

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年10月22日(22.10.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/213191 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/036689

(22) 国際出願日: 2019年9月19日(19.09.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2019-077816 2019年4月16日(16.04.2019) JP
特願 2019-128279 2019年7月10日(10.07.2019) JP

(71) 出願人: 日本軽金属株式会社(NIPPON LIGHT METAL COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋一丁目1番13号 Tokyo (JP).

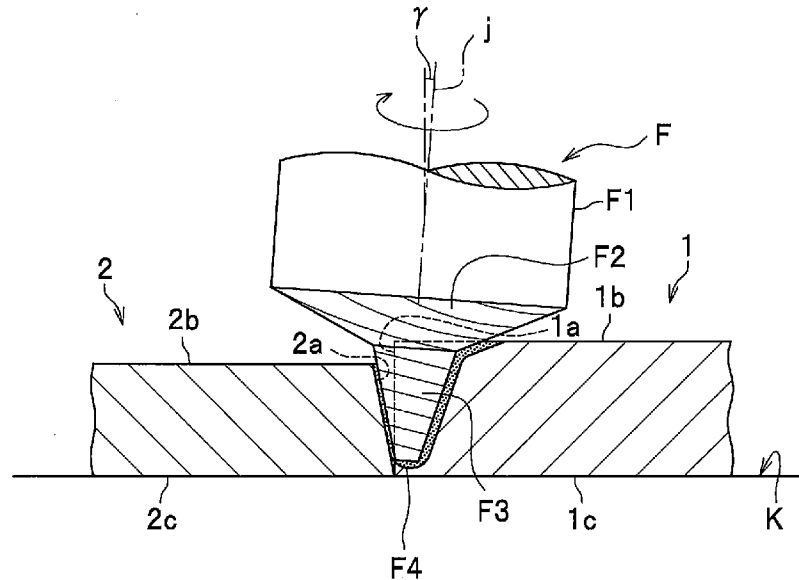
(72) 発明者: 堀 久司(HORI Hisashi); 〒4213203 静岡県静岡市清水区蒲原一丁目34番1号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内 Shizuoka (JP). 山中 宏介(YAMANAKA Kosuke); 〒4213203 静岡県静岡市清水区蒲原一丁目34番1号 日本軽金属株式会社 グループ技術センター内 Shizuoka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人磯野国際特許商標事務所(ISONO INTERNATIONAL PATENT OFFICE, P.C.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目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,

(54) Title: JOINING METHOD, AND METHOD FOR MANUFACTURING COMPOSITE ROLLED MATERIAL

(54) 発明の名称: 接合方法及び複合圧延材の製造方法



(57) Abstract: This joining method is characterized by including a joining step of inserting a rotating tool (F), that is rotating, from only a surface (1b) of a first metal member (1), and relatively moving the rotating tool (F) along an abutting portion (J) with only a distal end side pin (F3) brought into contact with at least the first metal member (1), to join the first metal member (1) to a second metal member (2), wherein, in the joining step, joining is performed in a state in which $\gamma = \alpha - \beta$, where γ is the angle of inclination of a central axis of rotation (j) of the rotating tool (F) relative to a vertical plane, β is the angle of inclination of an inclined surface relative to the vertical plane, and α is the angle of inclination of an outer circumferential surface of the distal end side pin (F3) relative to the central axis of rotation (j).

[続葉有]

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 回転する回転ツール (F) を第一金属部材 (1) の表面 (1 b) のみから挿入するとともに、先端側ピン (F 3) のみを少なくとも第一金属部材 (1) に接触させた状態で突合せ部 (J) に沿って回転ツール (F) を相対移動させて第一金属部材 (1) と第二金属部材 (2) とを接合する接合工程と、を含み、接合工程では、回転ツール (F) の回転中心軸 (j) の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、先端側ピン (F 3) の外周面の回転中心軸 (j) に対する傾斜角度を α とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ にした状態で接合を行うことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称： 接合方法及び複合圧延材の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、接合方法及び複合圧延材の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献1には、材料の異なる金属部材同士を回転ツールで摩擦攪拌接合する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-150380号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来の接合方法では、第一金属部材及び第二金属部材の両方の端部に傾斜面を設け、これらの傾斜面同士を面接触させて突き合わせるといったものであった。そのため、傾斜面を形成するのが煩雑になるとともに、両金属部材の傾斜角度が一致しないと面接触しないため準備工程及び突合せ工程が煩雑になるという問題があった。

このような観点から、本発明は、異なる種類の金属部材を容易に接合することができる接合方法及び複合圧延材の製造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

[0005] このような課題を解決するために本発明は、基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異なる一对の金属部材を接合する接合方法であって、前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、端部に垂直面を備えた第一金属部材と、端部に傾斜面を備え前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準

備する準備工程と、前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面に接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、を含み、前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ にした状態で接合を行うことを特徴とする。

[0006] また、本発明は、基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異なる一对の金属部材を接合する接合方法であって、前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、端部に垂直面を備えた第一金属部材と、端部に傾斜面を備え前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準備する準備工程と、前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面に接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、前記接合工程で接合された前記金属部材同士を、接合線を圧延方向として圧延する圧延工程と、を含み、前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とすると、 $\gamma = \alpha$

— β にした状態で接合を行うことを特徴とする。

[0007] かかる接合方法又は製造方法によれば、傾斜面を形成するのは第二金属部材だけで済む。また、V字状の隙間をあけた状態で両金属部材を突き合わせるため、高い精度は必要なく突合せ作業も容易に行うことができる。また、例えば、第一金属部材のみに接触するように回転ツールを挿入すれば、軟化温度の低い第一金属部材に合わせて接合条件を調節することができ、入熱量を抑えることができる。したがって、第一金属部材が大きく軟化してバリが過剰に発生するのを抑制することができ、金属不足による接合不良を防ぐことができる。また、回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度 γ を、先端側ピンの外周面の回転中心軸に対する傾斜角度 α から傾斜面の傾斜角度 β を減算した値に一致させることにより、傾斜角度 α 、 β として最適な値を選択することができると共に、先端側ピンの外周面と傾斜面とを平行にして、先端側ピンの外周面と傾斜面との接触を避けつつ、先端側ピンの外周面と傾斜面とを高さ方向に亘って極力近接させることができる。また、第一金属部材の板厚を第二金属部材の板厚よりも大きくすることにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0008] また、前記突合せ工程では、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の裏面同士を面一とした状態で前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせるのが好ましい。

[0009] かかる接合方法によれば、金属部材同士の裏面を面一にすることができる。

[0010] また、前記突合せ工程では、前記第一金属部材の裏面が前記第二金属部材の裏面よりも低い位置となり、前記第一金属部材の表面が前記第二金属部材の表面よりも高い位置となるように前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせ、前記接合工程では、前記先端側ピンの先端が前記第二金属部材の裏面の高さよりも下に位置するように前記先端側ピンの挿入深さを設定することが好ましい。

[0011] かかる接合方法によれば、第二金属部材の深さ方向全体に亘って摩擦攪拌

を行うことができる。

[0012] また、前記接合工程では、前記回転ツールの移動軌跡に形成される塑性化領域のうち、前記第二金属部材側がシアー側となり、前記第一金属部材側がフロー側となるように前記回転ツールの回転方向及び進行方向を設定することが好ましい。

[0013] 塑性化領域のうち、融点が高い第二金属部材側がフロー側となると、突合せ部での第一金属部材の温度が低下して、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進されず、接合不良となるおそれがある。しかし、かかる接合方法によれば、融点の高い第二金属部材側がシアー側となるように設定することで、突合せ部での第一金属部材の温度を比較的高温に保つことが可能となり、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進され、接合不良となるのを防ぐことができる。

[0014] なお、シアー側とは、接合部に対する回転ツールの外周の相対速さが、回転ツールの外周における接線速度の大きさに移動速度の大きさを加算した値となる側である。フロー側とは、接合部に対する回転ツールの外周の相対速さが、回転ツールの外周における接線速度の大きさに移動速度の大きさを減算した値となる側である。

[0015] また、前記準備工程では、前記第一金属部材をアルミニウム又はアルミニウム合金で形成し、前記第二金属部材を銅又は銅合金で形成し、前記接合工程では、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面のみに接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を前記第二金属部材に接触させない状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合することが好ましい。

[0016] かかる接合方法によれば、銅又は銅合金製の金属部材とアルミニウム又はアルミニウム合金製の金属部材とを好適に接合することができる。

[0017] また、前記接合工程では、前記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて左回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを右回転させ、前

記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて右回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを左回転させることが好ましい。

[0018] かかる接合方法によれば、塑性流動化した金属が螺旋溝に導かれて回転ツールの先端側に流動するため、バリの発生を抑制することができる。

[0019] 別の本発明は、基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異なる一对の金属部材を接合する接合方法であって、前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、端部に垂直面を備えた第一金属部材と、裏面側の端部に第一傾斜面を備えるとともに表面側の端部に第二傾斜面を備え、前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準備する準備工程と、前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記先端側ピン及び前記基端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、を含み、前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記第一傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記第二傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β' とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とし、前記基端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α' とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ 且つ $\gamma = \alpha' - \beta'$ にした状態で接合を行うことを特徴とする。

[0020] また、本発明は、基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異なる一对の金属部材を接合する接合方法であって、前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、端部に垂直面を備えた第一金属部材と、裏面側の端部に第一傾斜面を備えるとともに

に表面側の端部に第二傾斜面を備え、前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準備する準備工程と、前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面に接触させつつ、前記先端側ピン及び前記基端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、前記接合工程で接合された前記金属部材同士を、接合線を圧延方向として圧延する圧延工程と、を含み、前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記第一傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記第二傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β' とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とし、前記基端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α' とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ 且つ $\gamma = \alpha' - \beta'$ にした状態で接合を行うことを特徴とする。

[0021] かかる接合方法又は製造方法によれば、傾斜面を形成するのは第二金属部材だけで済む。また、V字状の隙間をあけた状態で両金属部材を突き合わせるため、高い精度は必要なく突合せ作業も容易に行うことができる。また、例えば、第一金属部材のみに接触するように回転ツールを挿入すれば、軟化温度の低い第一金属部材に合わせて接合条件を調節することができ、入熱量を抑えることができる。したがって、第一金属部材が大きく軟化してバリが過剰に発生するのを抑制することができ、金属不足による接合不良を防ぐことができる。また、回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度 γ を、先端側ピンの外周面の回転中心軸に対する傾斜角度 α から第一傾斜面の鉛直方向に対する傾斜角度 β を減算した値及び基端側ピンの外周面の回転中心軸に対する傾斜角度 α' から第二傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度 β' を減算した値に一致させることにより、傾斜角度 α 、 β 、 α' 、 β' として最適

な値を選択することができると共に、先端側ピンの外周面と第一傾斜面及び基端側ピンの外周面と第二傾斜面とをそれぞれ平行にして、先端側ピン及び基端側ピンの外周面と各傾斜面との過度の接触を避けつつ、先端側ピン及び基端側ピンの外周面と各傾斜面とを高さ方向に亘って極力近接させることができる。また、第一金属部材の板厚を第二金属部材の板厚よりも大きくすることにより、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0022] また、前記突合せ工程では、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の裏面同士を面一とした状態で前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせることを好ましい。

[0023] かかる接合方法によれば、金属部材同士の裏面を面一にすることができる。

[0024] また、前記突合せ工程では、前記第一金属部材の裏面が前記第二金属部材の裏面よりも低い位置となり、前記第一金属部材の表面が前記第二金属部材の表面よりも高い位置となるように前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせ、前記接合工程では、前記先端側ピンの先端が前記第二金属部材の裏面の高さよりも下に位置するように前記先端側ピンの挿入深さを設定することが好ましい。

[0025] かかる接合方法によれば、第二金属部材の深さ方向全体に亘って摩擦攪拌を行うことができる。

[0026] また、前記接合工程では、前記回転ツールの移動軌跡に形成される塑性化領域のうち、前記第二金属部材側がシアー側となり、前記第一金属部材側がフロー側となるように前記回転ツールの回転方向及び進行方向を設定することが好ましい。

[0027] 塑性化領域のうち、融点が高い第二金属部材側がフロー側となると、突合せ部での第一金属部材の温度が低下して、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進されず、接合不良となるおそれがある。しかし、かかる接合方法によれば、融点の高い第二金属部材側がシアー側となるように設定することで、突合せ部での第一金属部材の温度を比較的高温に保つことが可能とな

り、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進され、接合不良となるのを防ぐことができる。

[0028] なお、シア側とは、接合部に対する回転ツールの外周の相対速さが、回転ツールの外周における接線速度の大きさに移動速度の大きさを加算した値となる側である。フロー側とは、接合部に対する回転ツールの外周の相対速さが、回転ツールの外周における接線速度の大きさに移動速度の大きさを減算した値となる側である。

