

(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2015-30027

(P2015-30027A)

(43) 公開日 平成27年2月16日(2015.2.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 3 K 20/12 (2006.01)</b>	B 2 3 K 20/12	A 3 J 0 3 6
<b>B 2 1 J 15/30 (2006.01)</b>	B 2 1 J 15/30	L 4 E 1 6 7
<b>B 2 1 J 15/02 (2006.01)</b>	B 2 1 J 15/02	P
<b>B 2 1 J 15/00 (2006.01)</b>	B 2 1 J 15/00	V
<b>F 1 6 B 19/05 (2006.01)</b>	F 1 6 B 19/05	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-162917 (P2013-162917)  
 (22) 出願日 平成25年8月6日(2013.8.6)

(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) 3J036 AA04 BA02 BB09 CA01 EA01  
 4E167 AA06 BF02 BF06 CA19 CA20  
 DC03

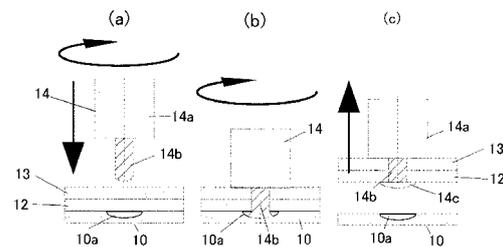
(54) 【発明の名称】 接合方法及び接合装置

(57) 【要約】

【課題】 摩擦攪拌を利用して金属板等の被接合材を確実に接合することができる接合方法及び接合装置を提供する。

【解決手段】 被接合材12、13に貫入されるプローブ14bを備えるツール14を使用して被接合材を接合する接合装置であって、ツール14を回転させながら被接合材12、13にプローブ14bを貫入する駆動装置と、接合操作時に被接合材12、13を支持するとともに、被接合材12、13を貫通したプローブ14bの先端部をプローブ14bよりも大径に成形する成形凹部10aが設けられた金型10とを備える。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

被接合材に貫入されるプローブを備えるツールを使用して被接合材を接合する接合装置であって、

前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入する駆動装置と、

接合操作時に被接合材を支持するとともに、被接合材を貫通した前記プローブの先端部をプローブよりも大径に成形する成形凹部が設けられた金型と、を備えることを特徴とする接合装置。

**【請求項 2】**

前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入する際に、摩擦攪拌作用により被接合材を接合することを特徴とする請求項 1 記載の接合装置。 10

**【請求項 3】**

被接合材にあらかじめ設けた下穴にプローブを位置合わせして前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の接合装置。

**【請求項 4】**

プローブとプローブよりも大径に形成されたツール本体とからなるツール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接合装置。

**【請求項 5】**

被接合材に貫入されるプローブを備えるツールを使用して被接合材を接合する接合方法であって、 20

前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入して被接合材を接合する際に、被接合材を貫通した前記プローブの先端部を、プローブの先端部が押入される成形凹部を備える金型を用いて、プローブよりも大径に成形することを特徴とする接合方法。

**【請求項 6】**

前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入する際に、摩擦攪拌作用により被接合材を接合することを特徴とする請求項 5 記載の接合方法。

**【請求項 7】**

被接合材にあらかじめ設けた下穴にプローブを位置合わせして前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の接合方法。

**【請求項 8】**

前記ツールとして、プローブとプローブよりも大径に形成されたツール本体とからなるツールを使用することを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれか一項記載の接合方法。 30

**【請求項 9】**

前記ツールにより被接合材を接合した後、前記ツール本体の全部あるいは一部を除去することを特徴とする請求項 8 記載の接合方法。

**【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方法及び接合装置に関する。 40

**【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は、構造材の連結に抵抗スポット溶接 (Resistance Spot Welding : RSW) が長年用いられており、航空宇宙分野においても、Al合金やTi合金、FRP等の構造材を連結する方法としてリベットを用いる締結や抵抗溶接による接合方法が利用されている。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り、大容量の溶接用電源や配電 50

