

WO 2017/212875 A1



門一丁目1番18号 ヒューリック
虎ノ門ビル 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, 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))

with the metal members (1, 2); and a main welding step for performing friction stir welding by inserting the stirring pin (F2) of a rotating rotary tool (rotary tool for main welding) (F) into the abutting part (J1), and causing the stirring pin (F2) to move in a relative manner along the abutting part (J1) with just the stirring pin (F2) being kept in contact with the metal members (1, 2).

(57) 要約: 摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる摩擦攪拌接合方法を提供することを課題とする。金属部材(1, 2)を接合する摩擦攪拌接合方法であって、金属部材(1, 2)の突合せ部(J1)に回転した回転ツール(仮接合用回転ツール)(F)の攪拌ピン(F2)を挿入し、攪拌ピン(F2)のみを金属部材(1, 2)に接触させた状態でスポット仮付けを行う仮接合工程と、突合せ部(J1)に回転した回転ツール(本接合用回転ツール)(F)の攪拌ピン(F2)を挿入し、攪拌ピン(F2)のみを金属部材(1, 2)に接触させた状態で突合せ部(J1)に沿って相対移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称： 摩擦攪拌接合方法

技術分野

[0001] 本発明は、摩擦攪拌接合方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、金属部材同士が突き合わされた突合せ部に対して、小型の回転ツールで仮接合工程を行った後、大型の回転ツールで本接合工程を行う摩擦攪拌接合方法が記載されている。仮接合工程を行うことにより、本接合工程の際に、突合せ部の目開きを防ぐことができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-274320号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 当該摩擦攪拌接合方法の仮接合工程は、小型の回転ツールのショルダ部を数ミリ程度金属部材に押し込んで接合するというものである。当該接合方法であると、ショルダ部を金属部材に押し込むため摩擦攪拌装置に作用する負荷が大きくなるという問題がある。

[0005] そこで、本発明は、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる摩擦攪拌接合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] このような課題を解決するために本発明は、二つの金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記金属部材の突合せ部に回転した仮接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態でスポット仮付けを行う仮接合工程と、前記突合せ部に回転した本接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って相対移動させて摩擦攪拌接合を行う本接

合工程と、を含むことを特徴とする。

また、本発明は、表面の高さが変化する金属部材同士を突き合わせて高さが変化する突合せ部を形成する突合せ工程と、高さが変化する前記突合せ部に対して回転した仮接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態でスポット仮付けを行う仮接合工程と、前記突合せ部に回転した本接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って相対的に移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。

[0007] かかる摩擦攪拌接合方法によれば、攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で突合せ部のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように突合せ部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。また、本接合工程においても攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。

[0008] また、前記本接合工程では、高さが変化する前記突合せ部に対する前記攪拌ピンの挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行うことが好ましい。

また、前記本接合工程では、摩擦攪拌によって形成される塑性化領域の深さがほぼ一定になるように、高さが変化する前記突合せ部に対する前記攪拌ピンの挿入深さを調節することが好ましい。

[0009] かかる摩擦攪拌接合方法によれば、接合部の接合強度をほぼ一定に保つことができる。

[0010] また、前記仮接合用回転ツール及び前記本接合用回転ツールは同一の回転ツールであることが好ましい。かかる摩擦攪拌接合方法によれば、回転ツールの交換を行う必要が無いため作業効率を高めることができる。

[0011] このような課題を解決するために本発明は、二つの金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記金属部材の突合せ部に溶接でスポット仮付けを行う仮接合工程と、前記突合せ部に回転した回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿

って相対移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。

また、本発明は、表面の高さが変化する金属部材同士を突き合わせて高さが変化する突合せ部を形成する突合せ工程と、高さが変化する前記突合せ部に対して溶接でスポット仮付けを行う仮接合工程と、前記突合せ部に回転した回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って相対的に移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。

[0012] かかる摩擦攪拌接合方法によれば、仮接合工程においては溶接で突合せ部のスポット仮付けを行うため、従来のように突合せ部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。また、本接合工程においては攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。

[0013] また、前記仮接合工程では、M I G溶接、T I G溶接又はレーザー溶接を行うことが好ましい。また、前記仮接合工程では、溶加材を供給しつつ溶接を行い前記突合せ部に溶接金属を形成し、前記本接合工程では、前記攪拌ピンのみを前記金属部材及び前記溶接金属に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことが好ましい。

[0014] また、前記本接合工程では、高さが変化する前記突合せ部に対する前記攪拌ピンの挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行うことが好ましい。

また、前記本接合工程では、摩擦攪拌によって形成される塑性化領域の深さがほぼ一定になるように、高さが変化する前記突合せ部に対する前記攪拌ピンの挿入深さを調節することが好ましい。

[0015] かかる摩擦攪拌接合方法によれば、接合部の接合強度をほぼ一定に保つことができる。

[0016] 前記課題を解決するために本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の端面とを突き合わせて突

合せ部を形成するとともに、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の表面とで前記突合せ部の端部に位置する内隅を形成する突合せ工程と、前記内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程と、仮接合された前記内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。

[0017] また、前記課題を解決するための本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の裏面とを重ね合わせて重合部を形成する重ね合せ工程と、前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の端面とで形成され、前記重合部の一端部に位置する表内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程と、仮接合された前記表内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して前記表内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。

[0018] また、前記第一金属部材の端面と板状の第二金属部材の裏面とで形成され、前記重合部の他端部に位置する裏内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う第二の仮接合工程と、仮接合された前記裏内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して前記裏内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う第二の本接合工程と、をさらに含むことが好ましい。

[0019] かかる摩擦攪拌接合方法によれば、内隅を接合する場合において、攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で突合せ部のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように突合せ部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。また、本接合工程においても攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。

- [0020] また、摩擦攪拌接合方法において、前記仮接合用回転ツール及び前記本接合用回転ツールは同一の回転ツールであることが好ましい。かかる摩擦攪拌接合方法によれば、回転ツールの交換を行う必要が無いため作業効率を高めることができる。
- [0021] 前記課題を解決するために本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の端面とを突き合わせて突合せ部を形成するとともに、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の表面とで前記突合せ部の端部に位置する内隅を形成する突合せ工程と、前記内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程と、仮接合された前記内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。
- [0022] また、前記課題を解決するために本発明は、攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の裏面とを重ね合わせて重合部を形成する重ね合せ工程と、前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の端面とで形成され、前記重合部の一端部に位置する表内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程と、仮接合された前記表内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して前記表内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする。
- [0023] また、前記第一金属部材の端面と板状の第二金属部材の裏面とで形成され、前記重合部の他端部に位置する裏内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う第二の仮接合工程と、仮接合された前記裏内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して前記裏内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う第二の本接合工程と、をさらに含むことが好ましい。
- [0024] かかる摩擦攪拌接合方法によれば、内隅を接合する場合の仮接合工程においては溶接で突合せ部のスポット仮付けを行うため、仮付けを摩擦攪拌にて行う場合より、摩擦攪拌装置に作用する負担を軽減できる。さらに、従来の

ように突合せ部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。また、本接合工程においても攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。

[0025] 前記課題を解決するために本発明は、攪拌ピンを備えた本接合用回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法である。そして、表面の高さが変化する前記第一金属部材および前記第二金属部材を突き合わせて、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の表面とで形成される内隅を形成しつつ、高さが変化する突合せ部を形成する突合せ工程と、前記内隅に前記本接合用回転ツールの前記攪拌ピンのみを挿入して、前記内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴としている。

[0026] 前記課題を解決するために本発明は、攪拌ピンを備えた本接合用回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法である。そして、表面の高さが変化する前記第一金属部材の表面と、裏面の高さが変化する前記第二金属部材の裏面とを重ね合わせて、前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の端面とで形成される表内隅を形成しつつ、高さが変化する重合部を形成する重ね合せ工程と、前記表内隅に前記本接合用回転ツールの前記攪拌ピンのみを挿入して、前記表内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴としている。

また、前記本接合工程において、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の裏面とで形成される裏内隅に前記本接合用回転ツールの前記攪拌ピンのみを挿入して、前記裏内隅に沿って摩擦攪拌接合を行うことが好ましい。

[0027] かかる摩擦攪拌接合方法によれば、内隅を接合する場合において、本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。

[0028] また、前記本接合工程の前に、前記内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程を含むことが好ま

しい。

また、前記本接合工程の前に、前記表内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程を含むことが好ましい。

また、前記本接合工程の前に、前記裏内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程を含むことが好ましい。

かかる摩擦攪拌接合方法によれば、攪拌ピンのみを金属部材に接触させた状態で突合せ部のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように突合せ部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。

[0029] また、前記本接合工程の前に、前記内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程を含むことが好ましい。

また、前記本接合工程の前に、前記表内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程を含むことが好ましい。

また、前記本接合工程の前に、前記裏内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程を含むことが好ましい。

かかる摩擦攪拌接合方法によれば、仮接合工程において、溶接で突合せ部のスポット仮付けを行うため、仮付けを摩擦攪拌にて行う場合より、摩擦攪拌装置に作用する負担を軽減できる。また、従来のように突合せ部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。

[0030] また、摩擦攪拌接合方法において、前記仮接合用回転ツールおよび前記本接合用回転ツールは同一の回転ツールであることが好ましい。かかる摩擦攪拌接合方法によれば、回転ツールの交換を行う必要が無いため作業効率を高めることができる。

発明の効果

[0031] 本発明に係る摩擦攪拌接合方法によれば、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程を示す斜視図である

。

[図2]第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である

。

[図3]第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す斜視図である

。

[図4]第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程前を示す斜視図である。

[図5]第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程後を示す斜視図である。

[図6]第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である

。

[図7]第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である

。

[図8]第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。

[図9]第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である

。

[図10]第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す斜視図である。

[図11]第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図12]第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である。

[図13]第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。

[図14]第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程を示す斜視図であ

る。

[図15]第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図16]第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す斜視図である。

[図17]第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である。

[図18]第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程を示す斜視図である。

[図19]第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図20]第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す斜視図である。

[図21]第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である。

[図22]第七実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程前を示す斜視図である。

[図23]第七実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程後を示す斜視図である。

[図24]第七実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図25]第七実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である。

[図26]第七実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。

[図27]第八実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図28]第八実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す斜視図であ

る。

[図29]第八実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である。

[図30]第九実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図31]第九実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す斜視図である。

[図32]第九実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である。

[図33]第十実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図34]第十実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示す断面図である。

[図35]第十実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。

[図36]第十一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の突合せ工程前を示す斜視図である。

[図37]第十一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程を示す斜視図である。

[図38]第十一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示した図で、表内隅を本接合する工程の斜視図である。

[図39]第十一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の本接合工程を示した図で、裏内隅を本接合する工程の斜視図である。

[図40]第十一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の仮接合工程の変形例を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0033] [第一実施形態]

本発明の第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について、図面を参照して

詳細に説明する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。なお、以下の説明における「表面」とは、「裏面」の反対側の面という意味である。

[0034] 突合せ工程は、図 1 に示すように、金属部材 1, 2 を突き合わせる工程である。金属部材 1, 2 は、アルミニウム合金製の板状部材である。金属部材 1, 2 の材料は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等の摩擦攪拌可能な金属から適宜選択される。突合せ工程では、金属部材 1 の端面 1 a と、金属部材 2 の端面 2 a とを突き合わせて突合せ部 J 1 を形成する。また、突合せ工程では、金属部材 1, 2 の表面 1 b, 2 b、裏面 1 c, 2 c 及び側面 1 d, 2 d をそれぞれ面一にする。

[0035] また、突合せ工程では、タブ材 T, T を突合せ部 J 1 の両端に配置する。タブ材 T の表面 T a は、金属部材 1, 2 の表面 1 b, 2 b と面一にする。また、タブ材 T の裏面 T b は、金属部材 1, 2 の裏面 1 c, 2 c と面一にする。

[0036] 仮接合工程は、図 2 に示すように、回転ツール F（仮接合用回転ツール）を用いて突合せ部 J 1 に対して仮接合を行う工程である。回転ツール F は、例えば工具鋼で形成されている。連結部 F 1 は、摩擦攪拌装置の回転軸に連結される部位である。連結部 F 1 は円柱状を呈する。

[0037] 攪拌ピン F 2 は、連結部 F 1 から垂下しており、連結部 F 1 と同軸になっている。攪拌ピン F 2 は連結部 F 1 から離間するにつれて先細りになっている。攪拌ピン F 2 の外周面には螺旋溝が刻設されている。本実施形態では、回転ツール F を右回転させるため、螺旋溝は、基端から先端に向かうにつれて左回りに形成されている。

[0038] なお、回転ツール F を左回転させる場合は、螺旋溝を基端から先端に向かうにつれて右回りに形成することが好ましい。螺旋溝をこのように設定することで、摩擦攪拌の際に塑性流動化した金属が螺旋溝によって攪拌ピン F 2 の先端側に導かれる。これにより、被接合金属部材（金属部材 1, 2）の外

部に溢れ出る金属の量を少なくすることができる。

[0039] 仮接合工程では、回転させた回転ツールFの攪拌ピンF2のみを突合せ部J1に接触させてスポット仮付けを行う。仮接合工程では、所定の間隔をあけて攪拌ピンF2のみを突合せ部J1に浅く押し込んでいく。攪拌ピンF2の押し込み跡には塑性化領域W0が形成される。また、仮接合工程では、金属部材1, 2とタブ材Tとの突合せ部に対してもスポット仮付けを行うとともに、タブ材Tと金属部材1, 2とで構成された内隅に対してもスポット仮付けを行い、タブ材Tと金属部材1, 2とを仮接合する。回転ツールFは、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたアームロボットに取り付けられることが好ましい。これにより、回転ツールFの回転中心軸を容易に傾けることができるため、内隅等も容易にスポット仮付けを行うことができる。

[0040] 本接合工程は、図3に示すように、回転ツールF（本接合用回転ツール）を用いて突合せ部J1に対して本接合を行う工程である。本接合工程では、一方のタブ材Tに設定した開始位置Spに右回転させた回転ツールFを挿入した後、突合せ部J1に沿って回転ツールFを相対移動させる。本接合工程では、攪拌ピンF2のみを金属部材1, 2に接触させ、攪拌ピンF2の基端側は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域W1が形成される。回転ツールFが他方のタブ材Tに設定した終了位置Epに達したら、タブ材Tから回転ツールFを離脱させる。

[0041] 以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、攪拌ピンF2のみを金属部材1, 2に接触させた状態で突合せ部J1のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように突合せ部J1の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の接合工程は、突合せ部J1の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピンF2のみを金属部材1, 2に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部J

1の深い位置を接合できる。

[0042] また、本実施形態では、仮接合工程を行う回転ツールF（仮接合用回転ツール）と、本接合工程を行う回転ツール（本接合用回転ツール）は同一の回転ツールを用いている。これにより、各工程で回転ツールの交換を行う必要が無いので作業効率を高めることができる。

[0043] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、仮接合用回転ツール又は本接合用回転ツールに、ショルダ部及び攪拌ピンを備えた回転ツールを用いてもよい。また、仮接合工程と、本接合工程とで異なる回転ツールを用いてもよい。また、本接合工程は、金属部材1, 2の表面1b, 2b側からのみ行っていたが、裏面1c, 2c側から行ってもよい。このとき、表面1b, 2bに形成された塑性化領域W1と裏面1c, 2c側に形成された塑性化領域とが重複するようにすれば突合せ部J1の接合強度を高めることができる。

[0044] [第二実施形態]

次に、本発明の第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。

[0045] 突合せ工程は、図4に示すように、同形状からなる金属部材101, 101を突き合わせる工程である。金属部材101, 101は、本実施形態ではアルミニウム合金製であるが、摩擦攪拌接合が可能な金属から適宜選択すればよい。

[0046] 金属部材101は、直方体を呈する本体部102と、本体部102の上に形成され断面台形状を呈する凸部103とで構成されている。凸部103の表面103aは、本体部102の表面102a, 102bよりも上方に位置している。凸部103の第一表面103bは、傾斜しており本体部102の表面102aと凸部103の表面103aとを連結している。また、凸部103の第二表面103cは、傾斜しており本体部102の表面102bと凸部103の表面103aとを連結している。

[0047] 突合せ工程では、金属部材 101, 101 の各表面同士が面一になるように突き合わせる。図 5 に示すように、突合せ工程によって端面 101a, 101a が面接触して突合せ部 J2 が形成される。突合せ部 J2 はその高さ位置が変化するように形成される。つまり、突合せ部 J2 は、摩擦攪拌の始点（挿入位置）の高さ（標高）を基準高さとする、始点から終点に至るまでに基準高さと高さの異なる区間が存在している。本実施形態では、突合せ部 J2 は、第一平部 Ja と、第一傾斜部 Jb と、第二平部 Jc と、第二傾斜部 Jd と、第三平部 Je とで構成されている。

[0048] 仮接合工程では、図 6 に示すように、回転ツール F（仮接合用回転ツール）の攪拌ピン F2 のみを突合せ部 J2 に接触させてスポット仮付けを行う。仮接合工程では、所定の間隔をあけて回転させた攪拌ピン F2 のみを突合せ部 J2 に浅く押し込んでいく。攪拌ピン F2 の押し込み跡には塑性化領域 W0 が形成される。

[0049] 本接合工程は、図 7 に示すように、回転ツール F（本接合用回転ツール）を用いて突合せ部 J2 に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。本接合工程では、突合せ部 J2 の第一平部 Ja の端部に回転した回転ツール F の攪拌ピン F2 を挿入し、突合せ部 J2 に沿って回転ツール F を相対移動させる。本実施形態では、回転ツール F の回転中心軸が、常に鉛直軸と平行となる状態で摩擦攪拌を行う。本接合工程によって攪拌ピン F2 の周囲が摩擦攪拌され金属部材 101, 101 が接合される。回転ツール F の移動軌跡には、塑性化領域 W1 が形成される。

[0050] 本実施形態に係る本接合工程では、突合せ部 J2 に対する攪拌ピン F2 の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ、攪拌ピン F2 のみを金属部材 101, 101 に接触させた状態で摩擦攪拌を行う。本実施形態に係る本接合工程では、金属部材 101, 101 が固定された架台（図示省略）に対して回転ツール F を上下動させることにより摩擦攪拌を行う。

[0051] これにより、第一平部 Ja の塑性化領域 W1 の深さ Za、第一傾斜部 Jb の塑性化領域 W1 の深さ Zb（第一表面 103b と直交する線上における塑

性化領域W 1の深さ)及び第二平部J cの塑性化領域W 1の深さZ cをほぼ同等にすることができる。攪拌ピンF 2の「挿入深さ」とは、回転ツールFの回転中心軸上における金属部材1 0 1の表面から攪拌ピンF 2の先端までの距離を意味する。

[0052] なお、本実施形態に係る本接合工程では、架台(図示省略)に対して回転ツールFを上下動させたが、回転ツールFの高さ位置を固定して、架台を上下動させることにより摩擦攪拌を行ってもよい。また、第二実施形態では、第一実施形態と同様に突合せ部J 2の両端にタブ材を設け、当該タブ材に本接合工程の開始位置及び終了位置を設定してもよい。

