

(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
2015年2月19日(19.02.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/022893 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 20/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/070732
- (22) 国際出願日: 2014年8月6日(06.08.2014)
- (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 2013-168060 2013年8月13日(13.08.2013) JP
特願 2013-168061 2013年8月13日(13.08.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社 U A C J (UACJ CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目7番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 福田 敏彦 (FUKUDA, Toshihiko); 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目7番2号 株式会社 U A C J 内 Tokyo (JP). 宮▲崎▼ 悟 (MIYAZAKI, Satoshi); 〒1000004 東京都千代田区大手町一丁目7番2号 株式会社 U A C J 内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 中島 三千雄, 外 (NAKASHIMA, Michio et al.); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅三丁

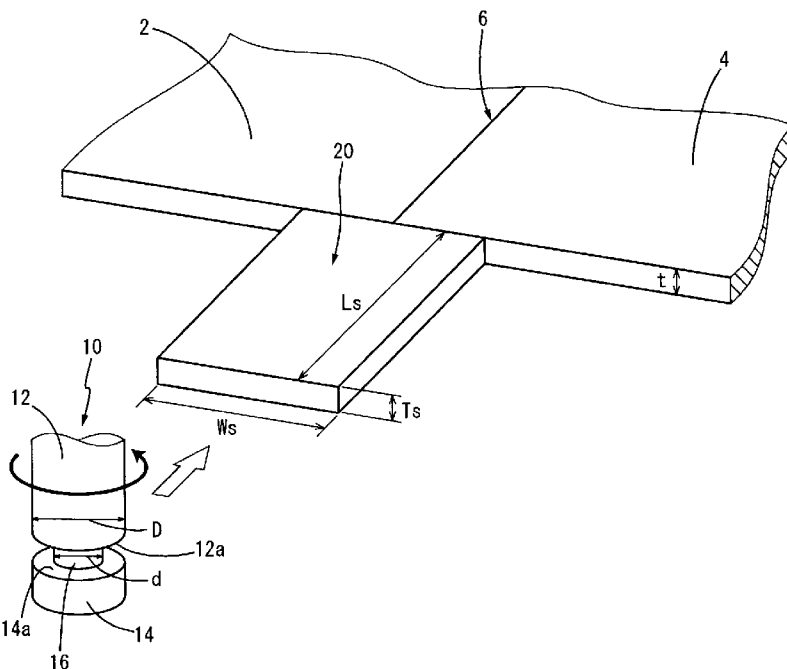
目16番22号 名古屋ダイヤビルディング1号館 中島国際特許事務所 Aichi (JP).

- (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, 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, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: FRICTION STIR WELDING METHOD

(54) 発明の名称: 摩擦撹拌接合方法



(57) Abstract: Provided is a friction stir welding method that can advantageously obtain a joined article having a sound joint section with no joining defects in two materials that are the same or having different properties among an aluminum alloy mold or a 2000-series, 4000-series, 5000-series, or 7000-series aluminum alloy material considered to be difficult to join during friction stir welding. At the end surface at the joining start end side of the joining site (abutted section (6)) of a first member (2) and second member (4), a starting tab material (20) is abutted comprising a 1000-series aluminum alloy, a 3000-series aluminum alloy, a 6000-series aluminum alloy, or an 8000-series aluminum alloy, and the probe (16) of a rotating tool (10) enters the abutted section (6) of the two members (2, 4) through the starting tab material (20), and thus the friction stir welding operation of the first member (2) and second member (4) is performed.

(57) 要約: 摩擦撹拌接合に際して難接合材とされる、アルミニウム合金製鋳物や2000系、4000系、5000系及び7000系のアルミニウム合金材のうちの同種又は異種材質の二つ

の材料において、接合欠陥のない健全な接合部を有する接合製品を有利に得ることの出来る摩擦撹拌接合方法を提供すること。第一の部材2と第二の部材4の被接合部位(突合せ部6)における接合開始端側の端面に、1000系アルミニウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金又は8000系アルミニウム合金からなる開始タブ材20を当接せしめ、かかる開始タブ材20を通じて、回転工具10のプローブ16が、それら2つの部材2, 4の突合せ部6に進入するようにして、第一の部材2と第二の部材4との摩擦撹拌接合操作が施されるようにした。

WO 2015/022893 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

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係り、特に、摩擦攪拌接合においては難接合材と称されている、アルミニウム合金製鋳物、2000系アルミニウム合金材、4000系アルミニウム合金材、5000系アルミニウム合金材、或いは7000系アルミニウム合金材を、ポピンツールやセルフリアクティングツールの如き、二つのショルダ部材にて挟圧しつつ摩擦攪拌接合するタイプの回転工具を用いて、有利に摩擦攪拌接合する方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、二つの部材の接合されるべき部位に回転工具（具体的には、プローブ乃至はピン）を回転させながら差し込み、摩擦熱を利用して材料を攪拌流動せしめることにより、それら被接合部材を溶融させることなく固相接合する摩擦攪拌接合方法（FSW）が、特表平7-505090号公報等において提案されて以来、接合部における熱の発生が通常の溶融溶接手法より少ないために、熱歪みが発生し難く、且つ溶融してから凝固するという溶融溶接手法特有の相変化を伴わず、固体状態で接合することが出来ることによる、接合部の健全性の点から、注目を受け、特にアルミニウム材料の接合において、かかる摩擦攪拌接合方法が採用される分野は、年々拡大してきている。例えば、自動車や鉄道車両等の輸送用車両構体の接合やIT機器筐体等の接合に、そのような摩擦攪拌接合手法を利用することにより、軽量化のフロントランナーであるアルミニウム材料の用途拡大に、多大な貢献が為されている。

[0003] ところで、上記した摩擦攪拌接合方法に用いられる回転工具には、一般に、円柱状のショルダ部材の先端中心部に、プローブと称される所定長さの突起を配設してなる構造が採用されており、そこでは、回転工具のショルダ部材を軸心回りに回転させながら、そのプローブ先端を接合部位に差し込み、

そしてショルダ部材のショルダ面による圧力を加えながら、線接合或いは点接合することからなる手法が採用され、先の特表平 7-505090 号公報にも、その手法が、明らかにされている。しかしながら、そのような構造を有する回転工具を用いた摩擦攪拌接合方式では、回転工具のプロープが差し込まれる接合部位の背面側に、定盤等の裏当てを配置して、かかる回転工具の押圧力を受け止めつつ、接合操作を進行させる必要があり、そうしないと、接合されるべき材料が回転工具の圧力にて変形して、接合出来なくなるといった問題がある。それ故に、裏当ての配設が難しい中空部材の接合に、そのような摩擦攪拌接合手法を採用することは、困難であった。

[0004] このため、そのような裏当てを必要としないツールとして、円柱状のショルダ部材（第一）から突設されたプロープの先端にも、かかるショルダ部材（第一）に対向する第二のショルダ部材を設けて、それら二つのショルダ部材にて、被接合部材の接合部位の表裏両面に、同時に、それらショルダ部材による圧力がそれぞれ作用するようにして、摩擦攪拌接合を進行せしめる回転工具が、提案されるに至っている。例えば、特開 2003-154471 号公報等においては、二つのショルダ部材がプロープにて固定的に連結せしめられてなる構造のツール、所謂ボビンツールを用いた摩擦攪拌接合方法が明らかにされており、また特開 2003-181654 号公報や特開 2009-18312 号公報等においては、二つのショルダ部材の何れか一方を、プロープに対して、その軸方向に移動可能に設けて、それら二つのショルダ部材間の間隔を変更し得るようにしたツール、所謂セルフリアクティングツールが提案されているのである。そして、この種の回転工具を用いることによって、裏当てなしで、中空材等を接合することが出来ることとなったことにより、摩擦攪拌接合手法の適用範囲が、更に拡大するに至っているのである。

[0005] ところで、接合されるべき部材として用いられるアルミニウム材料の中でも、何れもメタルの摩擦攪拌が困難である、アルミニウム合金製鋳物や、それぞれ JIS 規格のアルミニウム合金名称である、2000 系、4000 系

、５０００系及び７０００系のアルミニウム合金材は、摩擦攪拌作用によるメタルの流動性が充分でないところから、摩擦攪拌接合が容易ではない難接合材とされている。そして、そのために、そのようなアルミニウム材料を、上記したボビンツールやセルフリアクティングツールの如き、二つのショルダ部材を備えた回転工具を用いて摩擦攪拌接合すると、その接合の進行方向に対して回転工具の後方側へのメタルの回り込みが充分でないことによって、そのような接合操作によって形成される接合部（継手部）には、メタルが充填されない穴が発生したり、未接合部位や不完全接合部位等の欠陥が発生して、健全な接合部を形成することが出来なくなることに加えて、バリの発生が著しく、接合部の外観が悪化する等という不具合があった。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特表平７－５０５０９０号公報

特許文献２：特開２００３－１５４４７１号公報

特許文献３：特開２００３－１８１６５４号公報

特許文献４：特開２００９－１８３１２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ここにおいて、本発明は、かかる事情を背景にして為されたものであって、その解決課題とするところは、摩擦攪拌接合に際して難接合材とされる、アルミニウム合金製鋳物、２０００系アルミニウム合金材、４０００系アルミニウム合金材、５０００系アルミニウム合金材、及び７０００系アルミニウム合金材のうちの同種又は異種材質の二つの材料を用い、それらを、二つのショルダ部材を有する回転工具にて、摩擦攪拌接合せしめるに際して、接合欠陥のない健全な接合部を有する接合製品を有利に得ることの出来る手法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] そして、本発明にあっては、そのような課題を解決するために、アルミニウム合金製鋳物、2000系アルミニウム合金材、4000系アルミニウム合金材、5000系アルミニウム合金材、及び7000系アルミニウム合金材からなる群より選ばれた同種又は異種材質の第一の部材と第二の部材との接合部位を、回転工具におけるロッド状のプロープの軸方向に所定の間隔をおいて配した二つのショルダ部材にて挟圧しつつ、かかる回転工具の回転によって、それら二つのショルダ部材と共に回転せしめられる前記プロープを、接合方向に移動させることにより、前記第一の部材と前記第二の部材との接合部位を摩擦攪拌接合するに際し、前記第一及び第二の部材の接合部位における接合開始端側の端面に、1000系アルミニウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金又は8000系アルミニウム合金からなる開始タブ材を当接せしめ、該開始タブ材を通じて、前記回転工具のプロープが、それら第一及び第二の部材の前記接合部位に進入するようにしたことを特徴とする摩擦攪拌接合方法を、その要旨とするものである。