[0029] また、前記準備工程では、前記第一金属部材をアルミニウム又はアルミニウム合金で形成し、前記第二金属部材を銅又は銅合金で形成し、前記接合工程では、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面のみに接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を前記第二金属部材に接触させない状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合することが好ましい。

[0030] かかる接合方法によれば、銅又は銅合金製の金属部材とアルミニウム又はアルミニウム合金製の金属部材とを好適に接合することができる。

[0031] また、前記接合工程では、前記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて左回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを右回転させ、前記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて右回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを左回転させることが好ましい。

[0032] かかる接合方法によれば、塑性流動化した金属が螺旋溝に導かれて回転ツールの先端側に流動するため、バリの発生を抑制することができる。

発明の効果

[0033] 本発明に係る接合方法及び複合圧延材の製造方法によれば、異なる種類の金属部材を好適に接合することができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明の実施形態に係る回転ツールを示す側面図である。

[図2]回転ツールの拡大断面図である。

[図3]回転ツールの第一変形例を示す断面図である。

[図4]回転ツールの第二変形例を示す断面図である。

[図5]回転ツールの第三変形例を示す断面図である。

[図6]本発明の第一実施形態に係る準備工程及び突合せ工程を示す断面図である。

[図7]第一実施形態に係る接合工程を示す斜視図である。

[図8]第一実施形態に係る接合工程を示す断面図である。

[図9]第一実施形態に係る接合工程後を示す断面図である。

[図10]第一実施形態に係る圧延工程を示す斜視図である。

[図11]第一実施形態に係る圧延工程後を示す断面図である。

[図12]本発明の第二実施形態に係る準備工程及び突合せ工程を示す断面図である。

[図13]第二実施形態に係る接合工程を示す断面図である。

[図14]第二実施形態に係る接合工程後を示す断面図である。

[図15]本発明の第三実施形態に係る準備工程及び突合せ工程を示す断面図である。

[図16]第三実施形態に係る接合工程を示す斜視図である。

[図17]第三実施形態に係る接合工程を示す断面図である。

[図18]第三実施形態に係る接合工程後を示す断面図である。

[図19]第三実施形態に係る圧延工程を示す斜視図である。

[図20]第三実施形態に係る圧延工程後を示す断面図である。

[図21]本発明の第四実施形態に係る準備工程及び突合せ工程を示す断面図である。

[図22]第四実施形態に係る接合工程を示す断面図である。

[図23]第四実施形態に係る接合工程後を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0035] 本発明の実施形態について、適宜図面を参照しながら説明する。まずは、本実施形態に係る接合方法で用いる回転ツールについて説明する。回転ツ

ルは、摩擦攪拌接合に用いられるツールである。図1に示すように、回転ツールFは、例えば工具鋼で形成されており、基軸部F1と、基端側ピンF2と、先端側ピンF3とで主に構成されている。基軸部F1は、円柱状を呈し、摩擦攪拌装置の主軸に接続される部位である。

[0036] 基端側ピンF2は、基軸部F1に連続し、先端に向けて先細りになっている。基端側ピンF2は、円錐台形状を呈する。基端側ピンF2のテーパ角度Aは適宜設定すればよいが、例えば、 $135^{\circ} \sim 160^{\circ}$ になっている。テーパ角度Aが 135° 未満であるか、又は、 160° を超えると摩擦攪拌後の接合表面粗さが大きくなる。テーパ角度Aは、後記する先端側ピンF3のテーパ角度Bよりも大きくなっている。図2に示すように、基端側ピンF2の外周面には、階段状のピン段差部F21が高さ方向の全体に亘って形成されている。ピン段差部F21は、右回り又は左回りで螺旋状に形成されている。つまり、ピン段差部F21は、平面視して螺旋状であり、側面視すると階段状になっている。本実施形態では、回転ツールFを右回転させるため、ピン段差部F21は基端側から先端側に向けて左回りに設定している。

[0037] なお、回転ツールFを左回転させる場合は、ピン段差部F21を基端側から先端側に向けて右回りに設定することが好ましい。これにより、ピン段差部F21によって塑性流動材が先端側に導かれるため、被接合金属部材の外部に溢れ出る金属を低減することができる。ピン段差部F21は、段差底面F21aと、段差側面F21bとで構成されている。隣り合うピン段差部F21の各頂点F21c、F21cの距離X1（水平方向距離）は、後記する段差角度C及び段差側面F21bの高さY1に応じて適宜設定される。

[0038] 段差側面F21bの高さY1は適宜設定すればよいが、例えば、 $0.1 \sim 0.4 \text{ mm}$ で設定されている。高さY1が 0.1 mm 未満であると接合表面粗さが大きくなる。一方、高さY1が 0.4 mm を超えると接合表面粗さが大きくなる傾向があるとともに、有効段差部数（被接合金属部材と接触しているピン段差部F21の数）も減少する。

[0039] 段差底面 F 2 1 a と段差側面 F 2 1 b とでなす段差角度 C は適宜設定すればよいが、例えば、 $85 \sim 120^\circ$ で設定されている。段差底面 F 2 1 a は、本実施形態では水平面と平行になっている。段差底面 F 2 1 a は、ツールの回転軸から外周方向に向かって水平面に対して $-5^\circ \sim 15^\circ$ 内の範囲で傾斜していてもよい（マイナスは水平面に対して下方、プラスは水平面に対して上方）。距離 X 1、段差側面 F 2 1 b の高さ Y 1、段差角度 C 及び水平面に対する段差底面 F 2 1 a の角度は、摩擦攪拌を行う際に、塑性流動材がピン段差部 F 2 1 の内部に滞留して付着することなく外部に抜けるとともに、段差底面 F 2 1 a で塑性流動材を押えて接合表面粗さを小さくすることができるように適宜設定する。

[0040] 図 1 に示すように、先端側ピン F 3 は、基端側ピン F 2 に連続して形成されている。先端側ピン F 3 は円錐台形状を呈する。先端側ピン F 3 の先端は回転軸に対して垂直な平坦面 F 4 になっている。先端側ピン F 3 のテーパ角度 B は、基端側ピン F 2 のテーパ角度 A よりも小さくなっている。図 2 に示すように、先端側ピン F 3 の外周面には、螺旋溝 F 3 1 が刻設されている。螺旋溝 F 3 1 は、右回り、左回りのどちらでもよいが、本実施形態では回転ツール F を右回転させるため、基端側から先端側に向けて左回りに刻設されている。

[0041] なお、回転ツール F を左回転させる場合は、螺旋溝 F 3 1 を基端側から先端側に向けて右回りに設定することが好ましい。これにより、螺旋溝 F 3 1 によって塑性流動材が先端側に導かれるため、被接合金属部材の外部に溢れ出る金属を低減することができる。螺旋溝 F 3 1 は、螺旋底面 F 3 1 a と、螺旋側面 F 3 1 b とで構成されている。隣り合う螺旋溝 F 3 1 の頂点 F 3 1 c、F 3 1 c の距離（水平方向距離）を長さ X 2 とする。螺旋側面 F 3 1 b の高さを高さ Y 2 とする。螺旋底面 F 3 1 a と、螺旋側面 F 3 1 b とで構成される螺旋角度 D は例えば、 $45 \sim 90^\circ$ で形成されている。螺旋溝 F 3 1 は、被接合金属部材と接触することにより摩擦熱を上昇させるとともに、塑性流動材を先端側に導く役割を備えている。

[0042] 回転ツールFは、適宜設計変更が可能である。図3は、本発明の回転ツールの第一変形例を示す側面図である。図3に示すように、第一変形例に係る回転ツールFAでは、ピン段差部F21の段差底面F21aと段差側面F21bとのなす段差角度Cが 85° になっている。段差底面F21aは、水平面と平行である。このように、段差底面F21aは水平面と平行であるとともに、段差角度Cは、摩擦攪拌中にピン段差部F21内に塑性流動材が滞留して付着することなく外部に抜ける範囲で鋭角としてもよい。

[0043] 図4は、本発明の回転ツールの第二変形例を示す側面図である。図4に示すように、第二変形例に係る回転ツールFBでは、ピン段差部F21の段差角度Cが 115° になっている。段差底面F21aは水平面と平行になっている。このように、段差底面F21aは水平面と平行であるとともに、ピン段差部F21として機能する範囲で段差角度Cが鈍角となってもよい。

[0044] 図5は、本発明の回転ツールの第三変形例を示す側面図である。図5に示すように、第三変形例に係る回転ツールFCでは、段差底面F21aがツールの回転軸から外周方向に向かって水平面に対して 10° 上方に傾斜している。段差側面F21bは、鉛直面と平行になっている。このように、摩擦攪拌中に塑性流動材を押さえることができる範囲で、段差底面F21aがツールの回転軸から外周方向に向かって水平面よりも上方に傾斜するように形成されていてもよい。上記の回転ツールの第一～第三変形例によっても、下記の実施形態と同等の効果を奏することができる。

[0045] [第一実施形態]

次に、本発明の第一実施形態の複合圧延材の製造方法について説明する。本実施形態に係る複合圧延材の製造方法は、一对の金属部材同士を回転ツールFで接合した後に圧延し、複合圧延材を得るというものである。なお、以下においては、「裏面」の反対側の面を「表面」とする。

[0046] 図6に示すように、第一金属部材1は、板状を呈する。第一金属部材1の端面1aは、表面1b及び裏面1cに対して垂直な垂直面になっている。第一金属部材1は、本実施形態ではアルミニウム合金で形成されているが、ア

ルミニウム、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金など摩擦攪拌可能な金属材料で形成してもよい。

[0047] 第二金属部材 2 は、板状を呈する。第二金属部材 2 の板厚は、第一金属部材 1 の板厚よりも小さくなっている。第二金属部材 2 の端面 2 a は、鉛直面に対して傾斜する傾斜面となっている。端面 2 a の傾斜角度 β は適宜設定すればよいが、本実施形態では、先端側ピン F 3 の傾斜角度 α よりも小さい角度になっている。第二金属部材 2 は、第一金属部材 1 よりも融点が高く、かつ、摩擦攪拌可能な材料で形成されている。第二金属部材 2 は、例えば、銅又は銅合金で形成してもよい。

[0048] 本実施形態に係る複合圧延材の製造方法は、準備工程と、突合せ工程と、接合工程と、圧延工程と、を行う。なお、請求の範囲の接合方法は、準備工程と、突合せ工程と、接合工程と、を行う工程である。準備工程は、前記した第一金属部材 1、第二金属部材 2 及び回転ツール F を用意する工程である。

[0049] 突合せ工程は、図 6 に示すように、第一金属部材 1 と第二金属部材 2 の端部同士を突き合わせる工程である。突合せ工程では、第一金属部材 1 の端面 1 a と、第二金属部材 2 の端面 2 a とを突き合わせて突合せ部 J を形成する。突合せ部 J は、表面 1 b、2 b に向かうにつれて開口が広がるように断面 V 字状の隙間が形成される。第一金属部材 1 の裏面 1 c と、第二金属部材 2 の裏面 2 c とは面一になる。第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 は架台 K に移動不能に固定される。

[0050] 接合工程は、回転ツール F を用いて第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とを接合する工程である。図 7 に示すように、接合工程では、回転ツール F の先端側ピン F 3 を右回転させつつ、第一金属部材 1 の表面 1 b であり、かつ、突合せ部 J の近傍に設定した開始位置 S p に先端側ピン F 3 を挿入する。そして、突合せ部 J の延長方向と平行に回転ツール F を相対移動させる。回転ツール F の移動軌跡には、塑性化領域 W が形成される。接合工程では、主に第一金属部材 1 側の塑性流動材が突合せ部 J の隙間に流入するように摩擦攪

拌接合を行う。

[0051] 図8に示すように、本接合工程では、回転ツールFの回転中心軸jを鉛直面に対して第一金属部材側に傾斜角度 γ だけ傾斜させることで、先端側ピンF3を第一金属部材1のみに接触させた状態で摩擦攪拌を行う。ここでの回転ツールFの回転中心軸jを鉛直面に対して傾斜させる傾斜角度 γ は、回転中心軸jと先端側ピンF3の外周面とのなす傾斜角度 α から第二金属部材2の端面2aの傾斜角度 β を減算した値と同じになっており($\gamma = \alpha - \beta$)、端面2aと端面2aに臨む先端側ピンF3の外周面とは平行である。

[0052] つまり、回転ツールFの回転中心軸jを傾ける方向は傾斜角度 α 、 β の関係によって決定される。例えば、本実施形態のように「 $\alpha > \beta$ 」の場合に傾斜角度 γ は正の値となり、第一金属部材側に回転ツールFの回転中心軸jを傾ける。また、「 $\alpha < \beta$ 」の場合に傾斜角度 γ は負の値となり、第二金属部材2側に回転ツールFの回転中心軸jを傾ける。また、「 $\alpha = \beta$ 」の場合に傾斜角度 γ は「0（ゼロ）」となり、回転ツールFの回転中心軸jを傾けずに鉛直面と平行にする。