[0053] 以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、攪拌ピンF 2のみを金属部材1 0 1, 1 0 1に接触させた状態で突合せ部J 2のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように突合せ部J 2の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態に係る仮接合工程は、突合せ部J 2の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピンF 2のみを金属部材1 0 1, 1 0 1に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部J 2の深い位置を接合することができる。

[0054] また、本実施形態では、仮接合工程を行う回転ツールF(仮接合用回転ツール)と、本接合工程を行う回転ツール(本接合用回転ツール)は同一の回転ツールを用いている。これにより、各工程で回転ツールの交換を行う必要が無いため作業効率を高めることができる。

[0055] また、本接合工程では、高さに変化する突合せ部J 2に対する攪拌ピンF 2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行っているため、接合部の接合強度をほぼ一定に保つことができる。

[0056] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、仮接合用回転ツール又は本接合用回転ツールに、ショルダ部及び攪拌ピンを備えた回転ツールを用いても

よい。また、仮接合工程と、本接合工程とで異なる回転ツールを用いてもよい。

[0057] 図8は、第二実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。図8に示すように、変形例では、本接合工程を行う際に、回転ツールFを接合面に対して垂直に挿入しつつ摩擦攪拌を行う。変形例の本接合工程では、第一平部J a、第二平部J c及び第三平部J eにおいては、第二実施形態と同様に回転ツールFの回転中心軸を鉛直軸と平行にした状態で摩擦攪拌を行う。一方、第一傾斜部J b及び第二傾斜部J dにおいては、回転ツールFを鉛直軸に対して傾斜させて、第一傾斜部J b及び第二傾斜部J dの接合面（第一表面103 b、第二表面103 c）に対して回転ツールFの回転中心軸を垂直にした状態で摩擦攪拌を行う。

[0058] 変形例を行う場合は、例えば、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたロボットアームに回転ツールFを取り付けて摩擦攪拌を行うことが好ましい。このような摩擦攪拌装置によれば、鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を容易に変更することができる。これにより、突合せ部J 2の高さが変化する場合においても、摩擦攪拌中に鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を変更することで、接合面に対して回転ツールFを常に垂直にした状態で連続して摩擦攪拌を行うことができる。

[0059] 前記した変形例であっても、第二実施形態と略同等の効果を奏することができる。また、回転ツールFを各接合面に対して垂直に挿入することができるため、傾斜面であっても突合せ部J 2の深い位置まで摩擦攪拌を行うことができる。なお、接合面が曲面である場合は、その接合面の法線と回転ツールFの回転中心軸とを重ね合わせつつ摩擦攪拌を行えばよい。

[0060] [第三実施形態]

本発明の第三実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について、図面を参照して詳細に説明する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。第三実施形態では、第一実施形態と相違する部分を中心に説明する。

- [0061] 仮接合工程は、図 9 に示すように、突合せ部 J 1 に対して溶接で仮接合を行う工程である。溶接の種類は特に制限されないが、例えば、M I G 溶接、T I G 溶接等のアーク溶接やレーザー溶接で行うことができる。本実施形態の仮接合工程では、レーザー溶接を例示している。
- [0062] 仮接合工程では、溶接トーチ H を突合せ部 J 1 に近接させつつ、所定の間隔をあけてスポット仮付けを行う。スポット仮付けを行った部分には、溶接痕 W 1 0 が形成される。また、仮接合工程では、金属部材 1, 2 とタブ材 T との突合せ部に対してもスポット仮付けを行うとともに、タブ材 T と金属部材 1, 2 とで構成された内隅に対してもスポット仮付けを行い、タブ材 T と金属部材 1, 2 とを仮接合する。
- [0063] 本接合工程は、図 1 0 に示すように、回転ツール F (本接合用回転ツール) を用いて突合せ部 J 1 に対して本接合を行う工程である。
- [0064] 本接合工程では、一方のタブ材 T に設定した開始位置 S p に右回転させた回転ツール F を挿入した後、突合せ部 J 1 に沿って回転ツール F を相対移動させる。本接合工程では、攪拌ピン F 2 のみを金属部材 1, 2 に接触させ、攪拌ピン F 2 の基端側は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。回転ツール F の移動軌跡には塑性化領域 W 1 が形成される。回転ツール F が他方のタブ材 T に設定した終了位置 E p に達したら、タブ材 T から回転ツール F を離脱させる。
- [0065] 以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、仮接合工程においては溶接で突合せ部 J 1 のスポット仮付けを行うことで、従来のように突合せ部 J 1 の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の仮接合工程は、突合せ部 J 1 の全長が長い場合等においては特に有効である。また、本接合工程においては攪拌ピンのみを金属部材 1, 2 に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。さらに、本接合工程では攪拌ピン F 2 のみを金属部材 1, 2 に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部 J 1 の

深い位置を接合できる。

[0066] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。また、本接合工程は、金属部材 1, 2 の表面 1 b, 2 b 側からのみ行ったが、裏面 1 c, 2 c 側からも行ってもよい。このとき、表面 1 b, 2 b に形成された塑性化領域 W 1 と裏面 1 c, 2 c 側に形成された塑性化領域とが重複するようにすれば突合せ部 J 1 の接合強度を高めることができる。

[0067] また、仮接合工程の T I G 溶接、M I G 溶接又はレーザ溶接等において、溶加材を用いて溶接を行う場合は、突合せ部 J 1 に溶接金属が形成される。この場合は、本接合工程において、攪拌ピン F 2 のみに金属部材 1, 2 及び溶接金属を接触させた状態で摩擦攪拌接合を行う。

[0068] [第四実施形態]

次に、本発明の第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。本実施形態では、第二実施形態と相違する部分を中心に説明する。

[0069] 仮接合工程は、図 1 1 に示すように、突合せ部 J 2 に対して溶接で仮接合を行う工程である。溶接の種類は特に制限されないが、例えば、M I G 溶接、T I G 溶接等のアーク溶接やレーザー溶接で行うことができる。本実施形態の仮接合工程では、T I G 溶接（肉盛溶接）を例示している。

[0070] 仮接合工程では、溶接トーチ H 1 を突合せ部 J 1 に近接させ溶加材（図示省略）を供給しつつ、所定の間隔をあけてスポット仮付けを行う。スポット仮付けを行った部分には、溶接金属 Y が形成される。

[0071] 本接合工程は、図 1 2 に示すように、回転ツール F（本接合用回転ツール）を用いて突合せ部 J 2 に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。本接合工程では、突合せ部 J 2 の第一平部 J a の端部に回転した回転ツール F の攪拌ピン F 2 を挿入し、突合せ部 J 2 に沿って回転ツール F を相対移動させる。本実施形態では、回転ツール F の回転中心軸が、常に鉛直軸と平行となる状

態で摩擦攪拌を行う。本接合工程によって攪拌ピンF 2の周囲の金属部材101, 101が摩擦攪拌され金属部材101, 101が接合される。回転ツールFの移動軌跡には、塑性化領域W1が形成される。

[0072] 本実施形態に係る本接合工程では、突合せ部J 2に対する攪拌ピンF 2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ、攪拌ピンF 2のみを金属部材101, 101及び溶接金属Yに接触させた状態で摩擦攪拌を行う。本実施形態に係る本接合工程では、金属部材101, 101が固定された架台（図示省略）に対して回転ツールFを上下動させることにより摩擦攪拌を行う。

[0073] これにより、第一平部J aの塑性化領域W1の深さZ a、第一傾斜部J bの塑性化領域W1の深さZ b（第一表面103 bと直交する線上における塑性化領域W1の深さ）及び第二平部J cの塑性化領域W1の深さZ cをほぼ同等にすることができる。

[0074] なお、本実施形態に係る本接合工程では、架台（図示省略）に対して回転ツールFを上下動させたが、回転ツールFの高さ位置を固定して、架台を上下動させることにより摩擦攪拌を行ってもよい。また、第二実施形態では、第一実施形態と同様に突合せ部J 2の両端にタブ材を設け、当該タブ材に本接合工程の開始位置及び終了位置を設定してもよい。

[0075] 以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、仮接合工程においては溶接で突合せ部J 2のスポット仮付けを行うことで、従来のように突合せ部J 2の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の仮接合工程は、突合せ部J 2の全長が長い場合等においては特に有効である。また、本接合工程においては攪拌ピンのみを金属部材101, 101及び溶接金属Yに接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。さらに、本接合工程では攪拌ピンF 2のみを金属部材101, 101及び溶接金属Yに接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部J 2の深い位置を接合できる。

[0076] また、本接合工程では、高さが変化する突合せ部J 2に対する攪拌ピンF

2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行っているため、接合部の接合強度をほぼ一定に保つことができる。

[0077] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。図13は、第四実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。図13に示すように、変形例では、本接合工程を行う際に、回転ツールFを接合面に対して垂直に挿入しつつ摩擦攪拌を行う。変形例の本接合工程では、第一平部Ja、第二平部Jc及び第三平部Jeにおいては、第三実施形態と同様に回転ツールFの回転中心軸を鉛直軸と平行にした状態で摩擦攪拌を行う。一方、第一傾斜部Jb及び第二傾斜部Jdにおいては、回転ツールFを鉛直軸に対して傾斜させて、第一傾斜部Jb及び第二傾斜部Jdの接合面（第一表面103b、第二表面103c）に対して回転ツールFの回転中心軸を垂直にした状態で摩擦攪拌を行う。

[0078] 変形例を行う場合は、例えば、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたロボットアームに回転ツールFを取り付けて摩擦攪拌を行うことが好ましい。このような摩擦攪拌装置によれば、鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を容易に変更することができる。これにより、突合せ部J2の高さが変化する場合においても、摩擦攪拌中に鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を変更することで、接合面に対して回転ツールFを常に垂直にした状態で連続して摩擦攪拌を行うことができる。

[0079] 前記した変形例であっても、第三実施形態と略同等の効果を奏することができる。また、回転ツールFを各接合面に対して垂直に挿入することができるため、傾斜面であっても突合せ部J2の深い位置まで摩擦攪拌を行うことができる。なお、接合面が曲面である場合は、その接合面の法線と回転ツールFの回転中心軸とを重ね合わせつつ摩擦攪拌を行えばよい。

[0080] [第五実施形態]

次に、本発明の第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。第五実施形態では、厚さの異なる二つの金属板（第一金属部材と第二金属部

材)を接合する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。

[0081] 突合せ工程は、図14に示すように、厚さの異なる第一金属部材201と第二金属部材202とを突き合わせる工程である。第一金属部材201および第二金属部材202は、アルミニウム合金製の板状部材からなる。第一金属部材201および第二金属部材202の材料は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等の摩擦攪拌可能な金属から適宜選択される。第二金属部材202は、第一金属部材201よりも薄い。突合せ工程では、第一金属部材201の端面201aと、第二金属部材202の端面202aとを突き合わせて突合せ部J21を形成する。

[0082] 突合せ工程では、第一金属部材201の裏面(下面)201cと第二金属部材202の裏面(下面)202cとを面一とするので、第一金属部材201の表面(上面)201bが、第二金属部材202の表面(上面)202bより上方に位置している。また、第一金属部材201の側面201dと第二金属部材202の側面202dとを面一とする。ここで、突合せ部J21の端部(第一金属部材201の厚さ方向端部)には、第一金属部材201の端面201aと第二金属部材202の表面202bとで内隅C1が形成される。内隅C1は、第一金属部材201の端面201aに突き当たる第二金属部材202の表面202bの端縁に沿って延在している。

[0083] また、突合せ工程では、タブ材T、Tを内隅C1の延在方向の両端に配置する。タブ材Tの表面Taは、第二金属部材202の表面2bと面一にする。また、タブ材Tの裏面Tbは、第一金属部材201の裏面201cおよび第二金属部材202の裏面202cと面一にする。

[0084] 仮接合工程は、図15に示すように、回転ツールF(仮接合用回転ツール)を用いて内隅C1に対して仮接合を行う工程である。

[0085] 仮接合工程では、回転させた回転ツールFの攪拌ピンF2のみを突合せ部J21の端部の内隅C1に接触させてスポット仮付けを行う。仮接合工程で

は、所定の間隔をあけて攪拌ピンF 2のみを突合せ部J 2 1に浅く押し込んでいく。このとき、攪拌ピンF 2が第一金属部材2 0 1の端面2 0 1 aの上部に干渉しないように、回転ツールFを傾斜させる。回転ツールFは、連結部F 1が第二金属部材2 0 2側になるように傾斜させる。攪拌ピンF 2の押し込み跡には、塑性化領域W 0が形成される。回転ツールFは、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたアームロボット（図示せず）に取り付けられることが好ましい。これにより、回転ツールFの回転中心軸を容易に傾けることができるため、容易に内隅C 1のスポット仮付けを行うことができる。

[0086] また、仮接合工程では、第一金属部材2 0 1とタブ材Tとの突合せ部、および第二金属部材2 0 2とタブ材Tとの突合せ部に対してもスポット仮付けを行い、タブ材Tと第一金属部材2 0 1および第二金属部材2 0 2とを仮接合する。第一金属部材2 0 1とタブ材Tとの突合せ部の端部には、第一金属部材2 0 1の側面2 0 1 dとタブ材Tの表面T aとで形成される内隅C 2と、第一金属部材2 0 1の側面2 0 1 dとタブ材Tの側面T cとで形成される内隅C 3が形成されている。第二金属部材2 0 2とタブ材Tとの突合せ部の端部には、第二金属部材2 0 2の表面2 0 2 bとタブ材Tの表面T aとで形成される面一部と、第二金属部材2 0 2の側面2 0 2 dとタブ材Tの側面T cとで形成される内隅C 4とが形成されている。面一部をスポット仮付けする際には、回転ツールFの回転中心軸を、第二金属部材2 0 2の表面2 0 2 bに直交させる。内隅C 2，C 3，C 4をスポット仮付けする際には、攪拌ピンF 2が第一金属部材2 0 1の側面2 0 1 dまたは第二金属部材2 0 2の側面2 0 2 dに干渉しないように、回転ツールFを傾斜させる。回転ツールFは、連結部F 1がタブ材T側になるように傾ける。

[0087] 本接合工程は、図1 6に示すように、回転ツールF（本接合用回転ツール）を用いて突合せ部J 2 1の内隅C 1に対して本接合を行う工程である。本接合工程では、一方のタブ材Tに設定した開始位置S pに右回転させた回転ツールFを挿入した後、突合せ部J 2 1の内隅C 1に沿って回転ツールFを

相対移動させる。本接合工程では、攪拌ピンF 2のみを第一金属部材201および第二金属部材202に接触させ、攪拌ピンF 2の基端側は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。タブ材T上では、回転ツールFの回転中心軸がタブ材Tの表面Taに直交した状態で回転ツールFを移動させる。回転ツールFが内隅C1の近傍まで移動すると、回転ツールFを第二金属部材202側（表面が低い金属部材側）に傾斜させる。回転ツールFの傾斜角度は、第一金属部材201の表面201bと第二金属部材202の表面202bとの段差の高さ寸法に応じて適宜設定される。図17に示すように、本実施形態では、回転ツールFの回転中心軸が、第二金属部材202の表面202bに対して60°程度傾斜しており、攪拌ピンF 2の先端部が、第一金属部材201と第二金属部材202との突合せ面（第一金属部材201の端面201aと第二金属部材202の端面202aとの当接面）から離れすぎないようにしている。回転ツールFが内隅C1から離反して他方のタブ材T上に移動すると、回転ツールFの回転中心軸をタブ材Tの表面Taに直交する状態に戻す。回転ツールFが他方のタブ材Tに設定した終了位置Epに達したら、タブ材Tから回転ツールFを離脱させる。以上の工程によって、回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域W1が形成される。

[0088] 以上説明した第五実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、攪拌ピンF 2のみを第一金属部材201および第二金属部材202に接触させた状態で突合せ部J 21の内隅C1のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように突合せ部J 21の内隅C1の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の接合工程は、内隅C1の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピンF 2のみを第一金属部材201および第二金属部材202に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部J 21の深い位置を接合できる。

[0089] また、本実施形態では、回転ツールFの頭部を段差の下側となる第二金属

部材 202 側に傾斜させているので、塑性化領域 W1 を攪拌ピン F2 の周囲にバランスよく形成することができる。また、回転ツール F の傾斜角度を段差の高さ寸法に応じて設定している。攪拌ピン F2 の先端部が、第一金属部材 201 と第二金属部材 202 との突合せ面から離れすぎないように傾斜角度を設定している。これによって、突合せ面の広い範囲に亘って塑性化領域 W1 が形成されるので、接合強度を高めることができる。

[0090] さらに、本実施形態では、仮接合工程を行う回転ツール F（仮接合用回転ツール）と、本接合工程を行う回転ツール（本接合用回転ツール）は同一の回転ツールを用いている。これにより、各工程で回転ツールの交換を行う必要が無いため作業効率を高めることができる。

[0091] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、仮接合用回転ツール又は本接合用回転ツールに、ショルダ部及び攪拌ピンを備えた回転ツールを用いてもよい。また、仮接合工程と、本接合工程とで異なる回転ツールを用いてもよい。また、本接合工程は、第一金属部材 201 の表面 201b および第二金属部材 202 の表面 202b 側からのみ行ったが、裏面 201c, 202c 側からも行ってもよい。このとき、表面 201b, 202b に形成された塑性化領域 W1 と裏面 201c, 202c 側に形成された塑性化領域（図示せず）とが重複するようにすれば突合せ部 J21 の接合強度を高めることができる。

[0092] また、本実施形態では、厚さの異なる第一金属部材 201 と第二金属部材 202 とを突き合わせて内隅 C1 を形成したが、厚さが等しい第一金属部材の端部と第二金属部材の端部とをオフセットして突き合わせることで、内隅を形成してもよい。

[0093] [第六実施形態]

次に、本発明の第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について、詳細に説明する。第六実施形態では、重ね合わされた二つの金属板（第一金属部材と第二金属部材）を接合する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、重ね

合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。

[0094] 重ね合せ工程は、図 18 に示すように、第一金属部材 301 と第二金属部材 302 とを重ね合わせる工程である。第一金属部材 301 および第二金属部材 302 は、アルミニウム合金製の板状部材からなる。第一金属部材 301 および第二金属部材 302 の材料は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等の摩擦攪拌可能な金属から適宜選択される。本実施形態では、第一金属部材 301 の厚さ寸法は、第二金属部材 302 の厚さ寸法と同じである。なお、第一金属部材 301 の厚さ寸法と第二金属部材 302 の厚さ寸法は異なってもよい。

[0095] 重ね合せ工程では、第一金属部材 301 の表面 301b と、第二金属部材 302 の裏面 302c とを重ね合わせて重合部 K301 を形成する。ここで、重合部 K301 の一端部（第二金属部材 302 の端面 302a の直交方向の端面 302a 側の端部）には、第一金属部材 301 の表面 301b と第二金属部材 302 の端面 302a とで表内隅 C301 が形成されている。表内隅 C301 は、第一金属部材 301 の表面 301b に交差する第二金属部材 302 の端面 302a の下端縁に沿って延在している。また、重合部 K301 の他端部（第二金属部材 302 の端面 302a の直交方向の第一金属部材 301 の端面 301a 側の端部）には、第一金属部材 301 の端面 301a と第二金属部材 302 の裏面 302c とで裏内隅 C302 が形成されている。裏内隅 C302 は、第二金属部材 302 の裏面 302c に交差する第一金属部材 301 の端面 301a の上端縁に沿って延在している。