[0009] なお、かかる本発明に従う摩擦攪拌接合方法の望ましい態様の一つによれば、前記開始タブ材は、前記回転工具による前記第一及び第二の部材の接合方向において前記ショルダ部材の直径の4倍以上の長さを有していると共に、該接合方向に直角な方向において該ショルダ部材の直径の2倍以上の幅を有している板材である。

[0010] また、本発明に従う摩擦攪拌接合方法の望ましい態様の他の一つによれば、前記回転工具のプロープの直径は、前記開始タブ材の厚さの2倍以上とされている。

[0011] さらに、本発明に従う摩擦攪拌接合方法は、例えば、前記第一の部材と前記第二の部材とを突き合わせ、その突合せ部位に対して実施される他、前記第一の部材と前記第二の部材とを重ね合わせ、その重合せ部位に対して実施されることとなる。

[0012] 更にまた、本発明において好適に用いられる回転工具としては、一般に、前記プロープに対して、前記二つのショルダ部材を所定の間隔をおいて固定

的に取り付けてなるボビンツールがあり、或いは、前記プローブに対して、前記二つのショルダ部材のうち的一方を固定し、他方を該プローブの軸方向に移動可能として、それら二つのショルダ部材の間隔が変更され得るようにしたセルフリアクティングツールがある。

[0013] そして、本発明にあつては、有利には、前記第一の部材と前記第二の部材との接合部位における接合終了端側の端面に対して、1000系アルミニウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金、又は8000系アルミニウム合金からなる終了タブ材を当接せしめ、前記回転工具のプローブが、前記第一及び第二の部材の接合部位から該終了タブ材に導かれて、前記摩擦攪拌接合が終了せしめられるようにした構成が、追加的に採用されることとなる。

[0014] なお、そのような本発明で追加的に採用される構成において、前記終了タブ材は、前記回転工具における前記第一及び第二の部材の接合方向において前記ショルダ部材の直径の4倍以上の長さを有していると共に、該接合方向に直角な方向において該ショルダ部材の直径の2倍以上の幅を有している板材であることが望ましい。

[0015] また、そのような終了タブ材は、有利には、前記回転工具におけるプローブの直径の1/2以下の厚さとされている。

発明の効果

[0016] このように、本発明にあつては、二つのショルダ部材を備えた回転工具を用いて、摩擦攪拌接合の容易でない所定のアルミニウム材料の接合部位を、摩擦攪拌接合する際に、かかる接合部位の接合開始端側の端面に、メタルの攪拌が容易な、JIS規格の1000系アルミニウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金、又は8000系アルミニウム合金からなる開始タブ材が当接せしめられて、かかる開始タブ材を通じて、回転工具のプローブが移動させられて、接合部位に進入せしめられるようになっていくところから、摩擦攪拌接合の開始に伴ない、開始タブ材部位においては、回転工具の相対的な進行方向に対して回転工具よりも後方側へのメ

タルの流動が容易に実現され、そしてそのような回転工具の後方側へのメタルの回り込みが効果的に行なわれている状態下において、摩擦攪拌接合の容易でない所定のアルミニウム材料の被接合部位に、回転工具が移動せしめられる。

[0017] そして、かかる摩擦攪拌接合の容易でない所定のアルミニウム材料の被接合部位においても、引き続き、そのような回転工具のプロープにて摩擦攪拌されることによって、かかる回転工具の相対的な進行方向に対して後方側にもメタルが効果的に回り込むようになるのであり、以て、回転工具の後方側に形成される接合部（継手部）には、メタルの充填不足による空所が形成されることなく、また未接合部位や不完全接合部位等の接合欠陥も生じることなく、摩擦攪拌接合操作が効果的に進行せしめられ得ることとなるのである。そして、これによって、穴や接合欠陥の発生が回避された健全な接合部を有する接合製品を有利に得ることが出来ることとなったのであり、また、そのようなメタルの攪拌が容易でない所定のアルミニウム材料の接合部位における、メタルの流動性の効果的な改善によって、余分なメタルがバリとして接合部位の表面に押し出されるような問題も、有利に解消され得ることとなったのである。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明に従う摩擦攪拌接合方法における接合開始前の接合開始端側の一つの形態を示す斜視説明図である。

[図2]本発明に従う摩擦攪拌接合方法における接合開始端側での回転工具の一つの移動形態を示す平面説明図である。

[図3]本発明に従う摩擦攪拌接合方法における接合終了端側の一例に係る形態を示す斜視説明図である。

[図4]図3に示される接合終了端側における摩擦攪拌接合のための回転工具の一つの移動形態を示す平面説明図である。

[図5]本発明において用いられる回転工具の一例を示す縦断面説明図であって、（a）は、ポピンツールの一例に係る縦断面説明図であり、（b）は、セ

ルフリアクティングツールの一例に係る縦断面説明図である。

[図6]本発明が適用され得る摩擦撹拌接合方法の他の一つの例を示す斜視説明図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明を更に具体的に明らかにするために、本発明に係る摩擦撹拌接合方法の構成について、図面を参照しつつ、詳細に説明することとする。

[0020] 先ず、図1には、本発明に従う摩擦撹拌接合方法を実施する際における接合開始端側の一つの形態が、示されている。そこでは、第一の部材2と第二の部材4とが、それらの板状部において突き合わされて、その突合せ部6に対して、摩擦撹拌接合操作が施されるようにすることにより、それら第一及び第二の部材2，4を線接合せしめて、一体の接合製品が得られるようになっている。

[0021] そこにおいて、被接合材たる第一及び第二の部材2，4は、それぞれ、別個に、難接合材たる、アルミニウム合金製鋳物や、JISにおけるアルミニウム合金呼称が2000系（Al-Cu系）、4000系（Al-Si系）、5000系（Al-Mg系）、及び7000系（Al-Zn-Mg系）であるアルミニウム合金材のうちの何れかからなるものであって、それら第一及び第二の部材2，4は、それぞれ、同種の材質であっても或いは異種材質であっても、何等差支えない。なお、アルミニウム合金製鋳物としては、JIS呼称でACの次に数字とアルファベットが付されてなる記号にて示されるアルミニウム合金を、通常の鋳造法にて鋳造して得られた板状部を有する鋳物や、JIS呼称でADCの次に数字が付されてなる記号にて表示されるアルミニウム合金を用いて、ダイカスト鋳造して得られる板状部を有する鋳物等が用いられることとなる。また、上記の2000系、4000系、5000系乃至7000系のアルミニウム合金材は、それぞれ、圧延板材や押出材等の、板状部を有する各種の展伸材の形態において用いられることとなる。

[0022] そして、かかる第一の部材2と第二の部材4の接合部位となる突合せ部6

を摩擦攪拌接合するために、図1に示されるような回転工具10が、用いられることとなるのである。即ち、この回転工具10は、従来と同様な構造を有するボビンタイプのツールであって、特に、ここでは、同一の直径(D)を有する上側ショルダ部材12と下側ショルダ部材14とが、所定距離を隔てて同軸的に相対向する形態において、ロッド状のプローブ16にて連結されて、軸心回りに一体的に回転可能とされてなるものである。従って、それら上側ショルダ部材12の上側ショルダ面12aと、下側ショルダ部材14の下側ショルダ面14aとによって、第一及び第二の部材2, 4の突合せ部6を上下方向から挟圧せしめつつ、回転するプローブ16が突合せ部6内に入り込むようにすることにより、かかる突合せ部6のメタルを摩擦攪拌流動せしめて、それら二つの部材2, 4が相互に接合せしめられ得るようになっているのである。

[0023] ところで、このようなボビンタイプの回転工具10を用いて、それら第一及び第二の部材2, 4の突合せ部6内に、そのプローブ16を直接に進入せしめて、突合せ部6の延びる方向（接合方向）に移動させ、線接合しようとする、それら第一及び第二の部材2, 4の材質が、摩擦攪拌作用に対して、メタルの流動性が充分でないアルミニウム合金であるところから、摩擦攪拌接合の開始端側の部位において、回転工具10の相対的な進行方向に対する後方側へのメタルの回り込み乃至は供給が充分でなく、そこに、メタルの存在しない空隙が惹起されることにより、メタルが充填されていない穴形態乃至非接合形態の接合欠陥部を生じて、健全な接合部を形成することが困難となるのであり、また流動性の悪いメタルが材料の表面側に押し出されて、接合部に著しいバリが発生するようになるのである。

[0024] そこで、本発明にあっては、そのような摩擦攪拌接合における、接合開始端部位における接合欠陥の解消や接合部における著しいバリの発生の抑制を図るべく、図1に示される如く、摩擦攪拌によりメタルが流動し易い特定のアルミニウム合金材質からなる材料を開始タブ材20として用い、それを、第一及び第二の部材2, 4の被接合部位（突合せ部6）における接合開始端

側の端面に当接配置せしめて、かかる開始タブ材 20 を通じて、ボビンタイプの回転工具 10 のプローブ 16 が、それら第一及び第二の部材 2, 4 の被接合部位（突合せ部 6）に進入せしめられて、接合方向に移動させられるようにすることによって、かかる突合せ部 6 が線接合されるようにしたのである。

[0025] ここにおいて、そのような接合開始端側の端面に当接せしめられる開始タブ材 20 としては、JIS 呼称のアルミニウム合金である、1000 系アルミニウム合金、3000 系アルミニウム合金、6000 系アルミニウム合金、又は 8000 系アルミニウム合金からなる部材が、適宜の形状及び寸法において用いられることとなるが、一般に、図示の如き矩形形状を呈する部材が、好適に用いられることとなる。また、この開始タブ材 20 を与える、上記した特定のアルミニウム合金は、何れも、摩擦攪拌に際して、メタルの良好な流動性を示すものであるところから、そのような材質の開始タブ材 20 から摩擦攪拌接合操作を開始し、それを横切って、回転工具 10 が第一及び第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 に進入するようにすることによって、回転工具 10 の移動に際して、回転工具 10 の進行方向（接合方向）後方側には、開始タブ材 20 のメタルが容易に流動して回り込み、その後方側に充填せしめられるようになり、これによって、メタルの存在しない欠陥部を何等惹起することなく、回転工具 10 が移動し、更に第一及び第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 に進入せしめられることとなる。

