造方法。 20

【請求項 1 6】

第 1 及び第 2 の金属を重ね合わせ接合した接合材の製造方法であって、  
前記第 1 の金属同士を継手部で摩擦攪拌接合するとともに、前記第 2 の金属同士を継手  
部で摩擦攪拌接合する第 1 の接合工程と、  
前記第 1 の接合工程後に前記第 1 及び前記第 2 の金属を重ね合わせて接合する第 2 の接  
合工程と、  
を含む接合材の製造方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の接合材の製造方法において、  
前記第 2 の接合工程は、前記第 1 及び前記第 2 の金属を接着する工程であること、  
を特徴とする接合材の製造方法。 30

【請求項 1 8】

請求項 1 6 に記載の接合材の製造方法において、  
前記第 2 の接合工程は、前記第 1 及び前記第 2 の金属を摩擦攪拌接合する工程であるこ  
と、  
を特徴とする接合材の製造方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の接合材の製造方法において、  
前記第 2 の接合工程は、前記第 1 及び前記第 2 の金属のうち熱伝導率が高く融点が高い  
金属側から摩擦攪拌接合する工程であること、  
を特徴とする接合材の製造方法。 40

【請求項 2 0】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の接合材を備える交通輸送手段の構体。

【請求項 2 1】

請求項 3 から請求項 1 1 までのいずれか 1 項に記載の接合材の継手構造を備える交通輸  
送手段の構体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

## 【0001】

この発明は、第1及び第2の金属を重ね合わせ接合した接合材とこの接合材同士を継手部で接合した接合材の継手構造、第1及び第2の金属を重ね合わせ接合した接合材の製造方法、及び交通輸送手段の構体に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来の鉄道車両の構体には、軽量化を図るために高強度鋼、ステンレス鋼、アルミニウム合金及び繊維強化プラスチック(FRP)が使用されている。特に、アルミニウム合金は、押し出し性、中強度、溶接性に優れた軽量金属材料であり、新幹線などの高速車両に使用されている。このような従来の鉄道車両の構体は、ダブルスキン構体工法(トラス状の構体)によって製造されており、アルミニウム合金の中空押し出し材同士を長さ方向の端部で突き合わせて継手部材を介してアーク溶接によって接合され長尺化されている(特許文献1参照)。

10

## 【0003】

【特許文献1】特開2000-272512号公報(段落番号0024~0026及び図4)

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

従来の鉄道車両の構体では、アルミニウム合金の中空押し出し材同士をアーク溶接によって接合しているため、溶接時の加熱によって変形したり歪みが発生したりする問題がある。一方、マグネシウム合金は、FRP程度の密度でありアルミニウム合金と比べて軽量の金属材料である。しかし、マグネシウム合金を溶融溶接した場合には、溶接部にブローホールが発生し健全な溶接部を得ることが困難であり、熱膨張係数が大きいため溶接熱による影響で溶接歪みや変形が大きくなるおそれがある。また、固相接合である摩擦圧接法では、ブローホールなどの凝固現象に関係する欠陥を発生しないが、適用可能な部材形状に大きな制約があり薄板には適用が困難である。このため、鉄道車両の構体にマグネシウム合金を適用する場合には最適な接合工法を検討する必要がある。

20

## 【0005】

この発明の課題は、変形や歪などを少なくすることができる接合材とその継手構造、接合材の製造方法及び交通輸送手段の構体を提供することである。

30

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

この発明は、以下に記載するような解決手段により、前記課題を解決する。

なお、この発明の実施形態に対応する符号を付して説明するが、この実施形態に限定するものではない。

請求項1の発明は、第1(3a)及び第2の金属(3b)を重ね合わせ接合した接合材であって、前記第1の金属は、アルミニウム合金であり、前記第2の金属は、マグネシウム合金であり、前記第1及び前記第2の金属は、摩擦攪拌接合されており、前記第1の金属は、空隙部(3d)を有する軽量構造体であることを特徴とする接合材(3)である。

## 【0007】

請求項2の発明は、請求項1に記載の接合材において、前記軽量構造体は、八二カム構造体又は発泡構造体であることを特徴とする接合材である。

40

## 【0008】

請求項3の発明は、第1(3a)及び第2の金属(3b)を重ね合わせ接合した接合材(3)同士を継手部(3h)で接合した接合材の継手構造であって、前記接合材は、前記継手部で摩擦攪拌接合されていることを特徴とする接合材の継手構造である。

## 【0009】

請求項4の発明は、請求項3に記載の接合材の継手構造において、前記第1及び前記第2の金属は、接着剤(3k)によって接合されていることを特徴とする接合材の継手構造である。

50

## 【0010】

請求項5の発明は、請求項3に記載の接合材の継手構造において、前記第1及び前記第2の金属は、摩擦撹拌接合されていることを特徴とする接合材の継手構造である。

## 【0011】

請求項6の発明は、請求項3から請求項5までのいずれか1項に記載の接合材の継手構造において、前記接合材は、前記第1及び前記第2の金属のうち熱伝導率が高く融点が高い金属(3b)側から摩擦撹拌接合されていることを特徴としている接合材の継手構造である。