[0096] また、重ね合せ工程では、タブ材 T1, T1 を表内隅 C301 の延在方向の両端に配置する。タブ材 T1 は、第一金属部材 301 の側面 301d に当接させる。タブ材 T1 の表面 T1a は、第一金属部材 301 の表面 301b および第二金属部材 302 の裏面 302c と面一にする。また、タブ材 T1 の裏面 T1b は、第一金属部材 301 の裏面 301c と面一にする。さらに、重ね合せ工程では、タブ材 T2, T2 を裏内隅 C302 の延在方向の両端

に配置する。タブ材Ｔ２は、第二金属部材３０２の側面３０２ｄに当接させる。タブ材Ｔ２の表面Ｔ２ａは、第二金属部材３０２の表面３０２ｂと面一にする。また、タブ材Ｔ１の裏面Ｔ２ｂは、第一金属部材３０１の表面３０１ｂおよび第二金属部材３０２の裏面３０２ｃと面一にする。

[0097] 仮接合工程は、図１９に示すように、回転ツールＦ（仮接合用回転ツール）を用いて表内隅Ｃ３０１および裏内隅Ｃ３０２に対して仮接合を行う工程である。回転ツールＦは、第五実施形態と同様のものであって、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたアームロボット（図示せず）に取り付けられている。

[0098] 仮接合工程では、回転させた回転ツールＦの攪拌ピンＦ２のみを表内隅Ｃ３０１および裏内隅Ｃ３０２に接触させてスポット仮付けを行う。仮接合工程では、所定の間隔をあけて攪拌ピンＦ２のみを重合部Ｋ３０１に浅く押し込んでいく。このとき、連結部Ｆ１が第一金属部材３０１側になるように回転ツールＦを傾斜させる。攪拌ピンＦ２の押し込み跡には、塑性化領域Ｗ０が形成される。

[0099] 仮接合工程では、第一金属部材３０１とタブ材Ｔ１との突合せ部、および第二金属部材３０２とタブ材Ｔ２との突合せ部に対してもスポット仮付けを行い、タブ材Ｔ１、Ｔ２と第一金属部材３０１および第二金属部材３０２とを仮接合する。第一金属部材３０１とタブ材Ｔ１との突合せ部の端部には、第二金属部材３０２の側面３０２ｄとタブ材Ｔ１の表面Ｔ１ａとで形成される内隅Ｃ３０３と、第一金属部材３０１の側面３０１ｄとタブ材Ｔ１の側面Ｔ１ｃとで形成される内隅Ｃ３０４と、第一金属部材３０１の表面３０１ｂとタブ材Ｔ１の表面Ｔ１ａとで形成される面一部とが形成されている。面一部をスポット仮付けする際には、回転ツールＦの回転中心軸を、第一金属部材３０１の表面３０１ｂに直交させる。各内隅Ｃ３０３、Ｃ３０４をスポット仮付けする際には、攪拌ピンＦ２が第一金属部材３０１、第二金属部材３０２およびタブ材Ｔ１に干渉しないように、回転ツールＦを傾斜させる。回転ツールＦは、連結部Ｆ１がタブ材Ｔ１側になるように傾ける。

[0100] 第二金属部材302とタブ材T2との突合せ部の端部には、第一金属部材301の側面301dとタブ材T2の裏面T2bとで形成される内隅C305と、第二金属部材302の側面302dとタブ材T2の側面T2cとで形成される内隅C306と、第二金属部材302の裏面302cとタブ材T2の裏面T2bとで形成される面一部とが形成されている。面一部をスポット仮付けする際には、回転ツールFの回転中心軸を、第二金属部材302の裏面302cに直交させる。各内隅C305、C306をスポット仮付けする際には、攪拌ピンF2が第一金属部材301、第二金属部材302およびタブ材T2に干渉しないように、回転ツールFを傾斜させる。回転ツールFは、連結部F1がタブ材T2側になるように傾ける。

[0101] 本接合工程は、図20に示すように、回転ツールF（本接合用回転ツール）を用いて重合部K301の表内隅C301および裏内隅C302に対して本接合を行う工程である。本実施形態では、まず、表内隅C301の本接合を行う。一方のタブ材T1に設定した開始位置Spに右回転させた回転ツールFを挿入した後、表内隅C301に沿って回転ツールFを相対移動させる。本接合工程では、攪拌ピンF2のみを第一金属部材301および第二金属部材302に接触させ、攪拌ピンF2の基端側は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。タブ材T1上では、回転ツールFの回転中心軸がタブ材T1の表面T1aに直交した状態で回転ツールFを移動させる。回転ツールFが表内隅C301の近傍まで移動すると、回転ツールFを第一金属部材301側（下側の金属部材側）に傾斜させる。図21に示すように、回転ツールFの傾斜角度は、回転ツールFの形状に応じて、適宜設定される。回転ツールFの連結部F1が第一金属部材301に干渉しない範囲で、第一金属部材301側に傾斜している。本実施形態では、回転ツールFの回転中心軸が、第一金属部材301の表面301bに対して30°程度傾斜しており、攪拌ピンF2の先端部が、第一金属部材301と第二金属部材302との重合面（第一金属部材301の表面301bと第二金属部材302の裏面302cとの当接面）から離れすぎないようにしている。回転ツールFが表内隅C30

1 から離反して他方のタブ材 T 1 上に移動すると、回転ツール F の回転中心軸をタブ材 T 1 の表面 T 1 a に直交する状態に戻す。回転ツール F が他方のタブ材 T 1 に設定した終了位置 E p に達したら、タブ材 T 1 から回転ツール F を離脱させる。以上の工程によって、回転ツール F の移動軌跡には塑性化領域 W 3 0 1 が形成される。

[0102] その後、第一金属部材 3 0 1、第二金属部材 3 0 2 およびタブ材 T 1、T 2 を上下反転させて、裏内隅 C 3 0 2 に対して本接合を行う。ここでは、一方のタブ材 T 2 の裏面 T 2 b に設定した開始位置（図示せず）に右回転させた回転ツールを挿入した後、裏内隅 C 3 0 2 に沿って回転ツール F を相対移動させ、他方のタブ材 T 2 に設定した終了位置から回転ツール F を離脱させる。途中の回転ツール F の傾斜角度や挿入深さは、表内隅 C 3 0 1 の本接合と同等である。以上の工程によって、回転ツール F の移動軌跡には塑性化領域 W 3 0 2（図 2 1 の二点鎖線にて示す）が形成される。なお、表内隅 C 3 0 1 に形成された塑性化領域 W 3 0 1 の底部と、裏内隅 C 3 0 2 に形成された塑性化領域 W 3 0 2 の底部とを重複させると、接合強度がより一層高まる。

[0103] 以上説明した第六実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、攪拌ピン F 2 のみを第一金属部材 3 0 1 および第二金属部材 3 0 2 に接触させた状態で重合部 K 3 0 1 の表内隅 C 3 0 1 と裏内隅 C 3 0 2 のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように重合部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の接合工程は、重合部 K 3 0 1 の表内隅 C 3 0 1 と裏内隅 C 3 0 2 の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピン F 2 のみを第一金属部材 3 0 1 および第二金属部材 3 0 2 に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、重合部 K 3 0 1 の奥深い位置を接合できる。

[0104] また、本実施形態では、回転ツール F の頭部を段差の底側となる第一金属

部材３０１の表面３０１ｂ側または第二金属部材３０２の裏面３０２ｃ側に傾斜させているので、塑性化領域Ｗ３０２を攪拌ピンＦ２の周囲にバランスよく形成することができる。また、回転ツールＦの傾斜角度を回転ツールＦの形状に応じて設定している。攪拌ピンＦ２の先端部が、第一金属部材３０１と第二金属部材３０２との重合面から離れすぎないように傾斜角度を設定している。これによって、重合面の広い範囲に亘って塑性化領域Ｗ３０１，Ｗ３０２が形成されるので、接合強度を高めることができる。

[0105] さらに、本実施形態では、仮接合工程を行う回転ツールＦ（仮接合用回転ツール）と、本接合工程を行う回転ツール（本接合用回転ツール）は同一の回転ツールを用いている。これにより、各工程で回転ツールの交換を行う必要が無いので作業効率を高めることができる。

[0106] [第七実施形態]

次に、本発明の第七実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、厚さの異なる二つの金属板（第一金属部材と第二金属部材）を接合する。第一金属部材と第二金属部材は、とともに表面に凸部を有する。かかる摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。

[0107] 突合せ工程は、図２２に示すように、厚さの異なる第一金属部材４１０と第二金属部材４２０を突き合わせる工程である。第一金属部材４１０および第二金属部材４２０は、本実施形態ではアルミニウム合金製であるが、摩擦攪拌接合が可能な金属から適宜選択すればよい。

[0108] 第一金属部材４１０は、直方体を呈する本体部４１１と、本体部４１１の上に形成され断面台形状を呈する凸部４１２とで構成されている。凸部４１２は、本体部４１１の中間に配置されている。凸部４１２の上部表面４１２ａは、本体部４１１の表面４１１ａ，４１１ｂよりも上方に位置している。凸部４１２の第一傾斜表面４１２ｂは、台形の斜辺部に相当する部分であって本体部４１１の表面４１１ａと凸部４１２の上部表面４１２ａとを連結している。また、凸部４１２の第二表面４１２ｃは、台形の斜辺部に相当する

部分であって本体部４１１の表面４１１ｂと凸部４１２の上部表面４１２ａとを連結している。

[0109] 第二金属部材４２０は、直方体を呈する本体部４２１と、本体部４２１の上に形成され断面台形状を呈する凸部４２２とで構成されている。凸部４２２は、本体部４２１の中間に配置されている。第二金属部材４２０の本体部４２１の厚さは、第一金属部材４１０の本体部４１１の厚さより薄い。凸部４２２の形状は、凸部４１２と同等である。凸部４２２の上部表面４２２ａは、本体部４２１の表面４２１ａ、４２１ｂよりも上方に位置している。凸部４２２の第一傾斜表面４２２ｂは、台形の斜辺部に相当する部分であって本体部４２１の表面４２１ａと凸部４２２の上部表面４２２ａとを連結している。また、凸部４２２の第二表面４２２ｃは、台形の斜辺部に相当する部分であって本体部４２１の表面４２１ｂと凸部４２２の上部表面４２２ａとを連結している。

[0110] 突合せ工程では、第一金属部材４１０の端面４１０ａと第二金属部材４２０の端面４２０ａとを突き合わせる。このとき、第一金属部材４１０の裏面（下面）４１０ｃと第二金属部材４２０の裏面（下面）４２０ｃとを面一とするので、第一金属部材４１０の本体部４１１の各表面（上面）４１１ａ、４１１ｂが、第二金属部材４２０の本体部４２１の各表面（上面）４２１ａ、４２１ｂより上方に位置している。また、第一金属部材４１０の凸部４１２の各表面（上面）４１２ａ、４１２ｂ、４１２ｃが、対応する第二金属部材４２０の凸部４２２の各表面（上面）４２２ａ、４２２ｂ、４２２ｃよりそれぞれ上方に位置している。

[0111] 図２３に示すように、突合せ工程によって端面４１０ａ、４２０ａが面接触して突合せ部Ｊ４０１が形成される。突合せ部Ｊ４０１はその高さ位置が変化するように形成される。突合せ部Ｊ４０１の端部（第二金属部材４２０の厚さ方向上端部）には、第一金属部材４１０の端面４１０ａと第二金属部材４２０の各表面４２１ａ、４２２ｂ、４２２ａ、４２２ｃ、４２１ｂとで内隅Ｃ４０１が形成される。内隅Ｃ４０１は、摩擦攪拌の始点（挿入位置）

の高さ（標高）を基準高さとする、始点から終点に至るまでに基準高さとは異なる区間が存在している。本実施形態では、内隅C 4 0 1は、第一平部C aと、第一傾斜部C bと、第二平部C cと、第二傾斜部C dと、第三平部C eとで構成されている。挿入位置は、第一平部C aにある。

[0112] 仮接合工程では、図24に示すように、回転ツールF（仮接合用回転ツール）の攪拌ピンF 2のみを突合せ部J 4 0 1の内隅C 4 0 1に接触させてスポット仮付けを行う。仮接合工程では、所定の間隔をあけて回転させた攪拌ピンF 2のみを内隅C 4 0 1の各部に浅く押し込んでいく。攪拌ピンF 2の押し込み跡には塑性化領域W 0が形成される。このとき、攪拌ピンF 2が第一金属部材4 1 0の端面4 1 0 aの上部に干渉しないように、回転ツールFを傾斜させる。回転ツールFは、連結部F 1が第二金属部材4 2 0側になるように傾斜させる。

[0113] 本接合工程は、図25に示すように、回転ツールF（本接合用回転ツール）を用いて突合せ部J 4 0 1の内隅C 4 0 1に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。本接合工程では、内隅C 4 0 1の第一平部C aの端部に回転した回転ツールFの攪拌ピンF 2を挿入し、内隅C 4 0 1に沿って回転ツールFを相対移動させる。回転ツールFは、第二金属部材4 2 0側（表面が低い金属部材側）に傾斜させる。回転ツールFの傾斜角度は、第一金属部材4 1 0の表面4 1 1 aと第二金属部材4 2 0の表面4 2 1 aとの段差の高さ寸法に応じて適宜設定される。また、回転ツールFの回転中心軸は、本体部4 2 1の表面4 2 1 a上における回転ツールFの進行方向に対しては直交している。回転ツールFは、この角度を維持しながら摩擦攪拌を行う。この本接合工程によって攪拌ピンF 2の周囲が摩擦攪拌され第一金属部材4 1 0と第二金属部材4 2 0とが接合される。回転ツールFの移動軌跡には、塑性化領域W 4 0 1が形成される。

[0114] 本実施形態に係る本接合工程では、突合せ部J 4 0 1の内隅C 4 0 1に対する攪拌ピンF 2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ、攪拌ピンF 2のみを第一金属部材4 1 0および第二金属部材4 2 0に接触させた状態で摩擦攪拌を

行う。本実施形態に係る本接合工程では、第一金属部材410と第二金属部材420が固定された架台（図示省略）に対して回転ツールFを上下動させることにより摩擦攪拌を行う。

[0115] これにより、第一平部Caの塑性化領域W401の深さZa、第一傾斜部Cbの塑性化領域W401の深さZb（第一傾斜表面422bと直交する線上における塑性化領域W401の深さ）及び第二平部Ccの塑性化領域W401の深さZcをほぼ同等にすることができる。

[0116] なお、本実施形態に係る本接合工程では、架台（図示省略）に対して回転ツールFを上下動させたが、回転ツールFの高さ位置を固定して、架台を上下動させることにより摩擦攪拌を行ってもよい。また、第七実施形態で、第五実施形態と同様に内隅C401の両端にタブ材を設け、当該タブ材に本接合工程の開始位置及び終了位置を設定してもよい。

[0117] 以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、攪拌ピンF2のみを第一金属部材410と第二金属部材420に接触させた状態で突合せ部J401の内隅C401のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。また、従来のように突合せ部J401の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態に係る仮接合工程は、突合せ部J401の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピンF2のみを第一金属部材410と第二金属部材420に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部J401の深い位置を接合することができる。

[0118] また、本実施形態では、仮接合工程を行う回転ツールF（仮接合用回転ツール）と、本接合工程を行う回転ツール（本接合用回転ツール）は同一の回転ツールを用いている。これにより、各工程で回転ツールの交換を行う必要が無いため作業効率を高めることができる。

[0119] また、本接合工程では、高さが変化する突合せ部J401の内隅C401に対する攪拌ピンF2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行ってい

るため、接合部の接合強度をほぼ一定に保つことができる。

[0120] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、仮接合用回転ツール又は本接合用回転ツールに、ショルダ部及び攪拌ピンを備えた回転ツールを用いてもよい。また、仮接合工程と、本接合工程とで異なる回転ツールを用いてもよい。

[0121] 図26は、第七実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。図26に示すように、変形例では、本接合工程を行う際に、回転ツールFの回転軸を内隅線（内隅C401に沿って延在する線）に対して垂直に挿入しつつ摩擦攪拌を行う。変形例の本接合工程では、第一平部Ca、第二平部Cc及び第三平部Ceにおいては、第七実施形態と同様に、回転ツールFを第二金属部材420側（表面が低い金属部材側）に傾斜させる。つまり、回転ツールFを第二金属部材420側から見た側面視（図26の状態）で、回転ツールFを第二金属部材420の表面421aに対して直立させる。

[0122] 一方、第一傾斜部Cb及び第二傾斜部Cdにおいては、回転ツールFを第二金属部材420側（表面が低い金属部材側）に傾斜させるとともに、回転ツールFを第二金属部材420側から見た側面視でも傾斜させる。具体的には、回転ツールFを第二金属部材420側から見た側面視で、回転ツールFを第二金属部材420の凸部422の各表面422b、422cの傾斜面と第一金属部材410の端面とで構成される各内隅線に対してそれぞれ直立させる。以上の状態で、摩擦攪拌を行う。

[0123] 変形例を行う場合は、例えば、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたロボットアームに回転ツールFを取り付けて摩擦攪拌を行うことが好ましい。このような摩擦攪拌装置によれば、鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を容易に変更することができる。これにより、突合せ部J401の高さが変化する場合においても、摩擦攪拌中に鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を変更することで、各内隅線に対して回転ツ

ルFを常に垂直にした状態で連続して摩擦攪拌を行うことができる。

[0124] 前記した変形例であっても、第七実施形態と略同等の効果を奏することができる。また、回転ツールFを各内隅線に対して垂直に挿入することができるため、傾斜面であっても突合せ部J401の内隅C401の深い位置まで摩擦攪拌を行うことができる。なお、接合面が曲面である場合は、第二金属部材420側から見て、各内隅線に対する垂直面と回転ツールFの回転中心軸とを重ね合わせつつ摩擦攪拌を行えばよい。

[0125] [第八実施形態]

次に、本発明の第八実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について説明する。第八実施形態では、厚さの異なる二つの金属板（第一金属部材と第二金属部材）を接合する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。本実施形態では、第五実施形態に近い発明であるため、第五実施形態と異なる部分を中心に説明する。突合せ工程は、第五実施形態と共通である。

[0126] 仮接合工程は、図27に示すように、内隅C1に対して溶接で仮接合を行う工程である。溶接の種類は特に制限されないが、例えば、MIG溶接、TIG溶接等のアーク溶接やレーザー溶接で行うことができる。本実施形態の仮接合工程では、レーザー溶接を例示している。

