

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6112175号

(P6112175)

(45) 発行日 平成29年4月12日(2017.4.12)

(24) 登録日 平成29年3月24日(2017.3.24)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 3 K 20/12 (2006.01)
 B 2 3 K 20/12 3 1 0
 B 2 3 K 20/12 3 3 0
 B 2 3 K 20/12 3 4 4

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-210651 (P2015-210651)	(73) 特許権者	000004743
(22) 出願日	平成27年10月27日(2015.10.27)		日本軽金属株式会社
(62) 分割の表示	特願2015-75237 (P2015-75237) の分割		東京都品川区東品川二丁目2番20号
原出願日	平成23年8月19日(2011.8.19)	(74) 代理人	110001807 特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(65) 公開番号	特開2016-13578 (P2016-13578A)	(74) 代理人	100064414 弁理士 磯野 道造
(43) 公開日	平成28年1月28日(2016.1.28)	(72) 発明者	瀬尾 伸城 静岡県静岡市清水区蒲原1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
審査請求日	平成27年10月27日(2015.10.27)	(72) 発明者	堀 久司 静岡県静岡市清水区蒲原1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
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

攪拌ピンを備え、摩擦攪拌装置の回転軸に連結された回転ツールを用いて二つの金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、

前記攪拌ピンの外周面には螺旋溝が刻設されており、前記金属部材はアルミニウム合金からなり、

前記金属部材の側面同士を突き合わせて密着させ突合部を形成する突合工程と、

前記摩擦攪拌装置及び前記回転ツールのうち前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させて摩擦熱を発生させた状態で前記突合部に対して相対移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含み、

前記本接合工程の前に、二つの前記金属部材を摩擦攪拌装置の架台に載置し、治具を用いて二つの前記金属部材を移動不能に拘束するとともに、

前記本接合工程において、前記攪拌ピンの外周面によって塑性流動化したアルミニウム合金をバリとして外部に流出させながら前記突合部に対して摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項 2】

前記金属部材の前記突合部の両端側にそれぞれタブ材を配置するタブ材配置工程、をさらに含み、前記本接合工程において、一方のタブ材の表面側から前記回転ツールの前記攪拌ピンを挿入して摩擦攪拌を開始し、続いて前記突合部に沿って摩擦攪拌接合を行い、さらに他方のタブ材の表面側から前記回転ツールの前記攪拌ピンを抜き取って摩擦攪拌を終

10

20

了することを特徴とする請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合方法。

【発明の詳細な説明】

【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、金属部材同士の突合部の表面側及び裏面側から摩擦攪拌接合を行い、摩擦攪拌接合によって形成された塑性化領域同士を接触させることで、突合部を隙間無く接合する技術が開示されている。この技術によれば、接合された金属部材同士の気密性及び水密性を向上させることができる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 87036 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の接合方法により、板厚が大きい金属部材同士を接合する場合には、攪拌ピンの長さ及び外径を大きくする必要があり、さらには、この攪拌ピンの大型化に伴って、ショルダ部の外径も大きくする必要があり、ところが、ショルダ部の外径を大きくすると、金属部材とショルダ部との摩擦が大きくなるため、摩擦攪拌装置にかかる負荷が大きくなるという問題がある。これにより、特に板厚の大きい金属部材の深い位置を接合することが困難になっていた。

20

【0005】

このような観点から、本発明は、摩擦攪拌装置にかかる負荷を小さくすることで、突合部の深い位置まで接合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、攪拌ピンを備え、摩擦攪拌装置の回転軸に連結された回転ツールを用いて二つの金属部材を接合する摩擦攪拌接合方法であって、前記攪拌ピンの外周面には螺旋溝が刻設されており、前記金属部材はアルミニウム合金となり、前記金属部材の側面同士を突き合わせて密着させ突合部を形成する突合工程と、前記摩擦攪拌装置及び前記回転ツールのうち前記回転ツールの前記攪拌ピンのみを前記金属部材に接触させて摩擦熱を発生させた状態で前記突合部に対して相対移動させて摩擦攪拌接合を行う本接合工程と、を含み、前記本接合工程の前に、二つの前記金属部材を摩擦攪拌装置の架台に載置し、治具を用いて二つの前記金属部材を移動不能に拘束するとともに、前記本接合工程において、前記攪拌ピンの外周面によって塑性流動化したアルミニウム合金をバリとして外部に流出させながら前記突合部に対して摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする。

30

40

また、本発明は、前記金属部材の前記突合部の両端側にそれぞれタブ材を配置するタブ材配置工程、をさらに含み、前記本接合工程において、一方のタブ材の表面側から前記回転ツールの前記攪拌ピンを挿入して摩擦攪拌を開始し、続いて前記突合部に沿って摩擦攪拌接合を行い、さらに他方のタブ材の表面側から前記回転ツールの前記攪拌ピンを抜き取って摩擦攪拌を終了することが好ましい。

【0007】

かかる方法によれば、金属部材に接触させる部分を攪拌ピンのみにするすることで、ショルダを金属部材に押し付ける従来の摩擦攪拌接合方法に比べて金属部材と回転ツールとの摩擦を軽減することができ、摩擦攪拌装置にかかる負荷を小さくすることができる。すなわち、本発明によれば、金属部材の深い位置まで攪拌ピンを挿入することができるようにな

50

るため、板厚の大きい金属部材であっても深い位置まで接合することができる。

【発明の効果】

【0013】

本発明に係る摩擦攪拌接合方法によれば、摩擦攪拌装置にかかる負荷を小さくすることで、突合部の深い部分まで接合することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】(a)は本実施形態の本接合用回転ツールを示した側面図であり、(b)は本接合用回転ツールの接合形態を示した模式断面図である。

【図2】(a)は本実施形態の仮接合用回転ツールを示した側面図であり、(b)は仮接合用回転ツールの接合形態を示した模式断面図である。

【図3】本実施形態の準備工程を示した図であって、(a)は斜視図、(b)は平面図である。

【図4】本実施形態の第一の予備工程を示した平面図であって、(a)は接合途中、(b)は終了時を示す。

【図5】本実施形態の第一の本接合工程を示した平面図であって、(a)は接合途中、(b)は終了時を示す。

【図6】本実施形態の第一の補修工程を示した斜視図である。

【図7】本実施形態の第一の補修工程における補修部材接合工程を示した図であって、(a)は平面図、(b)は断面図である。

【図8】本実施形態の第一の補修工程後を示した断面図である。

【図9】(a)は本実施形態の第二の本接合工程を示した断面図であり、(b)は本実施形態の第二の補修工程を示した断面図である。

【図10】補修工程の変形例を示した図であって、(a)は切削工程、(b)は肉盛り溶接工程を示す。

【図11】実施例1の条件と各塑性化領域の断面図である。

【図12】実施例1を説明するための断面図である。

【図13】実施例2の条件と各塑性化領域の断面図である。

【図14】実施例2, 3を説明するための断面図である。

【図15】実施例3の条件と各塑性化領域の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。まずは、本実施形態で用いる本接合用回転ツール及び仮接合用回転ツールについて説明する。

