(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6283328号
(P6283328)
(45)発行日　平成30年2月21日(2018.2.21)　(24)登録日　平成30年2月2日(2018.2.2)

(51)Int.Cl.　F I
B23K 20/12 (2006.01)　B23K 20/12 310
B23K 20/12 330

請求項の数 6　(全 16 頁)

(21)出願番号　特願2015-75237(P2015-75237)
(22)出願日　平成27年4月1日(2015.4.1)
(62)分割の表示　特願2011-179586(P2011-179586)の分割
原出願日　平成23年8月19日(2011.8.19)
(65)公開番号　特開2015-142945(P2015-142945A)
(43)公開日　平成27年8月6日(2015.8.6)
審査請求日　平成27年4月1日(2015.4.1)
審判番号　不服2016-17161(P2016-17161/J1)
審判請求日　平成28年11月17日(2016.11.17)

(73)特許権者　000004743
日本軽金属株式会社
東京都品川区東品川二丁目２番２０号
(74)代理人　110001807
特許業務法人磯野国際特許商標事務所
(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
(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て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つつ前記攪拌ピンの基端部を露出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前記金属部材の表面に段差を形成しつつ該段差からバリを外部に流出させながら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】
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て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つつ前記攪拌ピンの基端部を露出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前記金属部材の表面に段差を形成しつつ該段差からバリを外部に流出させながら摩擦攪拌接合を行い、
前記本接合工程では、
前記金属部材の表面側から摩擦攪拌接合を行う第一の本接合工程と、
前記金属部材の裏面側から摩擦攪拌接合を行う第二の本接合工程と、を行い、
前記第一の本接合工程で形成された塑性化領域と前記第二の本接合工程で形成された塑性化領域とを接触させることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。
【請求項３】
前記本接合工程で形成された塑性化領域の上に肉盛溶接を行うことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の摩擦攪拌接合方法。
【請求項４】
前記本接合工程で形成された塑性化領域の上に補助部材を配置する配置工程と、
前記金属部材と前記補助部材とを接合する補助部材接合工程と、を行うことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の摩擦攪拌接合方法。
【請求項５】
前記本接合工程を行う前に、前記金属部材同士の仮接合を行う仮接合工程を含むことを特徴とする請求項１乃至請求項４のいずれか一項に記載の摩擦攪拌接合方法。
【請求項６】
前記突合部の脇にタブ材を配置し前記タブ材に下穴を設けた後、前記下穴に前記攪拌ピンを挿入して前記本接合工程を行うことを特徴とする請求項１乃至請求項５のいずれか一項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。
【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る。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。

【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て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つつ前記攪拌ピンの基端部を露出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前記金属部材の表面に段差を形成しつつ該段差からバリを外部に流出させながら摩擦攪拌接合を行うことを特徴とする。
【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。
【０００８】
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て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つつ前記攪拌ピンの基端部を露出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前記金属部材の表面に段差を形成しつつ該段差からバリを外部に流出させながら摩擦攪拌接合を行い、前記本接合工程では、前記金属部材の表面側から摩擦攪拌接合を行う第一の本接合工程と、前記金属部材の裏面側から摩擦攪拌接合を行う第二の本接合工程と、を行い、前記第一の本接合工程で形成された塑性化領域と前記第二の本接合工程で形成された塑性化領域とを接触させることを特徴とする。
【０００９】
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。また、突合部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。
【００１０】
また、前記本接合工程で形成された塑性化領域の上に肉盛溶接を行うことが好ましい。かかる方法によれば、本接合工程による金属の不足分を補充することができる。
【００１１】
また、前記本接合工程で形成された塑性化領域の上に補助部材を配置する配置工程と、

前記金属部材と前記補助部材とを接合する補助部材接合工程と、を行うことが好ましい。かかる方法によれば、本接合工程による金属の不足分を補充することができる。

【００１２】

また、前記本接合工程を行う前に、前記金属部材同士の仮接合を行う仮接合工程を含むことが好ましい。かかる方法によれば、本接合工程の際に金属部材同士が離間するのを防ぐことができる。

【００１３】

また、前記突合部の脇にタブ材を配置し前記タブ材に下穴を設けた後、前記下穴に前記攪拌ピンを挿入して前記本接合工程を行うことが好ましい。かかる方法によれば、回転ツールを金属部材に押し込む際の圧入抵抗を小さくすることができる。