盤が必要となる。

【0003】

Al合金のような金属部材を連結する方法として、抵抗溶接やリベット等の連結材を用いずに行う摩擦攪拌接合方法または摩擦攪拌点接合方法が知られている（特許文献1～5）。摩擦攪拌点接合方法は、接合しようとする金属部材の位置でプローブ（ピン形状の硬質金属）を高速回転させることにより摩擦熱を発生させ、摩擦熱によって被接合部材を塑性流動させ、プローブの周囲に被接合部材同士の攪拌領域を生じさせて部材を接合する方法であり、摩擦攪拌接合方法より派生した接合方法である。特許文献6はリベットを回転させながら材料に圧入し、特許文献7は分割ピンを材料に回転圧入して、それぞれリベットとピンを材料に残して接合する方法である。

10

【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2005/0178816A1

【特許文献7】米国公開2011/0073634A1

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

摩擦攪拌接合方法または摩擦攪拌点接合方法を利用して金属板等の部材を接合する方法は、抵抗溶接と比較して省エネルギー化を図ることができ、接合操作が容易であるという利点がある。しかしながら、摩擦攪拌接合方法または摩擦攪拌点接合方法では、接合後にツールを部材から引き抜いた位置または部材を接合した部位にプローブ穴が残るために部分的に部材の厚さが薄くなり、継手部分の強度が低下するという問題や、被接合部分に接合ピンを残す方法は、接合ピンが部材と一体化しないため、接合部分の強度が十分とはいえないという問題があった。

30

【0006】

本発明は、これらの課題を解消すべくなされたものであり、摩擦攪拌点接合方法を利用して金属板等の被接合材を確実に接合することを可能にする接合方法及び接合装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る接合装置は、被接合材に貫入されるプローブを備えるツールを使用して被接合材を接合する接合装置であって、前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入する駆動装置と、接合操作時に被接合材を支持するとともに、被接合材を貫通した前記プローブの先端部をプローブよりも大径に成形する成形凹部が設けられた金型と、を備えることを特徴とする。

40

駆動装置によりツールを回転させながら被接合材に貫入することにより、被接合材は摩擦攪拌作用により接合され、被接合材を貫通したプローブの先端部は金型によりプローブよりも大径に成形されて被接合材は堅固に接合される。

【0008】

プローブの先端部をプローブよりも大径に成形するとは、金型の成形凹部にならってプローブの先端を半球状等に成形する際に、プローブの先端の成形部が被接合材を表面側から係止するように成形する意である。したがって、プローブ先端の成形部の形状は、半球状に限るものではなく、多角形体として係止する形態とすることも可能である。

プローブを備えるツールとは、プローブ単体からなるツール、及びプローブとプローブ

50

よりも大径のツール本体とからなるツール、の双方を含む意である。プローブとツール本体とからなるツールを使用した場合は、接合操作の際に、金型により成形されたプローブの先端部とツール本体とにより被接合材がかしめ固定され、被接合材がより強固に接合される。

被接合材は下穴を設けずに接合することもできるし、あらかじめ下穴を設けておいて接合することもできる。被接合材に下穴を設けた場合は、被接合材にあらかじめ設けた下穴にプローブを位置合わせし、前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入して接合する。

#### 【0009】

また、本発明に係る接合方法は、被接合材に貫入されるプローブを備えるツールを使用して被接合材を接合する接合方法であって、前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入して被接合材を接合する際に、被接合材を貫通した前記プローブの先端部を、プローブの先端部が押入される成形凹部を備える金型を用いて、プローブよりも大径に成形することを特徴とする。

前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入する際に、摩擦攪拌作用により被接合材を接合することにより、被接合材を強固に接合することができる。

また、被接合材にあらかじめ設けた下穴にプローブを位置合わせし、前記ツールを回転させながら被接合材にプローブを貫入することにより、正確に接合位置を位置決めして接合することができる。

