

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-157302

(P2015-157302A)

(43) 公開日 平成27年9月3日(2015.9.3)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
B 2 3 K 20/12 (2006.01) B 2 3 K 20/12 3 3 0 4 E 1 6 7
 B 2 3 K 20/12 3 6 4

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2014-33531 (P2014-33531)
 (22) 出願日 平成26年2月25日 (2014.2.25)

(71) 出願人 504180239
 国立大学法人信州大学
 長野県松本市旭三丁目1番1号
 (72) 発明者 中山 昇
 長野県長野市若里四丁目17番1号 国立
 大学法人信州大学工学部内
 (72) 発明者 池田 孝義
 長野県長野市若里四丁目17番1号 国立
 大学法人信州大学工学部内
 (72) 発明者 小林 夏樹
 長野県長野市若里四丁目17番1号 国立
 大学法人信州大学工学部内
 Fターム(参考) 4E167 AA06 BG05 BG06 BG13 BG26
 BG33

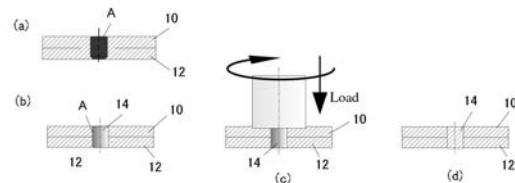
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合方法

(57) 【要約】

【課題】 接合強度の高い接合を可能にする摩擦攪拌接合方法を提供する。

【解決手段】 摩擦攪拌接合により第1の被接合材10と第2の被接合材12とを接合する工程と、摩擦攪拌接合による接合個所Aに残留する圧入痕に、充填材14を圧入する工程と、充填材14が圧入された被接合材10、12の接合個所Aに、押接面が平坦面に形成された回転ツール16を軸線の回りで回転させながら押圧し、摩擦熱により充填材14を軟化させ、前記圧入痕の内面に充填材14を密着させて接合させる工程とを備えることを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

摩擦攪拌接合により第 1 の被接合材と第 2 の被接合材とを接合する工程と、
 摩擦攪拌接合による接合個所に残留する圧入痕に、充填材を圧入する工程と、
 前記充填材が圧入された被接合材の接合個所に、押接面が平坦面に形成された回転ツ
 ールを軸線の回りで回転させながら押圧し、摩擦熱により充填材を軟化させ、前記圧入痕の
 内面に充填材を密着させて接合させる工程と
 を備えることを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

【請求項 2】

前記摩擦攪拌接合により第 1 の被接合材と第 2 の被接合材とを接合する工程においては 10
 、
 前記第 1 の被接合材と第 2 の被接合材とを重ね合わせ、第 1 の被接合材と第 2 の被接合
 材の重ね合わせた部位を摩擦攪拌接合することを特徴とする請求項 1 記載の摩擦攪拌接合
 方法。

【請求項 3】

前記回転ツールとして、円柱状の部材を使用することを特徴とする請求項 1 または 2 記
 載の摩擦攪拌接合方法。

【請求項 4】

前記充填材として、前記第 1 の被接合材及び前記第 2 の接合材と同種の材料を使用す
 ることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の摩擦攪拌接合方法。 20

【請求項 5】

前記第 1 の被接合材と第 2 の接合材としてアルミニウムあるいはアルミニウム合金を使
 用し、前記充填材としてアルミニウムあるいはアルミニウム合金を使用することを特徴と
 する請求項 1 ~ 4 のいずれか一項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、金属板等の被接合材の接合に用いられる摩擦攪拌接合方法に関する。 30

【背景技術】

【0002】

近年、地球環境への影響を考慮し、排出ガスの低減や燃費の向上を目的として、自動車
 業界では自動車を軽量化させるために Al 合金や高張力鋼板を構造部材に用いる必要性が高
 まっている。自動車産業を始めとした産業分野において、Al 合金の接合に抵抗スポット溶
 接 (Resistance Spot Welding : RSW) が長年用いられてきた。しかしながら、Al 合金の
 ような電気抵抗の小さい材料を RSW により接合するには極めて高い電流が必要である。そ
 こで、代替技術として摩擦攪拌点接合 (Friction Stir Spot Welding: FSSW) が開発され
 た。