[0026] 図 2 には、回転工具 10 が、摩擦攪拌を行ないつつ、開始タブ材 20 から突合せ部 6 に移動した形態が示されているが、そこにおいて、回転工具 10 は、軸回りに回転せしめられつつ、開始タブ材 20 の第一、第二の部材 2, 4 とは反対側の端部から、開始タブ材 20 内に入り込み、摩擦攪拌しつつ、第一、第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 に向かって相対的に前進移動せしめられるのである。即ち、回転工具 10 における上側ショルダ部材 12 の上側ショルダ面 12a と下側ショルダ部材 14 の下側ショルダ面 14a との間の隙間（図 1 参照）内に、開始タブ材 20 の端部が押し込まれるようにすること

によって、プローブ 16 が開始タブ材 20 内に入り込み、そして開始タブ材 20 の板厚よりも或る程度狭くされた二つのショルダ部材 12, 14 のショルダ面 12a, 14a 間の間隙により、開始タブ材 20 は、それら二つのショルダ部材 12, 14 による挟圧作用を受けつつ、二つのショルダ部材 12, 14 とプローブ 16 との回転によって摩擦攪拌されることとなる。而して、そのような開始タブ材 20 の摩擦攪拌において、回転工具 10 を突合せ部 6 に向かって相対的に移動せしめても、開始タブ材 20 がメタルの流動性の良好な所定のアルミニウム合金材質とされているところから、回転工具 10 の移動方向後方側にはメタルが容易に回り込み、そこにメタルの充填されない欠陥部が生ずるようなことはなく、健全な摩擦攪拌部が形成されることとなるのである。

[0027] そして、回転工具 10 が開始タブ材 20 を通過して、第一、第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 に到達し、かかる突合せ部 6 の接合開始端に対して、回転工具 10 の二つのショルダ部材 12, 14 とプローブ 16 の回転による摩擦攪拌を開始するとき、回転工具 10 の移動方向後方側には開始タブ材 20 から生じたメタルが充填されており、そこには、何等の空隙も存在するものではないところから、第一、第二の部材 2, 4 から生じたメタルが、二つのショルダ部材 12, 14 とプローブ 16 の回転につれて回転工具 10 の移動方向後方側に効果的に導かれるようになり、これによって、第一、第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 内に入り込んでも、回転工具 10 の移動方向後方側には引き続きメタルの有効な充填が行なわれることとなって、そこにメタル充填不足の欠陥部が発生することが、効果的に阻止され得、以て健全な摩擦攪拌接合部（継手部）8 が形成されるようになるのである。しかも、そのような第一、第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 の摩擦攪拌接合においても、メタルの有効な充填が実現されることによって、メタルが、摩擦攪拌接合部 8 の周縁に吹き出して、バリを発生させることも、有利に抑制乃至は阻止され得ることとなるのである。

[0028] なお、かかる摩擦攪拌接合操作の施される第一の部材 2 と第二の部材 4 と

は、一般に、その板状部の同じ板厚（ t ）の部位において突き合わされて、突合せ部 6 が形成され、そしてそのような突合せ部 6 における接合開始端側となる、第一及び第二の部材 2，4 の端面に当接せしめられる開始タブ材 20 の厚さ（ T_s ）にあっても、かかる突合せ部 6 における板厚（ t ）と略等しくなるように構成されている。また、かかる開始タブ材 20 の寸法は、本発明の目的が達成され得るように適宜に選定されることとなるが、図 1 に示される如く、第一及び第二の部材 2，4 の接合方向である、突合せ部 6 の延びる方向における長さ（ L_s ）は、一般に、回転工具 10 におけるショルダ部材 12，14 の直径（ D ）、換言すればそれぞれのショルダ面 12a，14a の直径の 4 倍以上の長さとしてされていることが望ましく、更に、そのような接合方向の長さ（ L_s ）に対して直角な方向における長さとなる幅（ W_s ）は、回転工具 10 のショルダ部材 12，14 の直径（ D ）の 2 倍以上の寸法とされていることが望ましい。これら長さ（ L_s ）と幅（ W_s ）の条件を満たすように、開始タブ材 20 の大きさや形状が適宜に選定されることとなるのである。そして、回転工具 10 におけるプローブ 16 の直径（ d ）は、開始タブ材 20 の厚さ（ T_s ）の 2 倍以上とされていることが望ましく、これによって、本発明に従う摩擦攪拌接合操作がより有利に進行せしめられ得るのである。

[0029] また、ここでは、回転工具 10 のショルダ部材 12，14 は、同一径を有するものとなっているが、それらの直径を或る程度異ならしめることも可能であって、その場合において、上側ショルダ部材 12 の直径を下側ショルダ部材 14 の直径よりも大きくすることが望ましく、そして前記したショルダ部材 12，14 の直径（ D ）には、ショルダ面の直径が大きい方の直径が採用されることとなる。なお、かかるショルダ部材 12，14 の直径（ D ）は、一般に、プローブ 16 の直径（ d ）よりも少なくとも 4 mm 以上大きな寸法とされている。そして、上述の如く、ショルダ部材 12，14 の直径を異ならしめた場合においては、その小さな方のショルダ部材（14）の直径は、プローブ 16 の直径（ d ）に 2 mm を加えた値よりも小さくならないよう

に設定される。

[0030] ところで、かくの如き、メタルの摩擦攪拌が容易でない第一及び第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 の摩擦攪拌接合においては、回転工具 10 におけるプローブ 16 の周りにメタルがこびりつき易く、そのため、摩擦攪拌接合操作の終了により突合せ部 6 から離脱せしめられる回転工具 10 のショルダ面 12 a, 14 a やプローブ 16 の周りには、メタルが付着乃至は凝着して、その除去に手間が掛かるようになってくることから、摩擦攪拌接合の終了端側においても、図 3 に示される如く、先の開始タブ材 20 と同様なアルミニウム合金材質からなる板状の終了タブ材 22 が配置されて、回転工具 10 のプローブ 16 が、突合せ部 6 から、かかる終了タブ材 22 に導かれて、摩擦攪拌接合が終了せしめられるようにする構成が、有利に採用されることとなる。

[0031] すなわち、終了タブ材 22 として、それぞれ、JIS 呼称のアルミニウム合金である、1000 系（純アルミニウム系）アルミニウム合金、3000 系（Al-Mn 系）アルミニウム合金、6000 系（Al-Mg-Si 系）アルミニウム合金、又は 8000 系アルミニウム合金からなる板材が用いられ、これが、第一及び第二の部材 2, 4 の突合せ部 6（被接合部位）における接合終了端側の端面に対して当接せしめられてなる状態において、回転工具 10 のプローブ 16 が終了タブ材 22 に導かれるようにすることによって、かかる回転工具 10 のプローブ 16 の周り等に凝着せるメタルが、終了タブ材 22 を移動する間に除去せしめられるようになるのである。

[0032] 要するに、図 4 に示される如く、回転工具 10 が、その上側ショルダ部材 12 と下側ショルダ部材 14 との間で、第一及び第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 を挟圧しつつ、第一及び第二の部材 2, 4 に対して、相対的に、突合せ部 6 に沿って移動せしめられることにより、かかる突合せ部 6 を摩擦攪拌接合した後、突合せ部 6 の終了端から終了タブ材 22 に入り込み、そのまま回転工具 10 が回転せしめられて、終了タブ材 22 のメタルを摩擦攪拌しつつ、かかる終了タブ材 22 を通過せしめることによって、第一及び第二の部材 2, 4 の突合せ部 6 の摩擦攪拌接合操作にて、回転工具 10 のプローブ 16

の周り等に凝着したメタルは、終了タブ材 22 を通過する際のメタルの攪拌により効果的に除去されることとなるのである。そして、これによって、終了タブ材 22 から離脱して外方に取り出される回転工具 10 には、付着したメタルが殆ど存在せず、そのために、回転工具 10 からの面倒なメタルの除去操作を実施する必要がなくなったのであり、またそのような回転工具 10 を、そのまま、次の摩擦攪拌接合操作に用いるという、繰り返しの使用が可能となるのである。

[0033] なお、かかる終了タブ材 22 の寸法は、その配設目的を達成すべく適宜に選定されることとなるが、一般に、前記した開始タブ材 20 と同様な寸法が、採用されることとなる。即ち、図 3 において、終了タブ材 22 の接合方向における長さ (L_e) は、回転工具 10 のショルダ部材 12, 14 の直径 (D) の 4 倍以上とされ、また接合方向に直角な方向の幅 (W_e) は、ショルダ部材 12, 14 の直径 (D) の 2 倍以上となるように、構成されている。更に、かかる終了タブ材 22 の厚さ (T_e) は、回転工具 10 におけるプローブ 16 の直径 (d) の $1/2$ 以下となるように構成されている。このような寸法の終了タブ材 22 を用いることにより、回転工具 10 に付着する第一及び第二の部材 2, 4 由来のメタルの除去が効果的に行われることとなるのである。

[0034] ところで、かくの如き摩擦攪拌接合操作に用いられる回転工具 10 としては、ロッド状のプローブの軸方向に所定の間隔をおいて配した二つのショルダ部材 12, 14 にて、第一の部材 2 と第二の部材 4 との突合せ部（被接合部位）6 を挟圧しつつ、かかる回転工具の回転によって摩擦攪拌接合せしめ得るようにした、公知の各種の回転工具を適宜に用いることが出来、例えば、図 5 (a) に示される如く、上側ショルダ部材 12 と下側ショルダ部材 14 とが所定の間隔を隔てて対向せる形態において、プローブ 16 にて同軸的に連結固定せしめられてなる構造のツール、所謂ボビンツール 10 が用いられる。そこでは、下側ショルダ部材 14 がプローブ 16 に螺合されて、プローブ 16 の長さが規定されるようになっていると共に、更に螺合せしめられ

た止めナット 18 にて、下側ショルダ部材 14 が移動しないように固定せしめられている。また、その他、図 5 (b) に示される如く、二つのショルダ部材のうちの下側ショルダ部材 15 に対して、同軸的にプローブ 17 を固定せしめ、そして、上側ショルダ部材 13 に対して、プローブ 17 の軸方向に移動可能として、それら上側ショルダ部材 13 と下側ショルダ部材 15 との間隔が変更可能な構造としたツール、所謂セルフリアクティングツール 11 を用いることも可能である。