[0127] 仮接合工程では、溶接トーチHを内隅C1に近接させつつ、所定の間隔をあけてスポット仮付けを行う。このとき、溶接トーチHの先端部が内隅C1に対向するように、溶接トーチHは、その上部を第二金属部材202側に傾斜させる。スポット仮付けを行った部分には、溶接痕W20が形成される。

[0128] また、仮接合工程では、第一金属部材201とタブ材Tとの突合せ部、および第二金属部材202とタブ材Tとの突合せ部に対してもスポット溶接による仮付けを行い、タブ材Tと第一金属部材201および第二金属部材202とを仮接合する。第一金属部材201とタブ材Tとの突合せ部の端部には、第一金属部材201の側面201dとタブ材Tの表面Taとで形成される内隅C2と、第一金属部材201の側面201dとタブ材Tの側面Tcとで

形成される内隅C 3が形成されている。第二金属部材2 0 2とタブ材Tとの突合せ部の端部には、第二金属部材2 0 2の表面2 0 2 bとタブ材Tの表面T aとで形成される面一部と、第二金属部材2 0 2の側面2 0 2 dとタブ材Tの側面T cとで形成される内隅C 4とが形成されている。面一部をスポット溶接する際には、溶接トーチHを、第二金属部材2 0 2の表面2 0 2 bに直交させる。内隅C 2, C 3, C 4をスポット溶接する際には、溶接トーチHの先端部が内隅C 2, C 3, C 4にそれぞれ対向するように、溶接トーチHを傾斜させる。

[0129] 本接合工程は、図2 8に示すように、回転ツールFを用いて突合せ部J 2 1の内隅C 1に対して本接合を行う工程である。

[0130] 本接合工程では、一方のタブ材Tに設定した開始位置S pに右回転させた回転ツールFを挿入した後、突合せ部J 2 1の内隅C 1に沿って回転ツールFを相対移動させる。本接合工程では、攪拌ピンF 2のみを第一金属部材2 0 1および第二金属部材2 0 2に接触させ、攪拌ピンF 2の基端側は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。タブ材T上では、回転ツールFの回転中心軸がタブ材Tの表面T aに直交した状態で回転ツールFを移動させる。回転ツールFが内隅C 1の近傍まで移動すると、回転ツールFを第二金属部材2 0 2側（表面が低い金属部材側）に傾斜させる。回転ツールFの傾斜角度は、第一金属部材2 0 1の表面2 0 1 bと第二金属部材2 0 2の表面2 0 2 bとの段差の高さ寸法に応じて適宜設定される。図2 9に示すように、本実施形態では、回転ツールFの回転中心軸が、第二金属部材2 0 2の表面2 0 2 bに対して6 0°程度傾斜しており、攪拌ピンF 2の先端部が、第一金属部材2 0 1と第二金属部材2 0 2との突合せ面（第一金属部材2 0 1の端面2 0 1 aと第二金属部材2 0 2の端面2 0 2 aとの当接面）から離れすぎないようにしている。回転ツールFが内隅C 1から離反して他方のタブ材T上に移動すると、回転ツールFの回転中心軸がタブ材Tの表面T aに直交する状態に戻る。回転ツールFが他方のタブ材Tに設定した終了位置E pに達したら、タブ材Tから回転ツールFを離脱させる。以上の工程によって、回転

ツールFの移動軌跡には塑性化領域W1が形成される。

[0131] 以上説明した第一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、レーザー溶接で突合せ部J21の内隅C1のスポット仮付けを行うことにより、仮付けを摩擦攪拌にて行う場合より、摩擦攪拌装置に作用する負担を軽減できる。さらに、従来のように突合せ部J21の内隅C1の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の接合工程は、内隅C1の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピンF2のみを第一金属部材201および第二金属部材202に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部J21の深い位置を接合できる。

[0132] また、本実施形態では、回転ツールFの頭部を段差の下側となる第二金属部材202側に傾斜させているので、塑性化領域W1を攪拌ピンF2の周囲にバランスよく形成することができる。また、回転ツールFの傾斜角度を段差の高さ寸法に応じて設定している。攪拌ピンF2の先端部が、第一金属部材201と第二金属部材202との突合せ面から離れすぎないように傾斜角度を設定している。これによって、突合せ面の広い範囲に亘って塑性化領域W1が形成されるので、接合強度を高めることができる。

[0133] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、回転ツールFに、ショルダ部及び攪拌ピンを備えた回転ツールを用いてもよい。また、本接合工程は、第一金属部材201の表面201bおよび第二金属部材202の表面202b側からのみ行ったが、裏面201c、202c側から行ってもよい。このとき、表面201b、202bに形成された塑性化領域W1と裏面201c、202c側に形成された塑性化領域（図示せず）とが重複するようにすれば突合せ部J21の接合強度を高めることができる。

[0134] また、本実施形態では、厚さの異なる第一金属部材201と第二金属部材202とを突き合わせて内隅C1を形成したが、厚さが等しい第一金属部材の端部と第二金属部材の端部とをオフセットして突き合わせることで、内隅

を形成してもよい。

[0135] [第九実施形態]

次に、本発明の第九実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について、詳細に説明する。第九実施形態では、重ね合わされた二つの金属板（第一金属部材と第二金属部材）を接合する。第九実施形態では、第六実施形態と相違する部分を中心に説明する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、重ね合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。重ね合せ工程は、第六実施形態と共通である。

[0136] 仮接合工程は、図30に示すように、表内隅C301および裏内隅C302に対して溶接で仮接合を行う工程である。溶接の種類は特に制限されないが、例えば、MIG溶接、TIG溶接等のアーク溶接やレーザー溶接で行うことができる。本実施形態の仮接合工程では、レーザー溶接を例示している。

[0137] 仮接合工程では、溶接トーチHを表内隅C301および裏内隅C302に近接させつつ、所定の間隔をあけてスポット仮付けを行う。このとき、溶接トーチHの先端部が表内隅C301および裏内隅C302に対向するように、溶接トーチHの上部を傾斜させる。スポット仮付けを行った部分には、溶接痕W30が形成される。

[0138] 仮接合工程では、第一金属部材301とタブ材T1との突合せ部、および第二金属部材302とタブ材T2との突合せ部に対してもスポット溶接による仮付けを行い、タブ材T1、T2と第一金属部材301および第二金属部材302とを仮接合する。第一金属部材301とタブ材T1との突合せ部の端部には、第二金属部材302の側面302dとタブ材T1の表面T1aとで形成される内隅C303と、第一金属部材301の側面301dとタブ材T1の側面T1cとで形成される内隅C304と、第一金属部材301の表面301bとタブ材T1の表面T1aとで形成される面一部とが形成されている。面一部をスポット溶接する際には、溶接トーチHを、第一金属部材301の表面301bに直交させる。各内隅C303、C304をスポット溶

接する際には、溶接トーチHの先端部が内隅C303, C304にそれぞれ対向するように、溶接トーチHを傾斜させる。

[0139] 第二金属部材302とタブ材T2との突合せ部の端部には、第一金属部材301の側面301dとタブ材T2の裏面T2bとで形成される内隅C305と、第二金属部材302の側面302dとタブ材T2の側面T2cとで形成される内隅C306と、第二金属部材302の裏面302cとタブ材T2の裏面T2bとで形成される面一部とが形成されている。面一部をスポット溶接する際には、溶接トーチHを、第二金属部材302の裏面302cに直交させる。各内隅C305, C306をスポット溶接する際には、溶接トーチHの先端部が内隅C305, C306にそれぞれ対向するように、溶接トーチHを傾斜させる。

[0140] 本接合工程は、図31に示すように、回転ツールFを用いて重合部K301の表内隅C301および裏内隅C302に対して本接合を行う工程である。本実施形態では、まず、表内隅C301の本接合を行う。一方のタブ材T1に設定した開始位置Spに右回転させた回転ツールFを挿入した後、表内隅C301に沿って回転ツールFを相対移動させる。本接合工程では、攪拌ピンF2のみを第一金属部材301および第二金属部材302に接触させ、攪拌ピンF2の基端側は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。タブ材T1上では、回転ツールFの回転中心軸がタブ材T1の表面T1aに直交した状態で回転ツールFを移動させる。回転ツールFが表内隅C301の近傍まで移動すると、回転ツールFを第一金属部材301側（下側の金属部材側）に傾斜させる。図32に示すように、回転ツールFの傾斜角度は、回転ツールFの形状に応じて、適宜設定される。回転ツールFの連結部F1が第一金属部材301に干渉しない範囲で、第一金属部材301側に傾斜している。本実施形態では、回転ツールFの回転中心軸が、第一金属部材301の表面301bに対して30°程度傾斜しており、攪拌ピンF2の先端部が、第一金属部材301と第二金属部材302との重合面（第一金属部材301の表面301bと第二金属部材302の裏面302cとの当接面）から離れすぎない

いようになっている。回転ツールFが表内隅C301から離反して他方のタブ材T1上に移動すると、回転ツールFの回転中心軸をタブ材T1の表面T1aに直交する状態に戻す。回転ツールFが他方のタブ材T1に設定した終了位置Epに達したら、タブ材T1から回転ツールFを離脱させる。以上の工程によって、回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域W301が形成される。

[0141] その後、第一金属部材301、第二金属部材302およびタブ材T1、T2を上下反転させて、裏内隅C302に対して本接合を行う。ここでは、一方のタブ材T2の裏面T2bに設定した開始位置（図示せず）に右回転させた回転ツールを挿入した後、裏内隅C302に沿って回転ツールFを相対移動させ、他方のタブ材T2に設定した終了位置から回転ツールFを離脱させる。途中の回転ツールFの傾斜角度や挿入深さは、表内隅C301の本接合と同等である。以上の工程によって、回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域W302（図32の二点鎖線にて示す）が形成される。なお、表内隅C301に形成された塑性化領域W301の底部と、裏内隅C302に形成された塑性化領域W302の底部とを重複させると、接合強度がより一層高まる。

[0142] 以上説明した第九実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、レーザー溶接で重合部K301の表内隅C301と裏内隅C302のスポット仮付けを行うことにより、仮付けを摩擦攪拌にて行う場合より、摩擦攪拌装置に作用する負担を軽減できる。さらに、従来のように重合部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の接合工程は、重合部K301の表内隅C301と裏内隅C302の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピンF2のみを第一金属部材301および第二金属部材302に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、重合部K301の奥深い位置を接合できる。

[0143] また、本実施形態では、回転ツールFの頭部を段差の底側となる第一金属

部材301の表面301b側または第二金属部材302の裏面302c側に傾斜させているので、塑性化領域W301, W302を攪拌ピンF2の周囲にバランスよく形成することができる。また、回転ツールFの傾斜角度を回転ツールFの形状に応じて設定している。攪拌ピンF2の先端部が、第一金属部材301と第二金属部材302との重合面から離れすぎないように傾斜角度を設定している。これによって、重合面の広い範囲に亘って塑性化領域W301, W302が形成されるので、接合強度を高めることができる。

[0144] [第十実施形態]

次に、本発明の第十実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について図面を参照して説明する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、厚さの異なる二つの金属板（第一金属部材と第二金属部材）を接合する。第一金属部材と第二金属部材は、とともに表面に凸部を有する。本実施形態は、第七実施形態と近い発明であるため、第七実施形態と相違する部分を中心に説明する。かかる摩擦攪拌接合方法では、突合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。突合せ工程は、第七実施形態と共通するため説明を省略する。

[0145] 仮接合工程では、図33に示すように、突合せ部J401の内隅C401に対して溶接でスポット仮付けを行う。溶接の種類は特に制限されないが、例えば、MIG溶接、TIG溶接等のアーク溶接やレーザー溶接で行うことができる。本実施形態の仮接合工程では、レーザー溶接を例示している。仮接合工程では、溶接トーチHを内隅C401に近接させつつ、所定の間隔をあけてスポット仮付けを行う。このとき、溶接トーチHの先端部が内隅C401に対向するように、溶接トーチHの上部を第二金属部材420側に傾斜させる。スポット仮付けを行った部分には、溶接痕W40が形成される。

[0146] 本接合工程は、図34に示すように、回転ツールFを用いて突合せ部J401の内隅C401に対して摩擦攪拌接合を行う工程である。本接合工程では、内隅C401の第一平部Caの端部に回転した回転ツールFの攪拌ピンF2を挿入し、内隅C401に沿って回転ツールFを相対移動させる。回転ツールFは、第二金属部材420側（表面が低い金属部材側）に傾斜させる。

回転ツールFの傾斜角度は、第一金属部材410の表面411aと第二金属部材420の表面421aとの段差の高さ寸法に応じて適宜設定される。また、回転ツールFの回転中心軸は、本体部421の表面421a上における回転ツールFの進行方向に対しては直交している。回転ツールFは、この角度を維持しながら摩擦攪拌を行う。この本接合工程によって攪拌ピンF2の周囲が摩擦攪拌され第一金属部材410と第二金属部材420とが接合される。回転ツールFの移動軌跡には、塑性化領域W401が形成される。

[0147] 本実施形態に係る本接合工程では、突合せ部J401の内隅C401に対する攪拌ピンF2の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ、攪拌ピンF2のみを第一金属部材410および第二金属部材420に接触させた状態で摩擦攪拌を行う。本実施形態に係る本接合工程では、第一金属部材410と第二金属部材420が固定された架台（図示省略）に対して回転ツールFを上下動させることにより摩擦攪拌を行う。

[0148] これにより、第一平部Caの塑性化領域W401の深さZa、第一傾斜部Cbの塑性化領域W401の深さZb（第一傾斜表面422bと直交する線上における塑性化領域W401の深さ）及び第二平部Ccの塑性化領域W401の深さZcをほぼ同等にすることができる。攪拌ピンF2の「挿入深さ」とは、回転ツールFの回転中心軸上における第二金属部材420の表面から攪拌ピンF2の先端までの距離を意味する。

[0149] なお、本実施形態に係る本接合工程では、架台（図示省略）に対して回転ツールFを上下動させたが、回転ツールFの高さ位置を固定して、架台を上下動させることにより摩擦攪拌を行ってもよい。また、第十実施形態で、第八実施形態と同様に内隅C401の両端にタブ材を設け、当該タブ材に本接合工程の開始位置及び終了位置を設定してもよい。

[0150] 以上説明した本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、レーザー溶接で突合せ部J401の内隅C401のスポット仮付けを行うことにより、仮付けを摩擦攪拌にて行う場合より、摩擦攪拌装置に作用する負担を軽減できる。さらに、従来のように突合せ部J401の全長に対して仮接合を行う場

合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態に係る仮接合工程は、突合せ部 J 4 0 1 の全長が長い場合等においては特に有効である。さらに、本接合工程においても攪拌ピン F 2 のみを第一金属部材 4 1 0 と第二金属部材 4 2 0 に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、突合せ部 J 4 0 1 の深い位置を接合することができる。

[0151] また、本接合工程では、高さが変化する突合せ部 J 4 0 1 の内隅 C 4 0 1 に対する攪拌ピン F 2 の挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行っているため、接合部の接合強度をほぼ一定に保つことができる。

[0152] 以上本発明の実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しない範囲において適宜設計変更が可能である。例えば、回転ツール F に、ショルダ部及び攪拌ピンを備えた回転ツールを用いてもよい。また、仮接合工程と、本接合工程とで異なる回転ツールを用いてもよい。

[0153] 図 3 5 は、第十実施形態に係る摩擦攪拌接合方法の変形例の本接合工程を示す断面図である。図 3 5 に示すように、変形例では、本接合工程を行う際に、回転ツール F の回転軸を内隅線（内隅 C 4 0 1 に沿って延在する線）に対して垂直に挿入しつつ摩擦攪拌を行う。変形例の本接合工程では、第一平部 C a、第二平部 C c 及び第三平部 C e においては、第十実施形態と同様に、回転ツール F を第二金属部材 4 2 0 側（表面が低い金属部材側）に傾斜させる。つまり、回転ツール F を第二金属部材 4 2 0 側から見た側面視（図 3 5 の状態）で、回転ツール F を第二金属部材 4 2 0 の表面 4 2 1 a に対して直立させる。

[0154] 一方、第一傾斜部 C b 及び第二傾斜部 C d においては、回転ツール F を第二金属部材 4 2 2 0 側（表面が低い金属部材側）に傾斜させるとともに、回転ツール F を第二金属部材 4 2 0 側から見た側面視でも傾斜させる。具体的には、回転ツール F を第二金属部材 4 2 0 側から見た側面視で、回転ツール F を第二金属部材 4 2 0 の凸部 4 2 2 の各表面 4 2 2 b、4 2 2 c の傾斜面と第一金属部材 4 1 0 の端面とで構成される各内隅線に対してそれぞれ直立さ

せる。以上の状態で、摩擦攪拌を行う。

[0155] 変形例を行う場合は、例えば、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたロボットアームに回転ツールFを取り付けて摩擦攪拌を行うことが好ましい。このような摩擦攪拌装置によれば、鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を容易に変更することができる。これにより、突合せ部J 4 0 1の高さが変化する場合においても、摩擦攪拌中に鉛直軸に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を変更することで、各内隅線に対して回転ツールFを常に垂直にした状態で連続して摩擦攪拌を行うことができる。

[0156] 前記した変形例であっても、第十実施形態と略同等の効果を奏することができる。また、回転ツールFを各内隅線に対して垂直に挿入することができるため、傾斜面であっても突合せ部J 4 0 1の内隅C 4 0 1の深い位置まで摩擦攪拌を行うことができる。なお、接合面が曲面である場合は、第二金属部材4 2 0側から見て、各内隅線に対する垂直面と回転ツールFの回転中心軸とを重ね合わせつつ摩擦攪拌を行えばよい。

[0157] [第十一実施形態]

次に、本発明の第十一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法について詳細に説明する。第十一実施形態では、重ね合わされた二つの金属板（第一金属部材と第二金属部材）を接合する。本実施形態に係る摩擦攪拌接合方法では、重ね合せ工程と、仮接合工程と、本接合工程と、を行う。

[0158] 重ね合せ工程は、図36及び図37に示すように、第一金属部材5 1 0と第二金属部材5 2 0とを重ね合わせる工程である。第一金属部材5 1 0および第二金属部材5 2 0は、アルミニウム合金製の板状部材からなる。第一金属部材5 1 0および第二金属部材5 2 0の材料は、例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金等の摩擦攪拌可能な金属から適宜選択される。

第十一実施形態では、第一金属部材5 1 0の厚さ寸法は、第二金属部材5 2 0の厚さ寸法と同じである。なお、第一金属部材5 1 0の厚さ寸法と第二金属部材5 2 0の厚さ寸法は異なってもよい。

[0159] 第一金属部材510の表面510bの中間部511は、図36に示すように、凸状に高さが変化しているとともに、第一金属部材510の裏面510cの中間部511は、凹状に高さが変化している。第一金属部材510の中間部511は正面視で台形状に形成されている。

第二金属部材520の表面520bの中間部521は、凸状に高さが変化しているとともに、第二金属部材520の裏面520cの中間部521は、凹状に高さが変化している。第二金属部材520の中間部521は正面視で台形状に形成されている。