【0003】

摩擦攪拌点接合 (FSSW) は攪拌ツールを用いて外部から熱を加えずに板材を接合する方
 法である。攪拌ツールの先端にはショルダー部およびプローブ部が設けられており、この
 攪拌ツールを回転させながら被接合材に圧入し、発生した摩擦熱により板材を軟化、攪拌
 し、板材を接合させる (特許文献 1 ~ 4)。 40

摩擦攪拌接合方法では、通常、攪拌ツールは接合装置側に支持し、被接合材側には残さ
 ないようにして接合操作するが、ツールを被接合材側に残して接合する方法もある (特許
 文献 5 ~ 7)。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-154472号公報

【特許文献2】特開2006-136906号公報

【特許文献3】特開2007-880号公報

【特許文献4】特開2012-196680号公報

【特許文献5】特開平11-156561号公報

【特許文献6】米国公開2005/0178816 A1

【特許文献7】米国公開2011/0073634 A1

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

摩擦攪拌点接合(FSSW)は、接合時間が抵抗スポット溶接(RSW)と同程度であり、大容量の溶接用電源や配電盤が不要である。さらに、接合過程で溶融・凝固を伴わないため、被接合材の接合に伴う欠陥が極めて小さいという利点がある。

しかしながら、従来の摩擦攪拌点接合では攪拌ツールを圧入して接合した後に引き抜くため、攪拌ツールのプローブを圧入した痕(プローブ圧入痕)が被接合材側に残留し、このプローブ圧入痕により局部的に板厚が薄くなり、接合強度を劣化させる原因になるという問題があった。摩擦攪拌点接合(FSSW)により接合強度が劣化する問題は、摩擦攪拌接合(FSW)においても同様に発生するおそれがある。

本発明は、これらの課題を解決すべくなされたものであり、接合強度の高い接合を可能にする摩擦攪拌接合方法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明に係る摩擦攪拌接合方法は、摩擦攪拌接合により第1の被接合材と第2の被接合材とを接合する工程と、摩擦攪拌点接合による接合個所に残留する圧入痕に、充填材を圧入する工程と、前記充填材が圧入された被接合材の接合個所に、押接面が平坦面に形成された回転ツールを軸線の回りで回転させながら押圧し、摩擦熱により充填材を軟化させ、前記圧入痕の内面に充填材を密着させて接合させる工程とを備えることを特徴とする。

なお、本発明に係る摩擦攪拌接合方法は、摩擦攪拌点接合方法(FSSW)と一般的な摩擦攪拌接合方法(FSW)に適用可能である。また、第1の被接合材と第2の被接合材には通常、金属材料が用いられるが、金属材料と非金属材料との接合に適用することもできる。金属材料と非金属材料とを接合する場合は、摩擦攪拌接合のツールが金属材料と接触するようにして接合すればよい。

30

【0007】

また、前記摩擦攪拌接合により第1の被接合材と第2の被接合材とを接合する工程においては、前記第1の被接合材と第2の被接合材とを重ね合わせ、第1の被接合材と第2の被接合材の重ね合わせた部位を摩擦攪拌接合することを特徴とする。本発明に係る摩擦攪拌接合方法は、たとえば、板状の第1の被接合材と第2の被接合材の端側面を突き合わせ、被接合材の突き合わせた端面の部位を接合する場合にも適用可能であるが、第1の被接合材と第2の被接合材を重ね合わせ、重ね合わせた部位を接合する方法として有効に利用できる。

40

【0008】

また、前記回転ツールは、被接合材に対向する面を平坦面とした部材が使用でき、とくには円柱状の部材を使用して好適な接合を行うことができる。回転ツールは被接合材の接合個所を回転摩擦により加熱する作用を有する。したがって、回転ツールは、被接合材よりも硬く、耐熱性の高い材料から形成したものである必要がある。

【0009】

また、前記充填材として、前記第1の被接合材及び前記第2の接合材と同種の材料を使用することにより、被接合材と充填材とのなじみ性、密着性が良好となり、被接合材の接合個所の接合強度を向上させることができる。

また、前記第1の被接合材と第2の接合材に用いる材質はとくには限定されないが、第

50

1の被接合材と第2の被接合材として、アルミニウムあるいはアルミニウム合金を使用し、前記充填材としてアルミニウムあるいはアルミニウム合金を使用した例は、被接合材を接合する方法として好適に利用することができる。

【発明の効果】

【0010】

本発明に係る摩擦攪拌接合方法によれば、被接合材を効果的にかつ確実に接合することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明に係る接合方法を示す説明図である。