[0035] なお、それら二つのショルダ部材 12, 14 ; 13, 15 の間隙（プローブ 16, 17 の長さ）は、接合部位となる突合せ部 6 に対して適切な挟圧作用を加え得るように、かかる突合せ部 6（開始タブ材 20）の厚さよりも或る程度小さくなるように構成されることとなる。また、セルフリアクティングツール 11 においては、上側ショルダ部材 13 と下側ショルダ部材 15 とが同一方向に回転せしめられる他、異なる方向に回転せしめられるようになっていても、何等差支えない。更に、それらボビンツール 10 やセルフリアクティングツール 11 の如き本発明に従う回転工具 10 を用いた摩擦攪拌接合操作は、接合部位の厚さ、例えば第一及び第二の部材 2, 4 の厚さ (t) が、一般に、2 mm 以上の場合において、有利に採用されるものである。なお、本発明において、それら第一及び第二の部材 2, 4 の厚さ (t) の上限は、一般に、10 mm 程度とされることとなる。

[0036] また、上述した実施形態においては、第一の部材 2 と第二の部材 4 との突合せ部 6 に対して、摩擦攪拌接合操作を施して、それら部材 2, 4 が線接合せしめられるようになっているが、図 6 に示される如く、中空構造体 30 を与えるハット状断面形状の上側部材 32（第一の部材）の板状のフランジ部 32a と、ハット状断面形状の下側部材 34（第二の部材）の板状のフランジ部 34a とを重ね合わせて、その重合せ部位 36 に対して摩擦攪拌接合操作を施す方式に対しても、本発明を適用することは可能である。そして、ここでは、重合せ部 36 と同程度の厚さを有する開始タブ材 24 が、それら板状フランジ部 32a, 34a の重合せ部 36 の側面に当接保持されてなる状

態において、回転工具 10 が、そのような開始タブ材 24 を通過して、それら板状フランジ部 32 a, 34 a の重合せ部 36 に導かれ、そして、その重合せ部 36 の延びる方向に摩擦攪拌接合が進行せしめられるようになっている。従って、回転工具 10 は、その軸心回りに回転せしめられつつ、開始タブ材 24 から重合せ部 36 に進入し、そして、直角に方向転換せしめられて、重合せ部 36 の延びる方向に相対的に移動させられて、摩擦攪拌接合が進行せしめられることとなるのであるが、その際、本発明に従って開始タブ材 24 を通じて重合せ部 36 の摩擦攪拌接合が進行させられるところから、先の実施形態の場合と同様に、健全な摩擦攪拌接合部 38 が有利に形成されることとなる。

[0037] さらに、かかる図 6 に示される実施形態においては、フランジ部 32 a, 34 a の重合せ部 36 の幅方向の側面に対して、開始タブ材 24 が当接せしめられているが、かかる重合せ部 36 の長手方向の端面に対して開始タブ材 (24) を当接せしめ、かかる開始タブ材 24 から重合せ部 36 の延びる方向に、回転工具 10 にて直線的に摩擦攪拌接合操作を実施するようにすることも可能であり、この場合においても、同様な効果を享受することが可能である。

[0038] なお、上述の如くして摩擦攪拌接合することにより、摩擦攪拌接合部 8, 38 の健全性に優れた接合製品を得ることが出来ることとなるのであるが、また、そのような接合製品には、その接合開始端側に、開始タブ材 20 が、摩擦攪拌せしめられたメタルにより固着し、更に場合により、接合終了端側にも終了タブ材 22 が固着することとなる。しかし、それら開始タブ材 20 や終了タブ材 22 は、機械的に簡単に折り取る事が可能であり、以て健全な接合部 8 を有する接合製品が容易に実現され得るのであるが、更に必要に応じて、そのようなタブ材 20, 22 を取り除いた後、第一及び第二の部材 2, 4 の端面に固着するメタルをグラインダ等の切削機にて切削除去せしめ、端面を仕上げるようにすることも、本発明においては有利に採用されるところである。

[0039] そして、かくの如き摩擦撹拌接合手法にて得られる接合製品における接合欠陥の解消により、本発明は、例えば、板材や押出材等の展伸材や鋳物を接合し、大型材を製造する技術に有利に適用され得ることとなったのであり、また、そのようにして得られた接合製品は、鉄道車両構体や自動車のサブフレーム等の構造部材等として有利に採用され得て、その特徴を発揮するものである。

実施例

[0040] 以下に、本発明の実施例を示し、本発明を更に具体的に明らかにすることとするが、本発明が、そのような実施例の記載によって、何等の制約をも受けるものでないことは、言うまでもないところである。また、本発明には、以下の実施例の他にも、更には上記した具体的構成以外にも、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて種々なる変更、修正、改良等を加え得るものであることが、理解されるべきである。

[0041] ー実施例 1ー

板厚 (t) : 2.8 ~ 9.2 mm、板幅 : 300 mm、長さ : 5000 mm の寸法を有する、下記表 1 ~ 2 に示される各種アルミニウム材質の板状の第一の部材 (2) 及び第二の部材 (4) を用い、それらの板幅方向に対向する側面を突き合わせて、その突合せ部 (6) の下方に位置するように間隙を設けてなるテーブル上に、それぞれ固定、保持せしめた。また、それら突き合わされた 2 つの部材 (2, 4) の突合せ部 (6) の接合開始端側の端部には、下記表 1 ~ 2 に示される如き、板厚 (Ts)、接合方向長さ (Ls) 及び接合方向に直角な方向の幅 (Ws) を有する各種アルミニウム材質の板状の開始タブ材 (20) を用いて、図 1 に示される如く突き合わせ、先の 2 つの部材 (2, 4) と同様にテーブル上に固定、保持せしめた。

[0042] 一方、回転治具 (10) としては、下記表 1 ~ 2 に示される、2 つのショルダ部材 (12, 14) の直径 (D)、2 つのショルダ面 (12a, 14a) 間のプローブ (16) の長さ及びプローブ (16) の直径 (d) を備えた、図 5 (a) に示される如きポピンツールを用い、下記表 1 ~ 2 に示される

、回転数及び接合速度の条件下において、図2に示される如く、開始タブ材（20）の端部をボビンツール（10）の2つのショルダ面（12a, 14a）間に押し込み、突合せ部（6）に向かってボビンツール（10）を移動させることにより、開始タブ材（20）をその長さ方向に摩擦攪拌しつつ通過させた後、2つの部材（2, 4）の突合せ部（6）に進入させ、更にかかると突合せ部（6）の延びる方向に、ボビンツール（10）を移動させることにより、当該突合せ部（6）の摩擦攪拌接合を実施した。

[0043] かくして得られた第一及び第二の部材（2, 4）と開始タブ材（20）との各種アルミニウム材質のものの組合せにおける各種の摩擦攪拌接合製品について、それぞれ、引張剪断試験を実施して、継手強度を調べた。具体的には、破断材質と破断位置を調べると共に、継手効率を、破断強度が小さい方の材質を基準にして、求めた。それらの結果を、下記表1及び表2に示す。

[0044]

[表1]

		FSW試験例									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第一の部材 (2)	JIS材質	7075	7050	5182	5052	4343	4004	2024	2219	ADC3	ADC12
	質別	T76	T7451	O	O	O	O	T3	T6	T6	O
	板厚:t(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	2.8	3.7	6.8	3.6
第二の部材 (4)	JIS材質	7075	5052	5182	6063	6061	2014	2024	7003	ADC3	6N01
	質別	T76	O	O	T6	T6	T4	T3	T5	T6	T4
	板厚:t(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	2.8	3.7	6.8	3.6
開始タブ材 (20)	JIS材質	1200	3003	1100	3004	6063	6061	6N01	6063	3004	8090
	板厚:Ts(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	2.8	3.7	6.8	3.6
	長さ:Ls(mm)	80	75.9	96.6	65.4	101.8	52.4	58.6	70.5	95.5	83.2
	幅:Ws(mm)	40	46.4	49.9	32.8	53.4	30.8	33.6	40.1	48.3	39.0
回転治具 (10)	ショルダ直径:D (mm)	15	18.9	22.9	16.3	24.6	11.3	12.9	17.3	21.4	19.4
	プローブ長さ (mm)	3	6.1	6.1	4.7	7.6	3.2	2.6	3.5	6.4	3.6
	プローブ径:d (mm)	8	14.2	17.0	11.2	16.9	6.7	8.6	9.3	17.0	10.4
接合条件	回転数 (rpm)	1000	1500	1200	1100	900	900	800	800	1000	900
	接合速度 (mm/分)	500	1000	600	800	500	500	300	400	500	500
接合結果	破断材質	7075	5052	5182	5052	4343	4004	2024	7003	ADC3	ADC12
	破断位置	HAZ※	母材	母材	母材	母材	母材	HAZ※	HAZ※	HAZ※	母材
	継手効率(%)	85	100	100	100	75	80	85	80	75	100

※HAZ:熱影響部

[0045]

[表2]

		FSW試験例									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
第一の部材 (2)	JIS材質	AC4C	7075	7075	7050	5182	5052	4343	4004	2024	ADC3
	質別	T6	T76	T76	T7451	O	O	O	O	T3	T6
	板厚:t(mm)	8.9	3.2	3.2	9.2	7.8	3.5	9.0	5.7	8.5	2.8
第二の部材 (4)	JIS材質	7N01	7075	7075	5052	5182	6063	6061	2014	2024	ADC3
	質別	T6	T76	T76	H34	O	T6	T6	T4	T3	T6
	板厚:t(mm)	8.9	3.2	3.2	9.2	7.8	3.5	9.0	5.7	8.5	2.8
開始タブ材 (20)	JIS材質	3003	-	7075	7050	5182	2014	ADC12	AC4C	2024	3004
	板厚:Ts(mm)	8.9	-	3.2	9.2	7.8	3.5	9.0	5.7	8.5	2.8
	長さ:Ls(mm)	105.2	-	80	132.4	98.3	73.4	113.1	92.5	98.4	69.8
	幅:Ws(mm)	52.3	-	40	68.2	51.0	37.8	61.5	48.9	52.0	36.5
回転治具 (10)	ショルダ直径:D (mm)	25.6	15	15	30.9	24.5	17.3	26.9	20.7	24.2	16.3
	プローブ長さ (mm)	8.4	3	3	9.0	7.6	3.2	9.0	5.6	8.5	2.5
	プローブ径:d (mm)	20.6	8	8	23.2	19.0	9.0	20.4	13.7	17.0	9.9
接合条件	回転数 (rpm)	800	1000	1000	1500	1200	1100	900	900	800	1000
	接合速度 (mm/分)	400	500	500	1000	600	800	500	500	300	500
接合結果	破断材質	AC4C	7075	7075	5052	5182	5052	4343	4004	2024	ADC3
	破断位置	HAZ※	接合部	接合部	接合部	接合部	接合部	接合部	接合部	接合部	接合部
	継手効率(%)	80	10	20	30	20	40	30	30	20	15