## 【0012】

請求項7の発明は、請求項3から請求項6までのいずれか1項に記載の接合材の継手構造において、前記第1の金属は、アルミニウム合金であり、前記第2の金属は、マグネシウム合金であることを特徴とする接合材の継手構造である。 10

## 【0013】

請求項8の発明は、請求項7に記載の接合材の継手構造において、前記アルミニウム合金は、空隙部(3d)を有する軽量構造体であることを特徴とする接合材の継手構造である。

## 【0014】

請求項9の発明は、請求項8に記載の接合材の継手構造において、前記軽量構造体は、ハニカム構造体又は発泡構造体であることを特徴とする接合材の継手構造である。

## 【0015】

請求項10の発明は、請求項3から請求項9までのいずれか1項に記載の接合材の継手構造において、前記接合材は、前記第1の金属同士を接合する接合面(3i)と前記第2の金属同士を接合する接合面(3j)とが平坦面であることを特徴とする接合材の継手構造である。 20

## 【0016】

請求項11の発明は、請求項3から請求項9までのいずれか1項に記載の接合材の継手構造において、前記接合材は、前記第2の金属同士を接合する接合面(3j)が段差面であることを特徴とする接合材の継手構造である。

## 【0017】

請求項12の発明は、第1(3a)及び第2の金属(3b)を重ね合わせ接合した接合材の製造方法であって、前記第1及び前記第2の金属を重ね合わせ接合する第1の接合工程(#100, 200)と、前記第1の接合工程後に前記第1の金属同士及び前記第2の金属同士を継手部(3h)で摩擦撹拌接合する第2の接合工程(#110, 210)とを含む接合材(3)の製造方法である。 30

## 【0018】

請求項13の発明は、請求項12に記載の接合材の製造方法において、前記第1の接合工程は、前記第1及び前記第2の金属を摩擦撹拌接合する工程(#200)であることを特徴とする接合材の製造方法である。

## 【0019】

請求項14の発明は、請求項12又は請求項13に記載の接合材の製造方法において、前記第1及び前記第2の接合工程は、前記第1及び前記第2の金属のうち熱伝導率が高く融点が高い金属(3b)側から摩擦撹拌接合する工程であることを特徴とする接合材の製造方法である。 40

## 【0020】

請求項15の発明は、請求項12に記載の接合材の製造方法において、前記第1の接合工程は、前記第1及び前記第2の金属を接着する工程(#100)であることを特徴とする接合材の製造方法である。

## 【0021】

請求項16の発明は、第1(3a)及び第2の金属(3b)を重ね合わせ接合した接合材の製造方法であって、前記第1の金属同士を継手部(3n)で摩擦撹拌接合するととも 50

に、前記第2の金属同士を継手部で摩擦撈拌接合する第1の接合工程（#300，#310）と、前記第1の接合工程後に前記第1及び前記第2の金属を重ね合わせて接合する第2の接合工程（#320，#330）とを含む接合材の製造方法である。

【0022】

請求項17の発明は、請求項16に記載の接合材の製造方法において、前記第2の接合工程は、前記第1及び前記第2の金属を接着する工程（#320）であることを特徴とする接合材の製造方法である。

【0023】

請求項18の発明は、請求項16に記載の接合材の製造方法において、前記第2の接合工程は、前記第1及び前記第2の金属を摩擦撈拌接合する工程（#330）であることを特徴とする接合材の製造方法である。

10

【0024】

請求項19の発明は、請求項18に記載の接合材の製造方法において、前記第2の接合工程は、前記第1及び前記第2の金属のうち熱伝導率が高く融点が高い金属（3b）側から摩擦撈拌接合する工程であることを特徴とする接合材の製造方法である。

【0025】

請求項20の発明は、請求項1又は請求項2に記載の接合材（3）を備える交通輸送手段（1）の構体（2）である。

【0026】

請求項21の発明は、請求項3から請求項11までのいずれか1項に記載の接合材（3）の継手構造を備える交通輸送手段（1）の構体（2）である。

20

【発明の効果】

【0027】

この発明によると、変形や歪などを少なくすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

（第1実施形態）

以下、図面を参照して、この発明の第1実施形態について詳しく説明する。

図1は、この発明の第1実施形態に係る接合材を備える交通輸送手段の構体の断面図である。

30

交通輸送手段1は、電車や気動車などの鉄道車両である。構体2は、交通輸送手段1の主構造である。構体2は、図1に示すように、乗客などの重量を支持し車体の床部分や台枠を構成する床構え2aと、この床構え2aの両縁に固定され車体の側面部分を構成する一对の側構え2b，2cと、この一对の側構え2b，2cの上縁に固定され車体の屋根部分を構成する屋根構え2dと、車両の両端部分を構成する図示しない妻構えなどから構成されている。構体2は、例えば、接合材3によって形成された車外面板と室内面板とをトラスやリブで結合したダブルスキン構体である。