【発明の効果】

【００１４】

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】

【００１５】

【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】

【００１６】

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。

【００１７】

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。

【００１８】

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。

【００１９】

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。

【００２０】

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。

【００２１】

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。

【００２２】

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。

【００２３】

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。

【００２４】

（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。

【００２５】

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。

【００２６】

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。

【００２７】

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。

【００２８】

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。

【００２９】

（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材接合工程と、金属部材１，１の突合部Ｊ１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Ｊ３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。

【００３０】

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（ビード）を形成するように移動させて、突合部Ｊ１，Ｊ２，Ｊ３に対して連続して摩擦攪拌を行う。

【００３１】

まず、仮接合用回転ツールＧの攪拌ピンＧ２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ＳＰ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ｓ２に向けて相対移動させる。

【００３２】

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ｓ２まで連続して摩擦攪拌を行ったら、始点ｓ２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。

【００３３】

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Ｊ２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Ｊ２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ｓ２から終点ｅ２まで連続して摩擦攪拌を行う。

【００３４】

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ｓ２と終点ｅ２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。

【００３５】

仮接合用回転ツールＧが第一タブ材接合工程の終点ｅ２に達したら、終点ｅ２で摩擦攪拌を終了させずに仮接合工程の始点ｓ１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ｅ２から仮接合工程の始点ｓ１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。

【００３６】

仮接合工程では、金属部材１，１の突合部Ｊ１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Ｊ１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ｓ１から終点ｅ１まで連続して摩擦攪拌を行う。

【００３７】

仮接合用回転ツールＧが仮接合工程の終点ｅ１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ｓ３でもある仮接合工程の終点ｅ１

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。

【００３８】

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Ｊ３，Ｊ３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ｓ３が、突合部Ｊ３，Ｊ３の中間に位置しているので、第二タブ材接合工程の始点ｓ３から終点ｅ３に至る摩擦攪拌のルートに折返し点ｍ３を設け、仮接合用回転ツールＧを始点ｓ３から折返し点ｍ３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ｍ３から終点ｅ３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ｓ３から終点ｅ３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ｓ３～折返し点ｍ３間で往復させた後に、仮接合用回転ツールＧを終点ｅ３まで移動させることで、第二タブ材接合工程の始点ｓ３から終点ｅ３まで連続して摩擦攪拌を行う。なお、始点ｓ３から折返し点ｍ３に至る摩擦攪拌のルート及び折返し点ｍ３から終点ｅ３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。

【００３９】

始点ｓ３、折返し点ｍ３及び終点ｅ３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ｍ３から終点ｅ３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ｓ３、折返し点ｍ３及び終点ｅ３の位置を設定することが望ましい。この場合、始点ｓ３～折返し点ｍ３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ｓ３から折返し点ｍ３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ｍ３から終点ｅ３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。

【００４０】

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ｅ３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ｍ３の位置に終点を設ければよい。

【００４１】

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ｅ３に達したら、終点ｅ３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ＥＰ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ＥＰ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Ｇ２を終了位置ＥＰから離脱させる。

【００４２】

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Ｇ２を離脱させたときに形成される抜き穴を、ドリル等で拡径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。

【００４３】

（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Ｊ１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Ｊ１に対して金属部材１の表面

側から摩擦攪拌を行う。

【００４４】

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Ｆ２を開始位置ＳＭ１（すなわち、図４の（ｂ）に示す終了位置ＥＰ）に挿入し、摩擦攪拌を開始する。

【００４５】

金属部材１，１の突合部Ｊ１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Ｊ１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Ｊ１の一端から他端ま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Ｆ１と金属部材１とを離間させて、攪拌ピンＦ２のみを突合部Ｊ１に挿入する。図５の（ｂ）に示すように、突合部Ｊ１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Ｊ２を横切らせ、そのまま終了位置ＥＭ１に向けて相対移動させる。

【００４６】

本接合用回転ツールＦが終了位置ＥＭ１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Ｆ２を終了位置ＥＭ１から離脱させる。なお、終了位置ＥＭ１において攪拌ピンＦ２を上方に離脱させると、攪拌ピンＦ２と略同形の抜き穴が不可避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。

【００４７】

（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Ｗ１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。

【００４８】

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Ｗ１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Ｗ１の表面を切削して、断面視矩形の凹溝Ｍを形成する。