【0016】

本接合用回転ツールFは、図1の(a)に示すように、連結部F1と、攪拌ピンF2とで構成されている。本接合用回転ツールFは、例えば工具鋼で形成されている。連結部F1は、図1の(b)に示す摩擦攪拌装置の回転軸Dに連結される部位である。連結部F1は円柱状を呈し、ボルトが締結されるネジ孔B、Bが形成されている。

【0017】

攪拌ピンF2は、連結部F1から垂下しており、連結部F1と同軸になっている。攪拌ピンF2は連結部F1から離間するにつれて先細りになっている。攪拌ピンF2の外周面には螺旋溝F3が刻設されている。

【0018】

図1の(b)に示すように、本接合用回転ツールFを用いて摩擦攪拌接合をする際には、金属部材1に回転した攪拌ピンF2のみを挿入し、金属部材1と連結部F1とは離間させつつ移動させる。言い換えると、攪拌ピンF2の基端部は露出させた状態で摩擦攪拌接合を行う。本接合用回転ツールFの移動軌跡には摩擦攪拌された金属が硬化することにより塑性化領域Wが形成される。

【0019】

仮接合用回転ツールGは、図2の(a)に示すように、ショルダ部G1と、攪拌ピンG2とで構成されている。仮接合用回転ツールGは、例えば工具鋼で形成されている。ショルダ部G1は、図2の(b)に示すように、摩擦攪拌装置の回転軸Dに連結される部位であるとともに、塑性流動化した金属を押える部位である。ショルダ部G1は円柱状を呈する。ショルダ部G1の下端面は、流動化した金属が外部へ流出するのを防ぐために凹状になっている。

【0020】

攪拌ピンG2は、ショルダ部G1から垂下しており、ショルダ部G1と同軸になっている。攪拌ピンG2はショルダ部G1から離間するにつれて先細りになっている。攪拌ピンG2の外周面には螺旋溝G3が刻設されている。

10

【0021】

図2の(b)に示すように、仮接合用回転ツールGを用いて摩擦攪拌接合をする際には、回転した攪拌ピンG2とショルダ部G1の下端を金属部材1に挿入しつつ移動させる。仮接合用回転ツールGの移動軌跡には摩擦攪拌された金属が硬化することにより塑性化領域wが形成される。

【0022】

次に、本実施形態の具体的な摩擦攪拌接合方法について説明する。本実施形態では、(1)準備工程、(2)第一の予備工程、(3)第一の本接合工程、(4)第一の補修工程、(5)第二の予備工程、(7)第二の本接合工程、(8)第二の補修工程を含んでいる。なお、第一の予備工程、第一の本接合工程及び第一の補修工程は、金属部材1の表面側から実行される工程であり、第二の予備工程、第二の本接合工程及び第二の補修工程は、金属部材1の裏面側から実行される工程である。

20

【0023】

(1) 準備工程

図3を参照して準備工程を説明する。本実施形態に係る準備工程は、接合すべき金属部材1, 1を突き合わせる突合工程と、金属部材1, 1の突合部J1の両側に第一タブ材2と第二タブ材3を配置するタブ材配置工程と、第一タブ材2と第二タブ材3を溶接により金属部材1, 1に仮接合する溶接工程とを具備している。

【0024】

突合工程では、接合すべき金属部材1, 1をL字状に配置し、一方の金属部材1の側面に他方の金属部材1の側面を密着させる。金属部材1は、摩擦攪拌可能な金属であればよいが、本実施形態ではアルミニウム合金を用いる。

30

【0025】

タブ材配置工程では、金属部材1, 1の突合部J1の一端側(外側)に第一タブ材2を配置して第一タブ材2の当接面21(図3の(b)参照)を金属部材1, 1の外側の側面に当接させるとともに、突合部J1の他端側に第二タブ材3を配置して第二タブ材3の当接面31, 31(図3の(b)参照)を金属部材1, 1の内側の側面に当接させる。なお、金属部材1, 1をL字状に組み合わせた場合には、第一タブ材2及び第二タブ材3の一方(本実施形態では第二タブ材3)を、金属部材1, 1により形成された入隅部(金属部材1, 1の内側の側面により形成された角部)に配置する。

40

【0026】

溶接工程では、金属部材1と第一タブ材2とにより形成された入隅部2a, 2aを溶接して金属部材1と第一タブ材2とを接合し、金属部材1と第二タブ材3とにより形成された入隅部3a, 3aを溶接して金属部材1と第二タブ材3とを接合する。

【0027】

準備工程が終了したら、金属部材1, 1、第一タブ材2及び第二タブ材3を図示せぬ摩擦攪拌装置の架台に載置し、クランプ等の図示せぬ治具を用いて移動不能に拘束する。

【0028】

(2) 第一の予備工程

第一の予備工程は、金属部材1, 1と第一タブ材2との突合部J2を接合する第一タブ

50

材接合工程と、金属部材 1 , 1 の突合部 J 1 を仮接合する仮接合工程と、金属部材 1 , 1 と第二タブ材 3 との突合部 J 3 を接合する第二タブ材接合工程と、第一の本接合工程における摩擦攪拌の開始位置に下穴を形成する下穴形成工程とを具備している。

【 0 0 2 9 】

図 4 の (a) 及び (b) に示すように、一の仮接合用回転ツール G を一筆書きの移動軌跡 (ピード) を形成するように移動させて、突合部 J 1 , J 2 , J 3 に対して連続して摩擦攪拌を行う。

【 0 0 3 0 】

まず、仮接合用回転ツール G の攪拌ピン G 2 を左回転させながら第一タブ材 2 の適所に設けた開始位置 S P に挿入して摩擦攪拌を開始し、仮接合用回転ツール G を第一タブ材接合工程の始点 s 2 に向けて相対移動させる。

10

【 0 0 3 1 】

仮接合用回転ツール G を相対移動させて第一タブ材接合工程の始点 s 2 まで連続して摩擦攪拌を行ったら、始点 s 2 で仮接合用回転ツール G を離脱させることなくそのまま第一タブ材接合工程に移行する。