※HAZ:熱影響部

[0046] かかる表1及び表2の結果から明らかなように、FSW試験例1～11の如く、アルミニウム合金製鋳物、2000系アルミニウム合金材、4000系アルミニウム合金材、5000系アルミニウム合金材及び7000系アルミニウム合金材からなる群より選ばれた同種又は異種材質の第一の部材(2)と第二の部材(4)の突合せ部位(6)を、ポピンツール(10)にて摩擦撹拌接合するに際して、開始タブ材(20)として、1000系アルミニ

ウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金又は8000系アルミニウム合金からなる板材を当接せしめて、この開始タブ材を通じて、ポピンツール（10）のプロープ（16）が、2つの部材（2，4）の突合せ部位（6）に進入することにより、接合欠陥のない、またバリ発生が少ない健全な接合部を得ることが出来ることが認められた。

[0047] これに対して、FSW試験例12～22の如く、開始タブ材（20）を用いない場合や、それを用いても、2つの部材（2，4）と同種のアルミニウム材質の板材等を開始タブ材とした場合にあっては、2つの部材（2，4）の摩擦攪拌接合自体が出来なかったり、或いは接合部位に、間隙乃至は破断部等の欠陥部が生じたり、更にはバリが著しく発生する等の問題を生じて、健全な接合部を得ることが出来ないことが明らかとなった。

[0048] ー実施例2ー

板厚（t）：4.0mm、板幅：300mm、長さ：5000mm、材質：5454-Oのアルミニウム圧延板材の2枚を、第一及び第二の部材（2，4）として用い、それらを幅方向に突き合わせて、その突合せ部（6）の下方に位置するように間隙を設けてなるテーブル上に、それぞれ固定、保持せしめた。そして、それら2枚の板材（2，4）の突合せ部（6）における接合開始端側の端部に対して、下記表3に示される各種の接合方向長さ（Ls）と、それに直角な方向の幅方向長さ（Ws）とを有する板厚（Ts）：4.0mm、アルミニウム材質：1200からなる開始タブ材（20）を突き合わせて、2枚の板材（2，4）と同様に、それぞれ固定、保持せしめた。

[0049] 次いで、回転治具として、上側ショルダ面（12a）と下側ショルダ面（14a）との間の距離となるプロープ（16）の軸方向長さを3.7mmに変更したこと以外は、実施例1と同様な寸法を有するポピンツール（10）を用いて、実施例1と同様な摩擦攪拌接合操作を実施して、その結果を、下記表3に併せ示した。

[0050]

[表3]

		FSW試験例							
		21	22	23	24	25	26	27	28
第一の部材 (2)	JIS材質	5454	5454	5454	5454	5454	5454	5454	5454
	質別	○	○	○	○	○	○	○	○
	板厚:t(mm)	4	4	4	4	4	4	4	4
第二の部材 (4)	JIS材質	5454	5454	5454	5454	5454	5454	5454	5454
	質別	○	○	○	○	○	○	○	○
	板厚:t(mm)	4	4	4	4	4	4	4	4
開始タブ材 (20)	JIS材質	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
	板厚:Ts(mm)	4	4	4	4	4	4	4	4
	長さ:Ls(mm)	60	70	80	80	60	70	55	80
	幅:Ws(mm)	40	40	30	35	30	40	40	25
回転治具 (10)	ショルダ直径:D (mm)	15	15	15	15	15	15	15	15
	プローブ長さ (mm)	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
	プローブ径:d (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8
接合条件	回転数 (rpm)	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
	接合速度 (mm/分)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
接合結果	破断材質	5454	5454	5454	5454	5454	5454	5454	5454
	破断位置	母材	母材	母材	母材	母材	母材	接合部	接合部
	継手効率(%)	100	100	100	100	100	100	80	75

[0051] かかる表3の結果より明らかな如く、開始タブ材（20）の接合方向長さ（Ls）を、ポピンツール（10）におけるショルダ部材（12，14）の直径（D）の4倍以上の長さとすると共に、接合方向に直角な方向における幅（Ws）を、かかるショルダ部材（12，14）の直径（D）の2倍以上とすることにより、摩擦攪拌接合部（8）の健全性が有利に高められ得ることとなるのである。

[0052] ー実施例3ー

実施例 1 における F S W 試験例 1 ～ 2 0 と同様にして、摩擦攪拌接合操作を開始する一方、2 枚の板材 (2 , 4) の突合せ部 (6) における接合終了端側の端面に対して、下記表 4 ～ 5 に示される、接合方向長さ (L_e) 、接合方向に直角な方向の幅 (W_e) 及び板厚 (T_e) を有する各種アルミニウム材質の板状の終了タブ材 (2 2) を当接せしめて、かかる突合せ部 (6) を全長に亘って移動したボビンツール (1 0) が、図 4 に示される如く、突合せ部 (6) の終端から終了タブ材 (2 2) に導かれ、次いで、かかる終了タブ材 (2 2) を接合方向に導かれた後、摩擦攪拌接合が終了せしめられるようにした。そして、そのような摩擦攪拌接合の終了に際してのボビンツール (1 0) におけるメタルの付着の程度を観察する一方、そのような摩擦攪拌接合操作の終了したボビンツール (1 0) をそのまま用い、再度同様な摩擦攪拌接合操作を実施して、その 2 回目の摩擦攪拌接合操作の成功率を求め、その結果を、下記表 3 に併せ示した。なお、メタルの付着の程度の評価に際しては、○：メタルの付着が殆ど認められない、△：メタルの付着が認められる、×：メタルの付着が著しい、との基準を採用した。

[0053]

[表4]

		FSW試験例									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
第一の部材 (2)	JIS材質	7075	7050	5182	5052	4343	4004	2024	2219	ADC3	ADC12
	質別	T76	T7451	O	O	O	O	T3	T6	T6	O
	板厚:t(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	2.8	3.7	6.8	3.6
第二の部材 (4)	JIS材質	7075	5052	5182	6063	6061	2014	2024	7003	ADC3	6N01
	質別	T76	O	O	T6	T6	T4	T3	T5	T6	T4
	板厚:t(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	2.8	3.7	6.8	3.6
開始タブ材 (20)	JIS材質	1200	3003	1100	3004	6063	6061	6N01	6063	3004	8090
	板厚:Ts(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	2.8	3.7	6.8	3.6
	長さ:Ls(mm)	80	75.9	96.6	65.4	101.8	52.4	58.6	70.5	95.5	83.2
	幅:Ws(mm)	40	46.4	49.9	32.8	53.4	30.8	33.6	40.1	48.3	39.0
終了タブ材 (22)	JIS材質	8011	1200	3003	3105	6082	6101	6061	6063	3004	6N01
	板厚:Te(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	2.8	3.7	6.8	3.6
	長さ:Le(mm)	80	63.9	71.0	50.5	75.3	32.9	35.3	44.6	76.4	45.1
	幅:We(mm)	40	32.6	40.4	22.7	39.7	14.6	21.7	18.7	34.7	26.8
回転治具 (10)	ショルダ直径:D (mm)	15	18.9	22.9	16.3	24.6	11.3	12.9	17.3	21.4	19.4
	プローブ長さ (mm)	3	6.1	6.1	4.7	7.6	3.2	2.6	3.5	6.4	3.6
	プローブ径:d (mm)	8	14.2	17.0	11.2	16.9	6.7	8.6	9.3	17.0	10.4
接合条件	回転数 (rpm)	1000	1500	1200	1100	900	900	800	800	1000	900
	接合速度 (mm/分)	500	1000	600	800	500	500	300	400	500	500
メタル付着状況		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2回目FSWの成功率(%)		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

[0054]

[表5]

		FSW試験例									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
第一の部材 (2)	JIS材質	AC4C	7075	7075	7050	5182	5052	4343	4004	2024	ADC3
	質別	T6	T76	T76	T7451	O	O	O	O	T3	T6
	板厚:t(mm)	8.9	3.2	3.2	9.2	7.8	3.5	9.0	5.7	8.5	2.8
第二の部材 (4)	JIS材質	7N01	7075	7075	5052	5182	6063	6061	2014	2024	ADC3
	質別	T6	T76	T76	H34	O	T6	T6	T4	T3	T6
	板厚:t(mm)	8.9	3.2	3.2	9.2	7.8	3.5	9.0	5.7	8.5	2.8
開始タブ材 (20)	JIS材質	3003	1200	1200	3003	1100	3004	6063	6061	6N01	3004
	板厚:Ts(mm)	8.9	3.2	3.2	9.2	7.8	3.5	9.0	5.7	8.5	2.8
	長さ:Ls(mm)	105.2	80	80	132.4	98.3	73.4	113.1	92.5	98.4	69.8
	幅:Ws(mm)	52.3	40	40	68.2	51.0	37.8	61.5	48.9	52.0	36.5
終了タブ材 (22)	JIS材質	1100	-	7075	5182	5182	ADC3	AC4C	7075	2024	2014
	板厚:Te(mm)	8.9	-	3.2	9.2	7.8	3.5	9.0	5.7	8.5	2.8
	長さ:Le(mm)	87.2	-	80	96.5	82.1	44.1	82.6	60.7	75.9	46.6
	幅:We(mm)	47.4	-	40	52.0	42.8	18.8	43.7	35.5	43.1	26.5
回転治具 (10)	シオルダ直径:D (mm)	25.6	15	15	30.9	24.5	17.3	26.9	20.7	24.2	16.3
	プローブ長さ (mm)	8.4	3	3	9.0	7.6	3.2	9.0	5.6	8.5	2.5
	プローブ径:d (mm)	20.6	8	8	23.2	19.0	9.0	20.4	13.7	17.0	9.9
接合条件	回転数 (rpm)	800	1000	1000	1500	1200	1100	900	900	800	1000
	接合速度 (mm/分)	400	500	500	1000	600	800	500	500	300	500
メタル付着状況		O	x	△	△	x	x	x	x	x	x
2回目FSWの 成功率(%)		100	10	20	60	70	30	40	20	30	40

[0055] かかる表4及び表5の結果から明らかなように、FSW試験例31～41の如く、終了タブ材(22)の材質として、1000系アルミニウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金又は8000系アルミニウム合金を用いることによって、ポピンツール(10)に対するメ