[0053] 接合工程では、塑性化領域Wのうち、第二金属部材2側（突合せ部Jに近い側）がシアー側となり、第一金属部材1側（突合せ部Jから離間する側）がフロー側となるように設定している。つまり、本実施形態に係る接合工程では、進行方向右側に第一金属部材1が位置するように配置して、回転ツールFを右回転させる。なお、進行方向右側に第二金属部材2が位置するように配置した場合は、回転ツールFを左回転させることにより、塑性化領域Wのうち第二金属部材2側（突合せ部Jに近い側）がシアー側となる。

[0054] 先端側ピンF3の挿入深さは、図8に示すように適宜設定すればよいが、本実施形態では第一金属部材1の板厚の90%程度の深さに設定している。また、本実施形態の接合工程では、回転ツールFが第二金属部材2に接触せず、かつ、摩擦攪拌によって第一金属部材1と第二金属部材2とが拡散接合するように開始位置Spの位置及び移動ルートを設定している。また、基端側ピンF2の外周面と第一金属部材1の表面1bとが接触するように挿入深

さを設定する。

[0055] ここで、先端側ピンF 3の外周面と第二金属部材2とが大きく離間すると、突合せ部Jで第一金属と第二金属とが相互に拡散せず、第一金属部材1と第二金属部材2とを強固に接合することができない。一方、先端側ピンF 3と第二金属部材2とを接触させ、両者の重なり代を大きくした状態で摩擦攪拌を行うと、第二金属部材2を軟化させるために、接合条件を調節して入熱量を大きくする必要がある、接合不良となるおれがある。したがって、突合せ部Jで第一金属と第二金属とが相互に拡散して接合するように、先端側ピンF 3の外周面と第二金属部材2とをわずかに接触させた状態で接合するか、若しくは、先端側ピンF 3の外周面と第二金属部材2とを接触させず極力近づけた状態で接合することが好ましい。

[0056] また、本実施例形態のように、第一金属部材1がアルミニウム又はアルミニウム合金部材であり、第二金属部材2が銅又は銅合金部材である場合、接合工程において、先端側ピンF 3の外周面と第二金属部材2とを接触させず極力近づけた状態で接合することが好ましい。因みに、入熱量が大きくなる接合条件下で、仮に先端側ピンF 3の外周面と第二金属部材2（銅部材）とを接触させたとなると、アルミニウム合金部材中に少量の銅部材が攪拌混入され、Al/Cuの相互拡散が促進され、アルミニウム合金部材中に分散したAl-Cu相が液相となり、アルミニウム合金部材側から多くのバリが発生して接合不良となる。

[0057] 図9に示すように、基端側ピンF 2の外周面で塑性流動材を押えることができるため、塑性化領域Wの表面にはバリは形成されにくい。塑性化領域Wと第二金属部材2とは隣接している。つまり、塑性化領域Wは、突合せ部Jを超えて第二金属部材2側には形成されていない。第一金属部材1は、第二金属部材2よりも厚く形成されているため、突合せ部Jの隙間に第一金属部材1の塑性流動材が流入し、塑性化領域Wの表面に段差凹溝等は発生しない。つまり、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0058] 圧延工程は、接合された第一金属部材1及び第二金属部材2を圧延する工

程である。図10に示すように、圧延工程では、ローラR、Rを備えた圧延装置を用いて冷間圧延を行う。圧延工程では、接合工程における接合線（塑性化領域W）を圧延方向に設定して圧延する。以上により、図11に示す複合圧延材10が形成される。圧延工程における圧下率は、第一金属部材1及び第二金属部材2の材料や複合圧延材10の用途に応じて適宜設定すればよい。図9に示すように、接合工程後では第一金属部材1と第二金属部材2との間で板厚の差が生じているが、図11に示す圧延工程後ではその差が無視できる程度に圧延されている。

[0059] 以上説明した複合圧延材の製造方法及び接合方法によれば、接合工程において、第一金属部材1側の端面1aは、表面1b及び裏面1cに対して垂直としたため、第一金属部材1を容易に準備することができる。また、第二金属部材2に傾斜面を設けたが、突合せ工程では、断面V字状の隙間をあけて突き合わせるため、突き合わせ作業を容易に行うことができる。また、第一金属部材1の板厚を、第二金属部材2の板厚よりも大きくするとともに、接合工程で突合せ部Jの隙間に塑性流動材が流入するように接合するため、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0060] また、第一金属部材1及び第二金属部材2に回転ツールのショルダ部を接触させないため、入熱量を小さくすることができ、摩擦抵抗を小さくすることができるので、回転ツールFや摩擦攪拌装置への負荷を小さくすることができる。また、本実施形態のように、第一金属部材1がアルミニウム又はアルミニウム合金部材であり、第二金属部材2が銅又は銅合金部材である場合、接合工程において、回転ツールFの先端側ピンF3の外周面と第二金属部材2（銅部材）とを接触させず、かつ、極力近づけた状態で接合することが好ましい。このようにすると、アルミニウム合金部材側からバリが過剰に発生することなく、突合せ部Jで第一金属部材1と第二金属部材2との相互拡散が促進され強固に接合する。したがって、従来よりも第一金属部材1及び第二金属部材2への入熱量を抑え、回転ツールFや摩擦攪拌装置への負荷を小さくできるとともに、第一金属部材1側からバリが過剰に発生

するのを抑制することができる。さらに、ショルダ部を第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 に接触させないため、回転ツール F が高温になるのを防ぐことができる。これにより、回転ツール F の材料選択が容易になるとともに、回転ツール F の寿命を長くすることができる。

[0061] 塑性化領域 W のうち融点が高い第二金属部材 2 側がフロー側となると、突合せ部 J での第一金属部材 1 の温度が低下して、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進されず、接合不良となるおそれがある。入熱量を大きくするように接合条件を調節すると、シアー側となっている第一金属部材 1 側からバリが過剰に発生して接合欠陥となる。しかし、本実施形態のように、塑性化領域 W のうち、融点が高い第二金属部材 2 側がシアー側となるように接合条件（回転ツール F の回転方向、進行方向等）を設定することで、突合せ部 J での第一金属部材 1 の温度を比較的高温に保つことが可能となり、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進され、接合不良となるのを防ぐことができる。

[0062] 回転ツール F の外周面を第二金属部材 2 にわずかに接触させてもよいが、本実施形態では回転ツール F と第二金属部材 2 とを接触させないように設定しているため、第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とが混合攪拌されるのを防止することができ、バリが過剰に発生して接合不良となるのをより確実に防ぐことができる。また、基端側ピン F 2 の外周面を第一金属部材 1 の表面 1 b に接触させることで、塑性流動材を押さえることができるため、バリの発生を抑制することができる。

[0063] 第一金属部材 1 及び第二金属部材 2 の裏面 1 c, 2 c 同士を面一とした状態で突き合わせ、摩擦攪拌接合を行うことで、接合後の各金属部材同士の裏面 1 c, 2 c を面一にすることができる。

[0064] また、回転ツール F の回転中心軸 j を鉛直面に対して第一金属部材 1 側に傾斜角度 γ だけ傾斜させているため、突合せ部 J においては、先端側ピン F 3 と第二金属部材 2 との接触を容易に回避することができる。また、本実施形態では、回転ツール F の回転中心軸 j の鉛直面に対する傾斜角度 γ を、先

端側ピン F 3 の外周面の回転中心軸 j に対する傾斜角度 α から第二金属部材 2 の端面 2 a の鉛直面に対する傾斜角度 β を減算した値に一致させることにより、傾斜角度 α 、 β として最適な値を選択することができると共に、先端側ピン F 3 の外周面と端面 2 a とを平行にして、先端側ピン F 3 の外周面と端面 2 a との接触を避けつつ、先端側ピン F 3 の外周面と端面 2 a とを高さ方向に亘って極力近接させることができる。

[0065] 例えば、傾斜角度 α は、摩擦攪拌接合 (FSW=Friction Stir Welding) の技術分野による回転ツールの設計思想により決定され、また、傾斜角度 β は、鋳造分野 (例えばダイカスト) による金型の設計思想により決定される。つまり、傾斜角度 α 、 β は共に設計思想によって最適な値があるので、「 $\alpha = \beta$ 」にすることは難しい場合がある。しかし、本実施形態によれば、傾斜角度 α 、 β を自由に選択することが可能であるので、傾斜角度 α 、 β として最適な値を選択することができる。また、本実施形態によれば、回転ツール F の外周面と第二金属部材 2 とが接触しない状態で、両者を極力近づける作業が容易となる。

[0066] [第二実施形態]

本発明の第二実施形態に係る複合圧延材の製造方法について説明する。本実施形態に係る複合圧延材の製造方法は、準備工程と、突合せ工程と、接合工程と、圧延工程と、を行う。準備工程では、図 12 に示すように、段差架台 K A を用意する。段差架台 K A は、底部 K 1 と、底部 K 1 よりも一段上がった位置にある底部 K 2 と、段差側面 K 3 とを有している。

[0067] 突合せ工程では、図 12 に示すように、第一金属部材 1 と第二金属部材 2 との端部同士を突き合わせる。第一金属部材 1 は、底部 K 1 に配置するとともに、段差側面 K 3 に第一金属部材 1 の端面 1 a を当接させる。第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とを突き合わせることで突合せ部 J が形成される。突合せ部 J は第一実施形態と同様に、断面 V 字状の隙間が形成される。第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とを突き合わせた状態で、第二金属部材 2 の表面 2 b よりも、第一金属部材 1 の表面 1 b の方が高い位置となるとともに

、第二金属部材 2 の裏面 2 c よりも、第一金属部材 1 の裏面 1 c の方が低い位置となる。

[0068] 接合工程では、図 1 3 に示すように、回転ツール F を用いて第一金属部材 1 と第二金属部材 2 とを接合する。接合工程では、第一実施形態と同じ要領で摩擦攪拌を行う。つまり、回転ツール F の先端側ピン F 3 を回転させつつ、第一金属部材 1 の表面 1 b であり、かつ、突合せ部 J の近傍に設定した開始位置に回転ツール F を挿入する。そして、回転ツール F を第一金属部材 1 側に傾斜角度 γ 傾けた状態で、突合せ部 J の延長方向と平行に回転ツール F を相対移動させる。回転ツール F は、第二金属部材 2 とわずかに接触させてもよいが、本実施形態では第一金属部材 1 のみと接触させた状態で摩擦攪拌を行う。また、基端側ピン F 2 の外周面を第一金属部材 1 の表面 1 b に接触させた状態で摩擦攪拌を行う。回転ツール F の移動軌跡には、塑性化領域 W が形成される。接合工程では、主に第一金属部材 1 側の塑性流動材が突合せ部 J の隙間に流入するように摩擦攪拌接合を行う。

[0069] 本実施形態に係る接合工程では、回転ツール F の先端側ピン F 3 の先端（平坦面 F 4）が、第二金属部材 2 の裏面 2 c よりも下方に位置するように先端側ピン F 3 の挿入深さを設定する。圧延工程については、第一実施形態と同様である。

[0070] 以上説明した第二実施形態においても、第一実施形態と略同等の効果を達成することができる。第一実施形態においては、図 8 に示すように、第二金属部材 2 の高さ方向の全体に亘って接合することは困難である。しかし、第二実施形態においては、第二金属部材 2 の裏面 2 c よりも深い位置に先端側ピン F 3 を挿入した状態で摩擦攪拌接合を行うため、図 1 4 に示すように、第二金属部材 2 の板厚方向の全体に亘って接合することが可能となる。これにより、第一金属部材 1 と第二金属部材 2 の接合強度を高めることができる。

[0071] [第三実施形態]

次に、本発明の第三実施形態の複合圧延材の製造方法について説明する。

図 1 5 に示すように、第一金属部材 1 0 1 は、板状を呈する。第一金属部

材１０１の端面１０１ａは、表面１０１ｂ及び裏面１０１ｃに対して垂直な垂直面になっている。第一金属部材１０１は、本実施形態ではアルミニウム合金で形成されているが、アルミニウム、銅、銅合金、チタン、チタン合金、マグネシウム、マグネシウム合金など摩擦攪拌可能な金属材料で形成してもよい。