【 0 0 3 2 】

第一タブ材接合工程では、第一タブ材 2 と金属部材 1 , 1 との突合部 J 2 に対して摩擦攪拌を行う。具体的には、金属部材 1 , 1 と第一タブ材 2 との継ぎ目上に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って仮接合用回転ツール G を相対移動させることで、突合部 J 2 に対して摩擦攪拌を行う。本実施形態では、仮接合用回転ツール G を途中で離脱させることなく第一タブ材接合工程の始点 s 2 から終点 e 2 まで連続して摩擦攪拌を行う。

20

【 0 0 3 3 】

なお、仮接合用回転ツール G を左回転させた場合には、進行方向の右側に微細な接合欠陥が発生する虞があるので、仮接合用回転ツール G の進行方向の左側に金属部材 1 , 1 が位置するように第一タブ材接合工程の始点 s 2 と終点 e 2 の位置を設定することが望ましい。このようにすると、金属部材 1 側に接合欠陥が発生し難くなるので、高品質の接合体を得ることが可能となる。

【 0 0 3 4 】

仮接合用回転ツール G が第一タブ材接合工程の終点 e 2 に達したら、終点 e 2 で摩擦攪拌を終了させずに仮接合工程の始点 s 1 まで連続して摩擦攪拌を行い、そのまま仮接合工程に移行する。なお、本実施形態では、第一タブ材接合工程の終点 e 2 から仮接合工程の始点 s 1 に至る摩擦攪拌のルートを第一タブ材 2 に設定している。

30

【 0 0 3 5 】

仮接合工程では、金属部材 1 , 1 の突合部 J 1 に対して摩擦攪拌を行う。具体的には、金属部材 1 , 1 の継ぎ目上に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って仮接合用回転ツール G を相対移動させることで、突合部 J 1 に対して摩擦攪拌を行う。本実施形態では、仮接合用回転ツール G を途中で離脱させることなく仮接合工程の始点 s 1 から終点 e 1 まで連続して摩擦攪拌を行う。

【 0 0 3 6 】

仮接合用回転ツール G が仮接合工程の終点 e 1 に達したら、そのまま第二タブ材接合工程に移行する。すなわち、第二タブ材接合工程の始点 s 3 でもある仮接合工程の終点 e 1 で仮接合用回転ツール G を離脱させることなく第二タブ材接合工程に移行する。

40

【 0 0 3 7 】

第二タブ材接合工程では、金属部材 1 , 1 と第二タブ材 3 との突合部 J 3 , J 3 に対して摩擦攪拌を行う。本実施形態では、第二タブ材接合工程の始点 s 3 が、突合部 J 3 , J 3 の中間に位置しているので、第二タブ材接合工程の始点 s 3 から終点 e 3 に至る摩擦攪拌のルートに折返し点 m 3 を設け、仮接合用回転ツール G を始点 s 3 から折返し点 m 3 に移動させた後に (図 4 の (a) 参照) 、仮接合用回転ツール G を折返し点 m 3 から終点 e 3 に移動させることで (図 4 の (b) 参照) 、第二タブ材接合工程の始点 s 3 から終点 e 3 まで連続して摩擦攪拌を行う。すなわち、仮接合用回転ツール G を始点 s 3 ~ 折返し点

50

m 3 間で往復させた後に、仮接合用回転ツール G を終点 e 3 まで移動させることで、第二タブ材接合工程の始点 s 3 から終点 e 3 まで連続して摩擦攪拌を行う。なお、始点 s 3 から折返し点 m 3 に至る摩擦攪拌のルート及び折返し点 m 3 から終点 e 3 に至る摩擦攪拌のルートは、それぞれ、金属部材 1 と第二タブ材 3 との継ぎ目上に設定する。

【 0 0 3 8 】

始点 s 3、折返し点 m 3 及び終点 e 3 の位置関係に特に制限はないが、本実施形の如く仮接合用回転ツール G を左回転させている場合には、少なくとも折返し点 m 3 から終点 e 3 に至る摩擦攪拌のルートにおいて仮接合用回転ツール G の進行方向の左側に金属部材 1 , 1 が位置するように、第二タブ材接合工程の始点 s 3、折返し点 m 3 及び終点 e 3 の位置を設定することが望ましい。この場合、始点 s 3 ~ 折返し点 m 3 間においては、往路においても復路においても金属部材 1 と第二タブ材 3 との継ぎ目上に摩擦攪拌のルートを設定し、当該ルートに沿って仮接合用本接合用回転ツールを移動させることが望ましい。このようにすると、始点 s 3 から折返し点 m 3 に至るまでの間に、仮接合用回転ツール G の進行方向の右側に金属部材 1 が位置し、金属部材 1 側に接合欠陥が発生したとしても、その後に行われる折返し点 m 3 から終点 e 3 に至る摩擦攪拌において仮接合用回転ツール G の進行方向の左側に金属部材 1 が位置することになるので、前記した接合欠陥が是正され、高品質の接合体を得ることが可能となる。

【 0 0 3 9 】

ちなみに、仮接合用回転ツール G を右回転させた場合には、折返し点から終点に至る摩擦攪拌のルートにおいて仮接合用回転ツール G の進行方向の右側に金属部材 1 , 1 が位置するように、第二タブ材接合工程の始点、折返し点及び終点の位置を設定することが望ましい。具体的には、図示は省略するが、仮接合用回転ツール G を左回転させた場合の終点 e 3 の位置に折返しを設け、仮接合用回転ツール G を左回転させた場合の折返し点 m 3 の位置に終点を設ければよい。

【 0 0 4 0 】

図 4 の (b) に示すように、仮接合用回転ツール G が第二タブ材接合工程の終点 e 3 に達したら、終点 e 3 で摩擦攪拌を終了させずに、第二タブ材 3 に設けた終了位置 E P まで連続して摩擦攪拌を行う。仮接合用回転ツール G が終了位置 E P に達したら、仮接合用回転ツール G を回転させつつ上昇させて攪拌ピン G 2 を終了位置 E P から離脱させる。

【 0 0 4 1 】

続いて、下穴形成工程を実行する。下穴形成工程は、第一の本接合工程における摩擦攪拌の開始位置に下穴を形成する工程である。新たに下穴を形成してもよいが、本実施形態では、仮接合用回転ツール G の攪拌ピン G 2 を離脱させたときに形成される抜き穴を、ドリル等で拡張して下穴を形成する。このようにすると、下穴の加工作業を省略あるいは簡略化することが可能となるので、作業時間を短縮することが可能となる。なお、前記した抜き穴をそのまま下穴として利用してもよい。

【 0 0 4 2 】

(3) 第一の本接合工程

第一の予備工程が終了したら、金属部材 1 , 1 の突合部 J 1 を本格的に接合する第一の本接合工程を実行する。本実施形態に係る第一の本接合工程では、図 1 の (a) に示す本接合用回転ツール F を使用し、仮接合された状態の突合部 J 1 に対して金属部材 1 の表面側から摩擦攪拌を行う。