10

【図2】被接合材の摩擦攪拌点接合に使用する攪拌ツール(a)と、被接合材(b)の構成を示す図である。

【図3】攪拌ツールを使用して第1の被接合材と第2の被接合材を摩擦攪拌点接合する工程を示す説明図である。

【図4】被接合材を摩擦攪拌点接合した接合個所に充填材を圧入して接合する工程を示す説明図である。

【図5】摩擦攪拌点接合により接合した接合部分の外観写真(a)と、充填材を用いて接合した接合部分の外観写真(b)である。

【図6】摩擦攪拌点接合により接合した接合部分の断面構造(a)と、充填材を用いて接合した接合部分の断面構造(b)の顕微鏡写真である。

20

【図7】引張せん断試験に用いた試験片の平面図(a)と側面図(b)である。

【図8】引張せん断試験による荷重変位曲線を示すグラフである。

【図9】摩擦攪拌点接合によるサンプルの上板と下板の接合個所の写真(a)、充填材を用いて接合した上板と下板の接合個所の写真(b)である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、本発明に係る接合方法を適用して板材(被接合材)を接合する一実施形態を示す。この実施形態の接合方法は、2枚の板材を重ね合わせ、摩擦攪拌点接合方法により接合する方法に適用した例である。

図1(a)は、第1の接合材10と第2の接合材12とを重ね合わせ、摩擦攪拌点接合方法を利用して第1の接合材10と第2の接合材12とを点接合した状態を示す(被接合材を摩擦攪拌接合する工程)。図1のA部分が点接合した部位(接合個所)であり、この接合個所は摩擦攪拌点接合により凹部状になる。

30

【0013】

図1(b)は、摩擦攪拌点接合により接合した第1の部材10と第2の部材の接合個所Aに充填材14を圧入した工程である(充填材を圧入する工程)。充填材14には、接合個所の凹部径よりも若干大径の円柱状の部材を使用し、接合個所Aに加圧しながら押入する。充填材14は、被接合材に圧入した状態で、接合個所Aが充填される程度の高さ(長さ)のものを使用する。充填材14は円柱状に限らず、多角柱状等の形態のものを使用することができる。充填材14の大きさは、被接合材の厚さや、接合個所に設けられた攪拌ツールによる圧入痕の大きさ、被接合材の材質等により適宜選択すればよい。

40

【0014】

図1(c)は、充填材14を圧入した被接合材に、充填材14が圧入された上方から、押接面が平坦面に形成された回転ツールを軸線の回りで回転させながら押接し、摩擦熱により充填材14を軟化させ、被接合材と充填材とを一体化する工程である(被接合材と充填材とを一体化する工程)。

図1(d)は、被接合材と充填材とを軟化させた後、回転ツール16を被接合材から離間させた状態である。第1の被接合材10と第2の被接合材12に形成されていた接合個所Aの内部全体に充填材14が確実に充填され、回転ツール16により加熱され充填材14と被接合材とが軟化して、接合個所Aにおいて第1の被接合材10と第2の被接合材12

50

が充填材 1 4 を介して一体的に接合されている。

【 0 0 1 5 】

(摩擦攪拌接合工程)

図 2 は、被接合材を接合する実際の実験に使用した攪拌ツール (図 2 (a)) と被接合材 (図 2 (b)) を示す。

攪拌ツール 1 8 は、合金工具鋼 (SKD11) からなり、ショルダー部の直径は 1 0 mm であり、プローブ部分は、径 3mm、長さ 4mm で、ねじ切り (M3-LH) されている。

第 1 の接合材 1 0 と第 2 の接合材 1 2 には、40mm × 40mm、厚さ 2mm のアルミニウム合金板 (A5052-O) を使用した。

【 0 0 1 6 】

図 3 は、攪拌ツール 1 8 を使用して第 1 の被接合材 1 0 と第 2 の被接合材 1 2 を、摩擦攪拌点接合により接合する工程を示す。

図 3 (a) は、アルミニウム合金板からなる第 1 の接合材 1 0 と第 2 の接合材 1 2 を重ね合わせ、接合位置の上方に攪拌ツール 1 8 を位置合わせし、攪拌ツール 1 8 を軸線の回りに回転した状態で圧入する直前の操作を示す。