【0029】

図2は、この発明の第1実施形態に係る接合材の一部を破断して示す斜視図である。図3は、この発明の第1実施形態に係る接合材の断面図である。

40

接合材3は、金属3a及び金属3bを重ね合わせて接合した部材である。接合材3は、図2及び図3に示すように、金属3aと、金属3bと、接合部3cとから構成されており、金属3aと金属3bとを重ね合わせて摩擦撈拌接合したサンドイッチ構造の合せ板材（クラッド材）である。接合材3は、熱伝導率が高く融点が高い金属3b側から摩擦撈拌接合されている。接合材3は、例えば、従来の鉄道車両の構体を構成する板材と同じ厚さに形成して、金属3bと金属3aとを略同じ厚さに形成することができる。

【0030】

金属3aは、アルミニウム合金であり空隙部3dを有するハニカム構造体（軽量構造体）である。アルミニウム合金には、Al-Mg-Si系合金である6000系アルミニウム合金や、Al-Cu-Mg系合金である高力アルミニウム合金（ジュラルミン）などがある。アルミニウム合

50

金としては、例えば、圧延や押し出しなどの塑性加工を施して板材や型材などを容易に作製でき展延性に優れた展伸用アルミニウム合金が好ましく、強度と耐食性に優れ時効硬化により所定の強度を得ることができる6000系アルミニウム合金などの熱処理型合金が特に好ましい。金属3aは、隙間なく配列された断面形状が六角形のコア部3eと、このコア部3eの両側に固定され厚さが1mm~3mm程度の板状部3f, 3gとから構成されたハニカム材であり、コア部3e内には空隙部3dが形成されている。この第1実施形態では、金属3aと金属3bとが強固に接合するように、板状部3fの厚さ $t_1$ を板状部3gの厚さ $t_2$ よりも厚く形成することが好ましい。例えば、板状部3fの厚さ $t_1$ を3mm程度に形成し、板状部3gの厚さ $t_2$ を1mm程度に形成することができる。

#### 【0031】

金属3bは、押し出し加工がされたマグネシウム合金押し出し材である。マグネシウム合金は、アルミニウム(Al)、亜鉛(Zn)、マンガン(Mn)、ジルコニウム(Zr)、希土類元素などのうち一つ以上を加えて合金として使用される。接合材3は、強度や剛性が高い金属3aを車外側に向け、強度や剛性が金属3aに比べて低い金属3bを車内側に向けることが好ましい。

#### 【0032】

接合部3cは、摩擦攪拌接合によって接合された部分である。接合部3cは、金属3aと金属3bとを重ね合わせた状態で摩擦攪拌接合(摩擦攪拌溶接)(Friction Stir Welding: FSW)によって溶接したときに、金属3bと板状部3fとが接合する部分である。接合部3cは、金属3a, 3bの長さ方向と直交する方向に間隔をあけて形成されている。

#### 【0033】

溶接装置4は、金属3aと金属3bとを摩擦攪拌接合によって溶接する装置である。溶接装置4は、図3に示すように、回転ツール5と、定盤6などを備えている。回転ツール5は、軸心回りに回転する硬質な丸棒であり、図示しない駆動装置によって軸線回りに回転し、水平方向に移動する際には垂直軸に対して3~5°程度傾斜した前進角が付与される。回転ツール5は、ピン部5aとショルダ部5bとを備えている。ピン部5aは、接合面を摩擦攪拌する機能を有する突起部であり、回転ツール5の先端部に形成されておりこのピン部5aの外周面にはねじ部5cが形成されている。ピン部5aの長さは、金属3b及び板状部3fに侵入可能なように、金属3bの厚さと板状部3fの厚さの合計と同一又は僅かに短く設計されている。ショルダ部5bは、ピン部5aによって攪拌された金属3a, 3bを押さえ込む機能を有する段差部である。ショルダ部5bは、回転ツール5の先端の段差部に形成されており、ショルダ部5bには軸心側よりも外周部側の方が僅かに高くなるように軸心から外周に向かってテーパ面が形成されている。定盤6は、回転ツール5との間で接合材3を挟み込み、回転ツール5からの摩擦圧力に耐え得るバックアップ材(ベース)である。

#### 【0034】

次に、この発明の第1実施形態に係る接合材の製造方法を説明する。

図2及び図3に示すように、金属3aに金属3bを重ね合わせた状態で定盤6に設置する。次に、金属3b及び板状部3fにピン部5aを金属3b側から所定の荷重で押し付けて侵入させ、回転速度880~1750rpmで回転ツール5を回転させながら金属3a, 3bの長さ方向と直交する方向に移動速度50~500mm/min程度で移動させる。その結果、金属3a及び板状部3fが回転ツール5との間の摩擦熱によって軟化して、回転ツール5の回転に引きずられるように塑性流動し、金属3bと板状部3fとが融点以下の温度で固相接合される。金属3b及び板状部3fにピン部5aが侵入して金属3b及び板状部3fが切削状態になると、これらが外部に排出されるのをショルダ部5bが防止するとともに、このショルダ部5bが金属3bの表面に摩擦熱を付与する。ピン部5aからの摩擦熱とショルダ部5bからの摩擦熱とを金属3a及び板状部3fが受けて、図3に示すように略逆三角形形状の接合部3cが形成される。

#### 【0035】

この発明の第1実施形態に係る接合材とその製造方法には、以下に記載するような効果

10

20

30

40

50

がある。

(1) この第1実施形態では、アルミニウム合金である金属3aとマグネシウム合金である金属3bとが摩擦攪拌接合されている。その結果、異種金属同士を溶接可能であり変形や割れなどが少ない接合材3を製造することができる。