第一金属部材510の中間部511と、第二金属部材520の中間部521とは、同じ形状である。

[0160] 重ね合せ工程では、図37に示すように、第一金属部材510の表面510bと、第二金属部材520の裏面520cとを重ね合わせて重合部K1を形成する。

重合部K1には、第一金属部材510の表面510bと第二金属部材520の端面520aとによって表内隅C510が形成されている。表内隅C510は、第一金属部材510の表面510bに交差する第二金属部材520の端面520aの下端縁に沿って延在している。

また、重合部K1には、第一金属部材510の端面510aと第二金属部材520の裏面520cとによって裏内隅C520が形成されている。裏内隅C520は、第二金属部材520の裏面520cに交差する第一金属部材510の端面510aの上端縁に沿って延在している。重合部K1は、表面側および裏面側において、その高さ位置が変化するように形成される。

[0161] 仮接合工程は、回転ツールF（仮接合用回転ツール）を用いて表内隅C510に対して仮接合を行う工程である。回転ツールFは、先端にスピンドルユニット等の駆動手段を備えたアームロボット（図示せず）に取り付けられている。

[0162] 仮接合工程では、回転させた回転ツールFの攪拌ピンF2のみを表内隅C510に接触させてスポット仮付けを行う。仮接合工程では、所定の間隔を

あけて攪拌ピンF 2のみを重合部K 1に浅く押し込んでいく。このとき、連結部F 1が第一金属部材5 1 0側になるように回転ツールFを傾斜させる。攪拌ピンF 2の押し込み跡には、塑性化領域W 5 0が形成される。

[0163] 本接合工程は、図3 8および図3 9に示すように、回転ツールF（本接合用回転ツール）を用いて、重合部K 1の表内隅C 5 1 0および裏内隅C 5 2 0に対して本接合を行う工程である。

第十一実施形態では、図3 8に示すように、最初に表内隅C 5 1 0の本接合を行う。表内隅C 5 1 0の一方の端部に、回転させた回転ツールFを挿入し、その回転ツールFを表内隅C 5 1 0に沿って相対移動させる。本接合工程では、攪拌ピンF 2のみを第一金属部材5 1 0および第二金属部材5 2 0に接触させ、攪拌ピンF 2の基端側は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。このとき、回転ツールFを第一金属部材5 1 0側（下側の金属部材側）に傾斜させることで、攪拌ピンF 2の先端部が、第一金属部材5 1 0と第二金属部材5 2 0との重合面（第一金属部材5 1 0の表面5 1 0 bと第二金属部材5 2 0の裏面5 2 0 cとの当接面）から離れすぎないようにする。このようにして、表内隅C 5 1 0の一方の端部から他方の端部に回転ツールFを移動させると、回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域W 5 1が形成される。

[0164] その後、図3 9に示すように、第一金属部材5 1 0および第二金属部材5 2 0を上下反転させて、裏内隅C 5 2 0に対して本接合を行う。ここでは、裏内隅C 5 2 0の一方の端部に、回転させた回転ツールFを挿入し、回転ツールFを第二金属部材5 2 0側（下側の金属部材側）に傾斜させた状態で、裏内隅C 5 2 0の一方の端部から他方の端部に回転ツールFを移動させる。途中の回転ツールFの傾斜角度や挿入深さは、表内隅C 5 1 0の本接合と同等である。そして、回転ツールFの移動軌跡には塑性化領域W 5 2が形成される。

なお、重合部K 1の重ね代を短くしつつ、表内隅C 5 1 0（図3 8参照）に形成された塑性化領域W 5 1の底部と、裏内隅C 5 2 0に形成された塑性化領域W 5 2の底部とを重複させてもよい。これにより、接合強度をより一

層高めることができる。

[0165] 以上説明した第十一実施形態に係る摩擦攪拌接合方法によれば、図37に示すように、攪拌ピンF2のみを第一金属部材510および第二金属部材520に接触させた状態で重合部K1の表内隅C510のスポット仮付けを行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減することができる。

また、従来のように重合部の全長に対して仮接合を行う場合に比べて工程時間を短くすることができる。本実施形態の仮接合工程は、重合部K1の表内隅C510の全長が長い場合等においては特に有効である。

さらに、本接合工程においても、図37および図38に示すように、攪拌ピンのみを第一金属部材510および第二金属部材520に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことにより、摩擦攪拌装置に作用する負荷を軽減した状態で、重合部K1の奥深い位置を接合することができる。

[0166] 第十一実施形態では、表内隅C510を本接合するとき、回転ツールFの頭部を段差の底側となる第一金属部材510の表面510b側に傾斜させている。また、裏内隅C520を本接合するとき、回転ツールFの頭部を段差の底側となる第二金属部材520の裏面520c側に傾斜させている。これにより、塑性化領域W51、W52を攪拌ピンF2の周囲にバランスよく形成することができる。

さらに、回転ツールFの回転中心軸の傾斜角度を回転ツールFの形状に応じて設定しているので、攪拌ピンF2の先端部が、第一金属部材510と第二金属部材520との重合面から離れすぎない。これによって、重合面の広い範囲に亘って塑性化領域W51、W52が形成されるので、接合強度を高めることができる。

[0167] 第十一実施形態では、仮接合工程を行う回転ツールF（仮接合用回転ツール）と、本接合工程を行う回転ツール（本接合用回転ツール）は同一の回転ツールを用いている。これにより、各工程で回転ツールの交換を行う必要が無いので作業効率を高めることができる。

[0168] 以上本発明の第十一実施形態について説明したが、本発明の趣旨に反しな

い範囲において適宜設計変更が可能である。

例えば、仮接合用回転ツールまたは本接合用回転ツールに、ショルダ部および攪拌ピンを備えた回転ツールを用いてもよい。また、仮接合工程と、本接合工程とで異なる回転ツールを用いてもよい。

また、本実施形態で、図38および図39に示す表内隅C510および裏内隅C520の両端にタブ材を設け、このタブ材に本接合工程の開始位置および終了位置を設定してもよい。

[0169] さらに、摩擦攪拌中に内隅線に対する回転ツールFの回転中心軸の角度を変更することで、内隅線に対して回転ツールFを常に垂直にした状態で連続して摩擦攪拌を行ってもよい。この構成では、回転ツールFを内隅線に対して垂直に挿入することができるため、傾斜面であっても重合部K1の深い位置まで摩擦攪拌を行うことができる。

[0170] 本実施形態の本接合工程では、表内隅C510および裏内隅C520に対して本接合しているが、表内隅C510のみに本接合を行ってもよい。

また、本実施形態の仮接合工程では、表内隅C510のみに対して仮接合を行っているが、裏内隅C520（図39参照）に対しても仮接合を行ってもよい。また、裏内隅C520のみに対して仮接合を行ってもよい。

[0171] 本実施形態の仮接合工程では、図37に示すように、回転ツールFを用いて表内隅C510に対して仮接合を行っているが、図40に示すように、溶接トーチHを用いて表内隅C510にスポット仮付けを行ってもよい。このように、表内隅C510に対してMIG溶接、TIG溶接等のアーク溶接やレーザー溶接で仮接合を行ってもよい。溶接箇所には、溶接痕W53が形成される。

[0172] 図37に示すように、第一金属部材510の表面510bおよび裏面510cの高さが変化するとともに、第二金属部材520の表面520bおよび裏面520cの高さが変化しているが、第一金属部材510は表面510bの高さのみが変化し、第二金属部材520は裏面520cの高さのみが変化するように形成してもよい。

符号の説明

[0173]	1	金属部材
	1 b	表面
	1 c	裏面
	2	金属部材
	2 b	表面
	2 c	裏面
	F	回転ツール（仮接合用回転ツール、本接合用回転ツール）
	F 2	攪拌ピン
	J 1	突合せ部
	T	タブ材
	W 0	塑性化領域
	W 1	塑性化領域

請求の範囲

- [請求項1] 二つの金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、
- 前記金属部材の突合せ部に回転した仮接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態でスポット仮付けを行う仮接合工程と、
- 前記突合せ部に回転した本接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って相対移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。
- [請求項2] 表面の高さが変化する金属部材同士を突き合わせて高さが変化する突合せ部を形成する突合せ工程と、
- 高さが変化する前記突合せ部に対して回転した仮接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態でスポット仮付けを行う仮接合工程と、
- 前記突合せ部に回転した本接合用回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って相対的に移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。
- [請求項3] 前記本接合工程では、高さが変化する前記突合せ部に対する前記攪拌ピンの挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項2に記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項4] 前記本接合工程では、摩擦攪拌によって形成される塑性化領域の深さがほぼ一定になるように、高さが変化する前記突合せ部に対する前記攪拌ピンの挿入深さを調節することを特徴とする請求項2に記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項5] 前記仮接合用回転ツール及び前記本接合用回転ツールは同一の回転ツールであることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の摩擦攪拌接合方法。

- [請求項6] 二つの金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、
前記金属部材の突合せ部に溶接でスポット仮付けを行う仮接合工程と、
前記突合せ部に回転した回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って相対移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。
- [請求項7] 表面の高さが変化する金属部材同士を突き合わせて高さが変化する突合せ部を形成する突合せ工程と、
高さが変化する前記突合せ部に対して溶接でスポット仮付けを行う仮接合工程と、
前記突合せ部に回転した回転ツールの攪拌ピンを挿入し、前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させた状態で前記突合せ部に沿って相対的に移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。
- [請求項8] 前記仮接合工程では、M I G溶接、T I G溶接又はレーザー溶接を行うことを特徴とする請求項6又は請求項7に記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項9] 前記仮接合工程では、溶加材を供給しつつ溶接を行い前記突合せ部に溶接金属を形成し、
前記本接合工程では、前記攪拌ピンのみを前記金属部材及び前記溶接金属に接触させた状態で摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする請求項6又は請求項7に記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項10] 前記本接合工程では、高さが変化する前記突合せ部に対する前記攪拌ピンの挿入深さをほぼ一定に保ちつつ摩擦攪拌を行うことを特徴とする請求項7に記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項11] 前記本接合工程では、摩擦攪拌によって形成される塑性化領域の深さがほぼ一定になるように、高さが変化する前記突合せ部に対する前

記攪拌ピンの挿入深さを調節することを特徴とする請求項 7 に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項12] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の端面とを突き合わせて突合せ部を形成するとともに、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の表面とで前記突合せ部の端部に位置する内隅を形成する突合せ工程と、

前記内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程と、

仮接合された前記内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

[請求項13] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の裏面とを重ね合わせて重合部を形成する重ね合せ工程と、

前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の端面とで形成され、前記重合部の一端部に位置する表内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程と、

仮接合された前記表内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して前記表内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

[請求項14] 前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の裏面とで形成され、前記重合部の他端部に位置する裏内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う第二の仮接合工程と、

仮接合された前記裏内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿

入して前記裏内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う第二の本接合工程と、
をさらに含むことを特徴とする請求項 1 3 に記載の摩擦攪拌接合方法
。

[請求項15] 前記仮接合用回転ツール及び前記本接合用回転ツールは同一の回転
ツールであることを特徴とする請求項 1 2 又は請求項 1 3 に記載の摩
擦攪拌接合方法。

[請求項16] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金
属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の端面とを突き合わせ
て突合せ部を形成するとともに、前記第一金属部材の端面と前記第二
金属部材の表面とで前記突合せ部の端部に位置する内隅を形成する突
合せ工程と、

前記内隅に M I G、T I G またはレーザーによるスポット溶接を行
う仮接合工程と、

仮接合された前記内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入
して摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦
攪拌接合方法。

[請求項17] 攪拌ピンを備えた回転ツールを用いて板状の第一金属部材と第二金
属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の裏面とを重ね合わせ
て重合部を形成する重ね合せ工程と、

前記第一金属部材の表面と前記第二金属部材の端面とで形成され、
前記重合部の一端部に位置する表内隅に M I G、T I G またはレーザ
ーによるスポット溶接を行う仮接合工程と、

仮接合された前記表内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿
入して前記表内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含む
ことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

[請求項18] 前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の裏面とで形成され、

前記重合部の他端部に位置する裏内隅にM I G、T I Gまたはレーザーによるスポット溶接を行う第二の仮接合工程と、

仮接合された前記裏内隅に本接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入して前記裏内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う第二の本接合工程と、をさらに含む

ことを特徴とする請求項17に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項19] 攪拌ピンを備えた本接合用回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、

表面の高さが変化する前記第一金属部材および前記第二金属部材を突き合わせて、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の表面とで形成される内隅を形成しつつ、高さが変化する突合せ部を形成する突合せ工程と、

前記内隅に前記本接合用回転ツールの前記攪拌ピンのみを挿入して、前記内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

[請求項20] 前記本接合工程の前に、前記内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程を含むことを特徴とする請求項19に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項21] 前記本接合工程の前に、前記内隅にM I G、T I Gまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程を含むことを特徴とする請求項19に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項22] 前記仮接合用回転ツールおよび前記本接合用回転ツールは同一の回転ツールであることを特徴とする請求項20に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項23] 攪拌ピンを備えた本接合用回転ツールを用いて第一金属部材と第二金属部材とを接合する摩擦攪拌接合方法であって、

表面の高さが変化する前記第一金属部材の表面と、裏面の高さが変化する前記第二金属部材の裏面とを重ね合わせて、前記第一金属部材

の表面と前記第二金属部材の端面とで形成される表内隅を形成しつつ、高さが変化する重合部を形成する重ね合せ工程と、

前記表内隅に前記本接合用回転ツールの前記攪拌ピンのみを挿入して、前記表内隅に沿って摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含むことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

[請求項24] 前記本接合工程の前に、前記表内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程を含むことを特徴とする請求項23に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項25] 前記本接合工程の前に、前記表内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程を含むことを特徴とする請求項23に記載の摩擦攪拌接合方法。

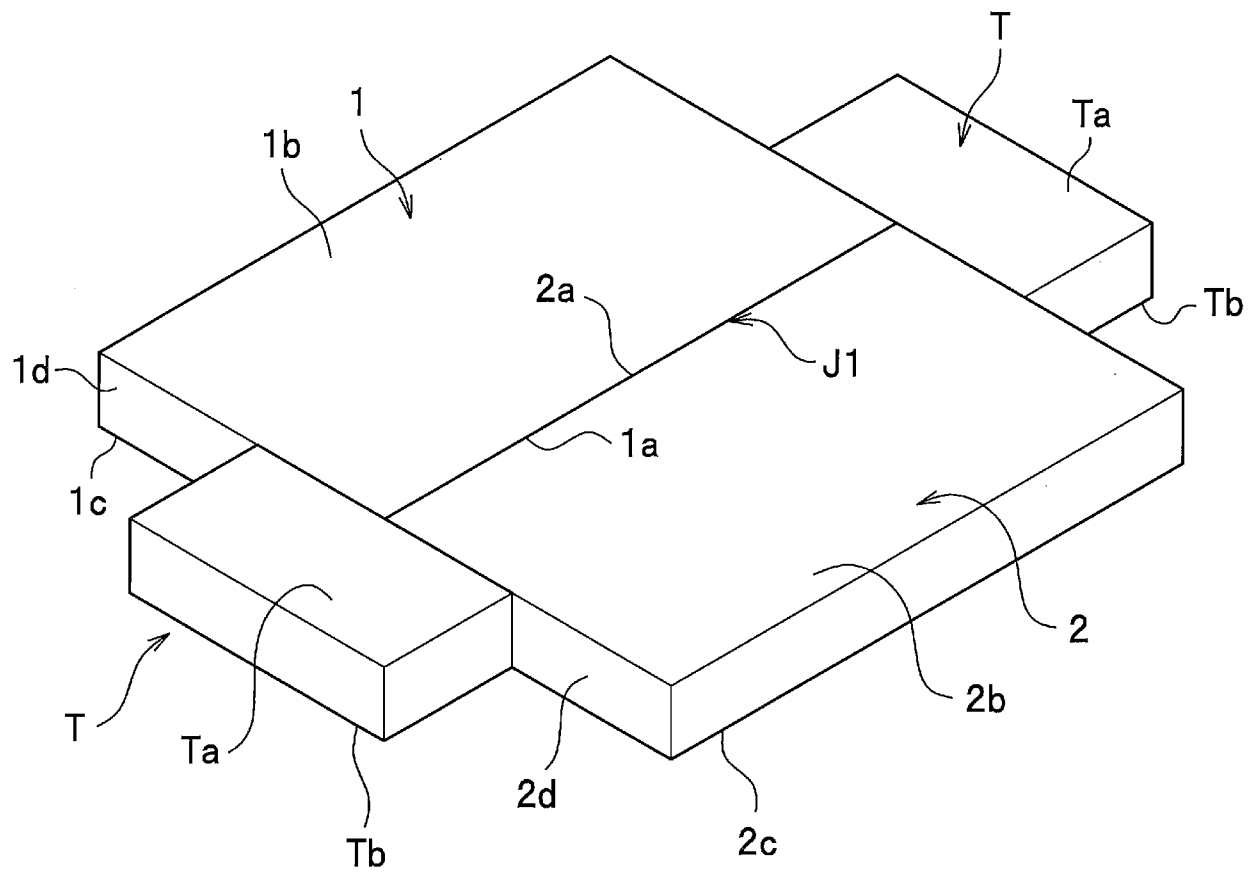
[請求項26] 前記本接合工程において、前記第一金属部材の端面と前記第二金属部材の裏面とで形成される裏内隅に前記本接合用回転ツールの前記攪拌ピンのみを挿入して、前記裏内隅に沿って摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする請求項23に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項27] 前記本接合工程の前に、前記裏内隅に仮接合用回転ツールの攪拌ピンのみを挿入してスポットで摩擦攪拌接合を行う仮接合工程を含むことを特徴とする請求項26に記載の摩擦攪拌接合方法。