【００４９】

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。

【００５０】

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Ｊ４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ＳＨ１に挿入し、突合部Ｊ４に沿って一周させて終了位置ＥＨ１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Ｇ１を金属部材１の表面１２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Ｇ２は補助部材４の厚みよりも長く設定されている。

【００５１】

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ｗ２が形成されると、補助部材４は全て塑性化領域ｗ２，ｗ２で覆われる。また、塑性化領域Ｗ１と塑性化領域ｗ２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。

【００５２】

第一の本接合工程後、金属部材１の表面１２と塑性化領域Ｗ１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。

【００５３】

（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１３側から突合部Ｊ１に対して仮接合を行ってもよい。

【００５４】

（６）第二の本接合工程

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。

【００５５】

（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。

【００５６】

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。

【００５７】

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。

【００５８】

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。

【００５９】

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。

【００６０】

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。

【００６１】

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】

【００６２】

実施例では、寸法の異なる３種類の本接合用回転ツールＦＡ，ＦＢ，ＦＣ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１２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Ｆ１と金属部材１は離間させて、攪拌ピンＦ２のみを金属部材１に挿入させて行った。

【００６３】

＜実施例１＞

図１１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ＦＡを用いて、試験体ＮＯ．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ＦＡの連結部Ｆ１の外径Ｘ１（図１の（ａ）参照）は１４０ｍｍ、厚みＸ２は４０ｍｍになっている。攪拌ピンＦ２の長さＹ１は５５ｍｍ、基端外径Ｙ２は３２ｍｍ、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。

【００６４】

図１２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ｔ１は、押し込んだ攪拌ピンＦ２の先端から表面１２までの長さである。下穴Ｋは円柱状を呈し、直径ｔ２＝２０ｍｍ、深さｔ３＝４５ｍｍに設定されている。

【００６５】

図１１に示すように、実施例１の試験体ＮＯ．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１２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ＦＡ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ると考えられる。バリＬは本接合用回転ツールＦＡの進行方向右側に集中している。本接合用回転ツールＦＡ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。

【００６６】

＜実施例２＞

図１３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ＦＢを用いて、試験体ＮＯ．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ＦＢの連結部Ｆ１の外径Ｘ１（図１の（ａ）参照）は１４０ｍｍ、厚みＸ２は５５ｍｍになっている。攪拌ピンＦ２の長さＹ１は７７ｍｍ、基端外径Ｙ２は３８ｍｍ、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。

【００６７】

図１４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ｔ４は、押し込んだ攪拌ピンＦ２の先端から表面１２までの長さである。下穴Ｋは幅広部Ｋ１と、幅広部Ｋ１の底面に形成された幅狭部Ｋ２とで構成されている。幅広部Ｋ１及び幅狭部Ｋ２はいずれ

も円柱状を呈する。幅広部Ｋ１の直径をｔ５、深さ寸法をｔ７とし、幅狭部Ｋ２の直径をｔ６、深さ寸法をｔ８とする。

【００６８】

図１３に示すように、実施例２の試験体ＮＯ．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１２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ると考えられる。ＮＯ．４，５では、塑性化領域Ｗの上部と下部で金属の模様が異なることがわかる。これは、ＮＯ．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、ＮＯ．６，７では、ツールの回転数が低いため塑性化領域Ｗの模様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。

【００６９】

＜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。

【００７０】

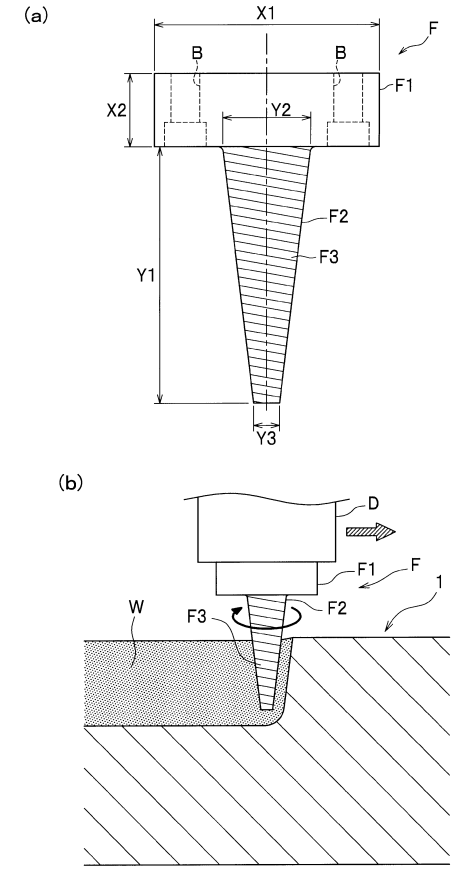
図１５に示すように、実施例３の試験体ＮＯ．８～１０の符号Ｑの部分（回転ツールの進行方向左側）では接合欠陥が見られた。金属部材１の表面１２には比較的大きな段差Ｐが形成されている。段差Ｐは、摩擦攪拌接合によって塑性流動化した金属が散飛したりバリとなって外部に流出したりすることで形成されると考えられる。一方、試験体ＮＯ．１１では挿入深さを短くした（攪拌ピンＦ２の長さに対して略半分程度挿入した）ため、段差がほぼ無い状態になった。