タルの凝着が、効果的に抑制乃至は阻止され得るのであって、以て、摩擦攪拌接合操作が終了したボビンツール（１０）を、引き続き、次の２つの部材（２，４）の摩擦攪拌接合操作に用いることが可能となることを確認した。

[0056] ー実施例４ー

前記実施例３におけるＦＳＷ試験例３１に係る摩擦攪拌接合操作において、第一及び第二の部材（２，４）の板厚（ t ）及び開始タブ材（２０）の板厚（ T_s ）を変化させると共に、終了タブ材（２２）の接合方向長さ（ L_e ）と、それに直角な方向の幅（ W_e ）の寸法を、下記表６に示されるように変えたこと以外は、実施例３と同様にして、摩擦攪拌操作を実施し、そしてボビンツール（１０）が終了タブ材（２２）を通過した後、摩擦攪拌接合操作が終了せしめられるようにした。そして、そのような摩擦攪拌接合操作が終了した後におけるボビンツール（１０）のメタル凝着状況を観察して、実施例３と同様に評価し、その結果を、下記表６に併せ示した。

[0057]

[表6]

		FSW試験例									
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
第一の部材 (2)	JIS材質	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075
	質別	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76
	板厚:t(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	3.2	9.2	7.8	3.5
第二の部材 (4)	JIS材質	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075	7075
	質別	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76	T76
	板厚:t(mm)	3.2	6.6	6.2	4.9	8.0	3.2	3.2	9.2	7.8	3.5
開始タブ材 (20)	JIS材質	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
	板厚:Ts(mm)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
	長さ:Ls(mm)	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	幅:Ws(mm)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
終了タブ材 (22)	JIS材質	6061	6061	6061	6061	6061	6061	6061	6061	6061	6061
	板厚:Te(mm)	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
	長さ:Le(mm)	60	70	80	80	60	70	55	57	80	80
	幅:We(mm)	40	40	30	35	30	40	40	40	28	26
回転治具 (10)	ショルダ直径:D (mm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	プローブ長さ (mm)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	プローブ径:d (mm)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
接合条件	回転数 (rpm)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	接合速度 (mm/分)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
メタル付着状況		○	○	○	○	○	○	△	△	△	△
2回目FSWの 成功率(%)		100	100	100	100	100	100	60	80	83	76

[0058] かかる表6の結果から明らかな如く、終了タブ材(22)の接合方向長さ(L_e)を、ポピンツール(10)におけるショルダ部材(12, 14)の直径(D)の4倍以上の長さを有すると共に、かかる接合方向に直角な方向における幅(W_e)を、ショルダ部材(12, 14)の直径(D)の2倍以

上とすることによって、ボビンツール（１０）に対するメタルの凝着が、効果的に抑制乃至は阻止され得ることが認められるのである。

符号の説明

[0059]	2	第一の部材	4	第二の部材
	6	突合せ部	8	摩擦攪拌接合部
	10	回転工具（ボビンツール）	11	セルフリアクティングツール
	12, 13	上側ショルダ部材	14, 15	下側ショルダ部材
	12a	上側ショルダ面	14a	下側ショルダ面
	16, 17	プローブ	18	止めナット
	20, 24	開始タブ材	22	終了タブ材
	30	中空構造体		
	32	上側部材	32a, 34a	フランジ部
	34	下側部材	36	重合せ部

請求の範囲

- [請求項1] アルミニウム合金製鋳物、2000系アルミニウム合金材、4000系アルミニウム合金材、5000系アルミニウム合金材、及び7000系アルミニウム合金材からなる群より選ばれた同種又は異種材質の第一の部材と第二の部材との接合部位を、回転工具におけるロッド状のプロープの軸方向に所定の間隔をおいて配した二つのショルダ部材にて挟圧しつつ、かかる回転工具の回転によって、それら二つのショルダ部材と共に回転せしめられる前記プロープを、接合方向に移動させることにより、前記第一の部材と前記第二の部材との接合部位を摩擦攪拌接合するに際し、
- 前記第一及び第二の部材の接合部位における接合開始端側の端面に、1000系アルミニウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金、又は8000系アルミニウム合金からなる開始タブ材を当接せしめ、該開始タブ材を通じて、前記回転工具のプロープが、それら第一及び第二の部材の前記接合部位に進入するようにしたことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。
- [請求項2] 前記開始タブ材が、前記回転工具による前記第一及び第二の部材の接合方向において前記ショルダ部材の直径の4倍以上の長さを有していると共に、該接合方向に直角な方向において該ショルダ部材の直径の2倍以上の幅を有している板材である請求項1に記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項3] 前記回転工具のプロープの直径が、前記開始タブ材の厚さの2倍以上である請求項1又は請求項2に記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項4] 前記第一の部材と前記第二の部材とを突き合わせ、その突合せ部位に対して、前記摩擦攪拌接合が実施される請求項1乃至請求項3の何れか一つに記載の摩擦攪拌接合方法。
- [請求項5] 前記第一の部材と前記第二の部材とを重ね合わせ、その重合せ部位に対して、前記摩擦攪拌接合が実施される請求項1乃至請求項3の何

れか一つに記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項6] 前記回転工具が、前記プローブに対して、前記二つのショルダ部材を所定の間隔をおいて固定的に取り付けてなるボビンツールである請求項1乃至請求項5の何れか一つに記載の摩擦攪拌接合方法。

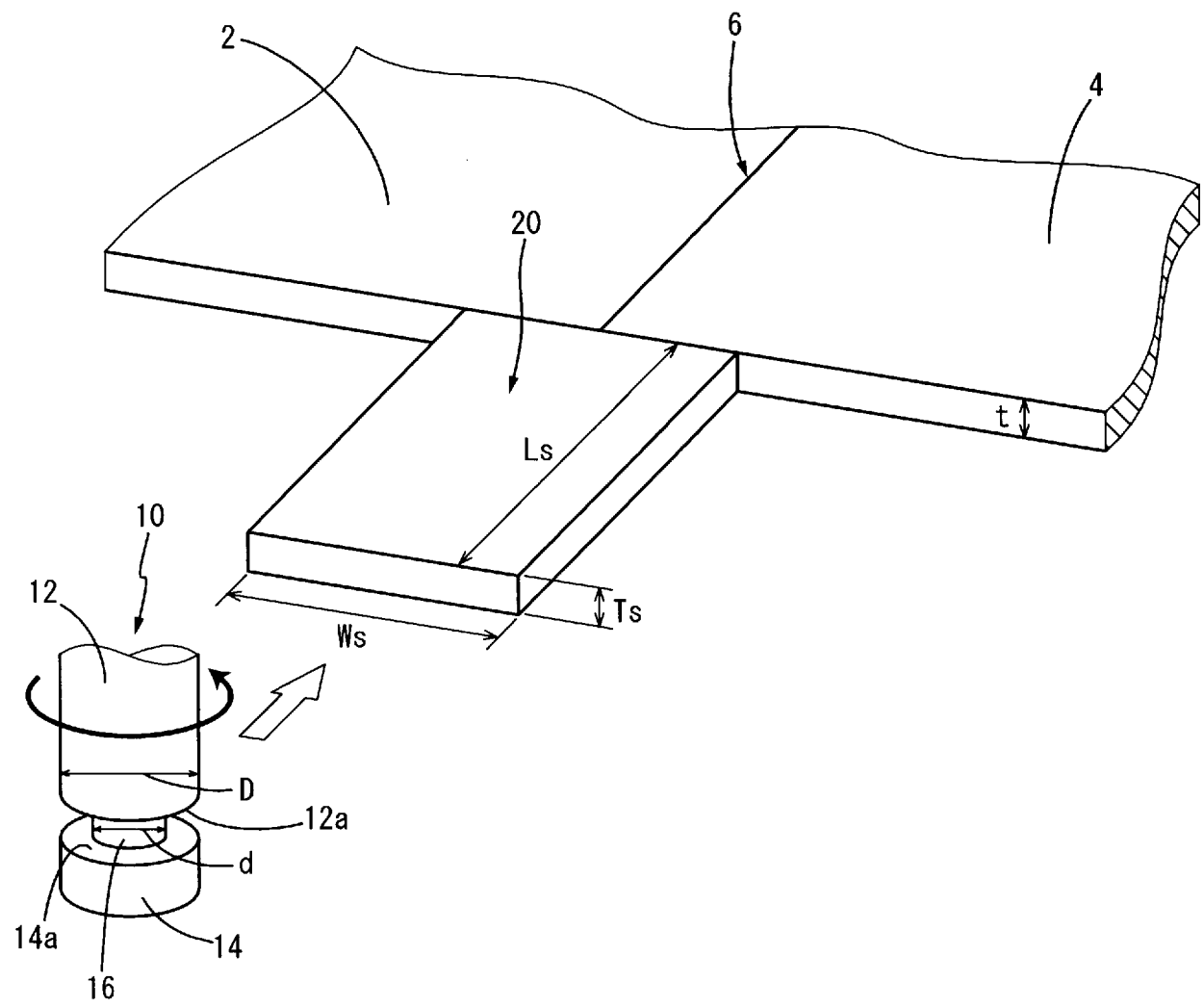
[請求項7] 前記回転工具が、前記プローブに対して、前記二つのショルダ部材のうちの一方を固定し、他方を該プローブの軸方向に移動可能として、それら二つのショルダ部材の間隔が変更され得るようにしたセルフリアクティングツールである請求項1乃至請求項5の何れか一つに記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項8] 前記第一の部材と前記第二の部材との接合部位における接合終了端側の端面に対して、1000系アルミニウム合金、3000系アルミニウム合金、6000系アルミニウム合金、又は8000系アルミニウム合金からなる終了タブ材を当接せしめ、前記回転工具のプローブが、前記第一及び第二の部材の接合部位から該終了タブ材に導かれて、前記摩擦攪拌接合が終了せしめられるようにした請求項1乃至請求項7の何れか一つに記載の摩擦攪拌接合方法。