【 0 0 4 3 】

第一の本接合工程では、まず、図 5 に示すように、本接合用回転ツール F を右回転させつつ攪拌ピン F 2 を開始位置 S M 1 (すなわち、図 4 の (b) に示す終了位置 E P) に挿入し、摩擦攪拌を開始する。

【 0 0 4 4 】

金属部材 1 , 1 の突合部 J 1 の一端まで摩擦攪拌を行ったら、そのまま本接合用回転ツール F を突合部 J 1 に突入させ、金属部材 1 , 1 の継ぎ目上に設定された摩擦攪拌のルートに沿って本接合用回転ツール F を相対移動させることで、突合部 J 1 の一端から他端ま

10

20

30

40

50

で連続して摩擦攪拌を行う。ここでは、図 1 の (b) を参照するように、本接合用回転ツール F の連結部 F 1 と金属部材 1 とを離間させて、攪拌ピン F 2 のみを突合部 J 1 に挿入する。図 5 の (b) に示すように、突合部 J 1 の他端まで本接合用回転ツール F を相対移動させたら、摩擦攪拌を行いながら突合部 J 2 を横切らせ、そのまま終了位置 E M 1 に向けて相対移動させる。

【 0 0 4 5 】

本接合用回転ツール F が終了位置 E M 1 に達したら、本接合用回転ツール F を回転させながら上昇させて攪拌ピン F 2 を終了位置 E M 1 から離脱させる。なお、終了位置 E M 1 において攪拌ピン F 2 を上方に離脱させると、攪拌ピン F 2 と略同形の抜き穴が不可避免的に形成されることになるが、本実施形態では、そのまま残置する。

10

【 0 0 4 6 】

(4) 第一の補修工程

第一の本接合工程が終了したら、第一の本接合工程により金属部材 1 に形成された塑性化領域 W 1 に対して第一の補修工程を実行する。本実施形態に係る第一の補修工程では、図 6 及び図 7 に示すように、凹溝 M を形成する凹溝形成工程と、凹溝 M に補助部材 4 を配置する配置工程と、金属部材 1 と補助部材 4 とを接合する補助部材接合工程とを実行する。

【 0 0 4 7 】

凹溝形成工程では、図 6 に示すように、本接合用回転ツール F の移動に伴って形成された塑性化領域 W 1 の表面に凹溝 M を形成する。凹溝形成工程では、例えばエンドミル等を用いてバリや塑性化領域 W 1 の表面を切削して、断面視矩形の凹溝 M を形成する。

20

【 0 0 4 8 】

配置工程では、凹溝 M に補助部材 4 を配置する。補助部材 4 は、金属部材 1 と同等の材料からなる金属板である。補助部材 4 は、凹溝 M と同等の形状を呈する。補助部材 4 の厚さは、凹溝 M の深さと略同等になっている。

【 0 0 4 9 】

補助部材接合工程では、図 7 の (a) に示すように、補助部材 4 と金属部材 1、第一タブ材 2 及び第二タブ材 3 との突き合わせ部分である突合部 J 4 に対して摩擦攪拌接合を行う。具体的には、回転した仮接合用回転ツール G を第二タブ材 3 に設定した開始位置 S H 1 に挿入し、突合部 J 4 に沿って一周させて終了位置 E H 1 まで移動させる。図 7 の (b) に示すように、補助部材接合工程では、ショルダ部 G 1 を金属部材 1 の表面 1 2 に押し込みながら仮接合用回転ツール G を移動させる。また、仮接合用回転ツール G の攪拌ピン G 2 は補助部材 4 の厚みよりも長く設定されている。

30

【 0 0 5 0 】

図 8 に示すように、仮接合用回転ツール G を一周させて、補助部材 4 に対して二条の塑性化領域 w 2 が形成されると、補助部材 4 は全て塑性化領域 w 2 , w 2 で覆われる。また、塑性化領域 W 1 と塑性化領域 w 2 とが重複するため、より気密性及び水密性を高めることができる。

【 0 0 5 1 】

第一の本接合工程後、金属部材 1 の表面 1 2 と塑性化領域 W 1 の表面との段差が大きい場合には、凹溝形成工程は省略してもよい。また、補助部材接合工程では、金属部材 1 と補助部材 4 とを溶接で接合してもよい。

40

【 0 0 5 2 】

(5) 第二の予備工程

第一の本接合工程を終えたら金属部材 1 , 1 を裏返し、第二の予備工程を実行する。本実施形態に係る第二の予備工程は、第二の本接合工程における摩擦攪拌の開始位置に下穴 (図示略) を形成する下穴形成工程を具備している。なお、第二の予備工程では、金属部材 1 , 1 の裏面 1 3 側から突合部 J 1 に対して仮接合を行ってもよい。

【 0 0 5 3 】

(6) 第二の本接合工程

50

第二の予備工程が終了したら、図9の(a)に示すように、本接合用回転ツールFを使用して、突合部J1に対して金属部材1の裏面13側から摩擦攪拌接合を行う第二の本接合工程を実行する。第二の本接合工程は、第一の本接合工程と略同等の作業を裏面13側から行う。第二の本接合工程においても、本接合用回転ツールFの連結部F1と金属部材1とは離間させつつ、攪拌ピンF2のみを金属部材1に挿入する。突合部J1に対して摩擦攪拌接合を行う際には、第一の本接合工程で形成された塑性化領域W1に本接合用回転ツールFの攪拌ピンF2を入り込ませつつ摩擦攪拌を行う。

【0054】

(7) 第二の補修工程

第二の本接合工程が終了したら、第二の本接合工程により金属部材1に形成された塑性化領域W2に対して第二の補修工程を実行する。第二の補修工程は、第一の補修工程と略同等の作業を裏面13側から行う。図9の(b)に示すように、第二の補修工程を行うと、二条の塑性化領域w3によって補助部材4の全体が覆われる。最後に、第一タブ材2及び第二タブ材3を金属部材1, 1から切断する。

【0055】

以上説明した摩擦攪拌接合によれば、摩擦攪拌接合を行う際に、金属部材1, 1に接触させる部分を本接合用回転ツールFの攪拌ピンF2のみにすることで、従来に比べて金属部材1, 1と本接合用回転ツールFとの摩擦を軽減することができ、摩擦攪拌装置にかかる負荷を小さくすることができる。摩擦攪拌装置にかかる負荷が小さくなるため、金属部材1, 1の深い位置まで攪拌ピンF2を挿入することができる。