【符号の説明】

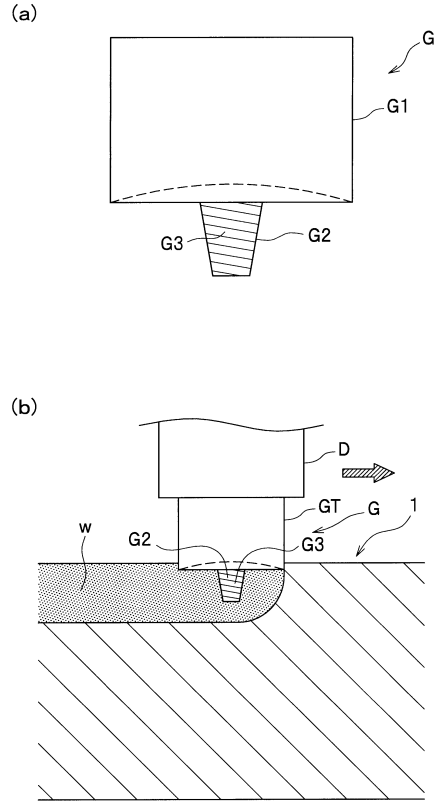
【００７１】

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

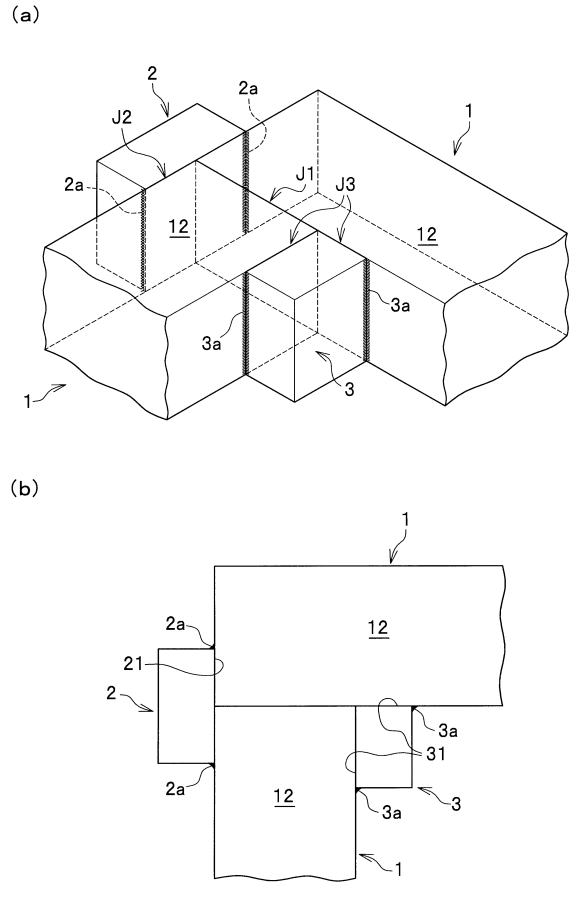
【図１】


(a)
X1
F
B
B
F1
X2
Y2
F2
F3
Y1
Y3
(b)
D
F1
F
W
F3
F2
1

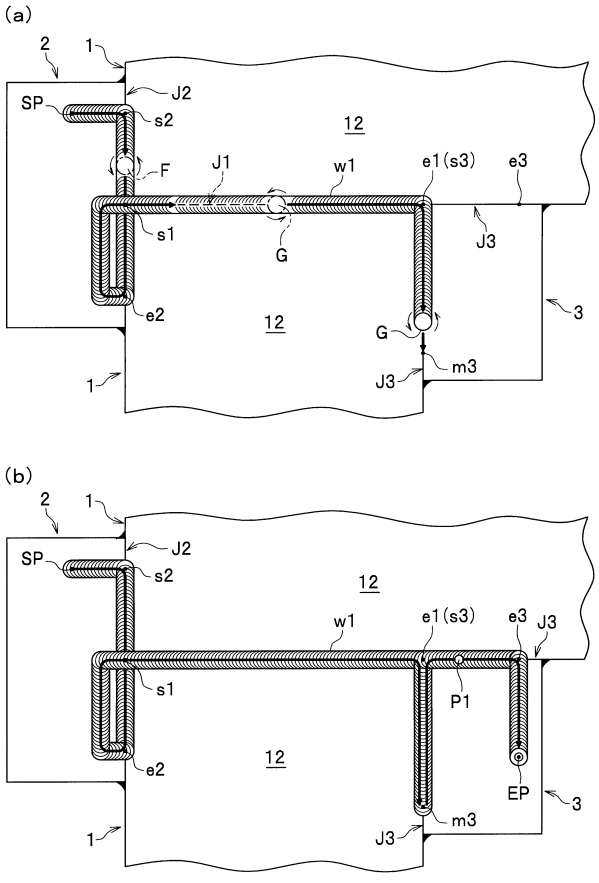
【図２】


(a)
G
G1
G3
G2
(b)
D
GT
G
1
w
G2
G3

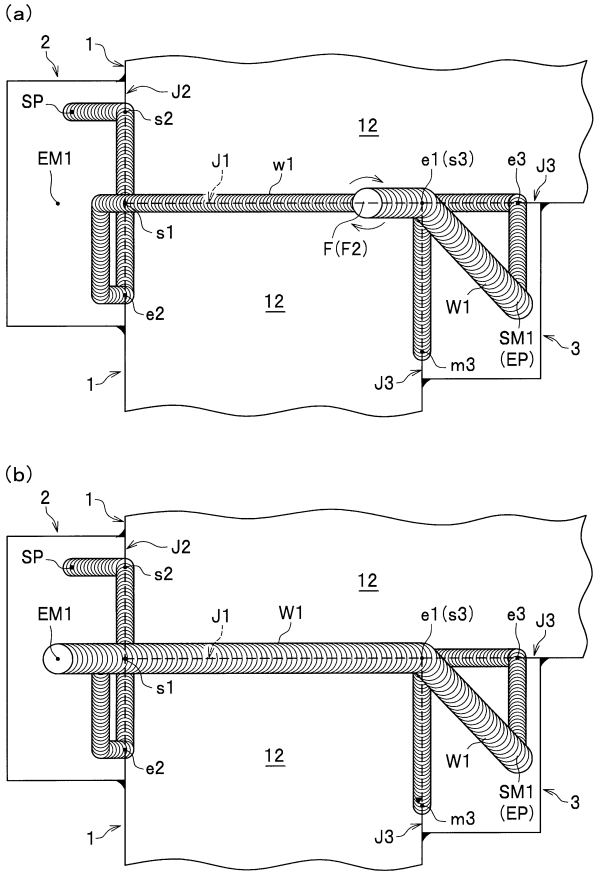
【図３】


(a)
2
2a
J2
1
2a
J1
J3
12
12
3a
3a
3
1
(b)
1
2a
12