[0072] 第二金属部材１０２は、板状を呈する。第二金属部材１０２の板厚は、第一金属部材１０１の板厚よりも小さくなっている。第二金属部材１０２の端面１０２ａは、裏面１０２ｃ側の端部に鉛直面に対して傾斜する第一傾斜面１０２ａ１及び表面１０２ｂ側の端部に鉛直面に対して傾斜する第二傾斜面１０２ａ２を備えている。第一傾斜面１０２ａ１の鉛直面に対する傾斜角度 β は適宜設定すればよいが、本実施形態では、先端側ピンＦ３の鉛直面に対する傾斜角度 α （図１）よりも大きい角度になっている。第二傾斜面１０２ａ２の鉛直面に対する傾斜角度 β' も適宜設定すればよいが、本実施形態では、先端側ピンＦ３の鉛直面に対する傾斜角度 α' （図１）よりも大きい角度になっている。第二金属部材１０２は、第一金属部材１０１よりも融点が高く、かつ、摩擦攪拌可能な材料で形成されている。第二金属部材１０２は、例えば、銅又は銅合金で形成してもよい。

[0073] 本実施形態に係る複合圧延材の製造方法は、準備工程と、突合せ工程と、接合工程と、圧延工程と、を行う。なお、請求の範囲の接合方法は、準備工程と、突合せ工程と、接合工程と、を行う工程である。準備工程は、前記した第一金属部材１０１、第二金属部材１０２及び回転ツールＦを用意する工程である。

[0074] 突合せ工程は、図１５に示すように、第一金属部材１０１と第二金属部材１０２の端部同士を突き合わせる工程である。突合せ工程では、第一金属部材１０１の端面１０１ａと、第二金属部材１０２の端面１０２ａとを突き合わせて突合せ部ＪＡを形成する。突合せ部ＪＡは、表面１０１ｂ、１０２ｂに向かうにつれて開口が広がるように断面略Ｖ字状の隙間が形成される。第一金属部材１０１の裏面１０１ｃと、第二金属部材１０２の裏面１０２ｃと

は面一になる。第一金属部材 101 及び第二金属部材 102 は架台 K に移動不能に固定される。

[0075] 接合工程は、回転ツール F を用いて第一金属部材 101 と第二金属部材 102 とを接合する工程である。図 16 及び図 17 に示すように、接合工程では、回転ツール F の先端側ピン F3 を右回転させつつ、第一金属部材 101 の表面 101b であり、かつ、突合せ部 JA の近傍に設定した開始位置 SpA に先端側ピン F3 を挿入する。そして、突合せ部 JA の延長方向と平行に回転ツール F を相対移動させる。回転ツール F の移動軌跡には、塑性化領域 WA が形成される。接合工程では、主に第一金属部材 101 側の塑性流動材が突合せ部 JA の隙間に流入するように摩擦攪拌接合を行う。

[0076] 図 17 に示すように、本接合工程では、回転ツール F の回転中心軸 j を鉛直面に対して第二金属部材 102 側に傾斜角度 γ だけ傾斜させて、先端側ピン F3 を第一金属部材 101 のみに接触させた状態で摩擦攪拌を行う。ここでの回転ツール F の回転中心軸 j を鉛直面に対して傾斜させる傾斜角度 γ は、先端側ピン F3 の外周面とのなす傾斜角度 α (図 1) から第二金属部材 102 の第一傾斜面 102a1 の傾斜角度 β (図 15) を減算した値と同じになっており ($\gamma = \alpha - \beta$)、また、基端側ピン F2 の外周面とのなす傾斜角度 α' (図 1) から第二金属部材 102 の第二傾斜面 102a2 の傾斜角度 β' (図 15) を減算した値と同じになっている ($\gamma = \alpha' - \beta'$)。この場合の γ の値はマイナスの値となるので、回転中心軸 j は第二金属部材 102 側に傾ける。第一傾斜面 102a1 と第一傾斜面 102a1 に臨む先端側ピン F3 の外周面は平行である。また、第二傾斜面 102a2 と第二傾斜面 102a2 に臨む基端側ピン F2 の外周面は平行である。

[0077] つまり、回転ツール F の回転中心軸 j を傾ける方向は傾斜角度 α , β , α' , β' の関係によって決定される。例えば、「 $\alpha > \beta$, $\alpha' > \beta'$ 」の場合に傾斜角度 γ は正の値となり、第一金属部材側に回転ツール F の回転中心軸 j を傾ける。また、「 $\alpha < \beta$, $\alpha' < \beta'$ 」の場合に傾斜角度 γ は負の値となり、第二金属部材 102 側に回転ツール F の回転中心軸 j を傾ける。ま

た、「 $\alpha = \beta$ 」の場合に傾斜角度 γ は「0（ゼロ）」となり、回転ツールFの回転中心軸」を傾けずに鉛直面と平行にする。

[0078] 接合工程では、塑性化領域WAのうち、第二金属部材102側（突合せ部JAに近い側）がシアー側となり、第一金属部材101側（突合せ部JAから離間する側）がフロー側となるように設定している。つまり、本実施形態に係る接合工程では、進行方向右側に第一金属部材101が位置するように配置して、回転ツールFを右回転させる。なお、進行方向右側に第二金属部材102が位置するように配置した場合は、回転ツールFを左回転させることにより、塑性化領域WAのうち第二金属部材102側（突合せ部JAに近い側）がシアー側となる。

[0079] 先端側ピンF3の挿入深さは、図17に示すように適宜設定すればよいが、本実施形態では第一金属部材101の板厚の90%程度の深さに設定している。また、本実施形態の接合工程では、回転ツールFが第二金属部材102に接触せず、かつ、摩擦攪拌によって第一金属部材101と第二金属部材102とが拡散接合するように開始位置SpAの位置及び移動ルートを設定している。また、基端側ピンF2の外周面と第一金属部材101の表面101bとが接触するように挿入深さを設定する。

[0080] ここで、先端側ピンF3の外周面と第二金属部材102とが大きく離間すると、突合せ部JAで第一金属と第二金属とが相互に拡散せず、第一金属部材101と第二金属部材102とを強固に接合することができない。一方、先端側ピンF3と第二金属部材102とを接触させ、両者の重なり代を大きくした状態で摩擦攪拌を行うと、第二金属部材102を軟化させるために、接合条件を調節して入熱量を大きくする必要があり、接合不良となるおれがある。したがって、突合せ部JAで第一金属と第二金属とが相互に拡散して接合するように、先端側ピンF3の外周面と第二金属部材102とをわずかに接触させた状態で接合するか、若しくは、先端側ピンF3の外周面と第二金属部材102とを接触させず極力近づけた状態で接合することが好ましい。

[0081] また、本実施形態のように、第一金属部材 101 がアルミニウム又はアルミニウム合金部材であり、第二金属部材 102 が銅又は銅合金部材である場合、接合工程において、先端側ピン F3 の外周面と第二金属部材 102 とを接触させず極力近づけた状態で接合することが好ましい。因みに、入熱量が大きくなる接合条件下で、仮に先端側ピン F3 の外周面と第二金属部材 102（銅部材）とを接触させたとしても、アルミニウム合金部材中に少量の銅部材が攪拌混入され、Al/Cu の相互拡散が促進され、アルミニウム合金部材中に分散した Al-Cu 相が液相となり、アルミニウム合金部材側から多くのバリが発生して接合不良となる。

[0082] 図 18 に示すように、基端側ピン F2 の外周面で塑性流動材を押えることができるため、塑性化領域 WA の表面にはバリは形成されにくい。塑性化領域 WA と第二金属部材 102 とは隣接している。つまり、塑性化領域 WA は、突合せ部 JA を超えて第二金属部材 102 側には形成されていない。第一金属部材 101 は、第二金属部材 102 よりも厚く形成されているため、突合せ部 JA の隙間に第一金属部材 101 の塑性流動材が流入し、塑性化領域 WA の表面に段差凹溝等は発生しない。つまり、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0083] 圧延工程は、接合された第一金属部材 101 及び第二金属部材 102 を圧延する工程である。図 19 に示すように、圧延工程では、ローラ RA, RA を備えた圧延装置を用いて冷間圧延を行う。圧延工程では、接合工程における接合線（塑性化領域 WA）を圧延方向に設定して圧延する。以上により、図 20 に示す複合圧延材 110 が形成される。圧延工程における圧下率は、第一金属部材 101 及び第二金属部材 102 の材料や複合圧延材 110 の用途に応じて適宜設定すればよい。図 18 に示すように、接合工程後では第一金属部材 101 と第二金属部材 102 との間に板厚の差が生じているが、図 20 に示す圧延工程後ではその差が無視できる程度に圧延されている。

[0084] 以上説明した複合圧延材の製造方法及び接合方法によれば、接合工程において、第一金属部材 101 側の端面 101a は、表面 101b 及び裏面 101c

1 c に対して垂直としたため、第一金属部材 1 0 1 を容易に準備することができる。また、第二金属部材 1 0 2 に第一傾斜面 1 0 2 a 1、第二傾斜面 1 0 2 a 2 を設けたが、突合せ工程では、断面略 V 字状の隙間をあけて突き合わせるため、突き合わせ作業を容易に行うことができる。また、第一金属部材 1 0 1 の板厚を、第二金属部材 1 0 2 の板厚よりも大きくするとともに、接合工程で突合せ部 J A の隙間に塑性流動材が流入するように接合するため、接合部の金属不足を防ぐことができる。

[0085] また、第一金属部材 1 0 1 及び第二金属部材 1 0 2 に回転ツールのショルダ部を接触させないため、入熱量を小さくすることができ、摩擦抵抗を小さくすることができるので、回転ツール F や摩擦攪拌装置への負荷を小さくすることができる。また、本実施形態のように、第一金属部材 1 0 1 がアルミニウム又はアルミニウム合金部材であり、第二金属部材 1 0 2 が銅又は銅合金部材である場合、接合工程において、回転ツール F の基端側ピン F 2 及び先端側ピン F 3 の外周面と第二金属部材 1 0 2 (銅部材) とを接触させず、かつ、極力近づけた状態で接合することが好ましい。このようにすると、アルミニウム合金部材側からバリが過剰に発生することなく、突合せ部 J A で第一金属部材 1 0 1 と第二金属部材 1 0 2 との相互拡散が促進され強固に接合する。したがって、従来よりも第一金属部材 1 0 1 及び第二金属部材 1 0 2 への入熱量を抑え、回転ツール F や摩擦攪拌装置への負荷を小さくすることができるとともに、第一金属部材 1 0 1 側からバリが過剰に発生するのを抑制することができる。さらに、ショルダ部を第一金属部材 1 0 1 及び第二金属部材 1 0 2 に接触させないため、回転ツール F が高温になるのを防ぐことができる。これにより、回転ツール F の材料選択が容易になるとともに、回転ツール F の寿命を長くすることができる。

[0086] 塑性化領域 W A のうち融点が高い第二金属部材 1 0 2 側がフロー側となると、突合せ部 J A での第一金属部材 1 0 1 の温度が低下して、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進されず、接合不良となるおそれがある。入熱量を大きくするように接合条件を調節すると、シア側となっている第一

金属部材 101 側からバリが過剰に発生して接合欠陥となる。しかし、本実施形態のように、塑性化領域 WA のうち、融点が高い第二金属部材 102 側がシア側となるように接合条件（回転ツール F の回転方向、進行方向等）を設定することで、突合せ部 JA での第一金属部材 101 の温度を比較的高温に保つことが可能となり、異なる金属同士の界面における相互拡散が促進され、接合不良となるのを防ぐことができる。

[0087] 回転ツール F の外周面を第二金属部材 102 にわずかに接触させてもよいが、本実施形態では回転ツール F と第二金属部材 102 とを接触させないように設定しているため、第一金属部材 101 と第二金属部材 102 とが混合攪拌されるのを防止することができ、バリが過剰に発生して接合不良となるのをより確実に防ぐことができる。また、基端側ピン F2 の外周面を第一金属部材 101 の表面 101b に接触させることで、塑性流動材を押さえることができるため、バリの発生を抑制することができる。

[0088] 第一金属部材 101 及び第二金属部材 102 の裏面 101c, 102c 同士を面一とした状態で突き合わせ、摩擦攪拌接合を行うことで、接合後の各金属部材同士の裏面 101c, 102c を面一にすることができる。

[0089] また、本実施形態では、回転ツール F の回転中心軸 j の鉛直面に対する傾斜角度 γ を、先端側ピン F3 の回転中心軸に対する傾斜角度 α から第二金属部材 102 の第一傾斜面 102a1 の鉛直面に対する傾斜角度 β を減算した値に一致させている。また、傾斜角度 γ を、基端側ピン F2 の回転中心軸に対する傾斜角度 α' から第二金属部材 102 の第二傾斜面 102a2 の鉛直面に対する傾斜角度 β' を減算した値に一致させている。これにより、傾斜角度 α , β , α' , β' として最適な値を選択することができると共に、先端側ピン F3 の外周面と第一傾斜面 102a1 とを平行にして、また、基端側ピン F2 の外周面と第二傾斜面 102a2 とを平行にして、先端側ピン F3 の外周面と端面 102a との接触を避けつつ、先端側ピン F3 の外周面と端面 102a とを高さ方向に亘って極力近接させることができる。