【 0 0 1 7 】

図 3 (b) は、攪拌ツール 1 8 を回転させながら、プローブ部分の先端を第 2 の被接合材 1 2 の厚さ方向の中途位置まで圧入した状態である。攪拌ツール 1 8 を回転させながら被接合材にプローブを差し入れることにより、被接合材が摩擦熱により溶融し、溶融された被接合材が攪拌され、第 1 の被接合材 1 0 と第 2 の被接合材 1 2 は境界部分で一体的に接合される。

実際には、攪拌ツール 1 8 を汎用立フライス盤に支持し、回転数 1800rpm、攪拌接合時間 5 sec として第 1 の被接合材 1 0 と第 2 の被接合材 1 2 を接合した。

【 0 0 1 8 】

(被接合材と充填材との一体化工程)

図 4 は、被接合材を摩擦攪拌点接合した接合個所 A に充填材 1 4 を圧入し、充填材 1 4 が圧入された部位に回転ツール 1 6 を回転させた状態で押接して、被接合材と充填材とを一体化する工程を示している。

充填材 1 4 には、アルミニウム合金からなる、直径 3 mm、長さ 4mm の円柱状の部材を使用した。実際の実験に使用した充填材 1 4 は、アルミニウム合金 (A5052-O、A7075-O の 2 種) からなる。

回転ツール 1 6 は、攪拌ツール 1 8 と同様に合金工具鋼 (SKD11) 製であり、直径 10mm、高さ 10mm の円柱状に形成したものであり、被接合材に接触する面を平坦面としている。この回転ツール 1 6 を汎用立フライス盤に支持し、回転数 1800rpm とし、回転ツール 1 6 を被接合材の充填材 1 4 を圧入した部位に加圧しながら 5sec 保持した。回転ツール 1 6 の押込量 (挿入量) は 1mm である。

【 0 0 1 9 】

図 4 (c) は、接合操作後の被接合材を示す。第 1 の被接合材 1 0 と第 2 の被接合材 1 2 を摩擦攪拌点接合した接合個所に充填材 1 4 が充填され、充填材 1 4 と被接合材が一体的に接合されている。

図 5 に摩擦攪拌点接合により接合した被接合材の接合部分の外観写真 (図 5 (a)) と、充填材を用いて接合した接合部分の外観写真 (図 5 (b)) を示す。

摩擦攪拌点接合により接合した場合 (図 5 (a)) は、接合部位の中心部に攪拌ツールのプローブを抜いた後の圧入痕が残る。被接合材の表面 (上面) の光沢面は攪拌ツール 1 8 のショルダー部が第 1 の被接合材 1 0 の表面と接触した部位である。光沢面の外周囲には摩擦攪拌接合時に被接合材が若干盛り上がった部位が形成されている。

【 0 0 2 0 】

図 5 (b) に示す充填材 1 4 を充填して接合した接合個所については、摩擦攪拌点接合時に生じた圧入痕が充填材 1 4 によって完全に充填され、接合個所の上面は平坦面の光沢面となっている。光沢面は充填材 1 4 を充填した後、回転ツール 1 6 を回転させながら加圧

10

20

30

40

50

した際に、回転ツール16の押接面が被接合材に接触して形成される。その平坦面は回転ツール16の先端の形状が転写され、その板材の周辺と比較し回転ツール16の挿入距離に従い板厚は減少している。

【0021】

図6は、摩擦攪拌点接合により接合した被接合材の接合部分の断面構造(図6(a))と、充填材を用いて接合した接合部分の断面構造(図6(b))を示す。これらの断面構造は、被接合材の接合部分を被接合材の面と垂直方向に断面をとり、断面部分をNaOH水溶液に浸漬エッチングし、光学顕微鏡を用いて観察したものである。

【0022】

図6(a)から、摩擦攪拌点接合により、接合個所に攪拌ツール18のプロープによる圧入痕が残留していることがわかる。プロープが進入した周囲部分は、被接合材が溶融して固化し、第1の被接合材10と第2の被接合材12が一体化して連結されている。

図6(b)では、摩擦攪拌点接合によって形成された圧入痕に充填材14が充填され、充填材14が圧入痕の側面及び底面に密着して充填されている。

充填剤14、被接合材10および被接合材12の接合界面には、被接合材10の表面と回転ツール16との間に発生した摩擦熱による加熱と、回転ツール16を被接合材10に圧入する際に発生する押しつけ力が作用する。摩擦熱により軟化した充填剤14と被接合材10の表層部の一部はバリとなって排出されることがある。

【0023】

(引張試験)