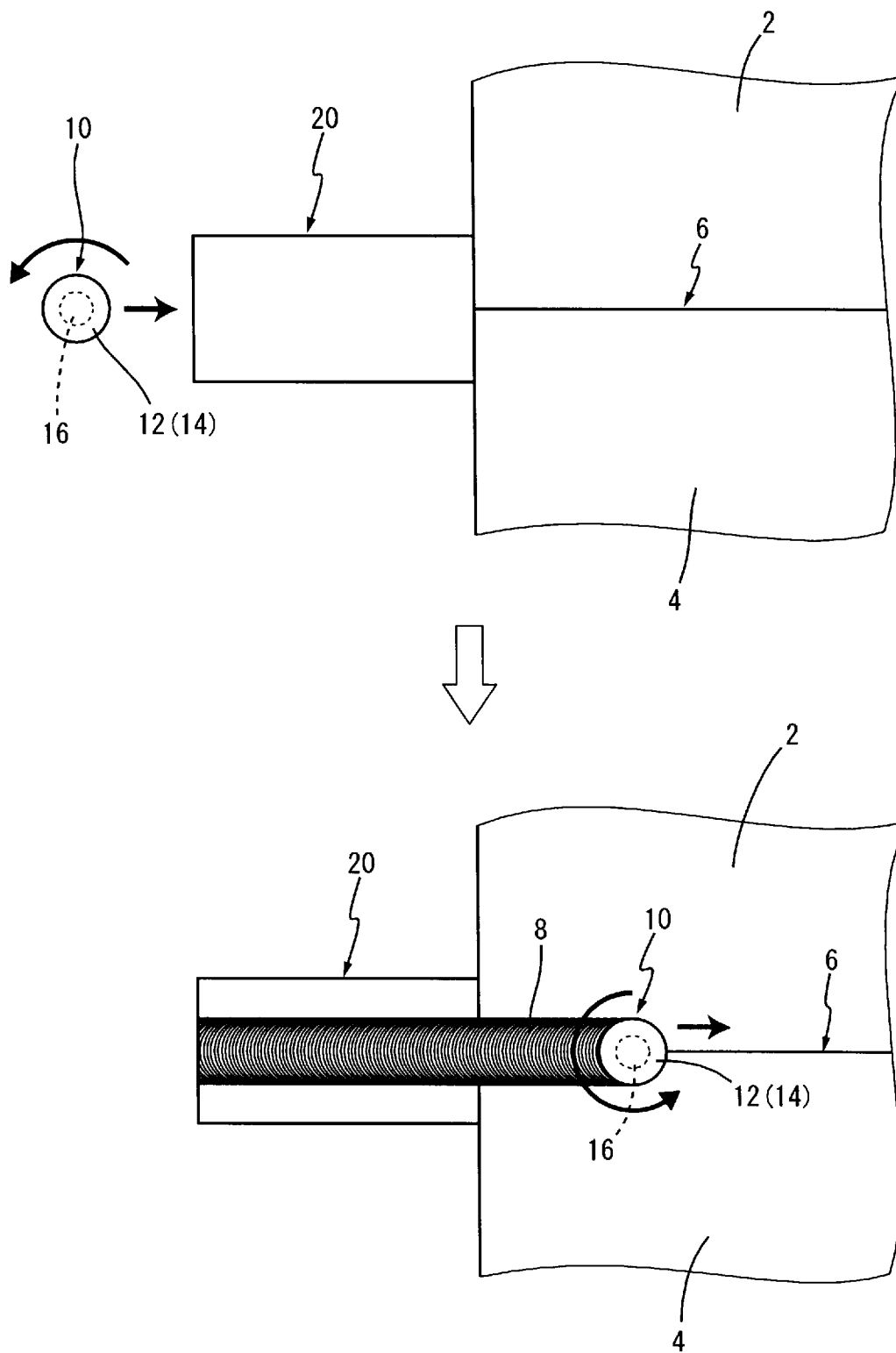
[請求項9] 前記終了タブ材が、前記回転工具による前記第一及び第二の部材の接合方向において前記ショルダ部材の直径の4倍以上の長さを有していると共に、該接合方向に直角な方向において該ショルダ部材の直径の2倍以上の幅を有している板材である請求項8に記載の摩擦攪拌接合方法。

[請求項10] 前記終了タブ材が、前記回転工具におけるプローブの直径の $1/2$ 以下の厚さとされている請求項8又は請求項9に記載の摩擦攪拌接合方法。

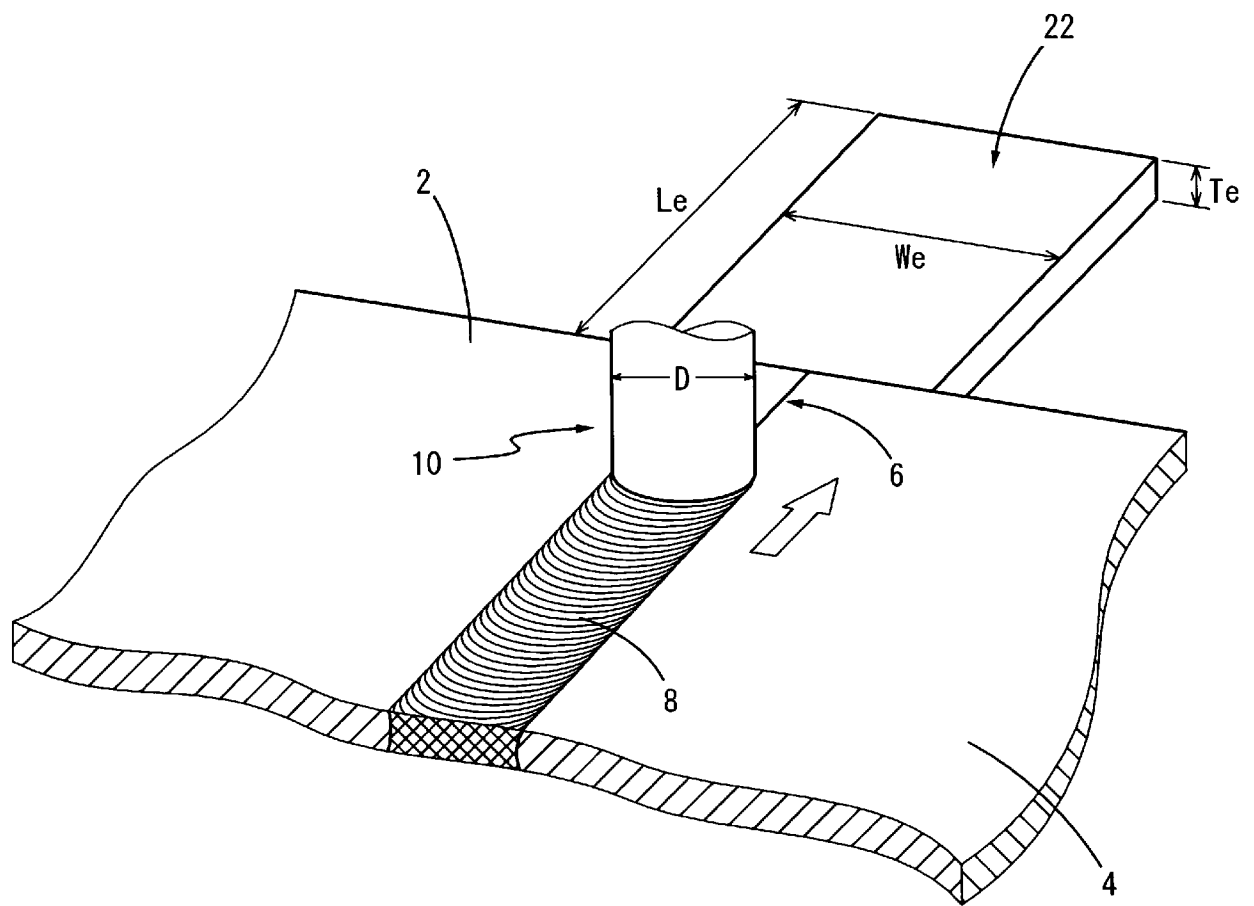
[図1]



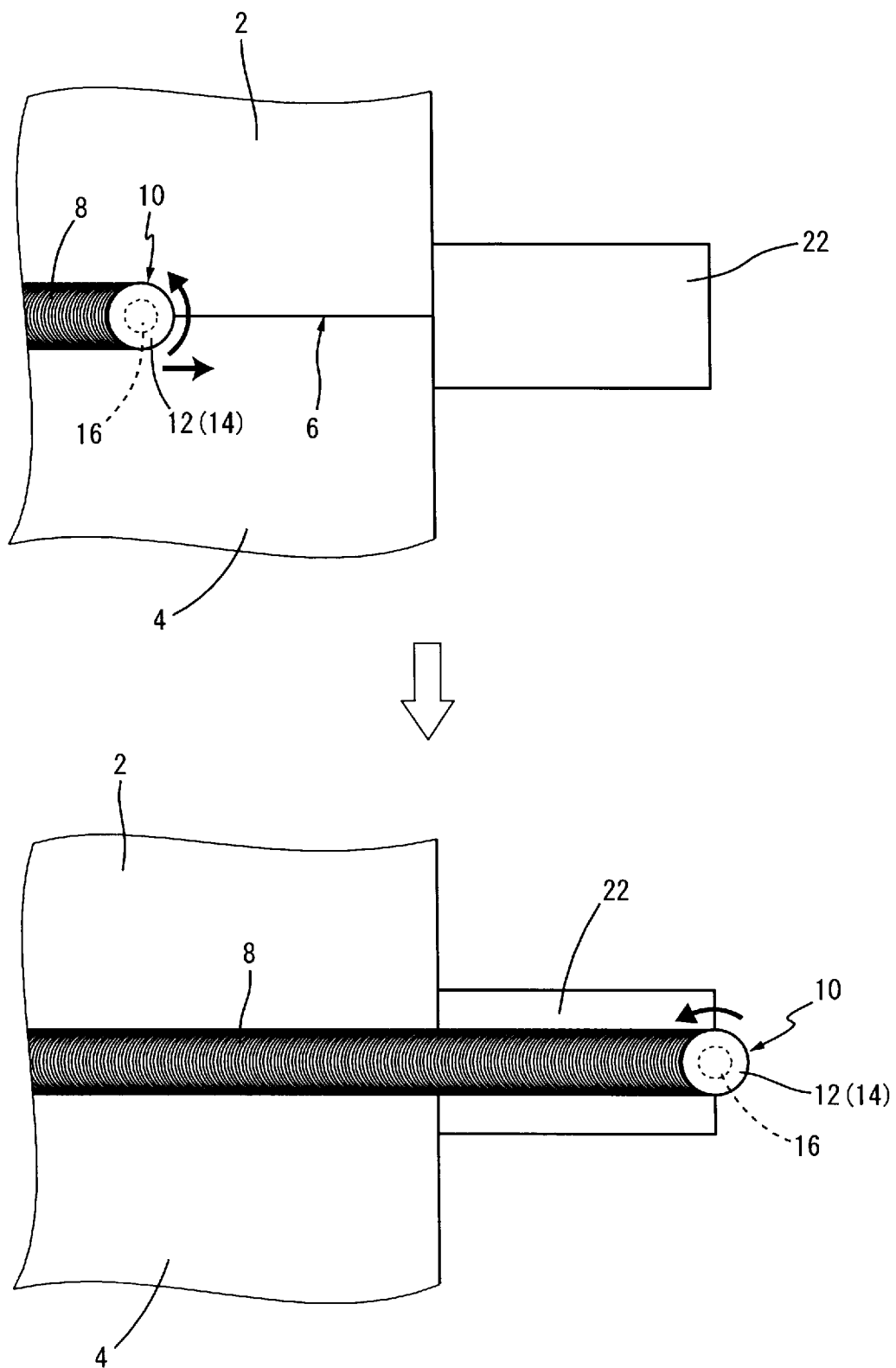
[図2]