[0090] 例えば、傾斜角度 α , α' は、摩擦攪拌接合（FSW=Friction Stir Welding）

ding) の技術分野による回転ツールの設計思想により決定され、また、傾斜角度 β 、 β' は、鋳造分野（例えばダイカスト）による金型の設計思想により決定される。つまり、傾斜角度 α 、 β 、 α' 、 β' は共に設計思想によって最適な値があるので、「 $\alpha = \beta$ 、 $\alpha' = \beta'$ 」にすることは難しい場合がある。しかし、本実施形態によれば、傾斜角度 α 、 β を自由に選択することが可能であるので、傾斜角度 α 、 β 、 α' 、 β' として最適な値を選択することができる。また、本実施形態によれば、回転ツール F の外周面と第二金属部材 102 とが接触しない状態で、両者を極力近づける作業が容易となる。

[0091] また、回転ツール F を第二金属部材 102 側に傾斜させることによって、圧延工程の際に第一金属部材 101 と第二金属部材 102 との接合面積が大きくなり、両金属部材の接合強度を高めることができる。

[0092] [第四実施形態]

本発明の第四実施形態に係る複合圧延材の製造方法について説明する。本実施形態に係る複合圧延材の製造方法は、準備工程と、突合せ工程と、接合工程と、圧延工程と、を行う。準備工程では、図 21 に示すように、段差架台 KA を用意する。段差架台 KA は、底部 K1 と、底部 K1 よりも一段上がった位置にある底部 K2 と、段差側面 K3 とを有している。

[0093] 突合せ工程では、図 21 に示すように、第一金属部材 101 と第二金属部材 102 との端部同士を突き合わせる。第一金属部材 101 は、底部 K1 に配置するとともに、段差側面 K3 に第一金属部材 101 の端面 101a を当接させる。第一金属部材 101 と第二金属部材 102 とを突き合わせることで、突合せ部 JA が形成される。突合せ部 JA は第三実施形態と同様に、断面 V 字状の隙間が形成される。第一金属部材 101 と第二金属部材 102 とを突き合わせた状態で、第二金属部材 102 の表面 102b よりも、第一金属部材 101 の表面 101b の方が高い位置となるとともに、第二金属部材 102 の裏面 102c よりも、第一金属部材 101 の裏面 101c の方が低い位置となる。

[0094] 接合工程では、図 2 2 に示すように、回転ツール F を用いて第一金属部材 1 0 1 と第二金属部材 1 0 2 とを接合する工程である。接合工程では、第三実施形態と同じ要領で摩擦攪拌を行う。つまり、回転ツール F の先端側ピン F 3 を回転させつつ、第一金属部材 1 0 1 の表面 1 0 1 b であり、かつ、突合せ部 J A の近傍に設定した開始位置に回転ツール F を挿入する。そして、回転ツール F を第一金属部材 1 0 1 側に傾斜角度 γ 傾けた状態で、突合せ部 J A の延長方向と平行に回転ツール F を相対移動させる。回転ツール F は、第二金属部材 1 0 2 とわずかに接触させてもよいが、本実施形態では第一金属部材 1 0 1 のみと接触させた状態で摩擦攪拌を行う。また、基端側ピン F 2 の外周面を第一金属部材 1 0 1 の表面 1 0 1 b に接触させた状態で摩擦攪拌を行う。回転ツール F の移動軌跡には、塑性化領域 W A が形成される。接合工程では、主に第一金属部材 1 0 1 側の塑性流動材が突合せ部 J A の隙間に流入するように摩擦攪拌接合を行う。

[0095] 本実施形態に係る接合工程では、回転ツール F の先端側ピン F 3 の先端（平坦面 F 4）が、第二金属部材 1 0 2 の裏面 1 0 2 c よりも下方に位置するように先端側ピン F 3 の挿入深さを設定する。圧延工程については、第三実施形態と同様である。

[0096] 以上説明した第四実施形態においても、第三実施形態と略同等の効果を達成することができる。第三実施形態においては、図 1 7 に示すように、第二金属部材 1 0 2 の高さ方向の全体に亘って接合することは困難である。しかし、第四実施形態においては、第二金属部材 1 0 2 の裏面 1 0 2 c よりも深い位置に先端側ピン F 3 を挿入した状態で摩擦攪拌接合を行うため、図 2 3 に示すように、第二金属部材 1 0 2 の板厚方向の全体に亘って接合することが可能となる。これにより、第一金属部材 1 0 1 と第二金属部材 1 0 2 の接合強度を高めることができる。

符号の説明

- [0097] 1 第一金属部材
 2 第二金属部材

1 0 1	第一金属部材
1 1 0	第二金属部材
F	回転ツール
F 2	基端側ピン
F 3	先端側ピン
J	突合せ部
W	塑性化領域
J A	突合せ部
W A	塑性化領域

請求の範囲

[請求項1] 基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異

なる一対の金属部材を接合する接合方法であって、

前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、

端部に垂直面を備えた第一金属部材と、端部に傾斜面を備え前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準備する準備工程と、

前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、

回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面に接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、を含み、

前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ にした状態で接合を行うことを特徴とする接合方法。

[請求項2] 前記突合せ工程では、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の裏面同士を面一とした状態で前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせることを特徴とする請求項1に記載の接合方法。

[請求項3] 前記突合せ工程では、前記第一金属部材の裏面が前記第二金属部材の裏面よりも低い位置となり、前記第一金属部材の表面が前記第二金属部材の表面よりも高い位置となるように前記第一金属部材と前記第

二金属部材とを突き合わせ、

前記接合工程では、前記先端側ピンの先端が前記第二金属部材の裏面の高さよりも下に位置するように前記先端側ピンの挿入深さを設定することを特徴とする請求項 1 に記載の接合方法。

[請求項4]

前記接合工程では、前記回転ツールの移動軌跡に形成される塑性化領域のうち、前記第二金属部材側がシアー側となり、前記第一金属部材側がフロー側となるように前記回転ツールの回転方向及び進行方向を設定することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れかの一項に記載の接合方法。

[請求項5]

前記準備工程では、前記第一金属部材をアルミニウム又はアルミニウム合金で形成し、前記第二金属部材を銅又は銅合金で形成し、

前記接合工程では、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面のみに接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を前記第二金属部材に接触させない状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合することを特徴とする請求項 1 に記載の接合方法。

[請求項6]

前記接合工程では、

前記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて左回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを右回転させ、

前記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて右回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを左回転させることを特徴とする請求項 1 に記載の接合方法。

[請求項7]

基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異なる一対の金属部材を接合する接合方法であって、

前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、

端部に垂直面を備えた第一金属部材と、端部に傾斜面を備え前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準備する準備工程と、

前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、

回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面に接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、

前記接合工程で接合された前記金属部材同士を、接合線を圧延方向として圧延する圧延工程と、を含み、

前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ にした状態で接合を行うことを特徴とする複合圧延材の製造方法。

[請求項8]

基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異なる一对の金属部材を接合する接合方法であって、

前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、

端部に垂直面を備えた第一金属部材と、裏面側の端部に第一傾斜面を備えるとともに表面側の端部に第二傾斜面を備え、前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準備する準備工程と、

前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV

字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、

回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記先端側ピン及び前記基端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、を含み、

前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記第一傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記第二傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β' とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とし、前記基端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α' とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ 且つ $\gamma = \alpha' - \beta'$ にした状態で接合を行うことを特徴とする接合方法。

[請求項9] 前記突合せ工程では、前記第一金属部材及び前記第二金属部材の裏面同士を面一とした状態で前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせることを特徴とする請求項8に記載の接合方法。

[請求項10] 前記突合せ工程では、前記第一金属部材の裏面が前記第二金属部材の裏面よりも低い位置となり、前記第一金属部材の表面が前記第二金属部材の表面よりも高い位置となるように前記第一金属部材と前記第二金属部材とを突き合わせ、

前記接合工程では、前記先端側ピンの先端が前記第二金属部材の裏面の高さよりも下に位置するように前記先端側ピンの挿入深さを設定することを特徴とする請求項8に記載の接合方法。

[請求項11] 前記接合工程では、前記回転ツールの移動軌跡に形成される塑性化領域のうち、前記第二金属部材側がシアー側となり、前記第一金属部材側がフロー側となるように前記回転ツールの回転方向及び進行方向を設定することを特徴とする請求項8乃至請求項10の何れかの一項

に記載の接合方法。

[請求項12]

前記準備工程では、前記第一金属部材をアルミニウム又はアルミニウム合金で形成し、前記第二金属部材を銅又は銅合金で形成し、

前記接合工程では、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面のみに接触させつつ、前記先端側ピンの外周面を前記第二金属部材に接触させない状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合することを特徴とする請求項8に記載の接合方法。

[請求項13]

前記接合工程では、

前記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて左回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを右回転させ、

前記先端側ピンの外周面に基端から先端に向うにつれて右回りの螺旋溝を刻設した場合、前記回転ツールを左回転させることを特徴とする請求項8に記載の接合方法。

[請求項14]

基端側ピンと、先端側ピンとを備えた回転ツールを用いて材料の異なる一对の金属部材を接合する接合方法であって、

前記基端側ピンのテーパ角度は、前記先端側ピンのテーパ角度よりも大きくなっており、前記基端側ピンの外周面には階段状の段差部が形成されており、

端部に垂直面を備えた第一金属部材と、裏面側の端部に第一傾斜面を備えるとともに表面側の端部に第二傾斜面を備え、前記第一金属部材よりも融点が高く板厚が小さい第二金属部材と、を準備する準備工程と、

前記第一金属部材と前記第二金属部材の端部同士を突き合わせてV字状の隙間を備えた突合せ部を形成する突合せ工程と、

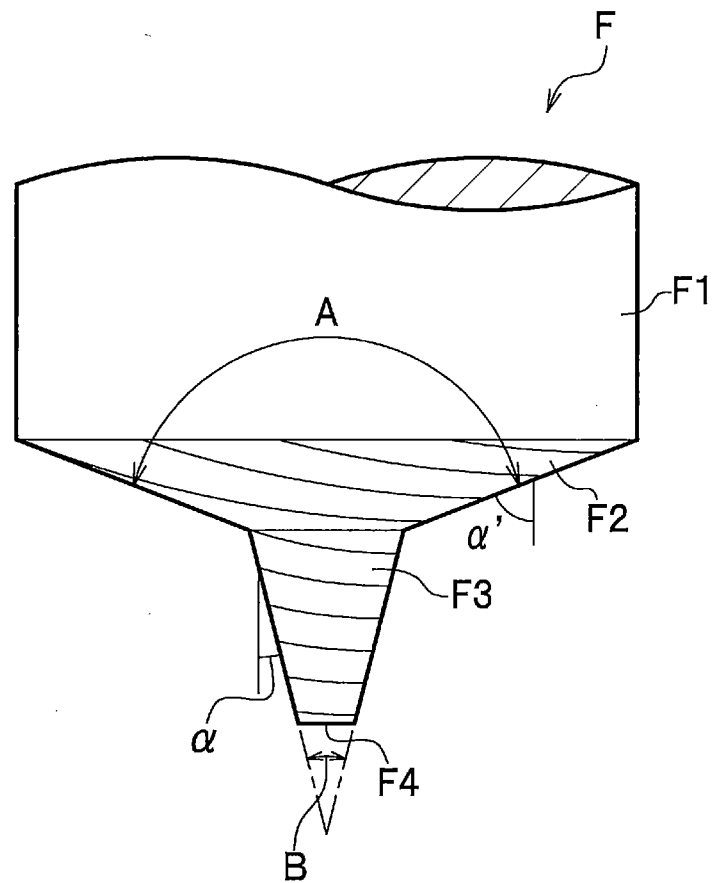
回転する前記先端側ピンを前記第一金属部材の表面のみから挿入するとともに、前記基端側ピンの外周面を前記第一金属部材の表面に接

触させつつ、前記先端側ピン及び前記基端側ピンの外周面を少なくとも前記第一金属部材に接触させた状態で、前記隙間に前記第一金属部材を流入させながら前記突合せ部に沿って前記回転ツールを相対移動させて前記第一金属部材と前記第二金属部材とを接合する接合工程と、