摩擦攪拌点接合による場合と、接合個所に充填材を充填して接合操作を行った場合について、接合個所の接合強度を比較するため引張試験を行った。

試験は、JIS Z3136に規定されている、抵抗スポットおよびプロジェクション溶接継ぎ手のせん断試験に用いる試験片寸法及び試験方法に準拠して行った。試験装置には精密万能試験機(AG-IS 250kN、島津製作所)を使用した。

【0024】

図7は、引張せん断試験片の構成を示す。幅40mm、長さ125mm、厚さ2mmの平面形状が長方形の上板と下板を、重ね代40mmとし、重ね合わせ部分の中心位置を接合部とした。治具に固定する位置に、板厚2mmの添え板を固定した。

試験装置の治具のクランプ間距離を100mm、引っ張り試験速度を1.0mm/min(一定)として試験を行った。

【0025】

図8に引張せん断試験による荷重変位曲線を示す。破線は摩擦攪拌点接合のみにより接合したサンプル、一点鎖線はアルミニウム合金(A5052-0)からなる充填材を使用したサンプル、実線はアルミニウム合金(A7075-0)からなる充填材を使用したサンプルについての測定結果を示す。

図8から、摩擦攪拌点接合のみによるサンプルでは最大せん断荷重が1.8kNである。一方、接合個所に充填材を充填して接合したサンプルについては、アルミニウム合金(A5052-0)からなる充填材を使用した場合も、アルミニウム合金(A7075-0)からなる充填材を使用した場合も、最大せん断荷重が4.0kN程度となり、摩擦攪拌点接合によるものと比較して、接合強度が大幅に向上することがわかる。

【0026】

図9は、引張試験後のサンプルの外観写真である。図9(a)は摩擦攪拌点接合によるサンプルの上板と下板の接合個所の写真、図9(b)は充填材を用いて接合した上板と下板の接合個所の写真である。図9(b)は、充填材にアルミニウム合金(A7075-0)を使用したサンプルである。

摩擦攪拌点接合のみによって接合したサンプルは、引張試験後には、接合個所が破断して削除されてしまったが、充填材を用いて接合したサンプルでは引張試験後も接合個所はサンプルに残留していた。この引張試験後のサンプルの状態を比較しても、充填材を用いて接合することにより接合強度が向上できていることがわかる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

なお、上記実施形態は第1の被接合材10と第2の被接合材12としてアルミニウム合金板を使用した例であるが、本発明方法は被接合材として同種のアルミニウム合金板を使用する場合に限らない。マグネシウム合金、銅合金、鉄鋼材料等の非アルミニウム合金同士の接合材や、アルミニウム合金/非アルミニウム合金異種材料、アルミニウム合金/アルミニウム合金異種材料による異種金属同士の接合についても同様に適用することができる。

被接合材の接合に使用する充填材として、被接合材と同種の材料を選ぶことにより、接合個所に残留する圧入痕の内面と充填材とのなじみ性、密着性が良好になる。

【 0 0 2 8 】

なお、上述した実施形態においては、摩擦攪拌点接合(FSSW)による接合方法において本発明方法を適用した例について説明したが、摩擦攪拌接合(FSW)による接合方法による場合も、被接合材に残る圧入痕に充填材を充填し、回転ツールを回転させながら充填材を押しやる操作を行うことで、同様に接合することができる。摩擦攪拌接合により溝状に残った圧入痕の部位に充填材を密着させて充填することにより、被接合材を確実にかつ強固に接合することができる。

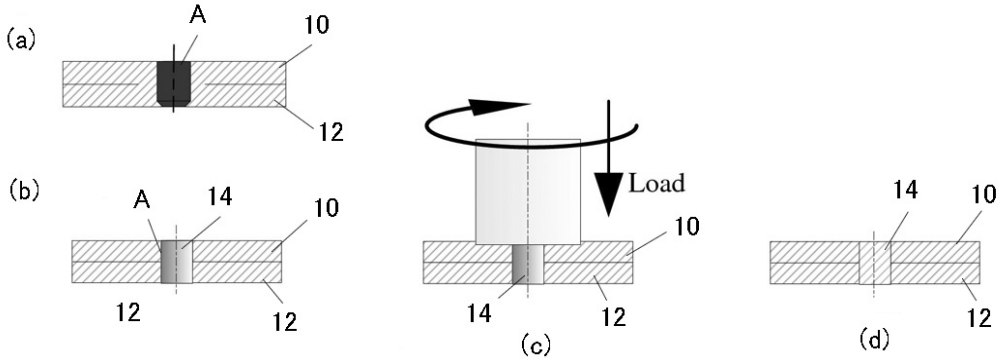
この他に、被接合材に金属材料と非金属材料とを重ね合わせる場合や、金属材料を非金属材料で挟み込むなどして、非金属材料を回転ツールと金属材料の被接合材により把持することができれば、非金属材料を被接合材とする場合も同様に接合することができる。