【0036】

(2) この第1実施形態では、金属3aが空隙部3dを有する軽量構造体である。このため、接合材3の軽量化を図ることができるとともに、防音効果や振動吸収効果を向上させることができる。特に、金属3aがハニカム構造体であるため接合材3の強度を向上させることができる。例えば、従来の鉄道車両の構体を構成するアルミニウム合金などのハニカム材の厚さを半分に薄くして、この薄くした分と同じ厚さのマグネシウム合金を貼り付けて軽量化を図ることができる。

10

【0037】

(3) この第1実施形態では、熱伝導率が高く融点が高い金属3b側から摩擦攪拌接合されている。その結果、熱伝導率が高く融点の低いマグネシウム合金側からアルミニウム合金側に摩擦熱が伝わり良好に加工することができる。

【0038】

(第2実施形態)

図4は、この発明の第2実施形態に係る接合材の断面図である。以下では、図2及び図3に示す部分と同一の部分については、同一の番号を付して詳細な説明を省略する。

図4に示す金属3aは、空隙部3dを有する発泡構造体(軽量構造体)である。金属3aは、厚さ $t_1$ が3mm程度の板状部3fと厚さ $t_2$ が1mm程度の板状部3gとの間に空隙部3dが形成された板状の発泡金属材であり、空隙部3d及び板状部3f, 3gは一体に形成されている。金属3aは、立体網状構造を有し気孔率が著しく大きい金属多孔体であり、熔融金属中にガス発生物質を加えたり発泡樹脂の骨格の周りに金属を付けて焼結したりして製造される。この第2実施形態では、第1実施形態の効果に加えて、金属3aに空隙部3dが形成されているためより一層軽量化を図ることができるとともに、防音効果や振動吸収効果を向上させることができる。

20

【0039】

(第3実施形態)

図5は、この発明の第3実施形態に係る接合材の一部を省略して示す斜視図である。図6は、この発明の第3実施形態に係る接合材の断面図であり、図6(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、図6(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

30

図5及び図6に示す接合材3は、金属3aがアルミニウム合金の板材(バルク材)であり、継手部3hで摩擦攪拌接合された継手構造を備えている。接合材3は、金属3aと金属3bとが接着剤層3kによって重ね合わせて接合されており、継手部3hは、図6(A)に示すように、接合材3の長さ方向の端部である金属3aの接合面3i同士及び金属3bの接合面3j同士を直線上に突き合わせた状態で接合され形成された突合せ継手である。接合面3i, 3jは、図5及び図6(A)に示すように平坦面である。

【0040】

接着剤層3kは、金属3aと金属3bとを接合する部材である。接着剤としては、例えば、エポキシ系やイソシアナート系のような二液接着剤(反応型接着剤)や、エポキシ系やフェノール系などの熱硬化性接着剤や、空気中の水分によって高速でアニオン重合して硬化する - シアノアクリレート型の瞬間接着剤などが好ましい。接着剤層3kは、塗布後に加熱処理する場合にはエポキシ接着剤などの強力接着剤によって形成することが好ましく、塗布後に加熱処理しない場合にはエポキシ接着剤以外の他の接着剤によって形成することもできる。

40

【0041】

次に、この発明の第3実施形態に係る接合材の製造方法について説明する。

図7は、この発明の第3実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。

50



接着工程#100は、金属3aと金属3bとを重ね合わせて接着する工程であり、図6に示すように金属3aと金属3bとの間に接着剤を塗布して接着剤層3kを形成し金属3aと金属3bとを接合する。摩擦攪拌接合工程#110は、接着工程#100後の金属3a同士及び金属3b同士を継手部3hで摩擦攪拌接合する工程である。この摩擦攪拌接合工程#110では、金属3aの接合面3i同士及び金属3bの接合面3j同士を突き合わせて、図5及び図6に示す回転ツール5を回転させながら接合面3i, 3jに金属3b側からピン部5aを押し付けて侵入させ、接合面3i, 3jに沿って移動させて接合面3i同士及び接合面3j同士を摩擦攪拌接合する。

#### 【0042】

この第3実施形態では、異種金属同士を接合した接合材3同士を継手部3hで摩擦攪拌接合して接合材3を長尺化することができるとともに、変形や割れの少ない接合材3を製造することができる。

#### 【0043】

##### (第4実施形態)

図8は、この発明の第4実施形態に係る接合材の断面図であり、図8(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、図8(B)は溶接中の状態を示す断面図である。図9は、この発明の第4実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。

図8に示す接合材3は、金属3aと金属3bとが摩擦攪拌接合によって接合部3cで接合されており、接合面3i同士及び接合面3j同士を突き合わせて継手部3hで摩擦攪拌接合された継手構造を備えている。図9に示す摩擦攪拌接合工程#200は、金属3aと金属3bとを重ね合わせて接合部3cで摩擦攪拌接合する工程であり、摩擦攪拌接合工程#210は金属3aと金属3bとを第3実施形態と同様に継手部3hで摩擦攪拌接合する工程である。この第4実施形態には、第3実施形態と同様の効果がある。