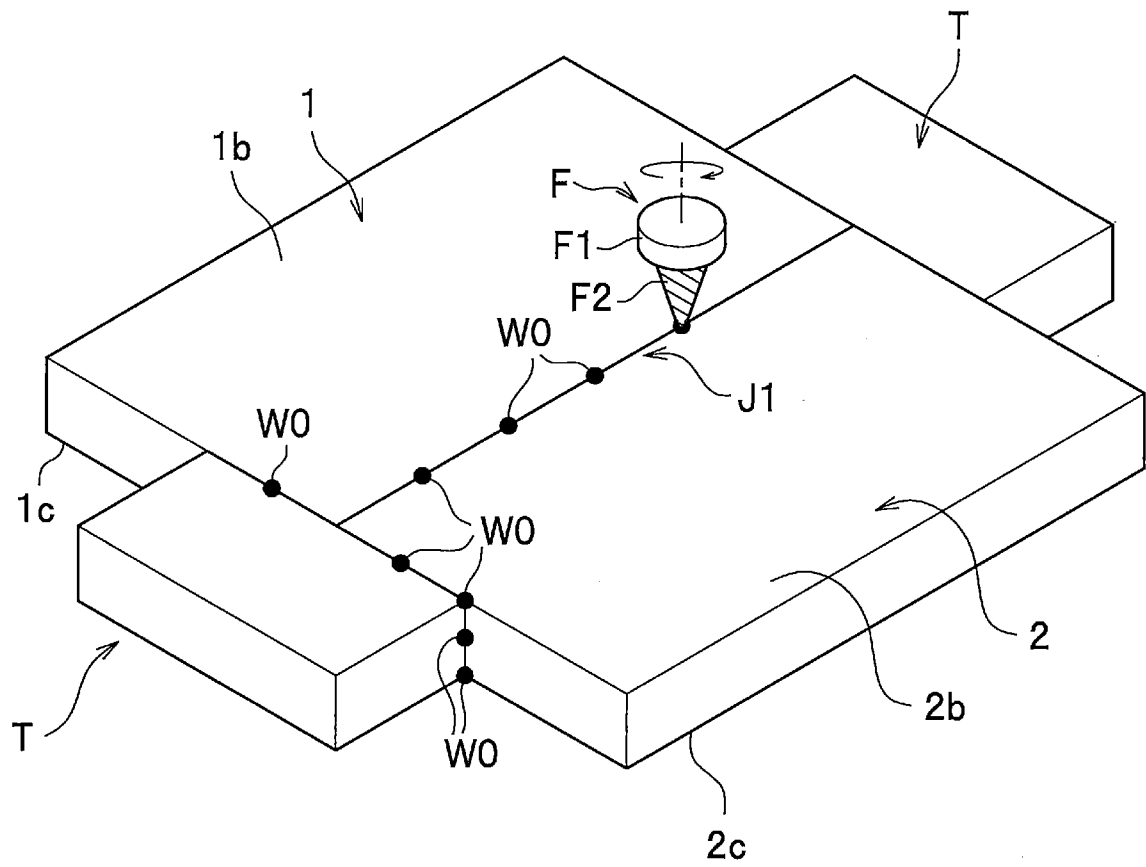
[請求項28] 前記本接合工程の前に、前記裏内隅にMIG、TIGまたはレーザーによるスポット溶接を行う仮接合工程を含むことを特徴とする請求項26に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項29] 前記仮接合用回転ツール及び前記本接合用回転ツールは同一の回転ツールであることを特徴とする請求項24または請求項27に記載の摩擦攪拌接合方法。

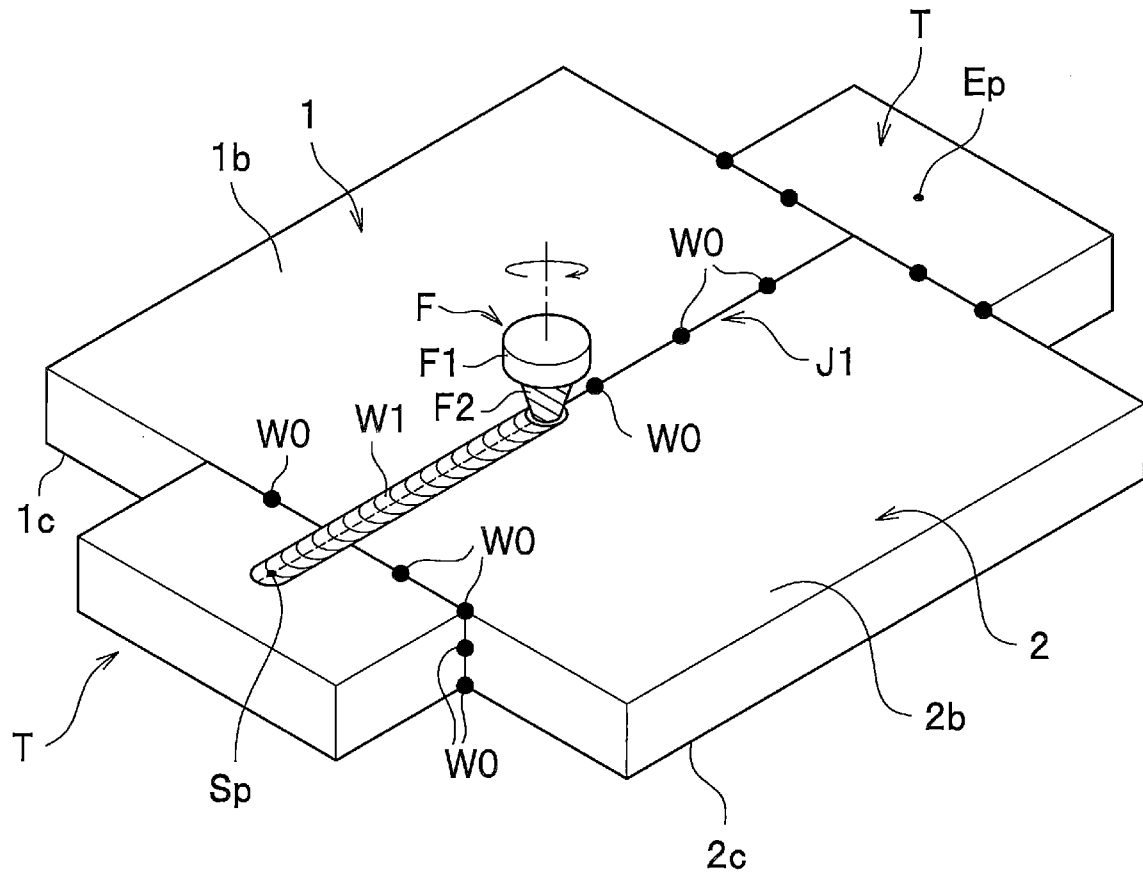
[図1]



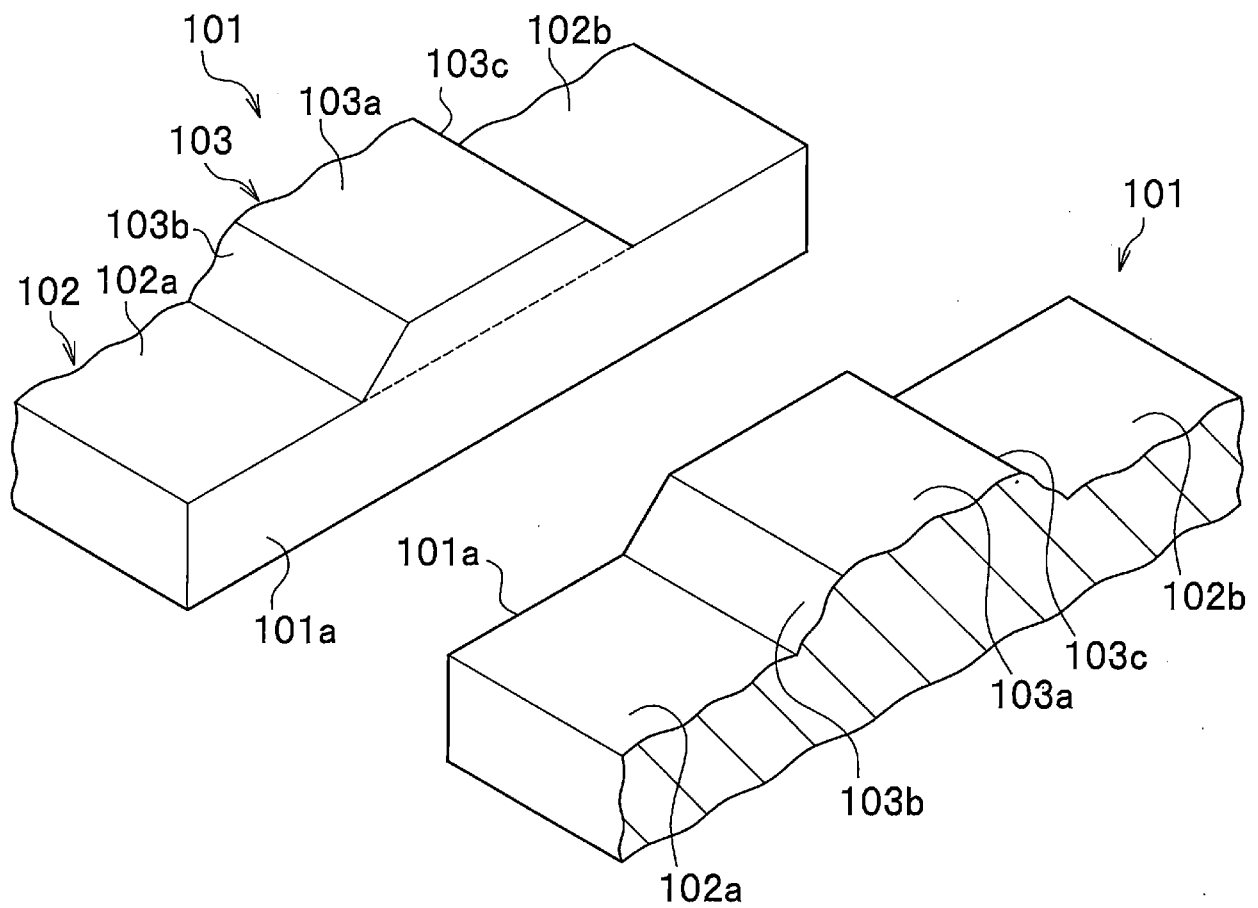
[図2]



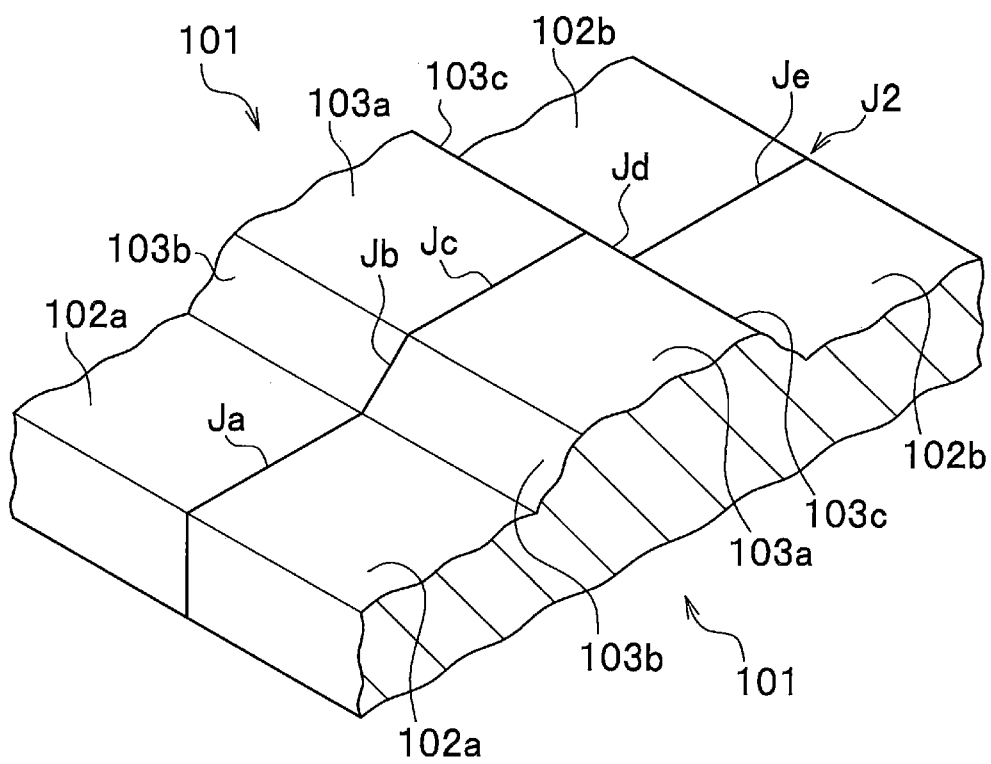
[図3]

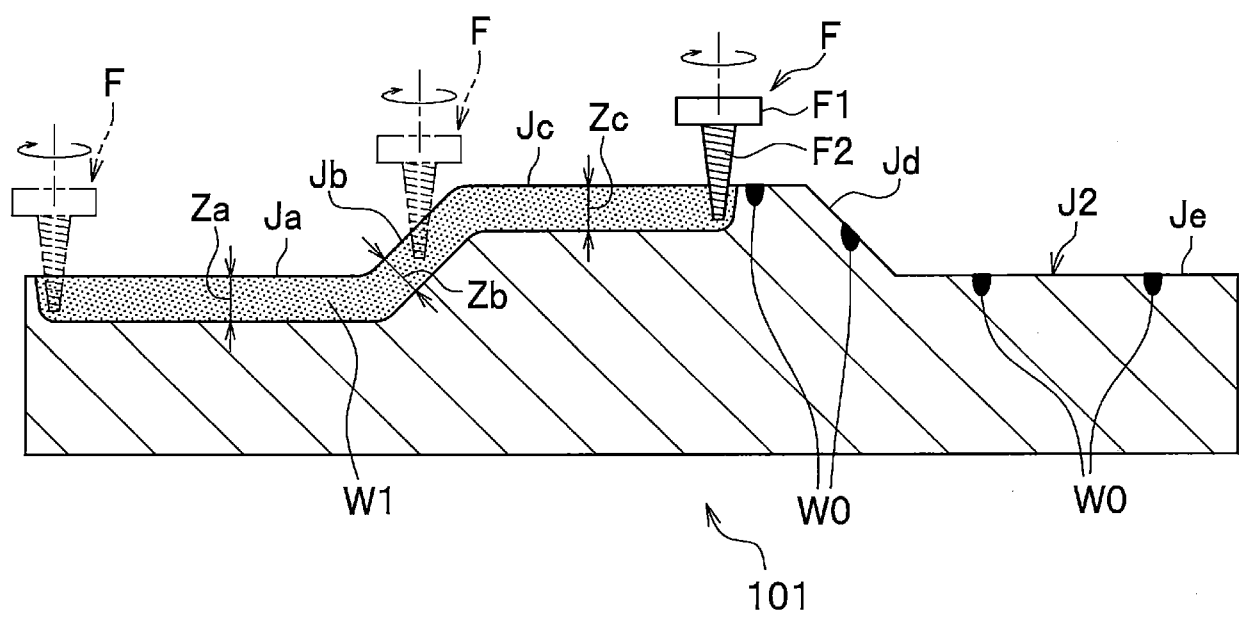


[図4]

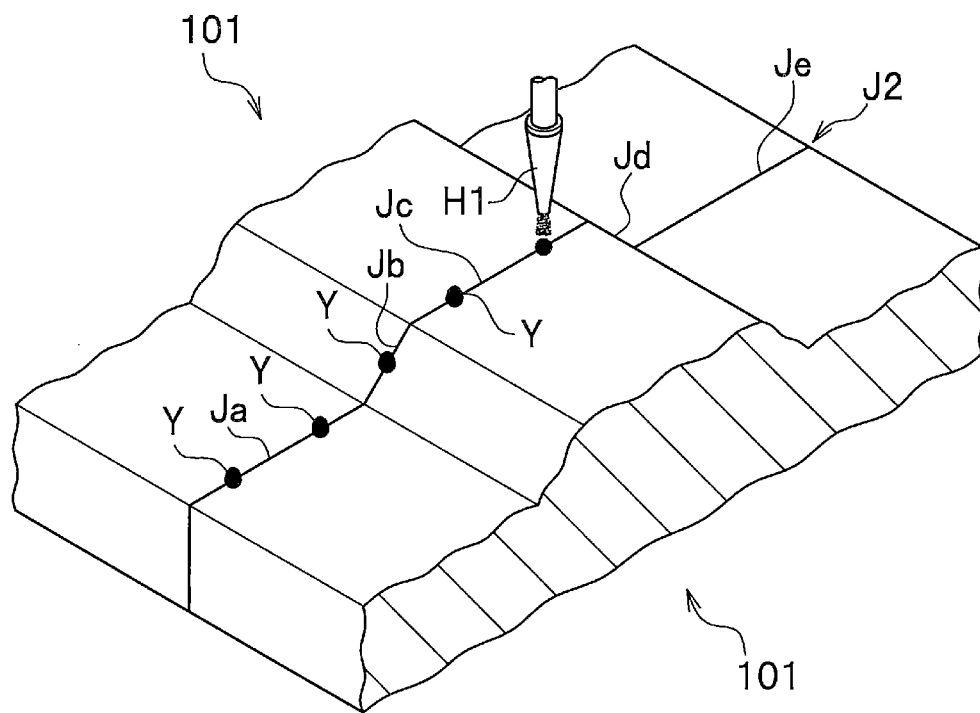


[図5]

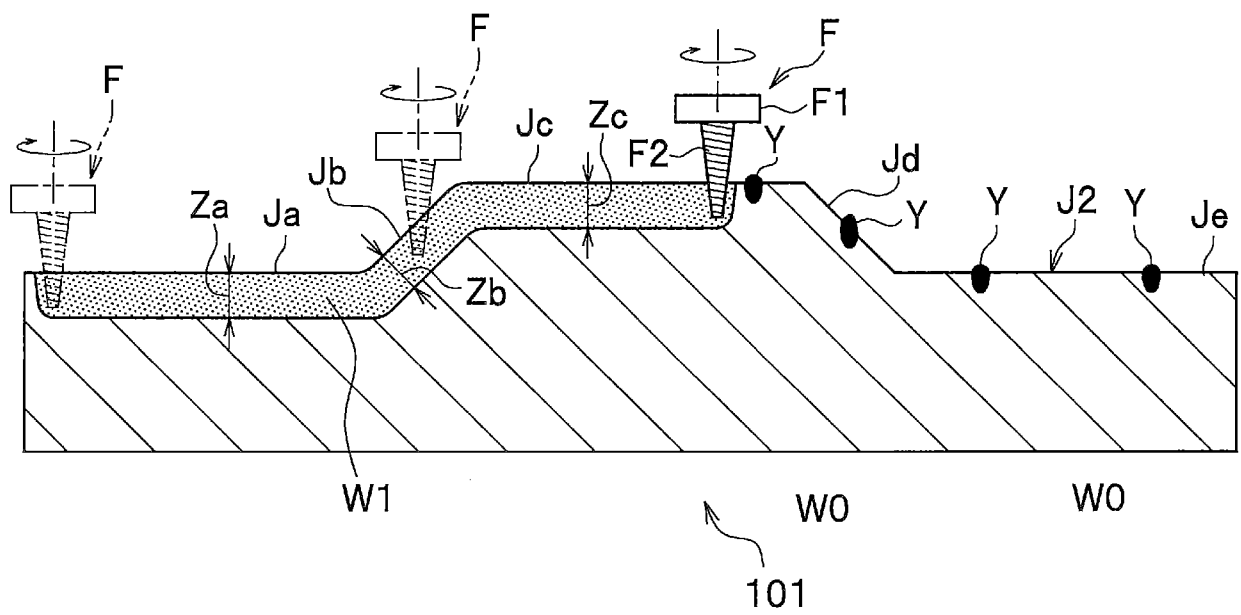


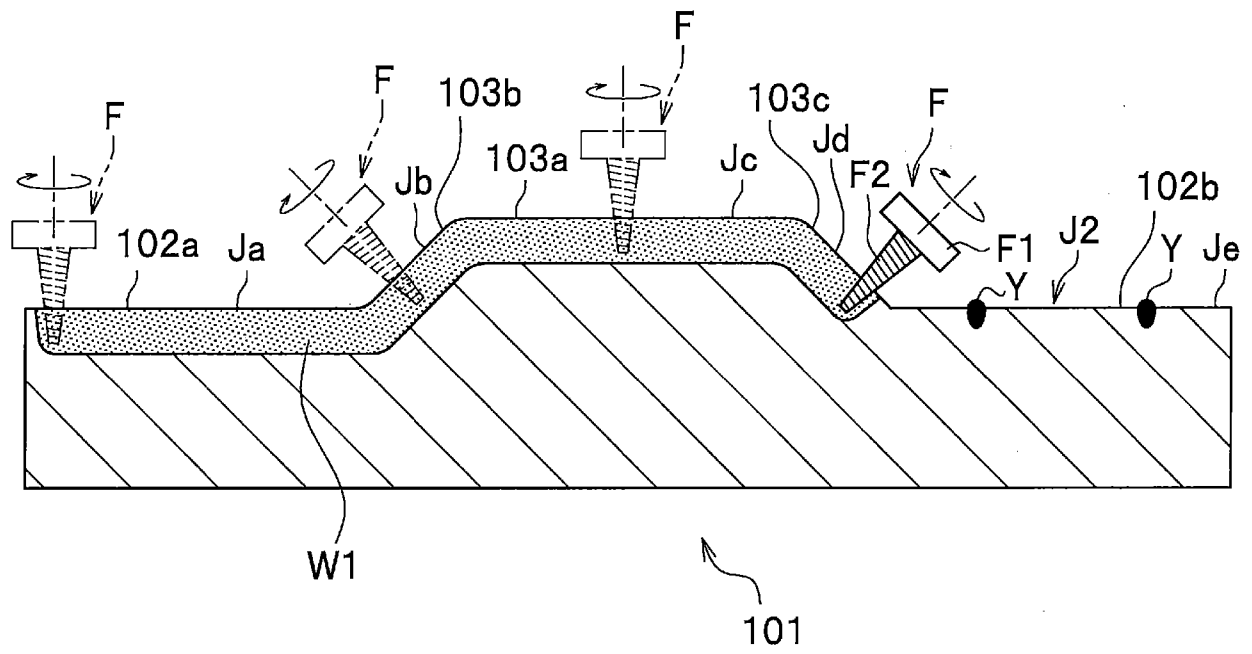


[図11]