また、前記ツールとして、プローブとプローブよりも大径に形成されたツール本体とからなるツールを使用することにより、強固に被接合材を接合することができる。

#### 【0010】

本発明に係る接合方法及び接合装置は、板状の金属板等の板材の接合に好適に使用できるが、本発明で接合対象とする被接合材は板材に限られるものではなく、被接合材の材質、形状、厚さ、大きさが限定されるものではない。また、被接合材の接合数（枚数）についても限定されるものではなく、2個（枚）以上の複数個（複数枚）の被接合材の接合に適用することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0011】

本発明に係る材料の接合方法及び接合装置によれば、きわめて容易な操作によって、確実にかつ強固に被接合材を接合することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0012】

【図1】板材の接合方法についての第1の実施の形態を示す説明図である。

【図2】板材の接合方法についての第2の実施の形態を示す説明図である。

【図3】板材の接合試験に使用したツールの外観図（a）、（b）と金型の断面図（c）である。

【図4】下穴径を3.2mmとしたときの、接合後の板材のツール側と金型側の外観写真である。

【図5】下穴径を2.8mm、3.0mm、3.2mm、3.4mm、3.6mmとして、円柱形のプローブを用いて接合したときの、接合部分のツール側と金型側の外観写真である。

【図6】下穴径が3.0mm、3.2mm、3.4mmのときの接合部の断面写真である。

【図7】ツールの押し込み量を変えたときのプローブの先端形状の変化を示す断面写真である。

【図8】円柱形のプローブを用いて接合した場合と、従来のリベットを用いて接合した場合の引っ張り試験結果を示すグラフである。

【図9】下穴径を2.5mm、2.6mmとして、ねじ形のプローブを用いて接合したときの、接合部分のツール側と金型側の外観写真である。

【図10】接合部の断面写真である。

【図11】ねじ形のプローブを備えるツールを用いて接合した場合と、従来のリベットを

10

20

30

40

50

用いて接合した場合の引っ張り試験結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

(第1の実施の形態)

図1は本発明に係る板材の接合方法についての第1の実施の形態を示す。

図1に示す板材の接合方法は、金型10上に被接合材である板材12、13をセットし、駆動装置(不図示)により接合用のツール14を回転させながら板材12、13にツール14を貫入することにより、板材12、13を接合する方法である。

【0014】

ツール14は駆動装置にチャックして保持される円柱形のツール本体14aと、ツール本体14aからツール本体14aよりも細径に延出するプローブ14bとからなる。プローブ14bは、板材12、13を接合する操作の際に、板材12、13を厚さ方向に貫通する長さには設けられる。

10

【0015】

金型10の上面には、皿状(内面が半球状)の成形凹部10aを設ける。この成形凹部10aは、板材12、13を接合操作する際に、板材12、13を厚さ方向に貫通するプローブ14bの先端部分が押入され、先端部分を半球状(リベットの頭部状)に塑性成形するためのものである。成形凹部10aの直径は、プローブ14bの外径よりも大径に設定される。

20

【0016】

図1(a)は、金型10に板材12、13をセットし、金型10の成形凹部10aの上方にツール14を位置合わせした状態である。金型10の成形凹部10aの位置が板材12、13を接合する平面位置になる。

ツール14はフライス盤等の駆動装置に支持し、ツール14のプローブ14bと金型10の成形凹部10aの中心を位置合わせし、ツール14を高速回転させながら板材12、13に圧入する。

【0017】

図1(b)は、ツール14を高速回転させながらツール14のプローブ14bを板材12、13を貫入した状態である。プローブ14bの先端が板材12、13を貫通し、成形凹部10a無いに進入している。ツール14を高速回転させながら板材12、13に差し込むようにすると、プローブ14bと板材12、13との摩擦攪拌により、プローブ14bは板材12、13を塑性流動化させながら板材12、13に進入して、板材12、13を貫通する。

30

【0018】

成形凹部10aに進入したプローブ14bは、さらに押し下げられることにより、金型10の成形凹部10a内面にならって半球状に成形される。

図1(c)は、板材12、13を貫通したプローブ14bの先端を金型10により半球状に成形した後、ツール14の回転を停止し、板材12、13を金型10から上方に引き上げた状態を示す。