【 符号の説明 】

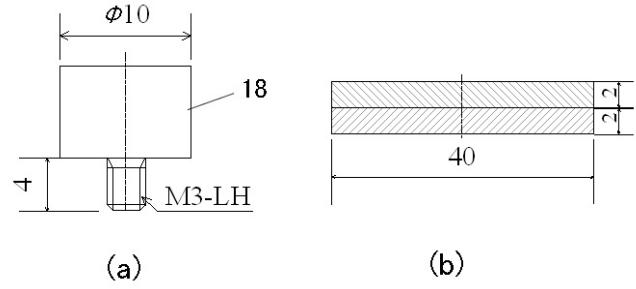
【 0 0 2 9 】

- 10 第1の被接合材
- 12 第2の被接合材
- 14 充填材
- 16 回転ツール
- 18 攪拌ツール

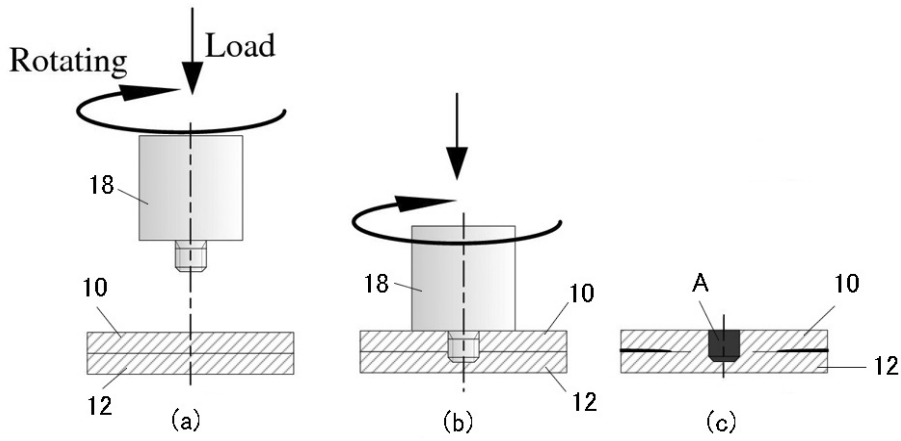
【 図 1 】



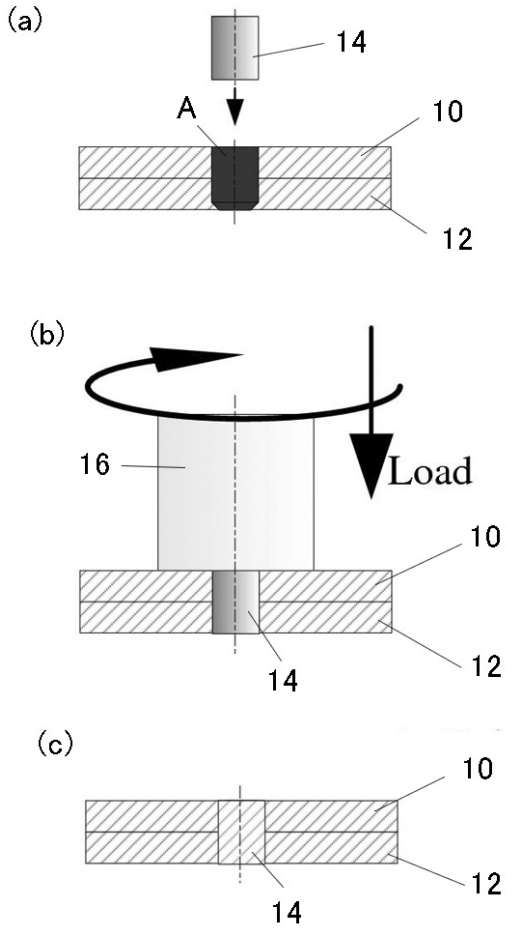
【 図 2 】