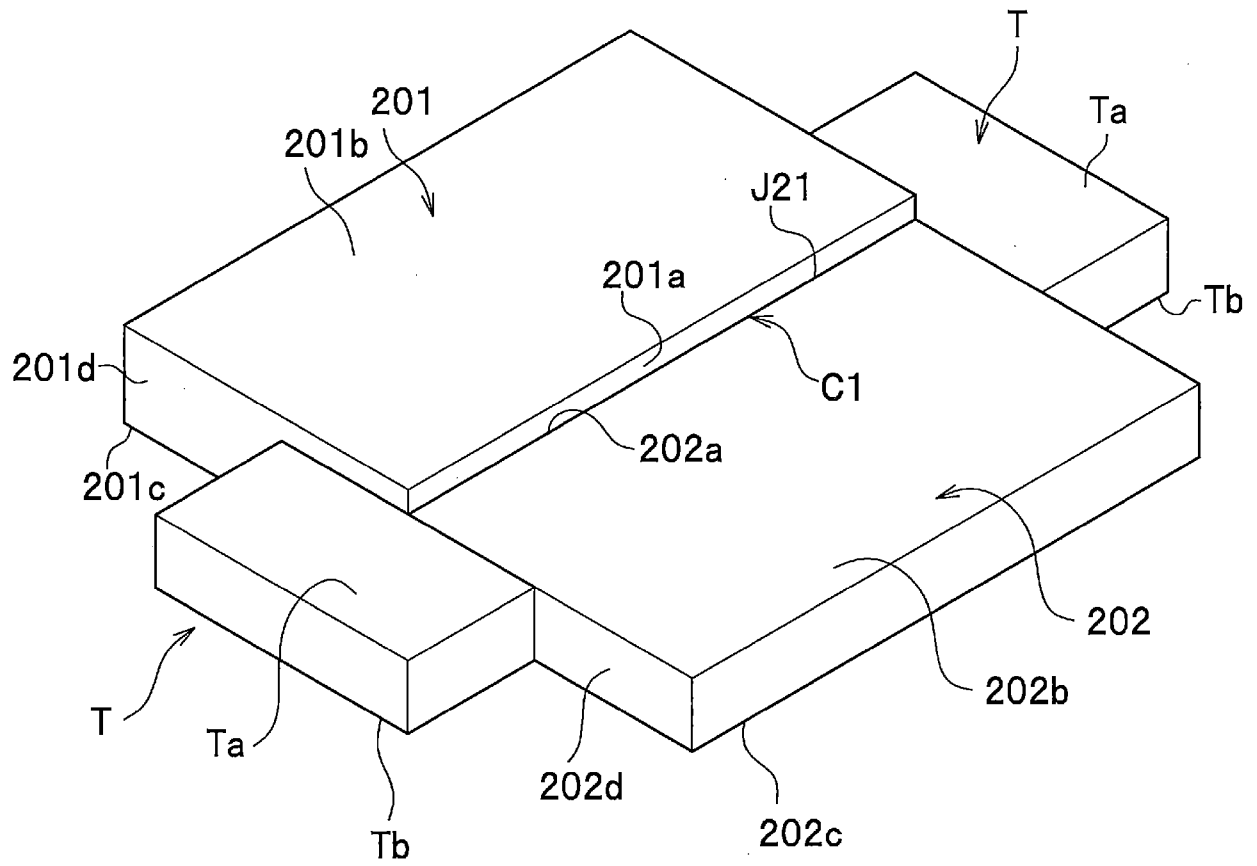


[図12]

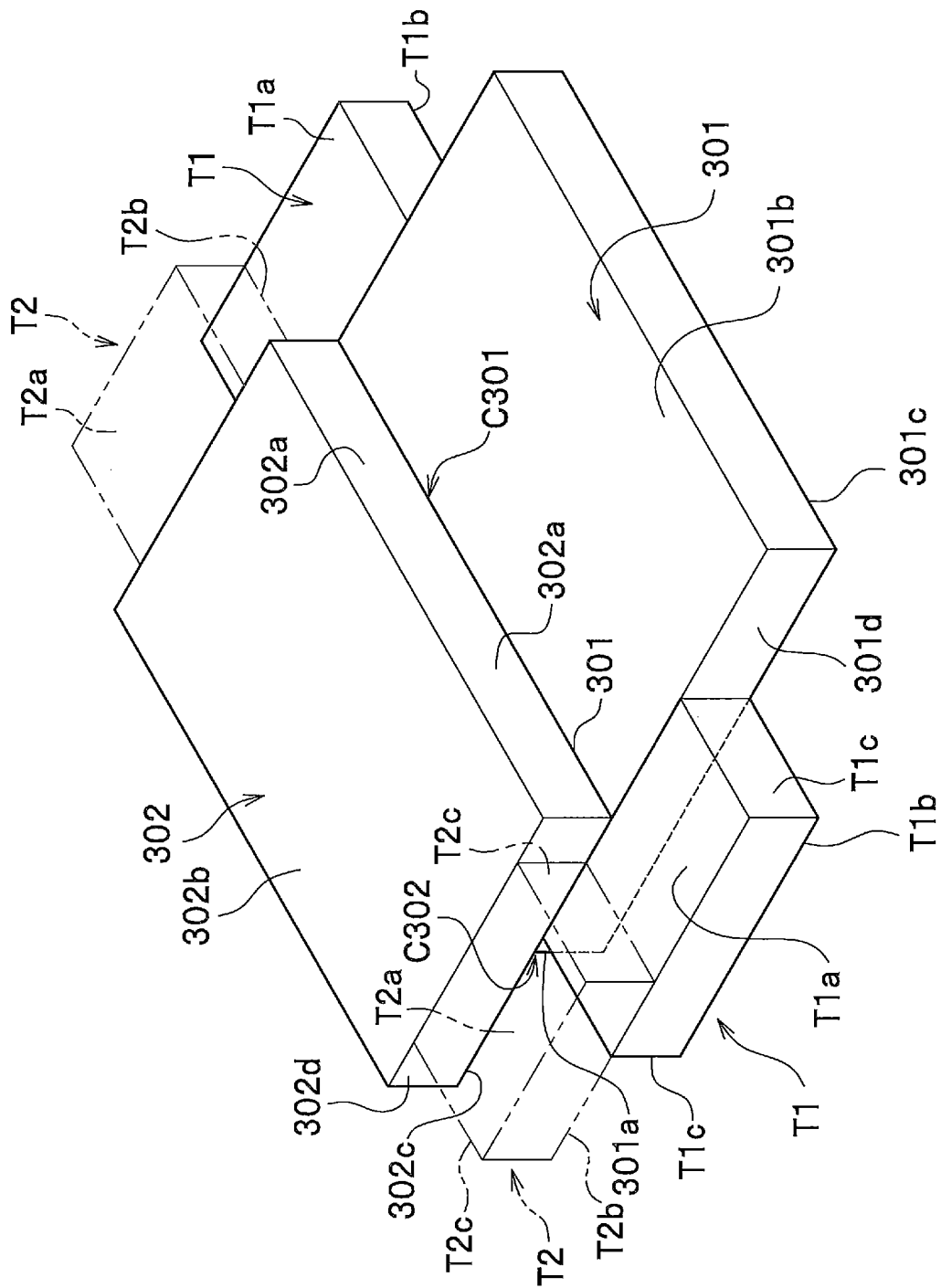


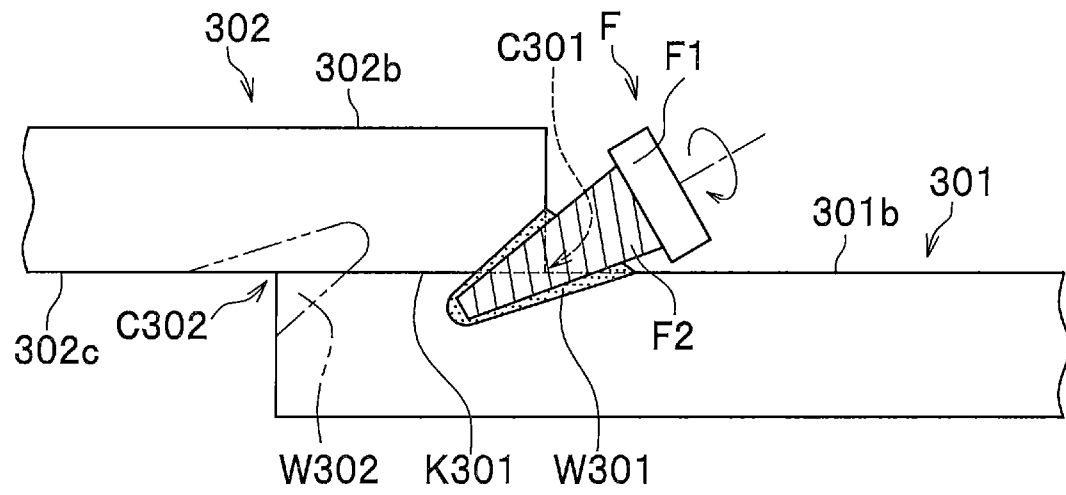


[図14]

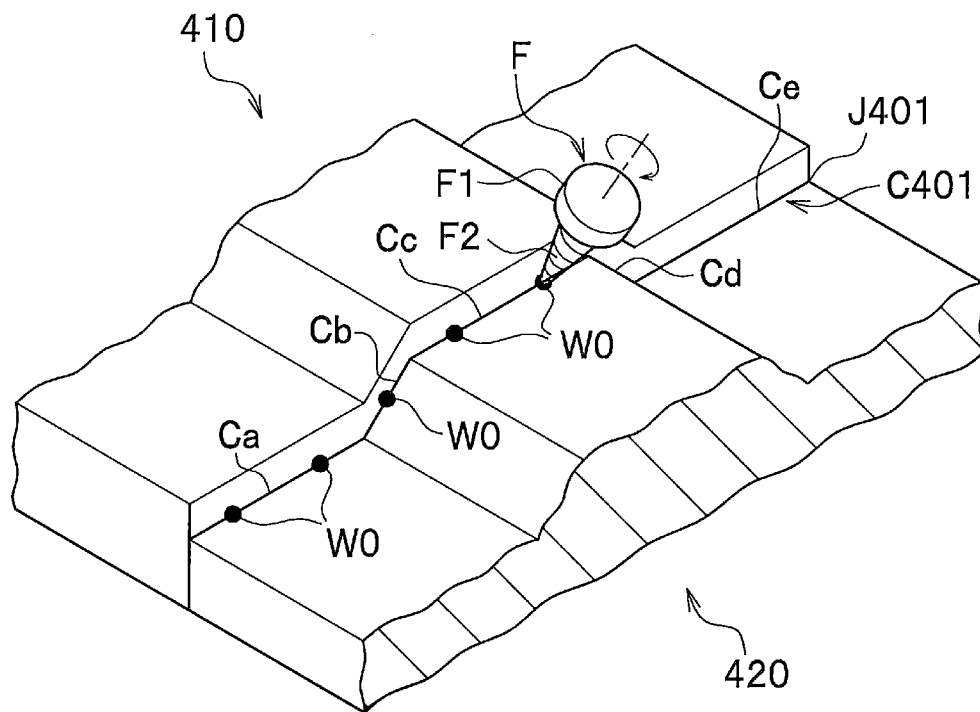


[図18]

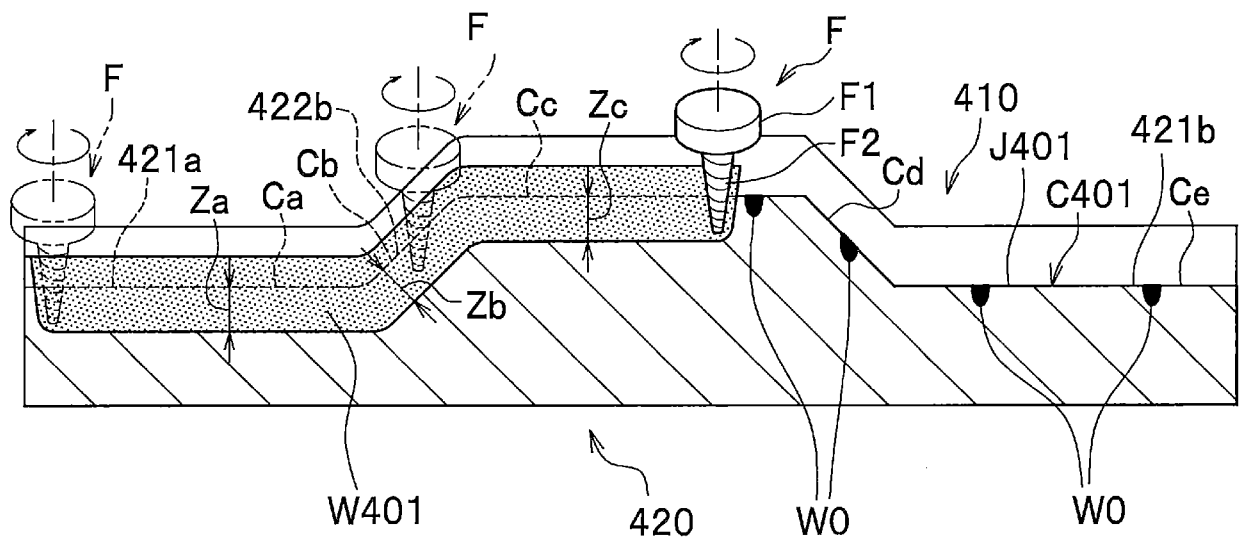


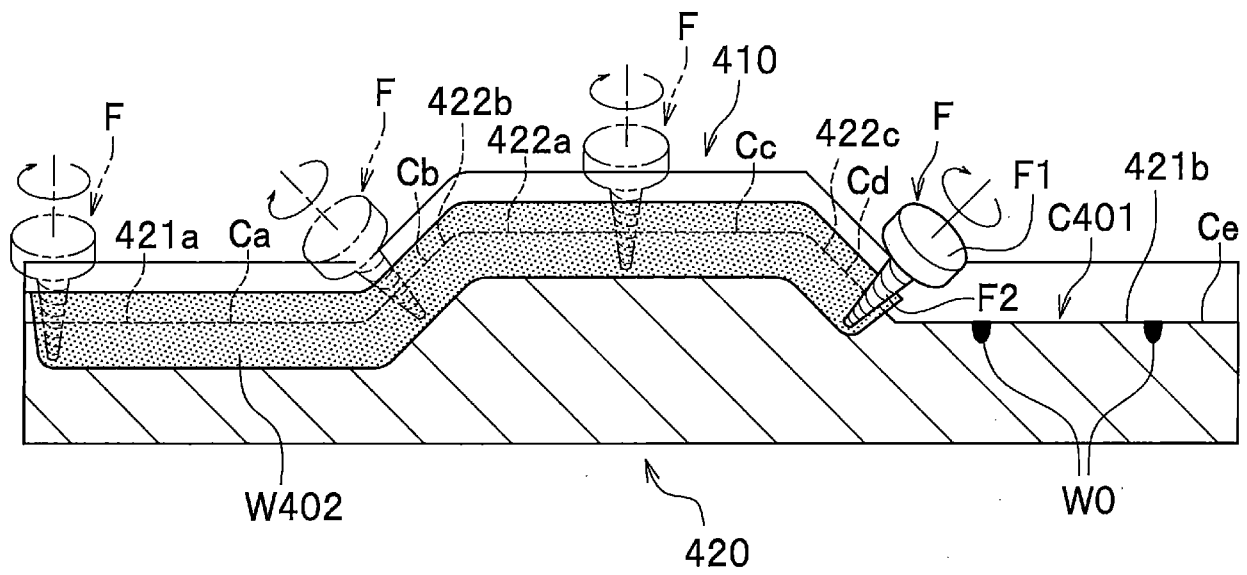


[図24]