21
2
3a
31
2a
12
3a
3
1

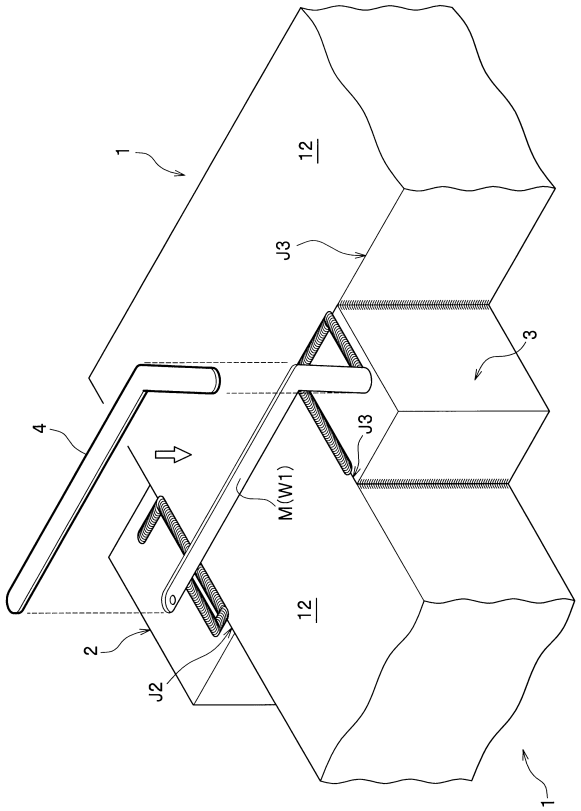
【図４】


(a)
2
1
J2
SP
s2
12
F
J1
w1
e1(s3)
e3
J3
s1
G
e2
12
G
3
m3
J3
1
(b)
2
1
J2
SP
s2
12
w1
e1(s3)
e3
J3
s1
P1
e2
12
EP
3
m3
J3
1

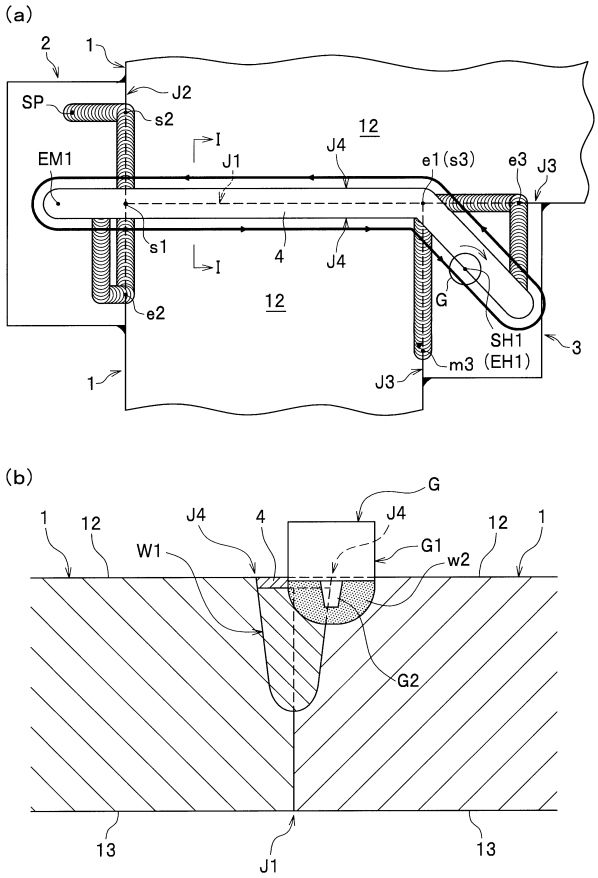
【図５】


(a)
2
1
J2
SP
s2
12
EM1
J1
w1
e1(s3)
e3
J3
s1
F(F2)
e2
12
W1
SM1
(EP)
3
m3
J3
1
(b)
2
1
J2
SP
s2
12
EM1
J1
W1
e1(s3)
e3
J3
s1
e2
12
W1
SM1
(EP)
3
m3
J3
1