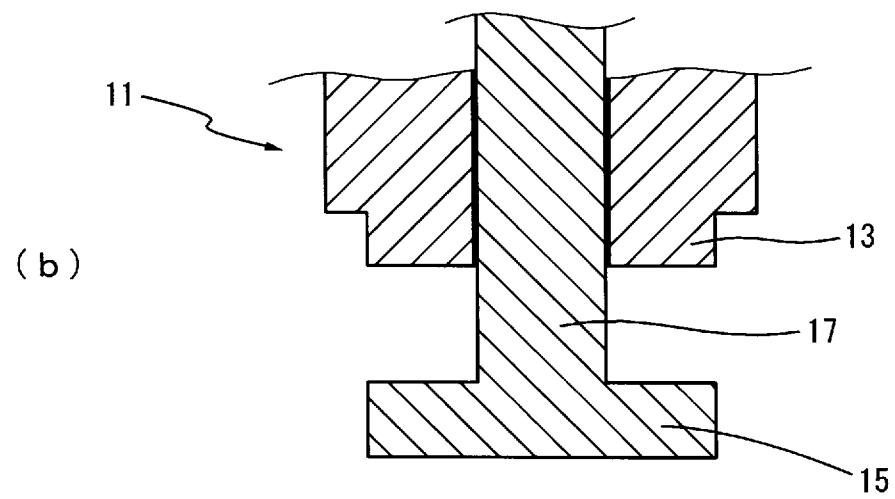
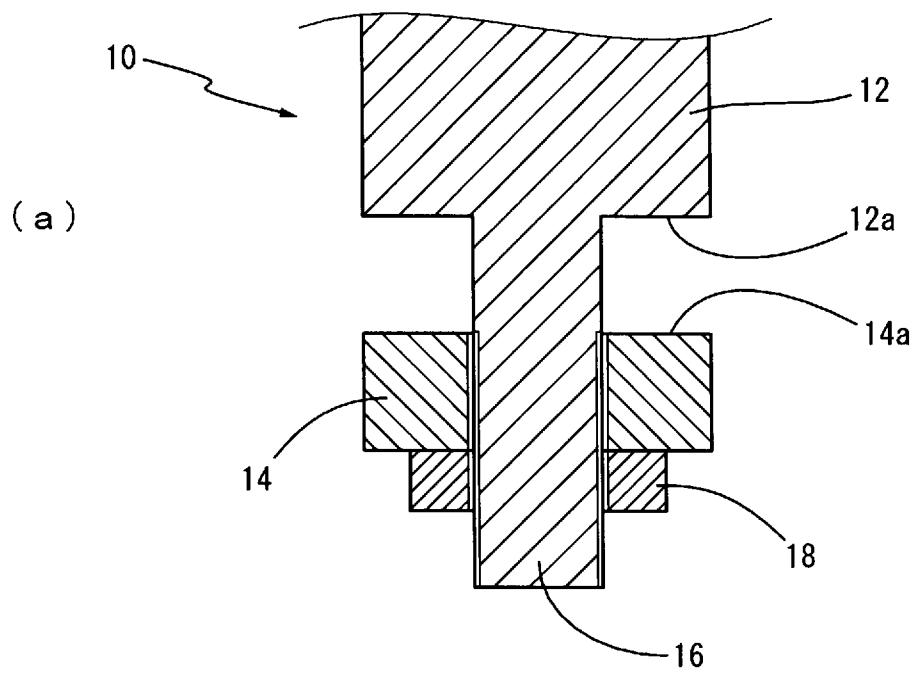
[図3]



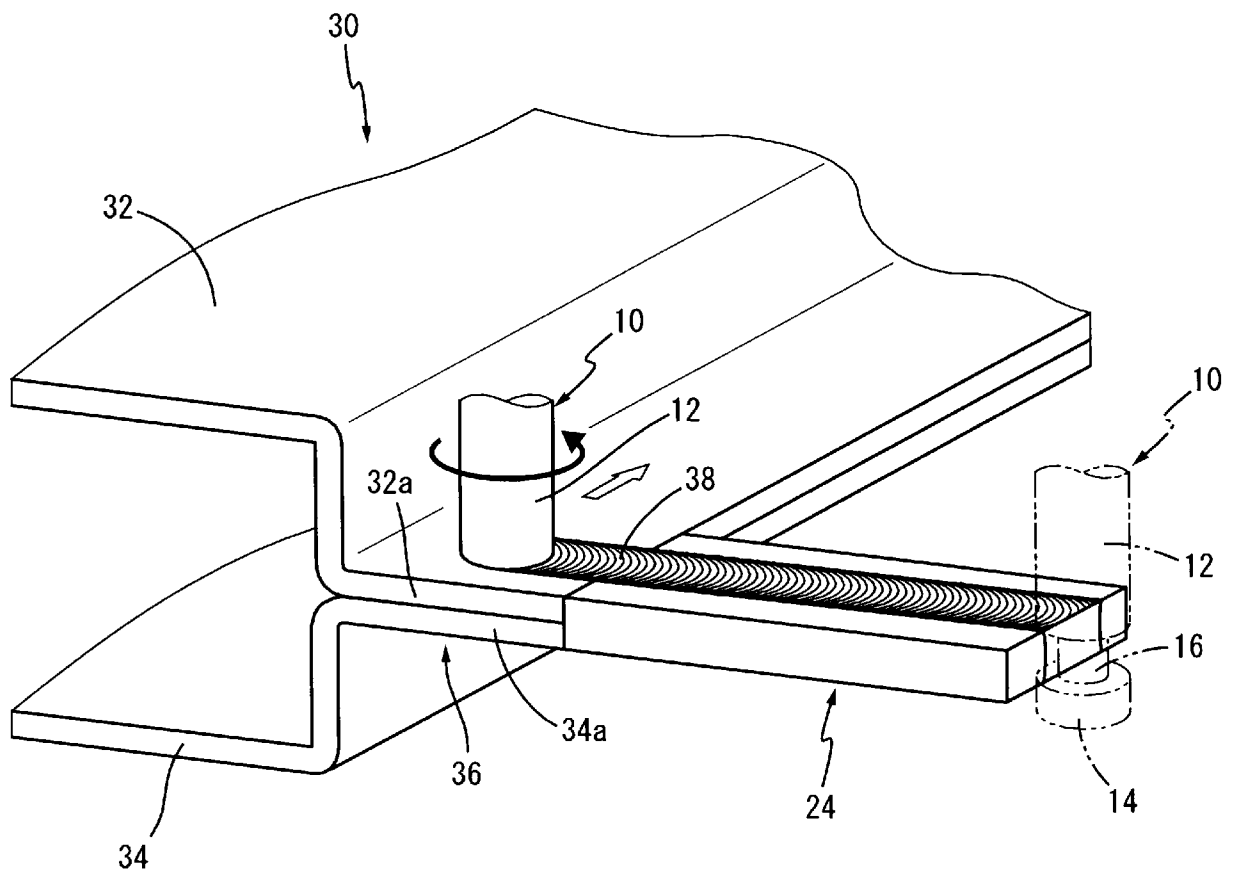
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/070732

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 1996-2014 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014		
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	JP 2007-61877 A (Sumitomo Light Metal Industries, Ltd.), 15 March 2007 (15.03.2007), fig. 2 to 4 (Family: none)	1-10
A	JP 4004259 B2 (Sumitomo Light Metal Industries, Ltd.), 07 November 2007 (07.11.2007), paragraphs [0038] to [0063]; fig. 2 to 8 (Family: none)	1-10
☒ 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 27 August, 2014 (27.08.14)		Date of mailing of the international search report 09 September, 2014 (09.09.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/070732

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-71477 A (The Boeing Co.), 17 March 1998 (17.03.1998), paragraphs [0017] to [0023], [0034]; fig. 1 to 3 & US 5794835 A & EP 810055 A1 & CN 1167024 A	1-10
A	JP 4-71634 B2 (Sky Aluminium Co., Ltd.), 16 November 1992 (16.11.1992), entire text (Family: none)	1-10
A	JP 2005-74518 A (The Boeing Co.), 24 March 2005 (24.03.2005), paragraphs [0014], [0024]; fig. 1, 2, 5 & US 2004/0035914 A1 & EP 1510279 A1 & KR 10-2005-0022852 A & CN 1590003 A	1-10
A	JP 2002-248582 A (Hitachi, Ltd.), 03 September 2002 (03.09.2002), entire text (Family: none)	1-10

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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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	JP 2007-61877 A（住友軽金属工業株式会社）2007.03.15, 図 2-4（ファミリーなし）	1-10	
A	JP 4004259 B2（住友軽金属工業株式会社）2007.11.07, 第 38-63 段落, 図 2-8（ファミリーなし）	1-10	
A	JP 10-71477 A（ザ・ボーイング・カンパニー）1998.03.17, 第 17-23, 34 段落, 図 1-3 & US 5794835 A & EP 810055 A1 & CN 1167024 A	1-10	
☒ 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 27.08.2014		国際調査報告の発送日 09.09.2014	
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） 大内 俊彦 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3 P 9824

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 4-71634 B2 (スカイアルミニウム株式会社) 1992. 11. 16, 全文 (ファミリーなし)	1 - 1 0
A	JP 2005-74518 A (ザ・ボーイング・カンパニー) 2005. 03. 24, 第 14, 24 段落, 図 1, 2, 5 & US 2004/0035914 A1 & EP 1510279 A1 & KR 10-2005-0022852 A & CN 1590003 A	1 - 1 0
A	JP 2002-248582 A (株式会社日立製作所) 2002. 09. 03, 全文 (ファ ミリーなし)	1 - 1 0