【0056】

また、第一の本接合工程で形成された塑性化領域W1と第二の本接合工程で形成された塑性化領域W2とを接触させることで、突合部J1の厚さ方向の全長に対して摩擦攪拌接合することができるため、気密性及び水密性を高めることができる。また、本実施形態では、第二の本接合工程を行う際に、塑性化領域W1に攪拌ピンF2を接触させつつ摩擦攪拌接合を行うため、仮に塑性化領域W1に接合欠陥があったとしても当該接合欠陥を補修することができる。

【0057】

また、第一の本接合工程及び第二の本接合工程によって、金属部材1の表面12又は裏面13に段差が形成されたとしても、補修工程を行うことで金属部材1の表面12又は裏面13を平坦にすることができる。また、補助部材接合工程では、少なくとも金属部材1と補助部材4とが接合すればよいが、本実施形態のように補助部材4の全体を摩擦攪拌接合することで、補助部材4が塑性化領域w2, w3で覆われてより気密性及び水密性を高めることができる。

【0058】

また、突合部J1の仮接合工程を行うことで、本接合工程を行う際に金属部材1, 1が離間するのを防ぐことができる。また、タブ材を設けることにより、回転ツールの挿入及び離脱作業が容易になるとともに、このタブ材に下穴を設けることで回転ツールを押し込む際の圧入抵抗を小さくすることができる。

【0059】

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設計変更が可能である。例えば、図10は、補修工程の変形例を示した図であって、(a)は凹溝形成工程、(b)は肉盛り溶接工程を示す。補修工程では、補助部材4に代えて、肉盛り溶接で補修してもよい。つまり、図10の(a)に示すように、第一の本接合工程で形成された塑性化領域W1の上に凹溝Mを形成した後、この凹溝Mに肉盛り溶接を行ってもよい。これにより、凹溝Mに溶接金属Nが充填されるため、金属部材1, 1の表面12を平坦にすることができる。なお、凹溝形成工程は省略してもよい。

【0060】

また、仮接合工程は、本実施形態では摩擦攪拌接合で行ったが、溶接でもよい。また、補助部材4を用いた補修工程では、仮接合用回転ツールGを用いたが、補助部材4の厚み

10

20

30

40

50

が大きい場合にはさらに大きな回転ツールを用いてもよい。また、補助部材 4 と金属部材 1 とは溶接で接合してもよい。

【実施例】

【0061】

実施例では、寸法の異なる 3 種類の本接合用回転ツール F A , F B , F C を用い、各回転ツールの回転数や下穴の条件を変えて、平坦なアルミニウム合金である金属部材 1 の表面 1 2 を所定の長さ移動させて、形成された塑性化領域の断面を観察した。実施例での符号及び寸法は適宜図 1 を参照する。摩擦攪拌接合時は、本接合用回転ツールを右回転させ、本接合用回転ツールの連結部 F 1 と金属部材 1 は離間させて、攪拌ピン F 2 のみを金属部材 1 に挿入させて行った。

10

【0062】

<実施例 1>

図 1 1 は、実施例 1 の条件と各塑性化領域の断面図である。実施例 1 では、本接合用回転ツール F A を用いて、試験体 N O . 1 ~ 3 の三つの試験体を用いて、各条件で試験を行った。本接合用回転ツール F A の連結部 F 1 の外径 X 1 (図 1 の (a) 参照) は 1 4 0 m m、厚み X 2 は 4 0 m m になっている。攪拌ピン F 2 の長さ Y 1 は 5 5 m m、基端外径 Y 2 は 3 2 m m、先端外径 Y 3 は 1 6 m m になっている。攪拌ピン F 2 の外周面には、深さ 2 m m、ピッチ 2 m m で左ネジの螺旋溝 F 3 が刻設されている。

【0063】

図 1 2 は、実施例 1 を説明するための断面図である。挿入深さ寸法 t 1 は、押し込んだ攪拌ピン F 2 の先端から表面 1 2 までの長さである。下穴 K は円柱状を呈し、直径 t 2 = 2 0 m m、深さ t 3 = 4 5 m m に設定されている。

20

【0064】

図 1 1 に示すように、実施例 1 の試験体 N O . 1 ~ 3 ではいずれも接合欠陥は見られなかった。金属部材 1 の表面 1 2 には段差 P が形成されている。段差 P は、本接合用回転ツール F A の進行方向左側にいくほど深くなっている。段差 P は、摩擦攪拌接合によって塑性流動化した金属が散飛したりバリ L となって外部に流出したりすることで形成されと考えられる。バリ L は本接合用回転ツール F A の進行方向右側に集中している。本接合用回転ツール F A では、ツールの回転速度の変化にはさほど影響を受けていない。

【0065】

30

<実施例 2>

図 1 3 は、実施例 2 の条件と各塑性化領域の断面図である。実施例 2 では、本接合用回転ツール F B を用いて、試験体 N O . 4 ~ 7 の四つの試験体を用いて、各条件で試験を行った。本接合用回転ツール F B の連結部 F 1 の外径 X 1 (図 1 の (a) 参照) は 1 4 0 m m、厚み X 2 は 5 5 m m になっている。攪拌ピン F 2 の長さ Y 1 は 7 7 m m、基端外径 Y 2 は 3 8 m m、先端外径 Y 3 は 1 6 m m になっている。攪拌ピン F 2 の外周面には、深さ 2 m m、ピッチ 2 m m で左ネジの螺旋溝 F 3 が刻設されている。

【0066】

図 1 4 は、実施例 2 を説明するための断面図である。挿入深さ寸法 t 4 は、押し込んだ攪拌ピン F 2 の先端から表面 1 2 までの長さである。下穴 K は幅広部 K 1 と、幅広部 K 1 の底面に形成された幅狭部 K 2 とで構成されている。幅広部 K 1 及び幅狭部 K 2 はいずれも円柱状を呈する。幅広部 K 1 の直径を t 5、深さ寸法を t 7 とし、幅狭部 K 2 の直径を t 6、深さ寸法を t 8 とする。

40

【0067】

図 1 3 に示すように、実施例 2 の試験体 N O . 4 ~ 7 ではいずれも接合欠陥は見られなかった。金属部材 1 の表面 1 2 には段差 P が形成されている。段差 P は、摩擦攪拌接合によって塑性流動化した金属が散飛したりバリ L となって外部に流出したりすることで形成されと考えられる。N O . 4 , 5 では、塑性化領域 W の上部と下部で金属の様子が異なることがわかる。これは、N O . 4 , 5 ではツールの回転数が高いため、塑性流動化された金属のうち、上側の金属が高温になりやすいためであると考えられる。一方、N O . 6