#### 【0044】

##### (第5実施形態)

図10は、この発明の第5実施形態に係る接合材の断面図であり、図10(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、図10(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

図10に示す接合材3は、金属3aが空隙部3dを有する八二カム構造体であり、接合面3i同士及び接合面3j同士を突き合わせて継手部3hで摩擦攪拌接合された継手構造を備えている。接合材3は、金属3aと金属3bとが接着剤層3kによって重ね合わせて接合されており、継手部3hは接合材3の長さ方向の端部である金属3aの接合面3i同士及び金属3bの接合面3j同士を直線上に突き合わせた状態で接合され形成されている。金属3aには、長さ方向の端部に厚肉部3mが形成されており、この厚肉部3mの外側端面には接合面3iが形成されている。厚肉部3mの厚さLは、回転ツール5の半径よりも僅かに大きく設計されている。この接合材3は、図7に示す工程と同一の工程によって製造され、この第5実施形態には第1実施形態及び第4実施形態と同様の効果がある。

#### 【0045】

##### (第6実施形態)

図11は、この発明の第6実施形態に係る接合材の断面図であり、図11(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、図11(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

図11に示す接合材3は、金属3aが空隙部3dを有する発泡構造体であり、金属3aには、第5実施形態と同様に厚肉部3mが形成されている。この接合材3は、図7に示す工程と同一の工程によって製造され、この第6実施形態には第1実施形態及び第4実施形態と同様の効果がある。

#### 【0046】

##### (第7実施形態)

図12は、この発明の第7実施形態に係る接合材の断面図であり、図12(A)は溶接前の状態を示す断面図であり図12(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

図12に示す接合材3は、金属3a同士を接合する接合面3iが平坦面であり、金属3b同士を接合する接合面3jが段差面である。ピン部5aの直径は、接合面3jの段差面

10

20

30

40

50

の高さHよりも僅かに大きく設計されている。この接合材3は、図7に示す工程と同一の工程によって製造される。この第7実施形態では、第3実施形態の効果に加えて、接合面3jが段差面であるため接合部の面積が広がる。その結果、アルミニウム合金に比べて疲労き裂が発生し易いマグネシウム合金側の接合面積を広くして疲労き裂が直線状に進むのを抑えることができる。

**【0047】**

(第8実施形態)

図13は、この発明の第8実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。図14は、この発明の第8実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための断面図であり、図14(A)(B)摩擦攪拌接合工程を示し図14(C)は接着工程を示す。

10

図13に示す摩擦攪拌接合工程#300は、図14(A)に示すように金属3a同士を継手部3nで摩擦攪拌接合する工程であり、摩擦攪拌接合工程#310は図14(B)に示すように金属3b同士を継手部3pで摩擦攪拌接合する工程である。接着工程#320は、摩擦攪拌接合工程#300、#310後に、図14(C)に示すように金属3aと金属3bとを重ね合わせて接着剤層3kによって接着する工程である。この第8実施形態には、第3実施形態と同様の効果があり、金属3a、3bを摩擦攪拌接合によってそれぞれ長尺化した後に、金属3a、3bを接着して長尺化された接合材3を製造することができる。

**【0048】**

(第9実施形態)

20

図15は、この発明の第9実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。図16は、この発明の第9実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための断面図であり、図16(A)~(C)は摩擦攪拌接合工程を示す。なお、図5では、図13に示す工程と同一の工程については、同一の番号を付して詳細な説明を省略する。

図15に示す摩擦攪拌接合工程#330は、図16(A)に示す摩擦攪拌接合工程#300及び図16(B)に示す摩擦攪拌接合工程#310後に、図16(C)に示すように金属3aと金属3bとを重ね合わせて接合部3cで摩擦攪拌接合する工程である。この第9実施形態には、第8実施形態と同様の効果がある。

**【0049】**

(他の実施形態)

30

この発明は、以上説明した実施形態に限定するものではなく、以下に記載するように種々の変形又は変更が可能であり、これらもこの発明の範囲内である。

(1) この実施形態では、鉄道車両の構体2に接合材3を適用した場合を例に挙げて説明したが、自動車、船舶、航空機などの他の交通輸送手段の構体についてもこの発明を適用することができる。また、この実施形態では、二種類の金属3a、3bを接合した場合を例に挙げて説明したが、二種類以上の金属を積層して接合した接合材についてもこの発明を適用することができる。さらに、この実施形態では、ピン部5aがねじ部5cを有し、シヨルダ部5bがテーパ面を有する場合を例に挙げて説明したがこれに限定するものではない。例えば、ピン部5aをテーパ状にしたりねじ部5cを省略したりシヨルダ部5bを水平面にしたりすることもできる。

40

**【0050】**

(2) この実施形態では、金属3aと金属3bとの厚さを同じにした場合を例に挙げて説明したが、金属材料の価格、剛性、加工の容易性などを考慮して任意の厚さにすることができる。また、この第5実施形態~第7実施形態では、金属3aと金属3bとを接着剤層3kによって接合しているがこれらを摩擦攪拌接合によって接合することもできる。さらに、この第7実施形態では、金属3bの接合面3jを段差面にした場合を例に挙げて説明したが、第4実施形態~第6実施形態の接合面3jを段差面にすることもできる。