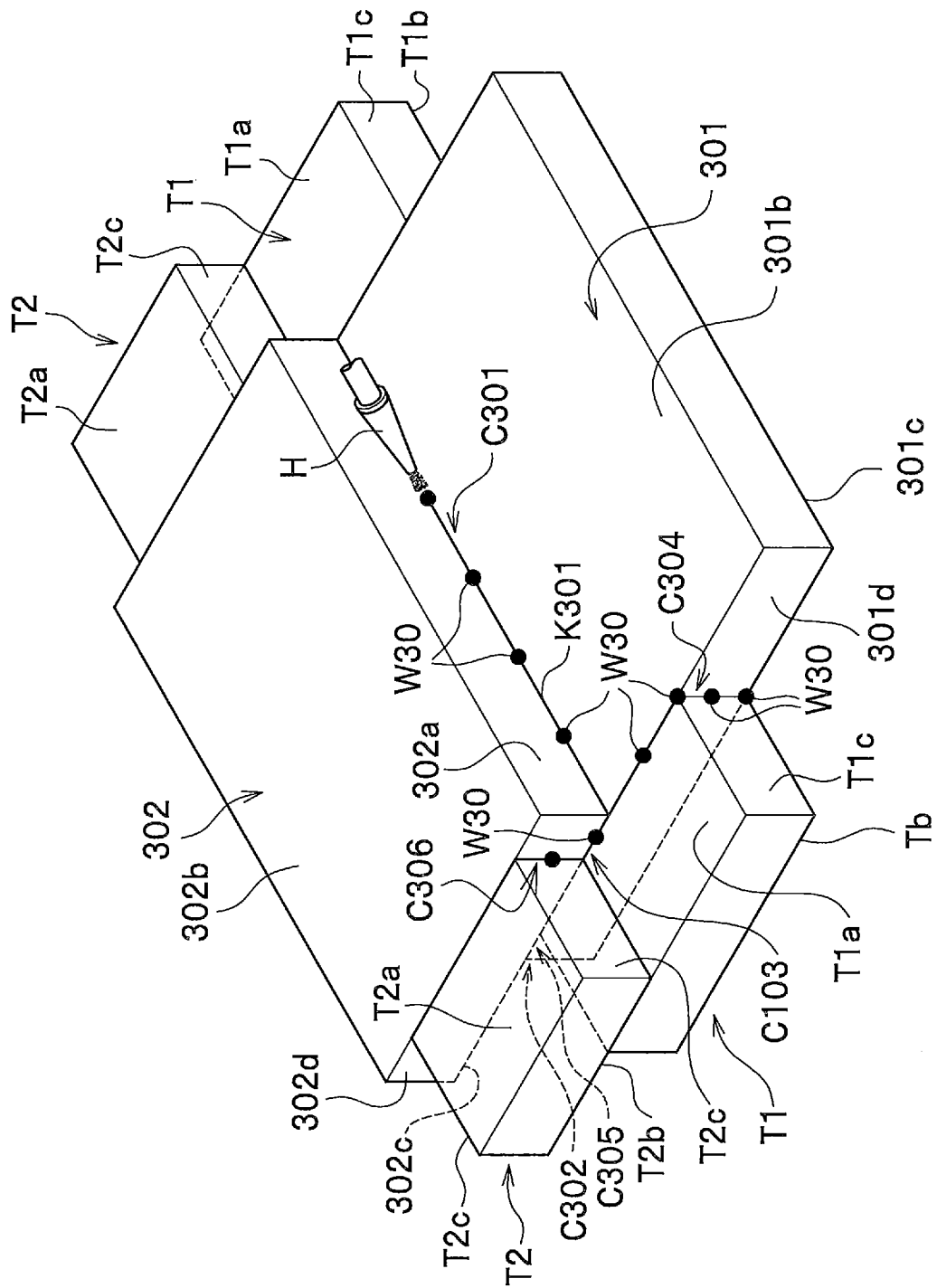


[図25]

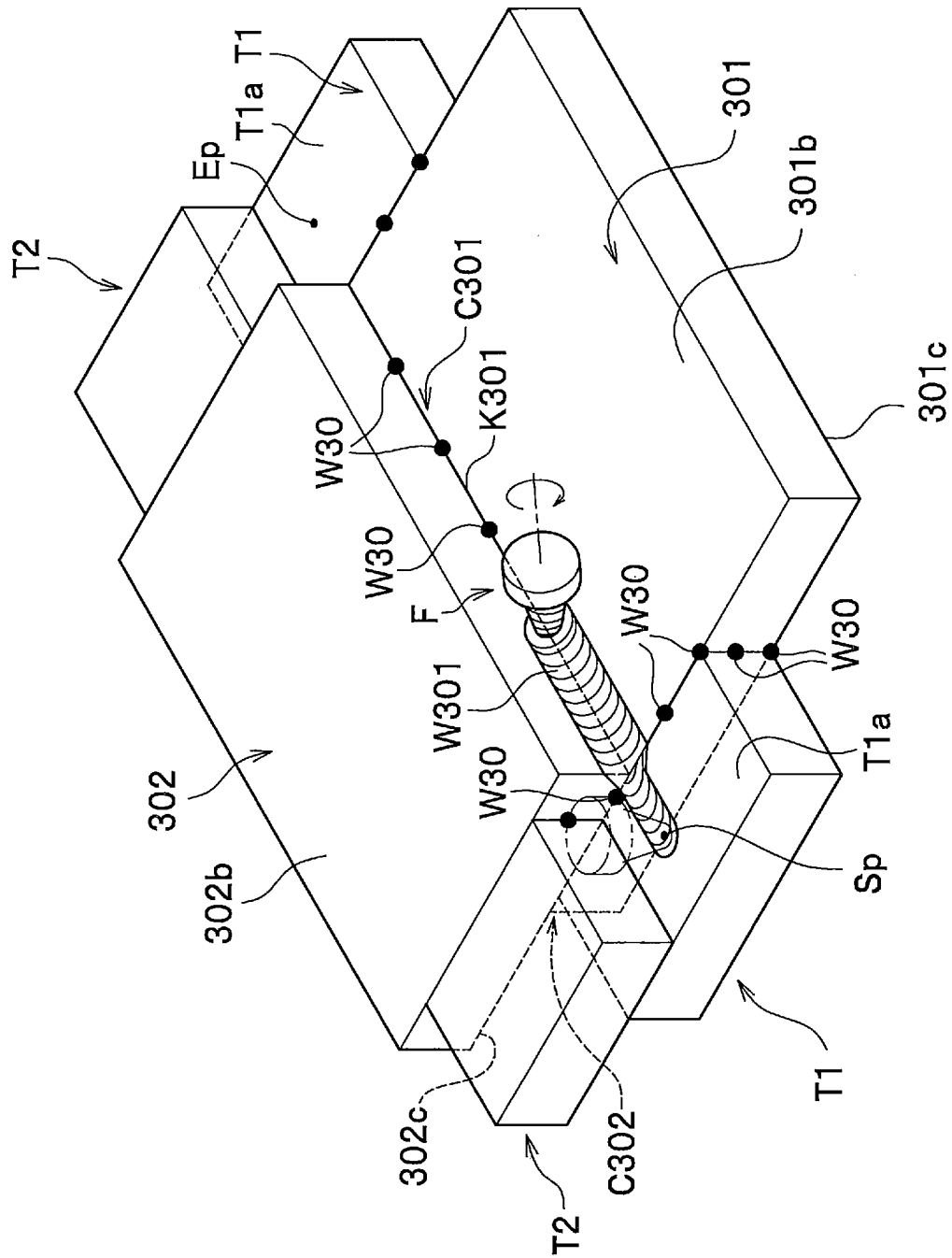




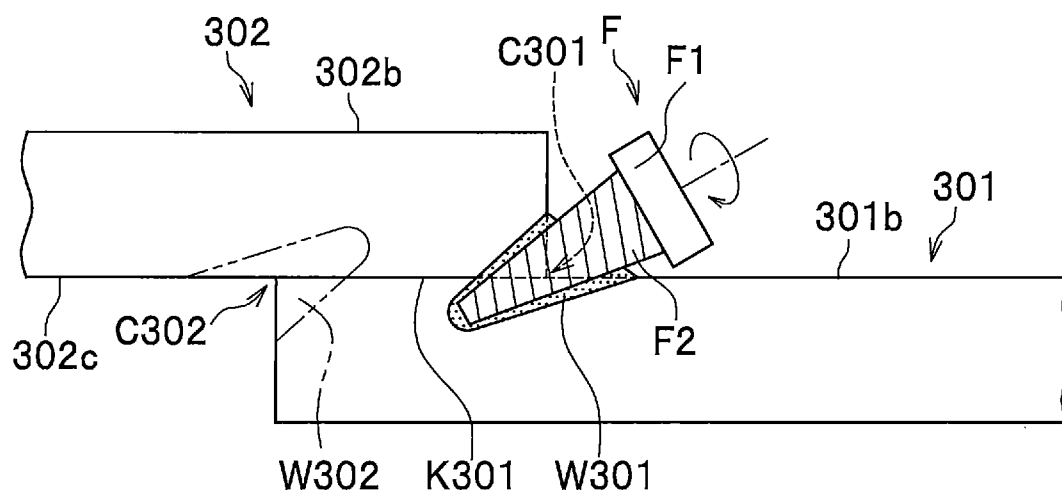
[図30]



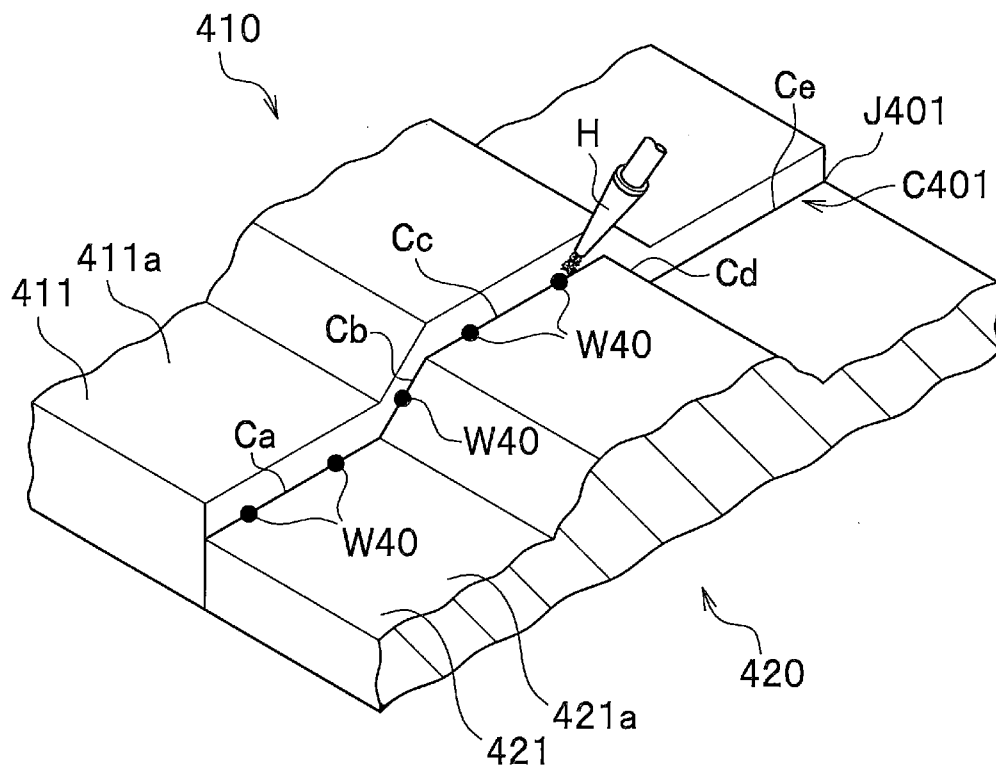
[図31]



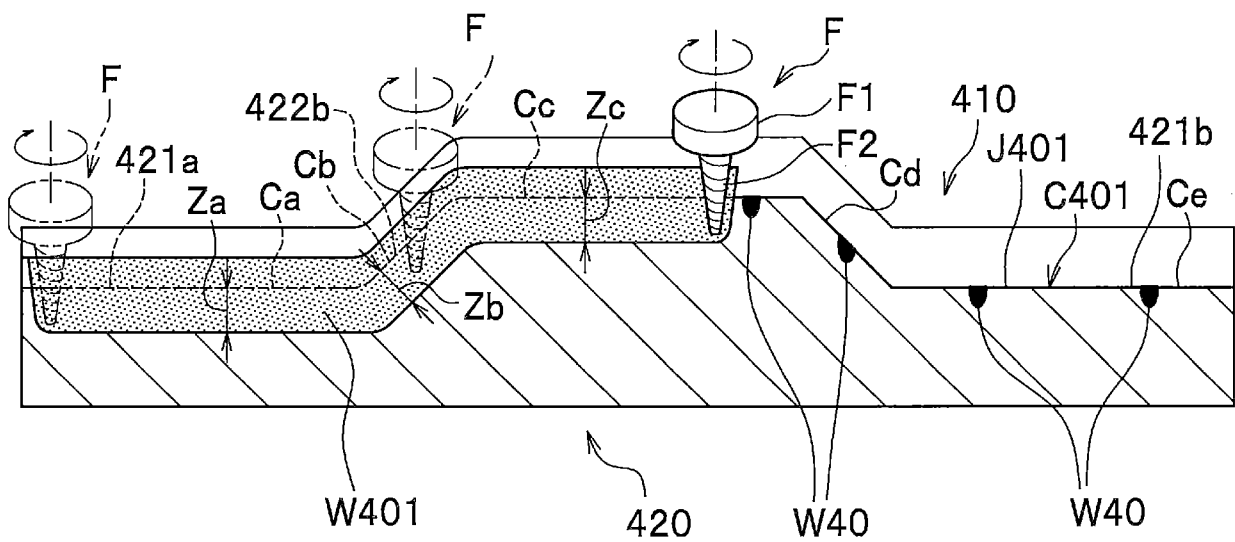
[図32]



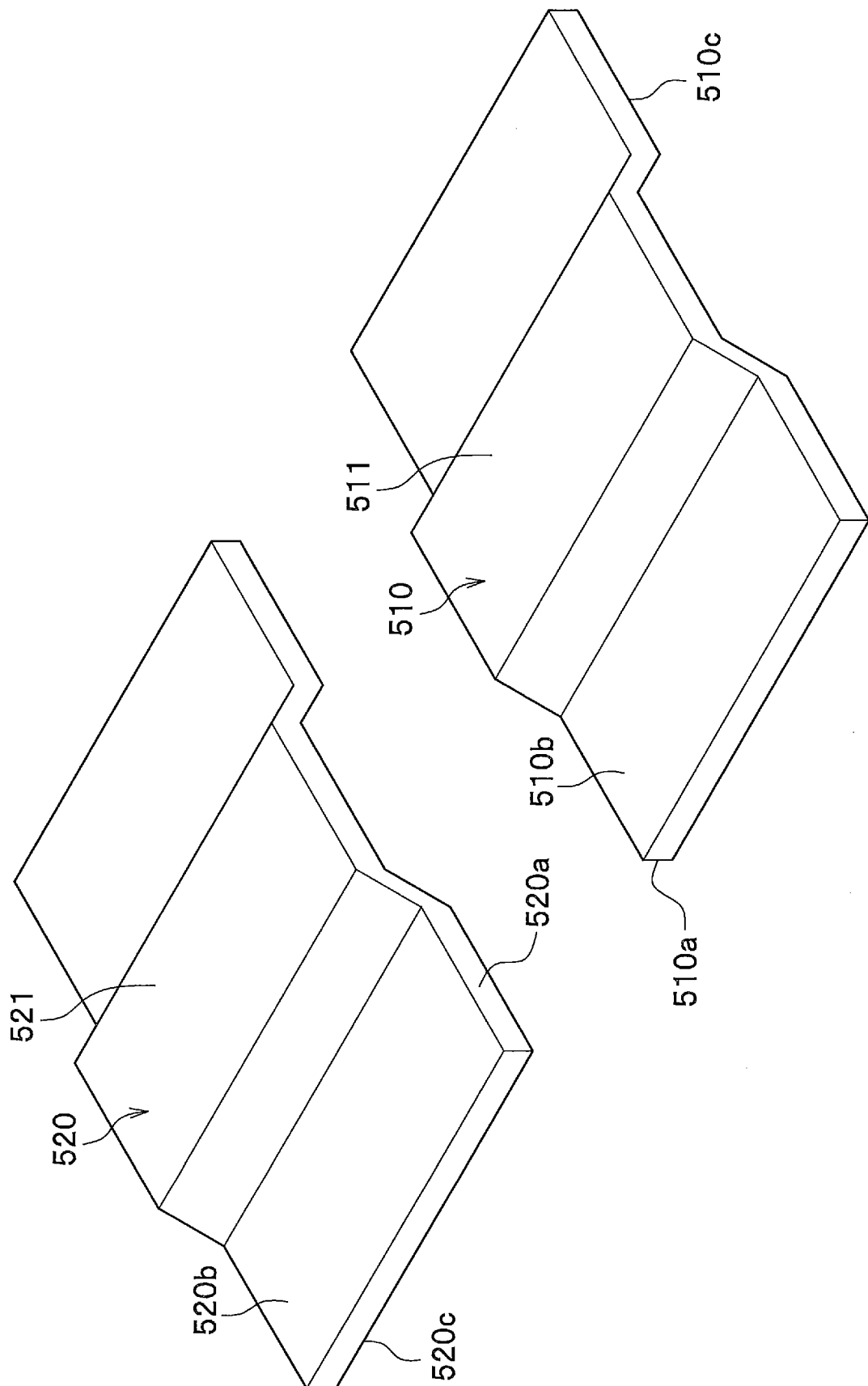
[図33]



[図34]



[図36]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/018171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K20/12 (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)

B23K20/12

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	JP 2015-155118 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 27 August 2015 (27.08.2015), paragraphs [0015] to [0069]; all drawings (Family: none)	1-29
Y	JP 2007-237187 A (Nippon Sharyo, Ltd.), 20 September 2007 (20.09.2007), paragraphs [0011] to [0028] (Family: none)	1-22, 24-25, 27-29
Y	JP 2002-11583 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 15 January 2002 (15.01.2002), fig. 2, 4 & US 2002/0000461 A1 fig. 2, 3 & EP 1166946 A1 & DE 60108812 T2	2-4, 7, 10-29

☒ 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

"I" 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
28 June 2017 (28.06.17)

Date of mailing of the international search report
11 July 2017 (11.07.17)

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/JP2017/018171

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-269779 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 02 October 2001 (02.10.2001), fig. 1 to 4 (Family: none)	2-4, 7, 10-29
Y	JP 2013-255946 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 26 December 2013 (26.12.2013), paragraphs [0038] to [0040] (Family: none)	8-9, 16-18, 21, 25, 28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/018171

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claims are classified into the following two inventions.

(Invention 1) claims 1-7, 9-15, 19-20, 22-24, 26-27 and 29

(Invention 2) claims 8, 16-18, 21, 25 and 28

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B23K20/12(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. B23K20/12

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
Y	JP 2015-155118 A (日本軽金属株式会社) 2015.08.27, 段落 [0015] - [0069], 全図 (ファミリーなし)	1-29
Y	JP 2007-237187 A (日本車輛製造株式会社) 2007.09.20, 段落 [0011] - [0028] (ファミリーなし)	1-22, 24-25, 27-29

☒ 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

28.06.2017

国際調査報告の発送日

11.07.2017

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)

竹下 和志

3 P

2926

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

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 2002-11583 A (昭和電工株式会社) 2002.01.15, 図 2, 4 & US 2002/0000461 A1, FIG. 2, 3 & EP 1166946 A1 & DE 60108812 T2	2-4, 7, 10-29
Y	JP 2001-269779 A (日本軽金属株式会社) 2001.10.02, 図 1-4 (ファミリーなし)	2-4, 7, 10-29
Y	JP 2013-255946 A (日本軽金属株式会社) 2013.12.26, 段落 [0038] - [0040] (ファミリーなし)	8-9, 16-18, 21, 25, 28

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1）請求項1－7、9－15、19－20、22－24、26－27、29

（発明2）請求項8、16－18、21、25、28

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。