板材12、13は、ツール14のプローブ14bの先端が半球状に成形された成形部14cと、ツール本体14aの下面(ショルダー部)との間で厚さ方向にかしめられて締結される。プローブ14bが板材12、13を貫入した部位では、板材12、13が摩擦攪拌作用により接合されて一体的に連結され、プローブ14bにより、厚さ方向にもかしめ固定されることによって板材12、13は堅固に固定される。

40

【0019】

この接合方法では、ツール14により、板材12、13を点接合的に摩擦攪拌作用により接合するとともに、厚さ方向にかしめ固定するから、板材12、13を貫通したプローブ14bの成形部14dとツール本体14aによりかしめられるように、板材12、13の厚さに応じてプローブ14bの長さを設定し、また、プローブ14bを金型10の成形凹部10aに押し込む押し込み量を調節する。

50

## 【0020】

板材12、13をツール14により締結した後(図1(c))、ツール本体14aについては必要に応じて除去する操作を行う。板材12、13は摩擦攪拌作用によって固定されているから、板材13上のツール本体14a全体を除去してもよいし、ツール本体14aの突出高さを低くするためにツール本体14aを部分的に削除してもよい。ツール本体14aの高さを、接合操作後に製品に残して支障のない高さにしておけば、接合操作後の後処理は不要である。

## 【0021】

(第2の実施の形態)

図2は本発明に係る板材の接合方法についての第2の実施の形態を示す。

10

本実施形態の板材の接合方法は、板材12、13にあらかじめ下穴12a、13aを設けて、金型10とツール14を用いて接合する方法である。ツール本体14aとプローブ14bからなるツール14を使用すること、プローブ14bの先端部分を成形する成形凹部10aを備える金型10を使用することは上述した第1の実施の形態と同様である。

## 【0022】

図2(a)は、金型10に板材12、13をセットした状態である。板材12、13は、下穴12a、13aの中心を金型10の成形凹部10aの中心に位置合わせしてセットする。

図2(b)は、ツール14を高速回転しながら、ツール14のプローブ14bを板材12、13の下穴12a、13aに貫入し、プローブ14bの先端部を成形凹部10aにまで押し込んだ状態である。

20

図2(c)は、プローブ14bの先端を成形凹部10aにより成形した後、プローブ14bとツール本体14aとの連結部分を破断した状態を示す。14dが破断部である。

## 【0023】

本実施形態のように、被接合材である板材12、13に下穴12a、13aを設け、摩擦攪拌を利用して板材12、13を接合する方法は、板材12、13に下穴12a、13aを設けずに接合する方法と比較して、プローブ14bを板材12、13に貫入しやすく摩擦攪拌による接合が容易にできること、プローブ14bが下穴12a、13aにガイドされることから正確に接合位置が設定できるという利点がある。ただし、板材12、13に、あらかじめ下穴12a、13aを加工しておかなければならないという問題や、接合時に下穴12a、13aを位置合わせしなければならないといった問題がある。

30

## 【0024】

なお、第1の実施の形態、及び第2の実施の形態は、ツール本体14aとプローブ14bとを一体化したツール14を用いて、被接合材である板材12、13を接合する例である。接合用のツールとしては、プローブ14aのみからなるツールを使用することもできる。この場合はプローブ14aの基部部分を駆動装置でチャックして支持し、プローブ14aを回転駆動しながら板材12、13に押し込み、板材12、13を貫通したプローブ14aの先端部を半球状に成形すればよい。プローブ14aの基部部分は必要に応じて破断操作する。プローブ14aのみからなるツールを使用した場合も、上記例のツール14を使用した場合と同様に、板材12、13を確実にかつ堅固に接合することができる。

40

## 【実施例】

## 【0025】

板材に下穴を設けて接合する方法(第2の実施形態の方法)を利用して実際に板材を接合する実験を行った。以下に実験結果について説明する。

図3(a)、(b)は、実験に使用したツールの外観図である。ツールには、円柱形のプローブを備えるもの(図3(a))と、外周面にねじ切りしたプローブを備えるもの(図3(b))を使用した。