**【図面の簡単な説明】****【0051】**

【図1】この発明の第1実施形態に係る接合材を備える交通輸送手段の構体の断面図であ

50

る。

【図 2】この発明の第 1 実施形態に係る接合材の一部を破断して示す斜視図である。

【図 3】この発明の第 1 実施形態に係る接合材の断面図である。

【図 4】この発明の第 2 実施形態に係る接合材の断面図である。

【図 5】この発明の第 3 実施形態に係る接合材の一部を省略して示す斜視図である。

【図 6】この発明の第 3 実施形態に係る接合材の断面図であり、(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

【図 7】この発明の第 3 実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。

【図 8】この発明の第 4 実施形態に係る接合材の断面図であり、(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、(B)は溶接中の状態を示す断面図である。 10

【図 9】この発明の第 4 実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。

【図 10】この発明の第 5 実施形態に係る接合材の断面図であり、(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

【図 11】この発明の第 6 実施形態に係る接合材の断面図であり、(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

【図 12】この発明の第 7 実施形態に係る接合材の断面図であり、(A)は溶接前の状態を示す断面図であり、(B)は溶接中の状態を示す断面図である。

【図 13】この発明の第 8 実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。 20

【図 14】この発明の第 8 実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための断面図であり、(A)(B)摩擦攪拌接合工程を示し、(C)は接着工程を示す。

【図 15】この発明の第 9 実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための工程図である。

【図 16】この発明の第 9 実施形態に係る接合材の製造方法を説明するための断面図であり、(A)～(C)は摩擦攪拌接合工程を示す。

【符号の説明】

【0052】

1 交通輸送手段(鉄道車両)

30

2 構体

3 接合材

3 a 金属(第 1 の金属)

3 b 金属(第 2 の金属)