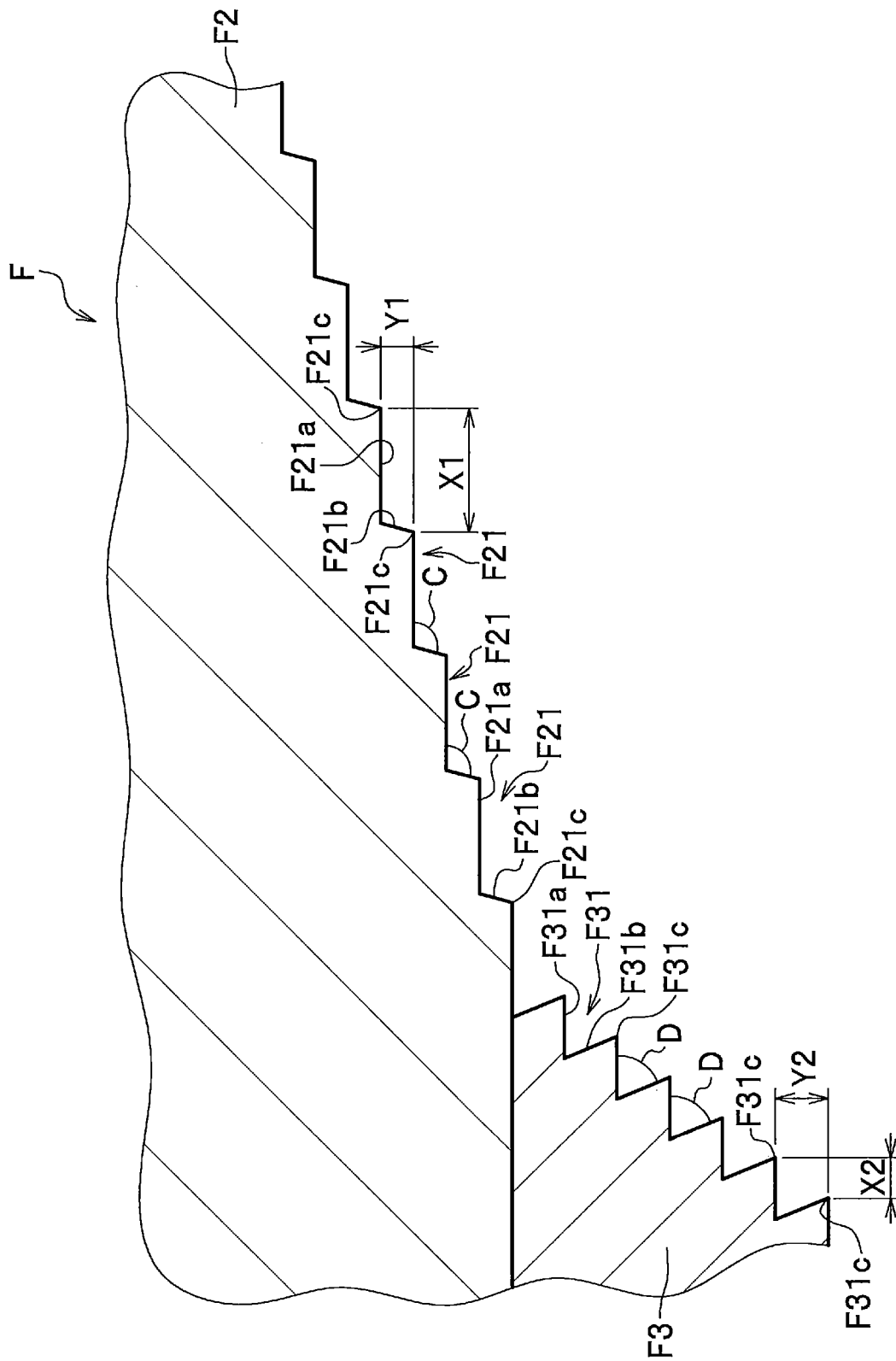
前記接合工程で接合された前記金属部材同士を、接合線を圧延方向として圧延する圧延工程と、を含み、

前記接合工程では、前記回転ツールの回転中心軸の鉛直面に対する傾斜角度を γ とし、前記第一傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β とし、前記第二傾斜面の鉛直面に対する傾斜角度を β' とし、前記先端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α とし、前記基端側ピンの外周面の前記回転中心軸に対する傾斜角度を α' とすると、 $\gamma = \alpha - \beta$ 且つ $\gamma = \alpha' - \beta'$ にした状態で接合を行うことを特徴とする複合圧延材の製造方法。

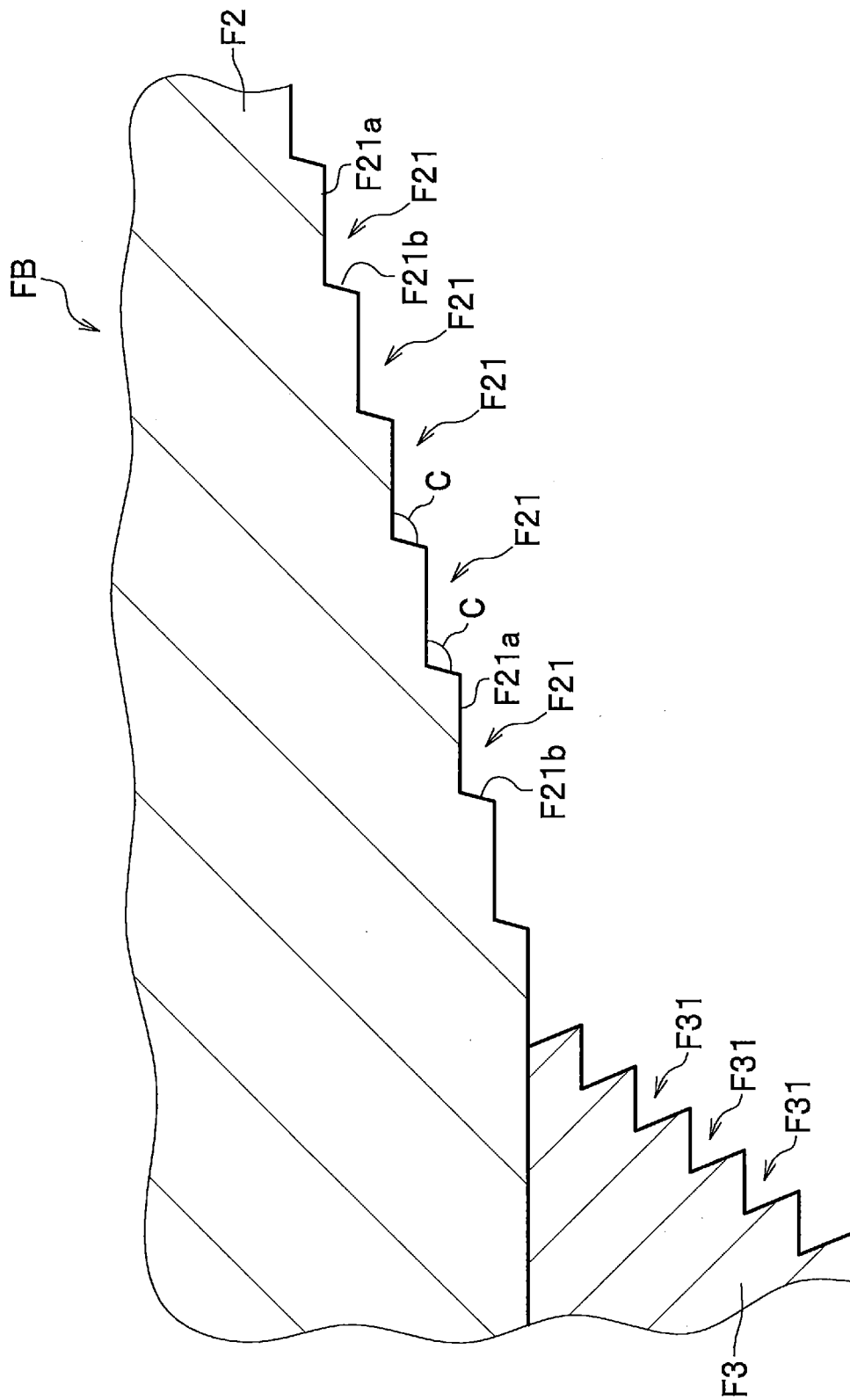
[図1]



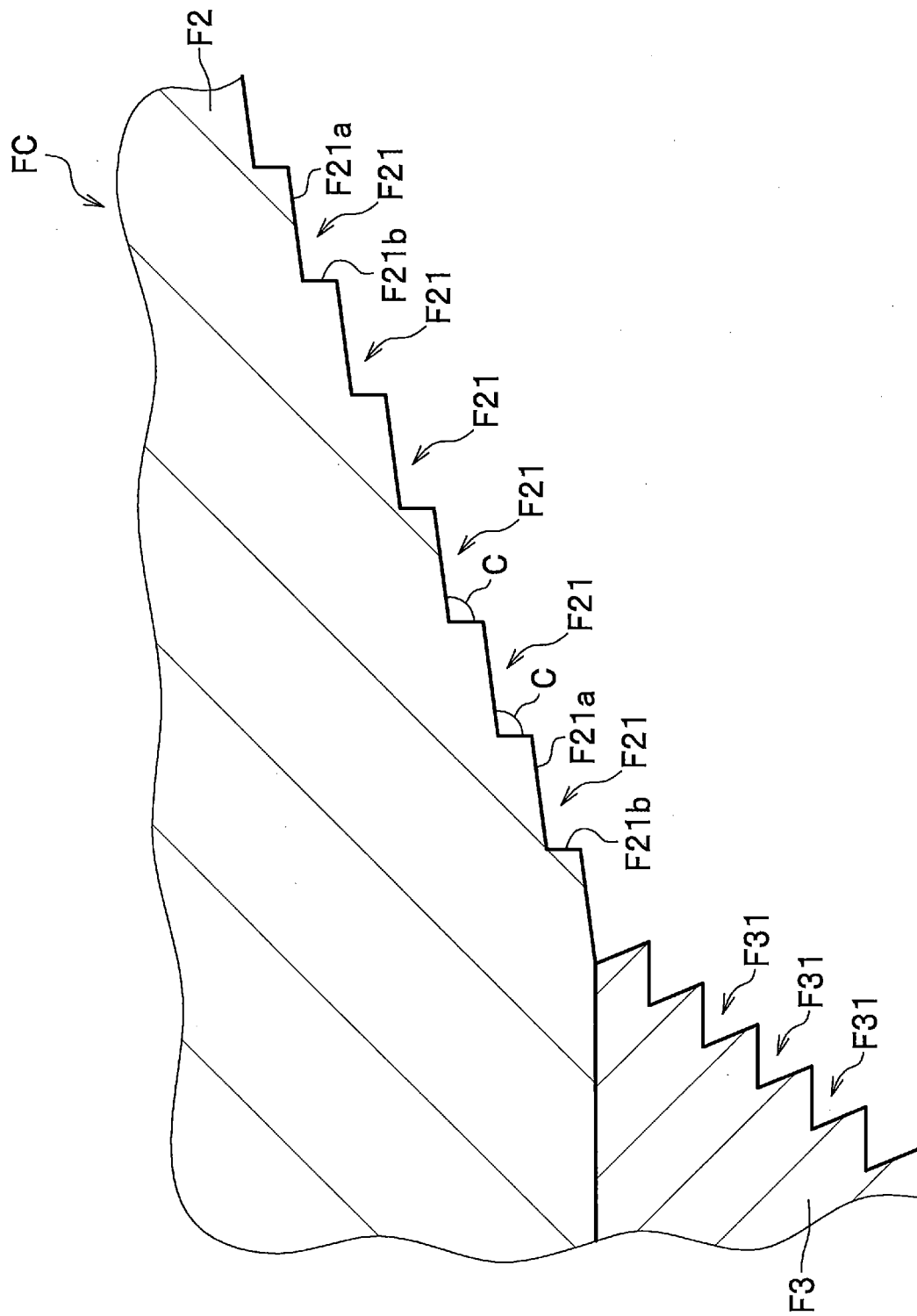
[図2]



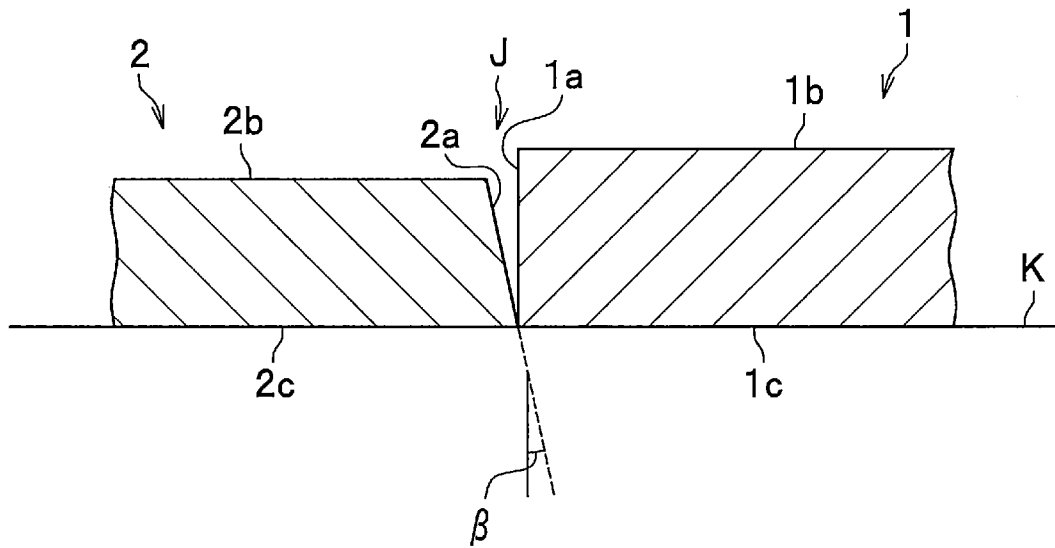
[図4]