50

、7では、ツールの回転数が低いため塑性化領域Wの様子はほぼ一様になっている。試験体NO. 7では比較的段差Pが小さかった。

【0068】

<実施例3>

図15は、実施例3の条件と各塑性化領域の断面図である。実施例3では、本接合用回転ツールFCを用いて、試験体8～11の四つの試験体を用いて、各条件で試験を行った。本接合用回転ツールFCの連結部F1の外径X1（図1の(a)参照）は140mm、厚みX2は45mmになっている。攪拌ピンF2の長さY1は157mm、基端外径Y2は54.7mm、先端外径Y3は16mmになっている。攪拌ピンF2の外周面には、深さ2mm、ピッチ2mmで左ネジの螺旋溝F3が刻設されている。

10

【0069】

図15に示すように、実施例3の試験体NO. 8～10の符号Qの部分（回転ツールの進行方向左側）では接合欠陥が見られた。金属部材1の表面12には比較的大きな段差Pが形成されている。段差Pは、摩擦攪拌接合によって塑性流動化した金属が散飛したりバリとなって外部に流出したりすることで形成されと考えられる。一方、試験体NO. 11では挿入深さを短くした（攪拌ピンF2の長さに対して略半分程度挿入した）ため、段差がほぼ無い状態になった。

【符号の説明】

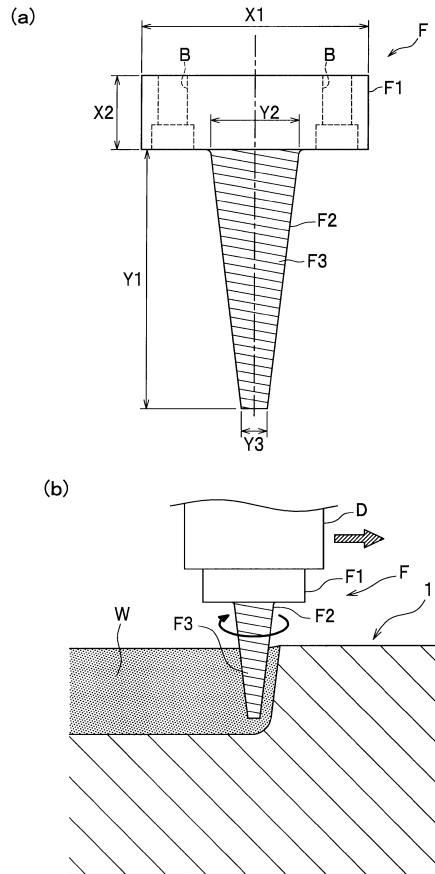
【0070】

- 1 金属部材
- 2 第一タブ材
- 3 第二タブ材
- 4 補助部材
- 12 表面
- 13 裏面
- F 本接合用回転ツール
- F1 連結部
- F2 攪拌ピン
- G 仮接合用回転ツール
- G1 ショルダ部
- G2 攪拌ピン
- J1～J4 突合部
- K 下穴
- M 凹溝
- W1 塑性化領域
- w1～w3 塑性化領域