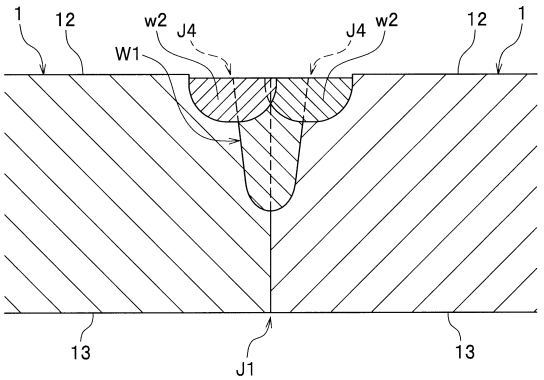
【図６】


1
12
J3
3
4
J3
M(W1)
12
2
J2
1

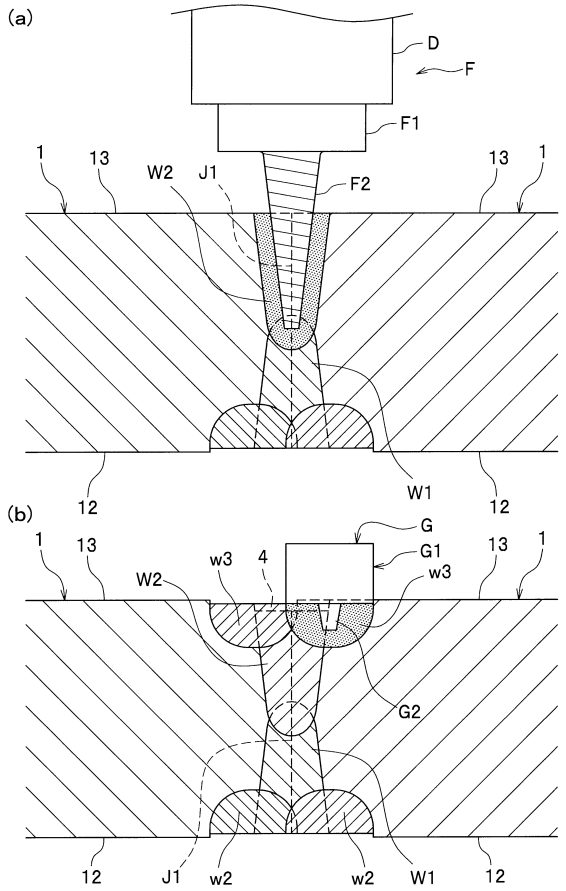
【図７】


(a)
2
1
J2
SP
s2
I
12
J4
EM1
J1
e1(s3)
e3
J3
s1
4
J4
I
G
e2
12
SH1
(EH1)
3
m3
J3
1
(b)
G
1
12
J4
4
J4
12
1
W1
G1
w2
G2
13
J1
13