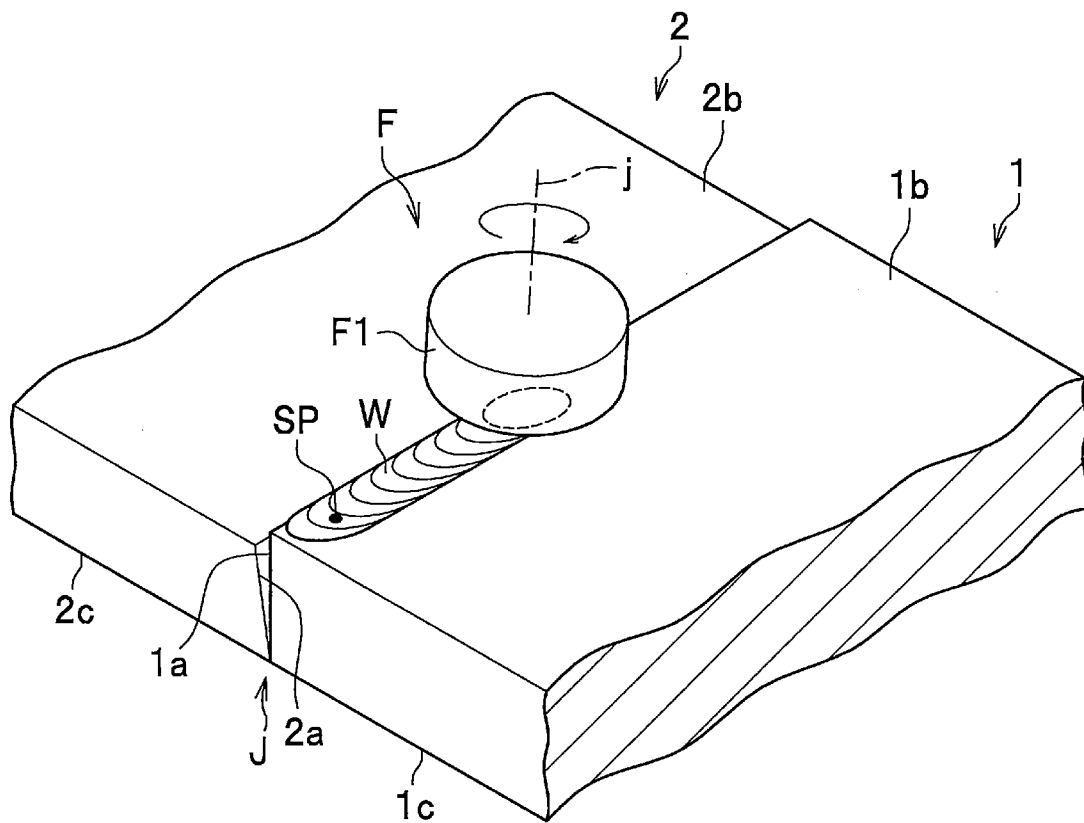
[図5]



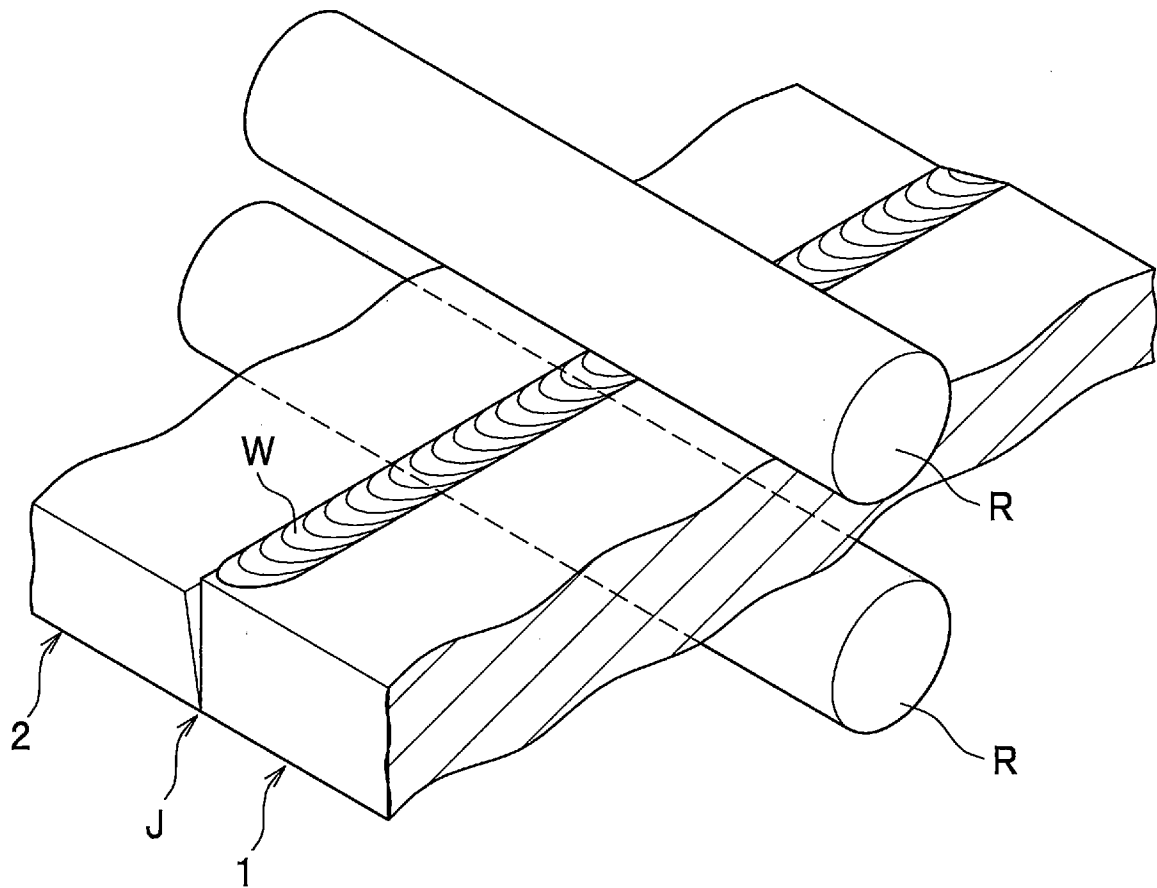
[図6]



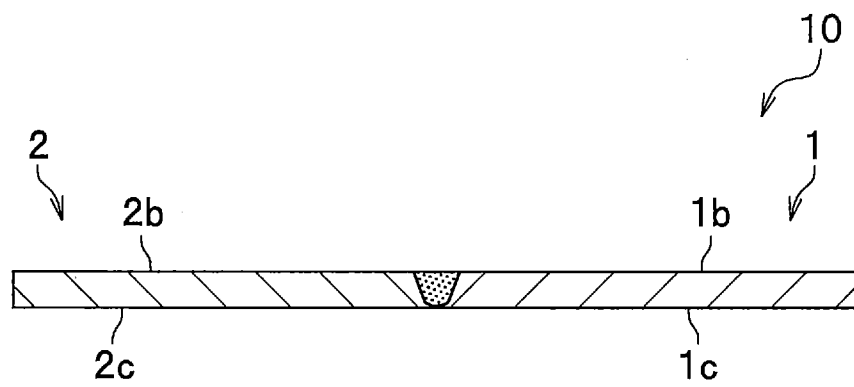
[図7]



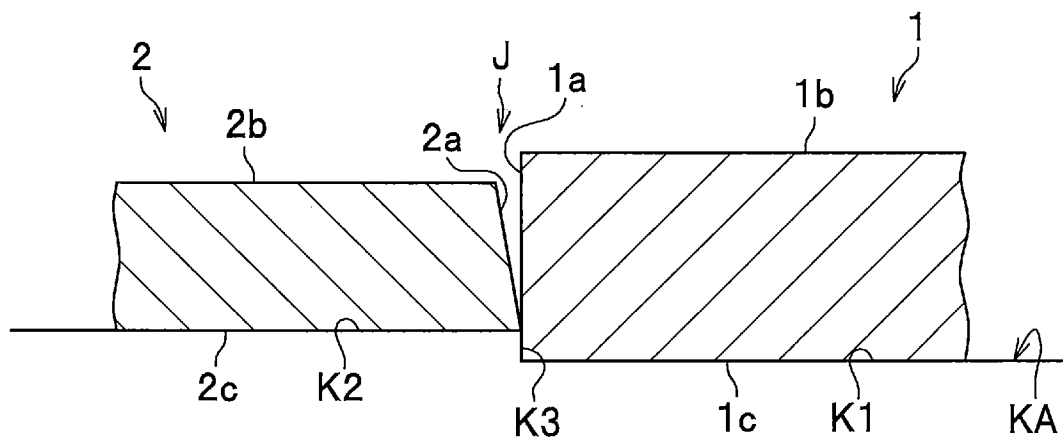
[図10]



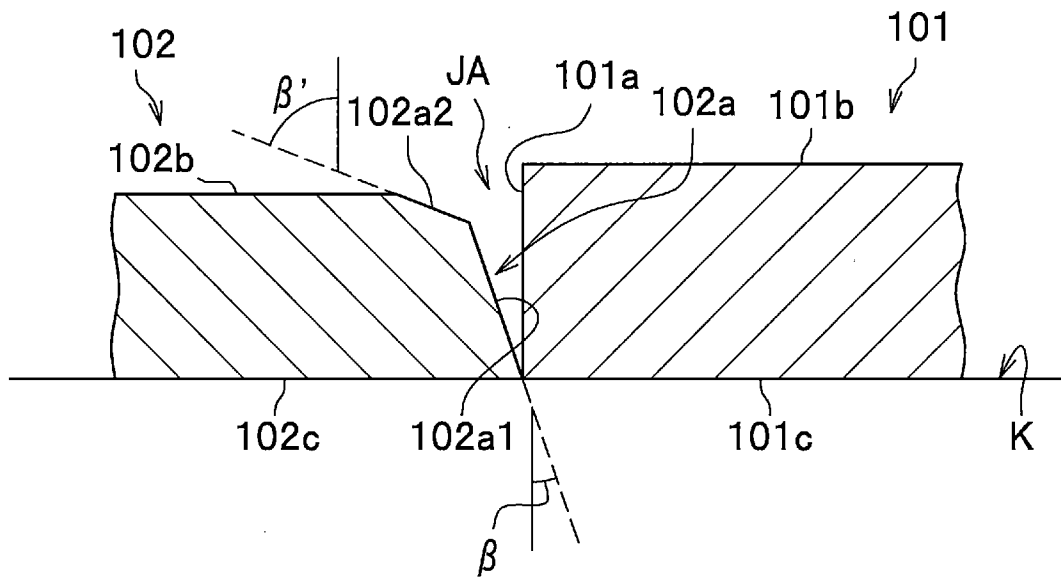
[図11]