ツールにはアルミニウム合金(A7075)を使用した。プローブ径3mm(ねじ:M3)、プローブ長7mm、プローブ本体部分の外径10mmである。

金型には、ダイス鋼(SKD11)を使用し、成形凹部の深さ1mm、成形凹部の直径6mmで

50

ある（図3(c)）。

接合に使用した板材は、板厚2mmのアルミニウム合金（A7075）製である。ツールの駆動装置として、回転数765rpmの汎用立フライス盤を使用した。

【0026】

（円柱形プローブを備えるツールを使用した例）

図4は、板材を接合した後の板材をツール側から見た状態と金型側から見た状態を示す外観写真である。ツール側の板材の表面には、ツール本体が板材の上面に接触して擦られた跡が円形に残り、プローブの上端が破断している。金型側の板材表面では、プローブの先端が成形されて、板材の表面から突出している。

【0027】

図5は、接合後の板材の接合部分の外観を示す。それぞれ、下穴径を2.8mm、3.0mm、3.2mm、3.4mm、3.6mmとしたときの、被接合材のツール側と金型側の外観写真である。

図5(a)、(b)は、プローブが板材内で破断し、板材を貫通したプローブの先端が金型と十分に密着せず、また十分に圧縮されなかったため成形されていない状態を示す。

図5(c)～(f)は、プローブ先端が成形された後、プローブがツールのショルダー付近で破断した例である。板材のツール側の表面にツールのショルダーが接触した痕を残している。

図5(g)、(h)は、プローブ先端が成形された後、プローブがショルダー付近で破断した例である。この場合は、板材からのプローブの突き出し量が、図5(c)～(f)とくらべて小さかったため、ショルダー痕は残らなかった。

図5(i)、(j)は、下穴がプローブに対して大きいため、接合後にプローブが板材から抜け落ちて接合ができなかった例である。

ツールのプローブ先端が金型により半球状にきれいに成形されたのは、下穴径が3.0mm、3.2mmのときである。

【0028】

図6は、下穴径が3.0mm、3.2mm、3.4mmの接合部の断面写真である。下穴径が増加するに従いプローブの太さが増加し、プローブの先端の変形が大きくなる。

図7は、下穴径が3.2mmのときに、ツールの押し込み量によってプローブの形状がどのように変化するかを示す。すなわち、ツールの挿入量（押し込み量）が増すとともに、プローブの太さが増加し、プローブの先端が金型の成形凹部の形状になって徐々に拡径され、板材の下面を係止する形態に成形されていくことがわかる。また、プローブ太さが増加し、下穴と接触することにことでプローブの破断が起こっていると考えられる。

【0029】

図8は、上記接合試験に使用した板材を、リベットを用いて接合（締結）した場合と、上述したツールを用いて接合した場合について引っ張り試験を行った結果を示す。

リベットを用いて接合する比較試験として、丸リベットを使用して接合したサンプルと、ブラインドリベットを使用して接合したサンプルを用意した。

丸リベットとして、呼び径3mm、長さ6mm、材質A1070のものを使用し、板材に3mmの下穴をあけ、ハンマーにより、リベット頭を成形させ、接合してサンプルとした。

ブラインドリベットとして、直径3.2mm、長さ6mm、フランジ部材質A5052のブラインドリベットを使用し、直径3.4mmのすき間穴に挿入し、マンドレルを引くことで接合した。

【0030】

図8は、下穴径を3.0mm、3.2mm、3.4mmとして上記ツールを用いて接合したサンプルと、上記丸リベットとブラインドリベットを用いて接合したサンプルについて、接合部に加える荷重とそのときの変位量を測定した結果を示す。

図8の試験結果は、従来の丸リベットとブラインドリベットを用いて接合する方法にくらべて、本発明に係るツールを用いる接合方法ははるかに接合強度、荷重耐久性に優れ、板材の接合方法として有効であることを示している。