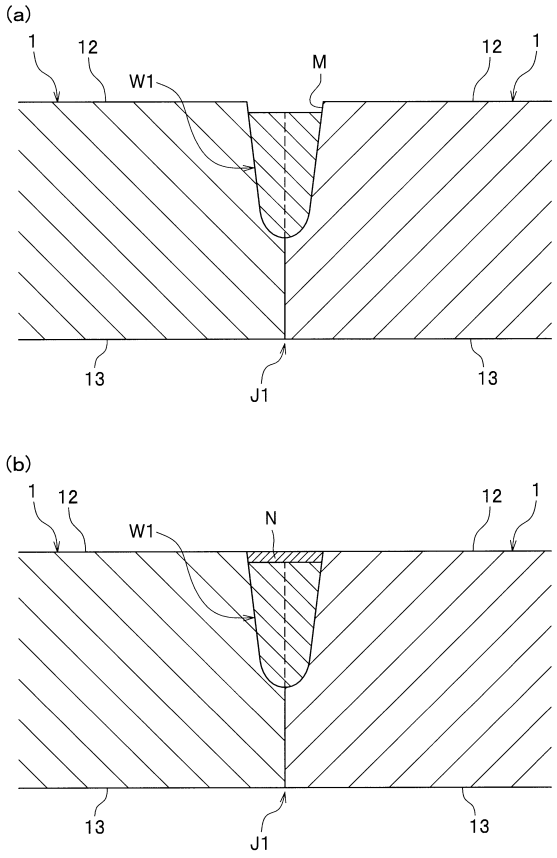
【図８】


1
12
w2
J4
J4
w2
12
1
W1
13
J1
13

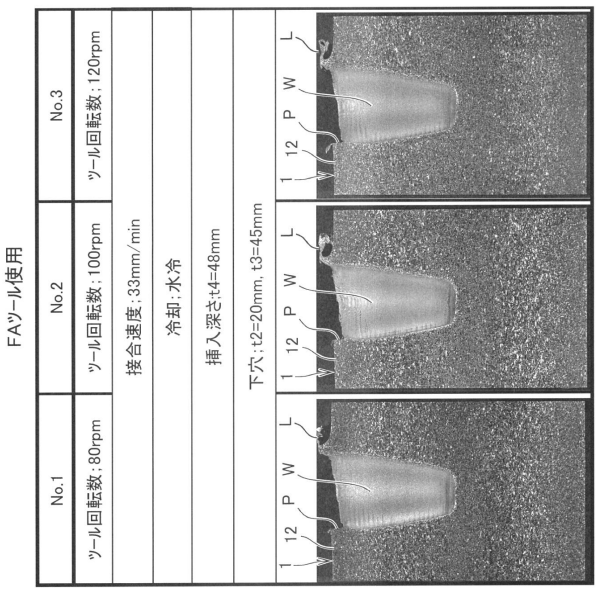
【図９】



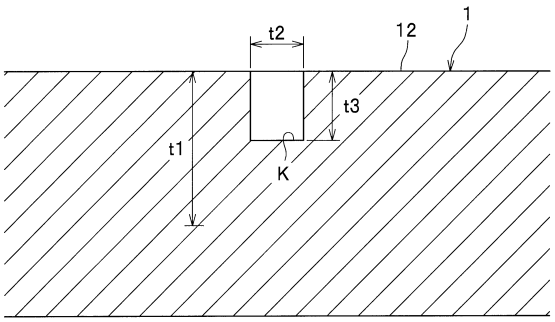
【図１０】



【図１１】

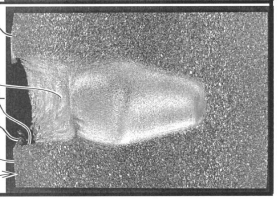
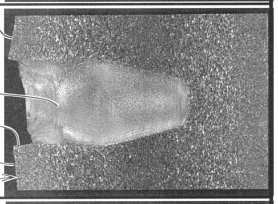
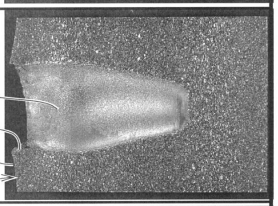
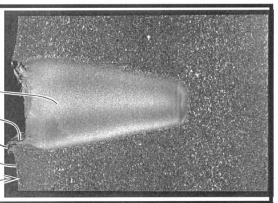


【図１２】

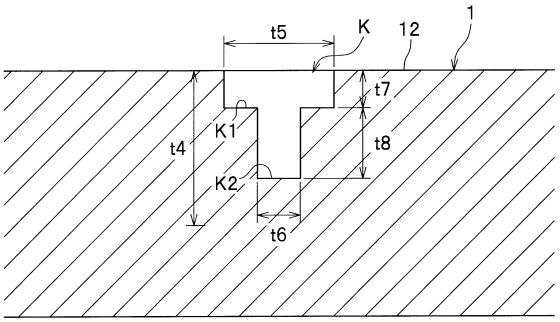


【図１３】

FBツール使用

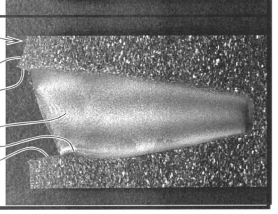
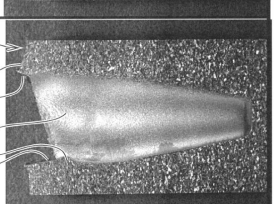
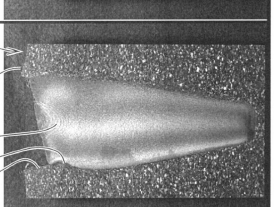
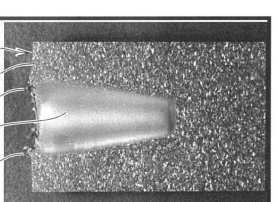
No.4	No.5	No.6	No.7
ツール回転数；120rpm	ツール回転数；120rpm	ツール回転数；100rpm	ツール回転数；80rpm
接合速度；33mm/min			
冷却；水冷			
挿入深さt4=75mm	挿入深さt4=70mm	挿入深さt4=70mm	挿入深さt4=70mm
下穴；t5=35mm, t7=34mm t6=20mm, t8=74mm	下穴；t5=35mm, t7=20mm t6=20mm, t8=60mm	下穴；t5=35mm, t7=20mm t6=20mm, t8=60mm	下穴；t5=35mm, t7=20mm t6=20mm, t8=60mm
			

【図１４】



【図１５】

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 挿入深さ；t4=107mm		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

合議体
審判長　栗田　雅弘
審判官　近藤　裕之
審判官　平岩　正一

(56)参考文献　米国特許第５９７１２４７（ＵＳ，Ａ）
特開２０１０－１２５４９５（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－２２０１３８（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１４８８１１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２０１４４１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－１８８３６７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－０８９１４７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１１５８５７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－０８７０４２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－２７４３２０（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－３０２４２１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１０－０１７７３９（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－０６１８７５（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－１６７４９８（ＪＰ，Ａ）

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