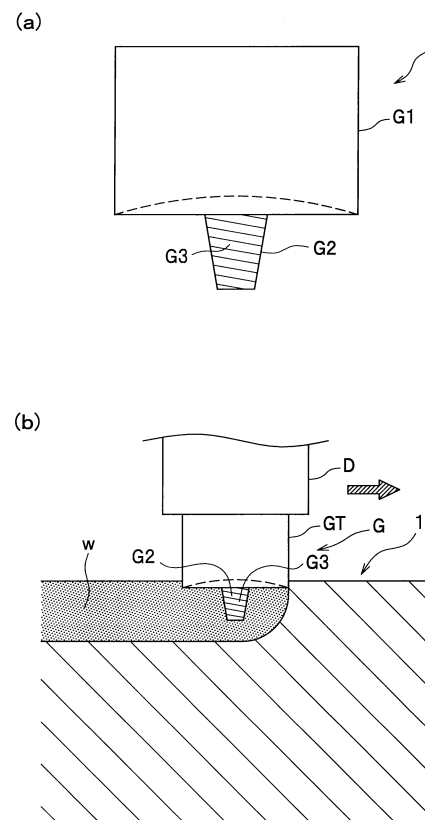
20

30

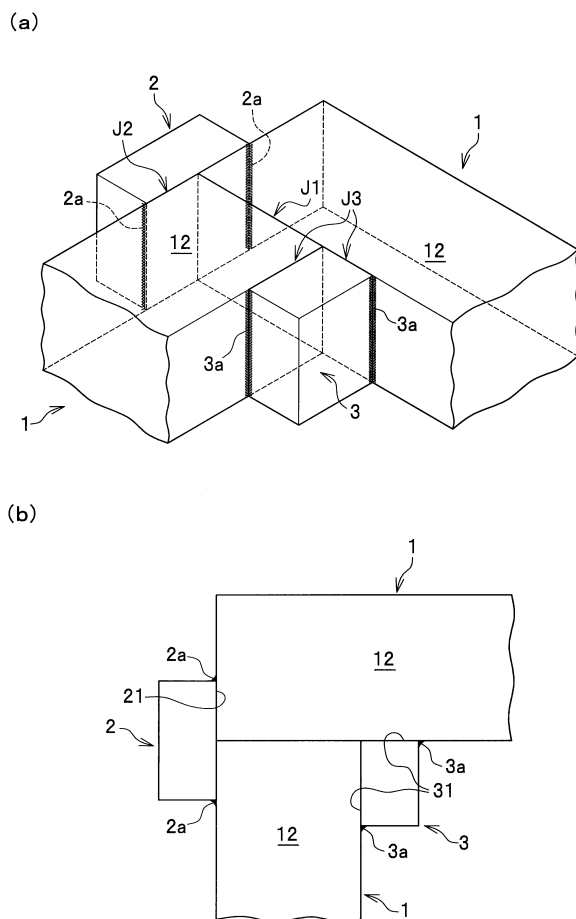
【図 1】



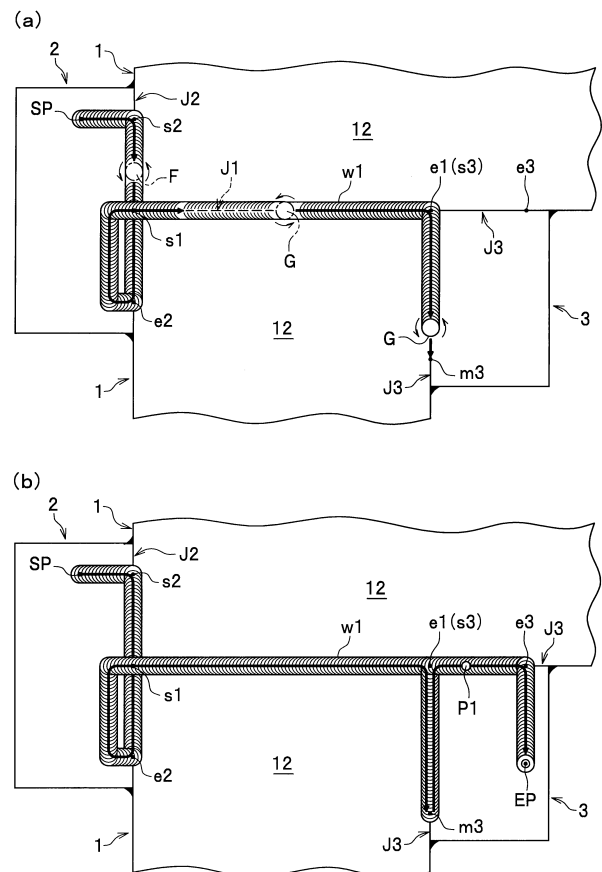
【図 2】



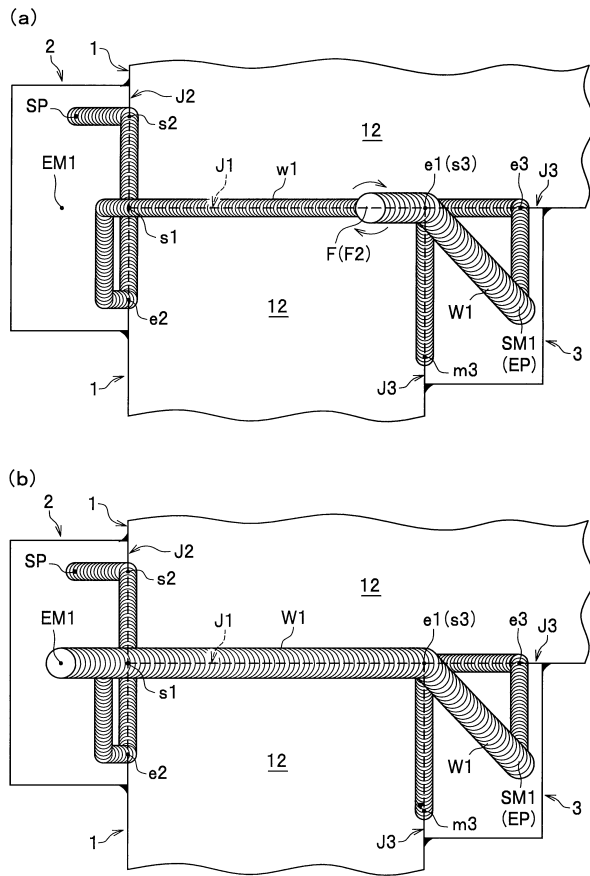
【図 3】



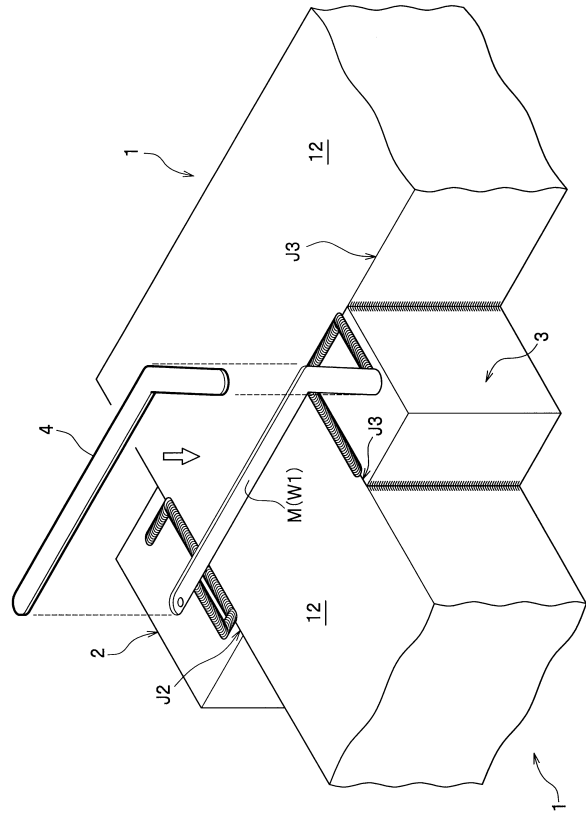
【図 4】



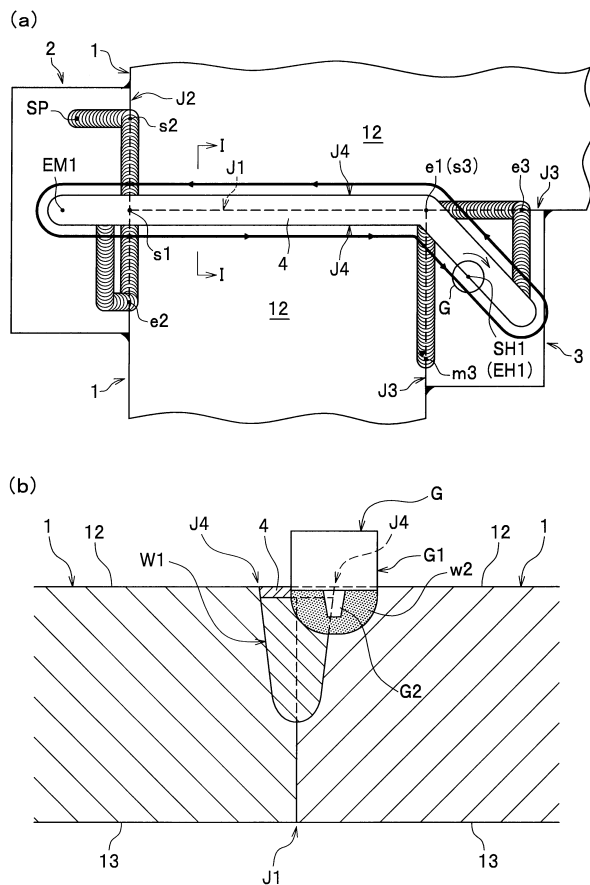
【図 5】



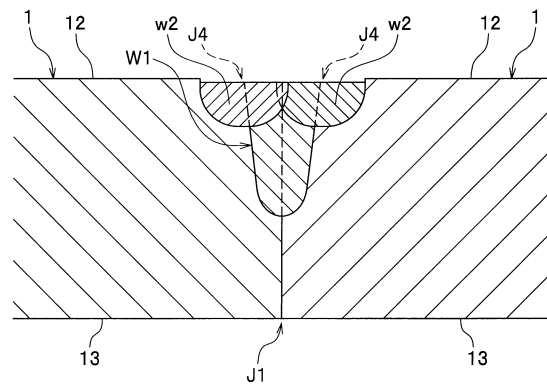
【図 6】



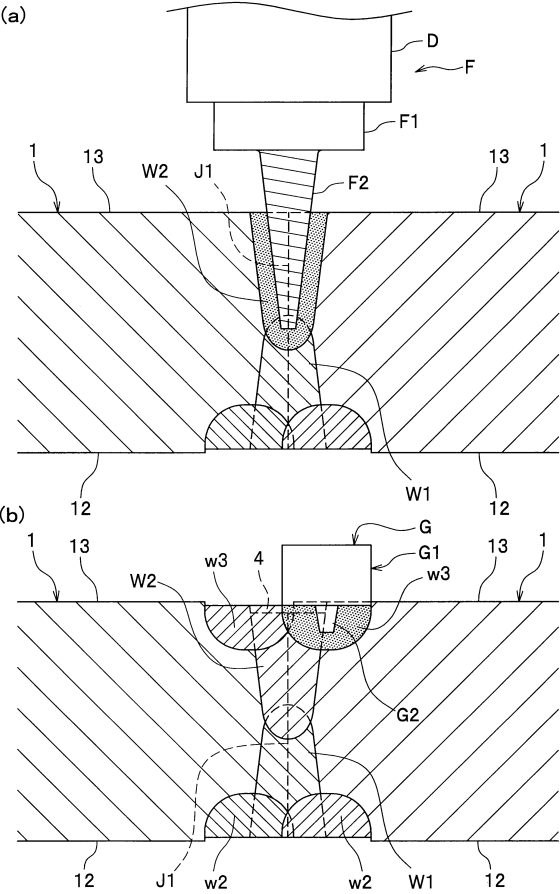
【図 7】



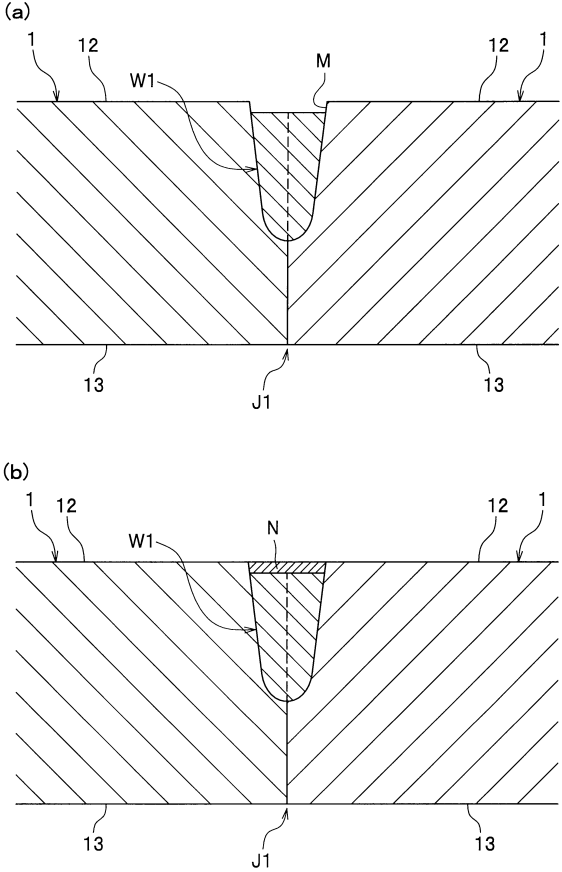
【図 8】



【図 9】



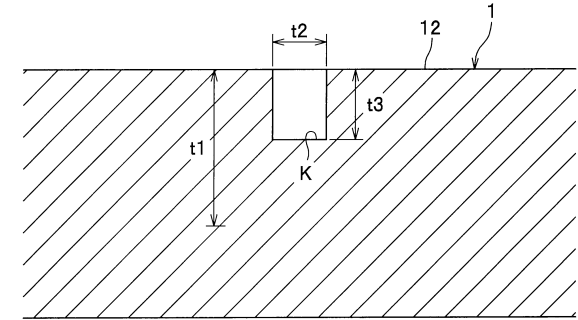
【図 10】



【図 11】

FAツール使用		
No.1	No.2	No.3
ツール回転数: 80rpm	ツール回転数: 100rpm	ツール回転数: 120rpm
接合速度: 33mm/min		
冷却: 水冷		
挿入深さ: $t_4=48\text{mm}$		
下穴: $t_2=20\text{mm}$, $t_3=45\text{mm}$		

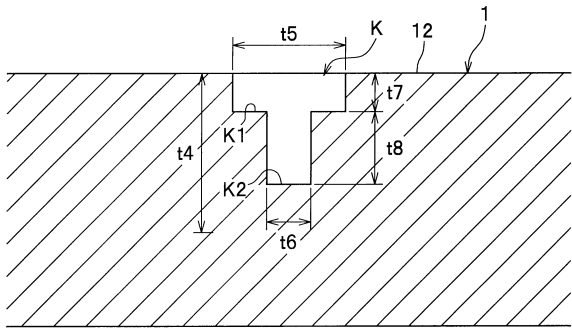
【図 12】



【図 1 3】

FBツール使用			
No.4	No.5	No.6	No.7
ツール回転数: 120rpm	ツール回転数: 120rpm	ツール回転数: 100rpm	ツール回転数: 80rpm