3 c 接合部

3 d 空隙部

3 h 継手部

3 i , 3 j 接合面

3 k 接着剤層

3 n , 3 p 継手部

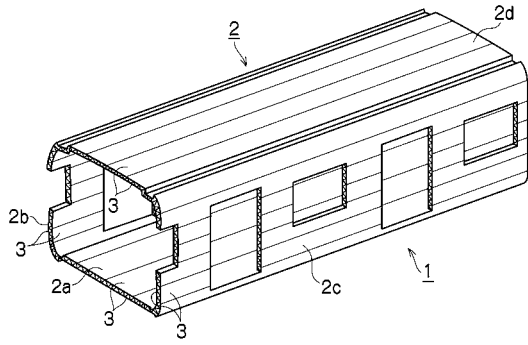
40

5 回転ツール

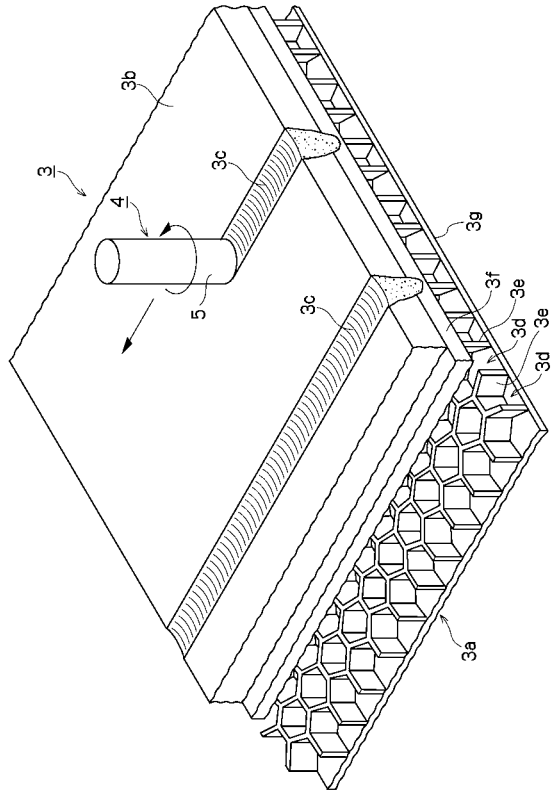
5 a ピン部

5 b ショルダ部

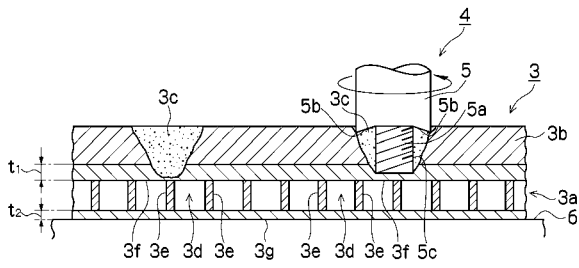
【 図 1 】



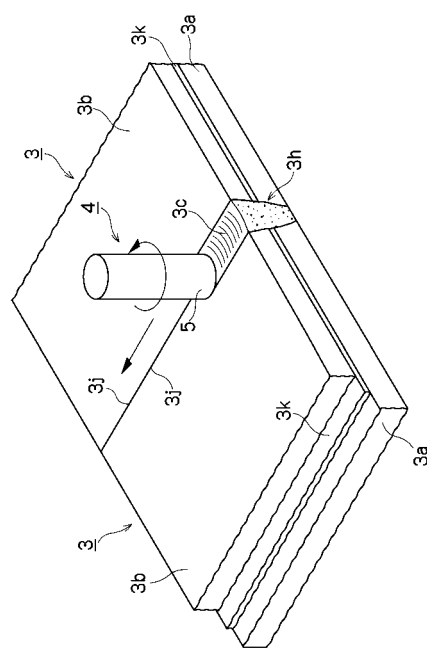
【 図 2 】



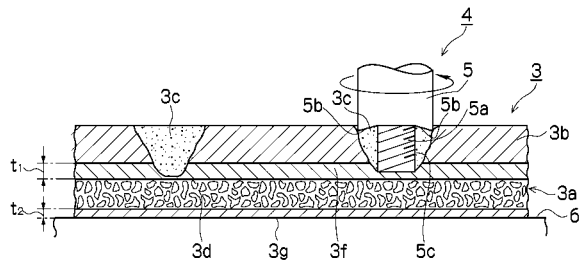
【 図 3 】



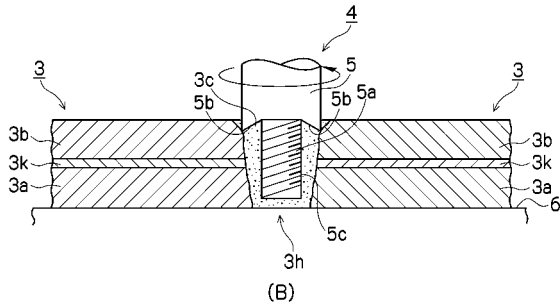
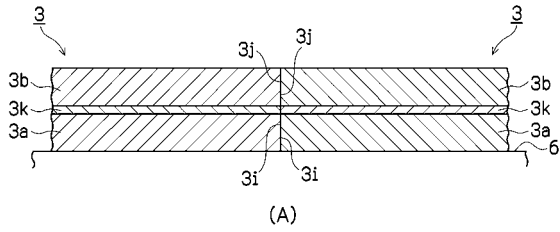
【 図 5 】



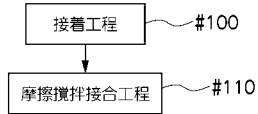
【 図 4 】



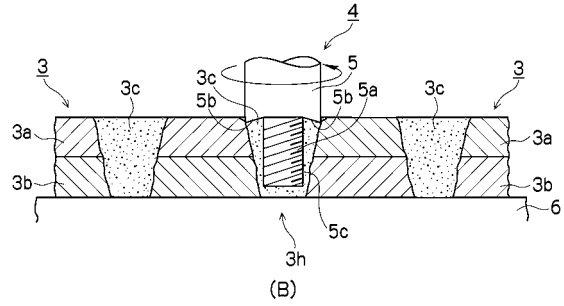
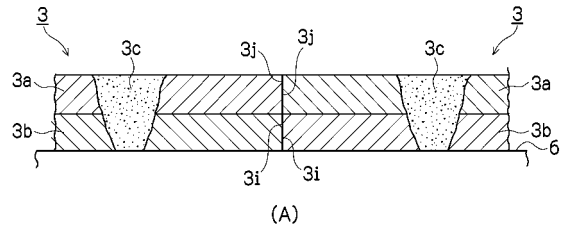
【 図 6 】



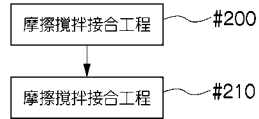
【 図 7 】



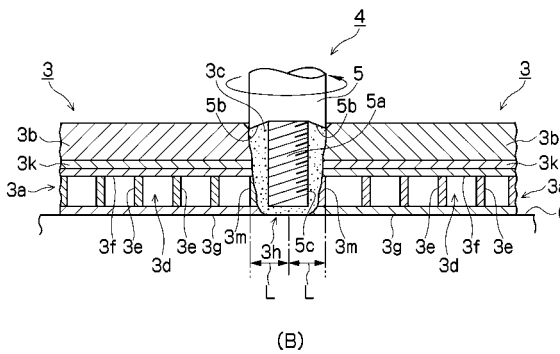
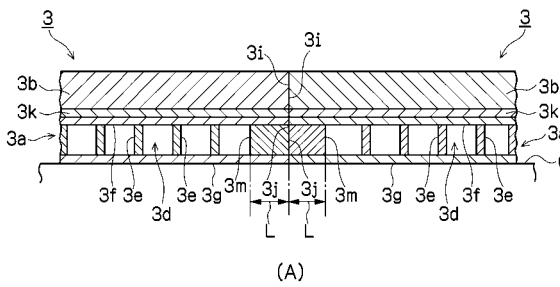
【 図 8 】