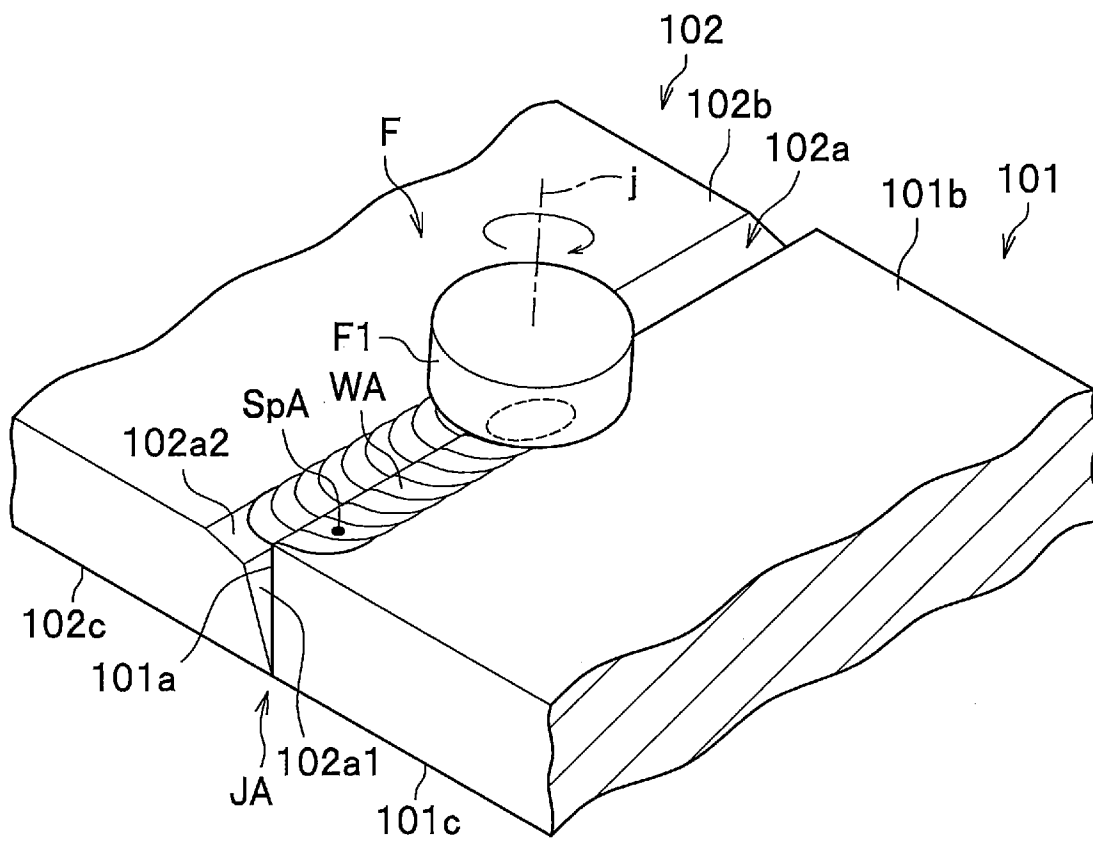
[図12]



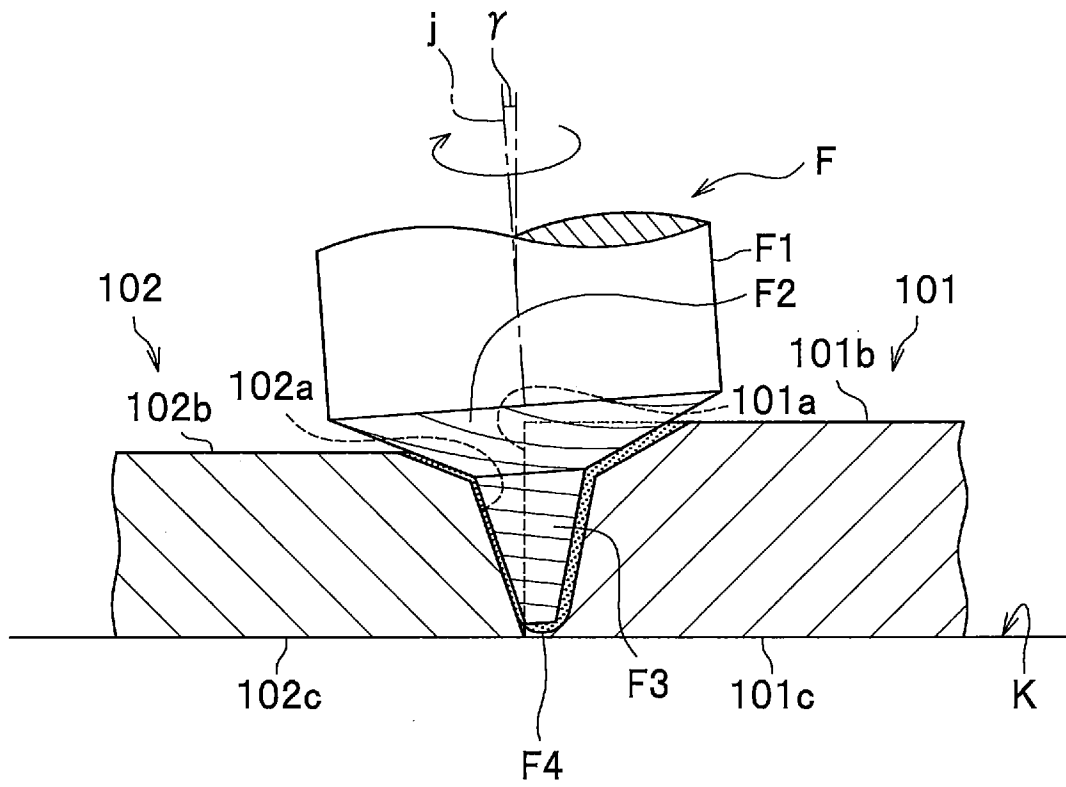
[図15]



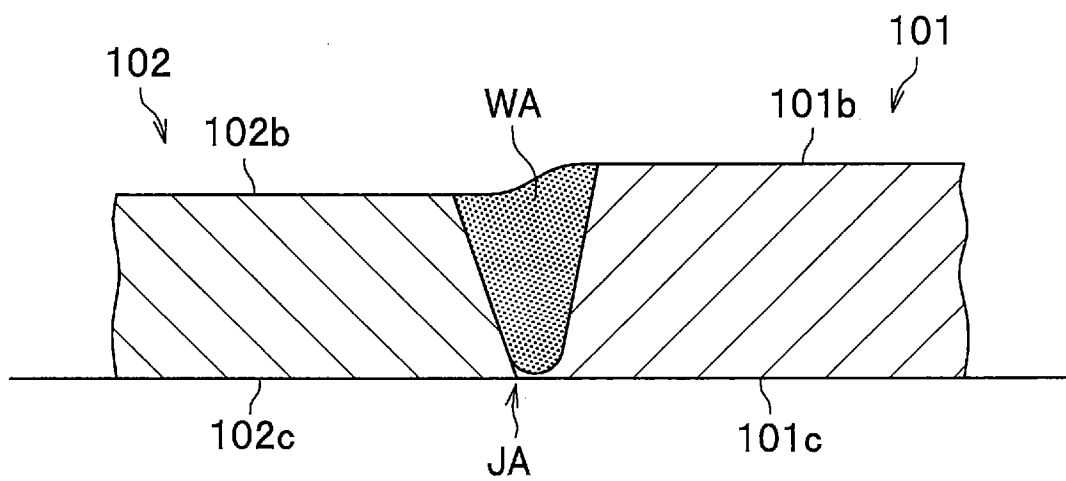
[図16]



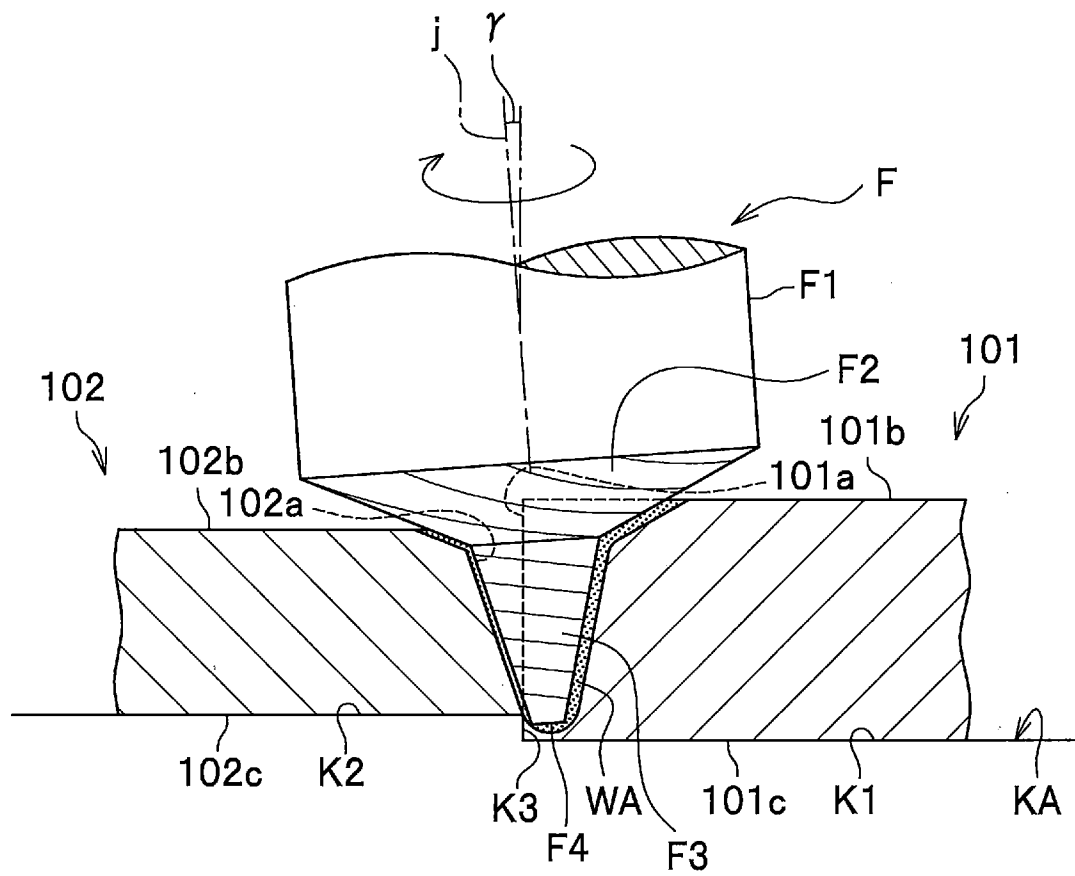
[図17]



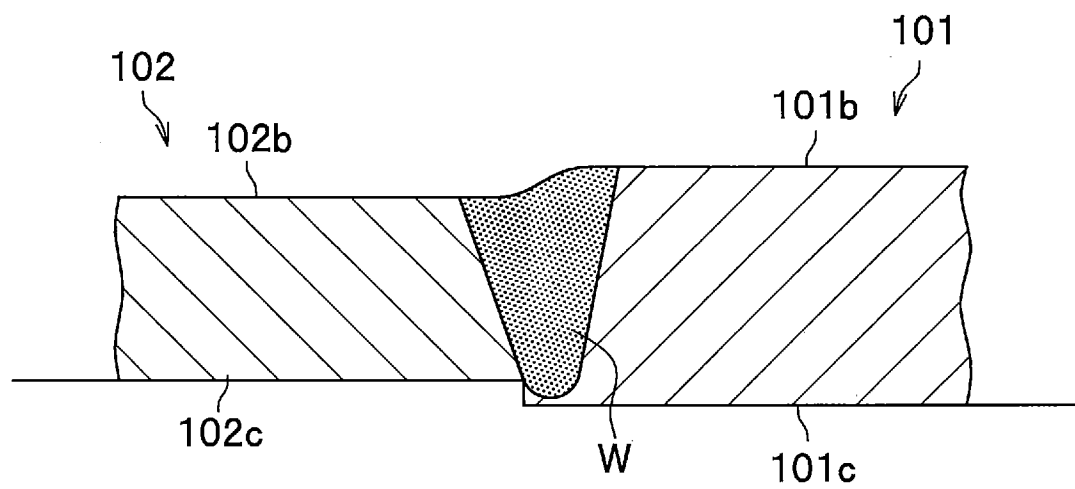
[図18]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/036689

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. 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)

Int. Cl. B23K20/12

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
A	WO 2019/008785 A1 (NIPPON LIGHT METAL CO., LTD.) 10 January 2019, claims, fig. 1-9 (Family: none)	1-14
A	WO 2019/038939 A1 (NIPPON LIGHT METAL CO., LTD.) 28 February 2019, paragraphs [0021]-[0064], fig. 1-11 (Family: none)	1-14
A	JP 2017-70994 A (UACJ CORP.) 13 April 2017, paragraphs [0024]-[0054], fig. 1-10 (Family: none)	1-14
A	JP 2000-167676 A (SUMITOMO LIGHT METAL INDUSTRIES, LTD.) 20 June 2000, claims, fig. 1-5 (Family: none)	1-14

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01.11.2019

Date of mailing of the international search report

19.11.2019

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
A	W0 2019/008785 A1（日本軽金属株式会社）2019.01.10, 特許請求の範囲, 図1-図9（ファミリーなし）	1-14
A	W0 2019/038939 A1（日本軽金属株式会社）2019.02.28, 段落0021-段落0064, 図1-図11（ファミリーなし）	1-14
A	JP 2017-70994 A（株式会社UACJ）2017.04.13, 段落0024-段落0054, 図1-図10（ファミリーなし）	1-14

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

01.11.2019

国際調査報告の発送日

19.11.2019

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）

黒石 孝志

3 P

9527

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
A	JP 2000-167676 A (住友軽金属工業株式会社) 2000.06.20, 特許請求の範囲, 図1-図5 (ファミリーなし)	1-14