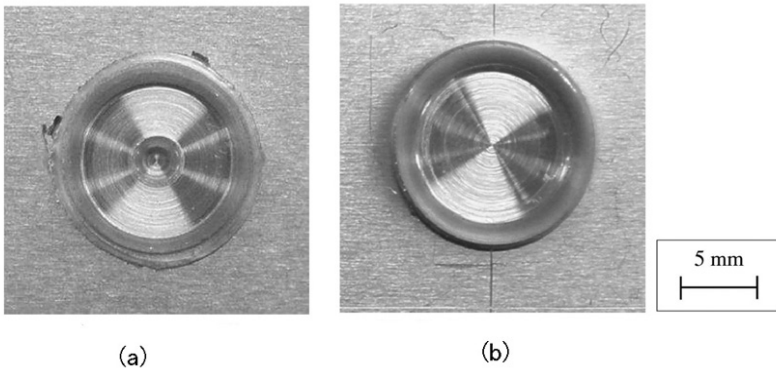
【 図 3 】



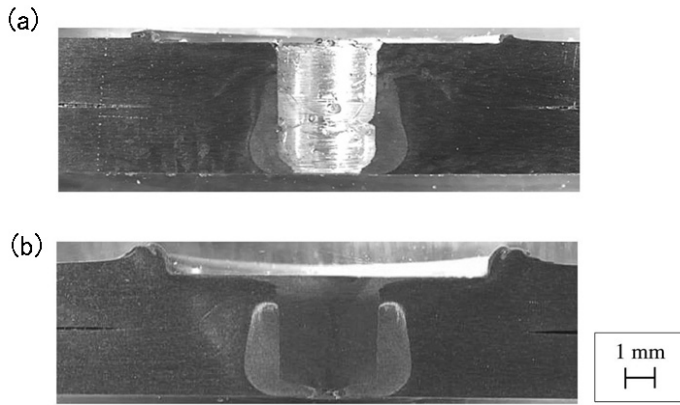
【 図 4 】



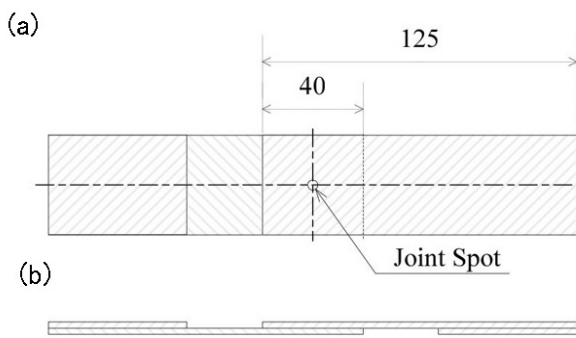
【 図 5 】



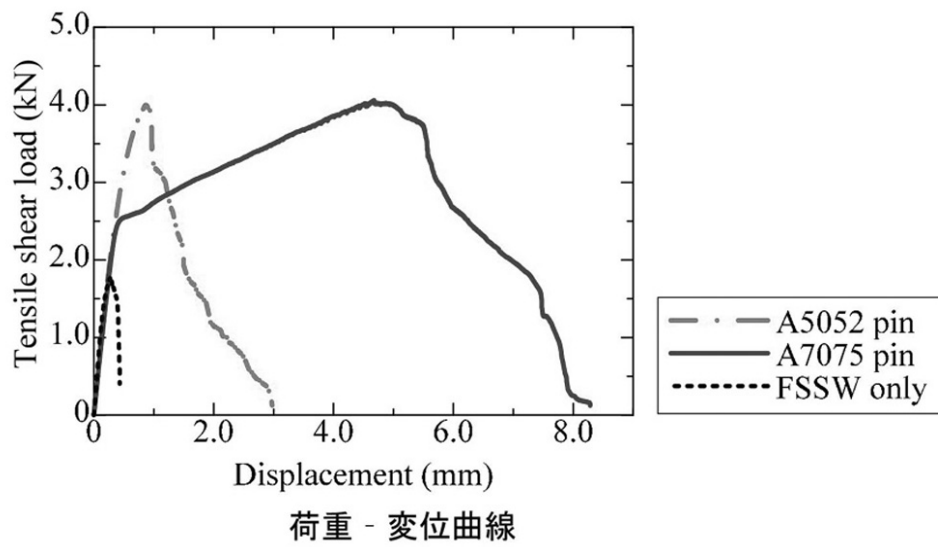
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