接合速度: 33mm/min			
冷却: 水冷			
挿入深さ: t4=75mm 下穴: t5=35mm, t7=34mm t6=20mm, t8=74mm	挿入深さ: t4=70mm 下穴: t5=35mm, t7=20mm t6=20mm, t8=60mm	挿入深さ: t4=70mm 下穴: t5=35mm, t7=20mm t6=20mm, t8=60mm	挿入深さ: t4=70mm 下穴: t5=35mm, t7=20mm t6=20mm, t8=60mm

【図 1 4】



【図 1 5】

FCツール使用			
No.8	No.9	No.10	No.11
ツール回転数: 70rpm	ツール回転数: 70rpm	ツール回転数: 70rpm	ツール回転数: 80rpm
接合速度: 33mm/min			
冷却: 水冷		水冷, 挿入深さ 70mm	
下穴: t5=35mm, t7=50mm t6=20mm, t8=50mm	下穴: t5=35mm, t7=60mm t6=20mm, t8=40mm	下穴: t5=35mm, t7=65mm t6=20mm, t8=35mm	下穴: t5=35mm, t7=20mm t6=20mm, t8=40mm

フロントページの続き

審査官 青木 正博

(56)参考文献 米国特許第05971247(US,A)
特開2000-141066(JP,A)
特開2010-274320(JP,A)
特開平10-202374(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0190100(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
B23K 20/00-20/26