【0031】

（ねじ形プローブを備えるツールを使用した例）

10

20

30

40

50

図9はねじ形プローブを備えるツールを使用して板材（下穴径2.5mm、2.6mm）を接合したときの、接合部分をツール側と金型側から見た状態を示す。プローブの先端が半球状に成形されていること、ショルダー付近でプローブが破断されていることがわかる。

【0032】

図10は、接合部の断面写真である（下穴径2.5mm）。下穴にそって板材を貫通したプローブ先端が、半球状に成形されていることがわかる。なお、板材に設けた下穴はツールのプローブよりも細径であるが、挿入の際に板材に対して変形抵抗の小さいねじ山が削れ、プローブ径と下穴は同じ大きさとなっている。

【0033】

図11は、下穴径を2.5mm、2.6mmとして、上記ツールを用いて接合したサンプルと、従来のリベット（丸リベット、ブラインドリベット）を用いて接合したサンプルについて、接合部に加える荷重とそのときの変位量を測定した結果を示す。丸リベットとブラインドリベットには前述したものと同一のものを使用した。

図11は、本発明方法のツールを利用して板材を接合する方法が、従来のリベットを用いて板材を接合する方法と比較して、明らかに接合強度が向上することを示している。

【符号の説明】

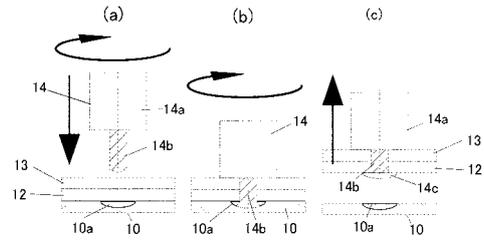
【0034】

- 10 金型
- 10a 成形凹部
- 12、13 板材
- 12a、13a 下穴
- 14 ツール
- 14a ツール本体
- 14b プローブ
- 14c 成形部
- 14d 破断部