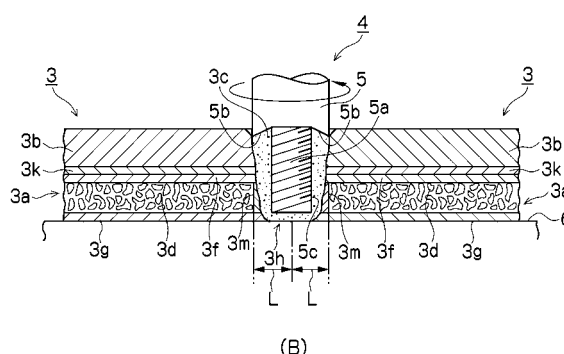
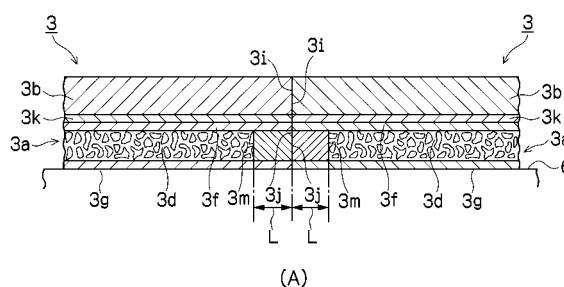
【 図 9 】



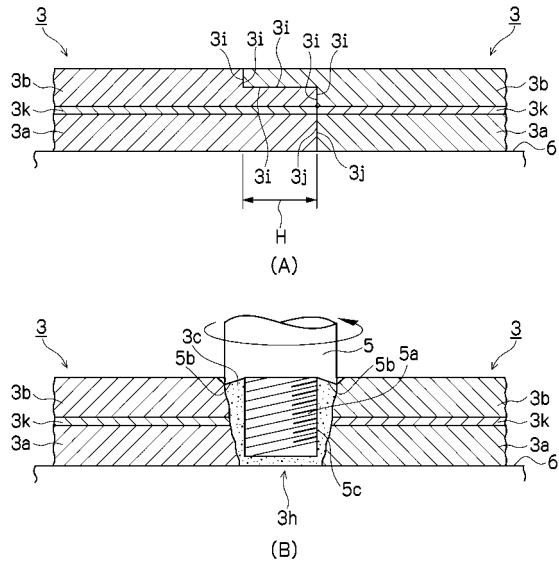
【 図 10 】



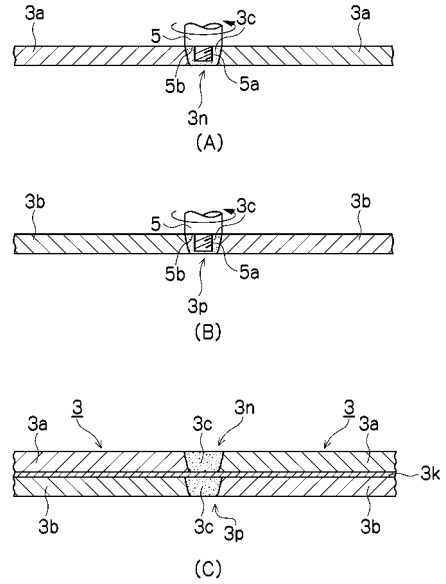
【 図 11 】



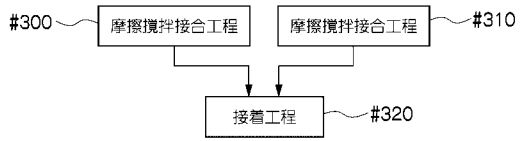
【 図 1 2 】



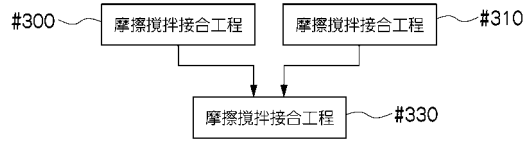
【 図 1 4 】



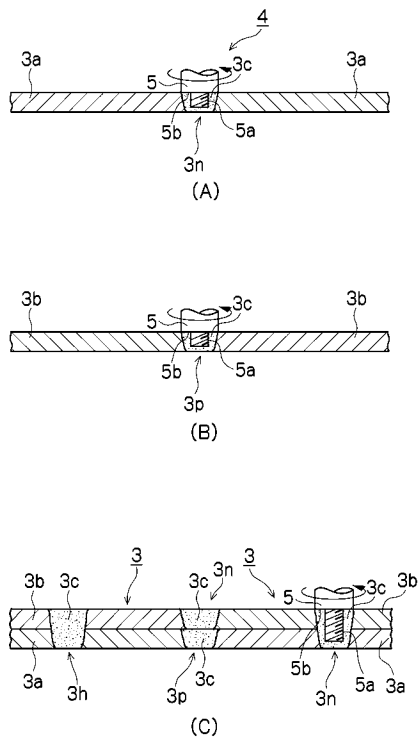
【 図 1 3 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 辻村 太郎  
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 坂本 義雄  
東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8 財団法人鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 喜多川 真好  
大阪府大阪市西区北堀江一丁目 1 2 番 1 9 号 株式会社栗本鐵工所内

(72)発明者 道浦 吉貞  
大阪府大阪市西区北堀江一丁目 1 2 番 1 9 号 株式会社栗本鐵工所内

(72)発明者 東 健司  
大阪府富田林市寺池台三丁目 4 番 9 号

Fターム(参考) 4E067 AA05 AA06 AA22 AA26 BG00 DA17 DC07 EA08 EB00 EC03  
EC09