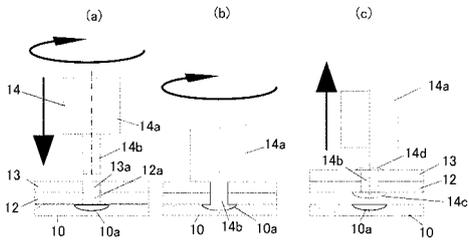
10

20

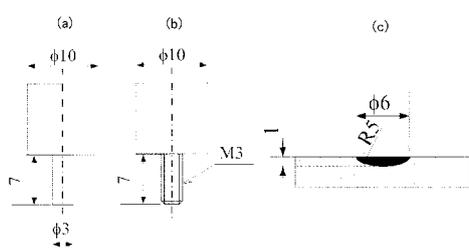
【 図 1 】



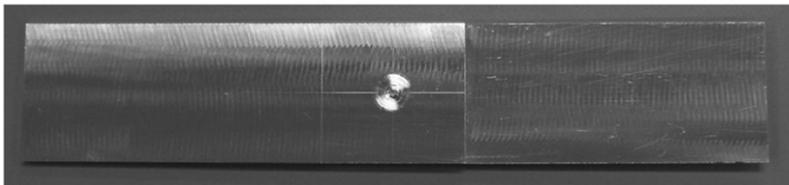
【 図 2 】



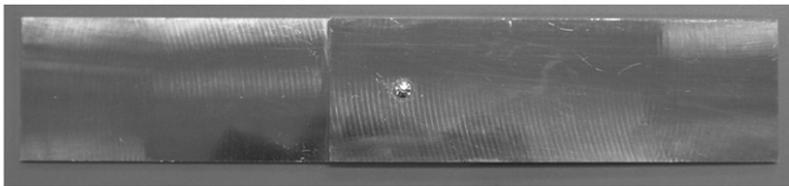
【 図 3 】



【 図 4 】



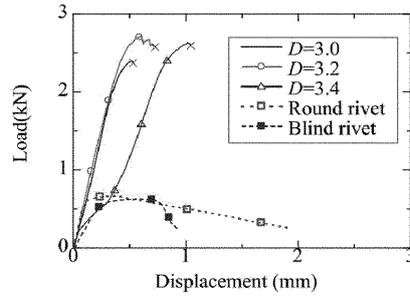
接合後の試験片外観(D=3.2), ツール側



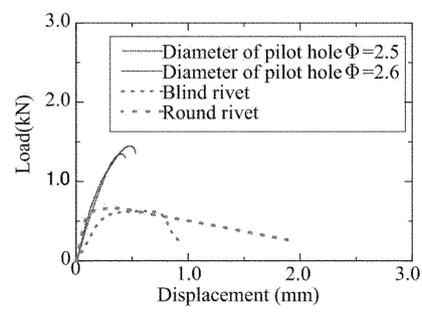
接合後の試験片外観(D=3.2), 金型側



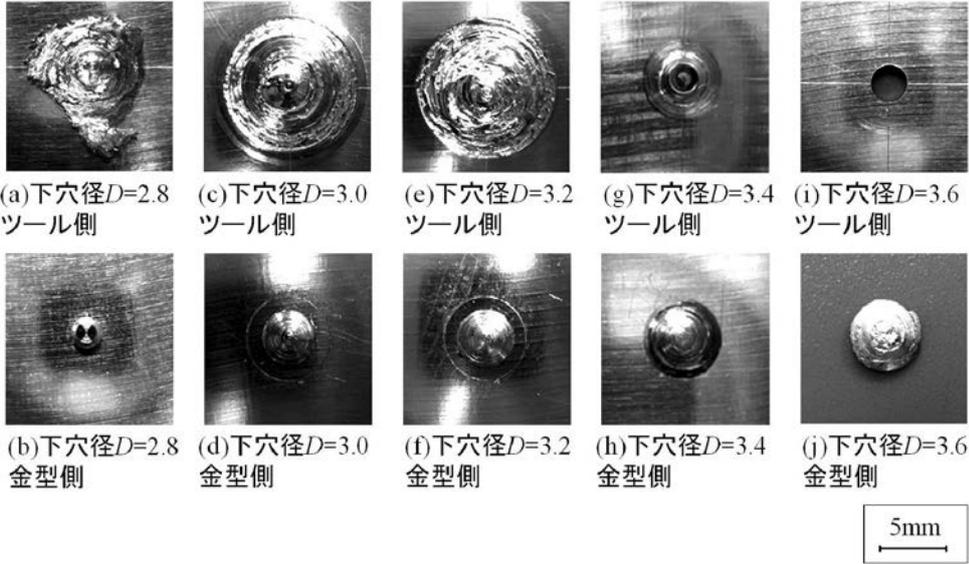
【 図 8 】



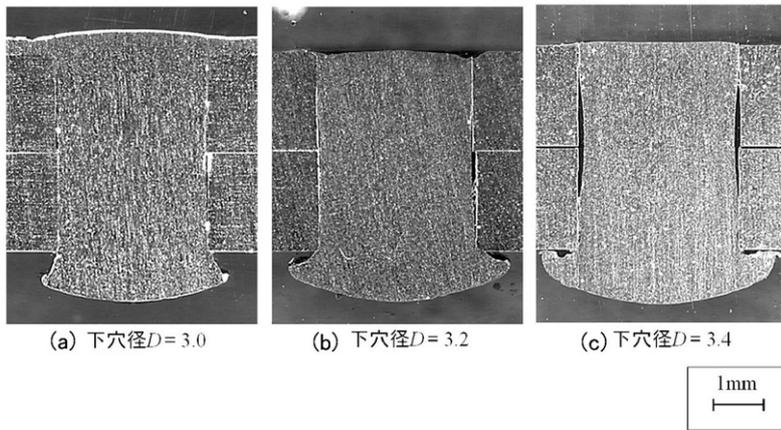
【 図 1 1 】



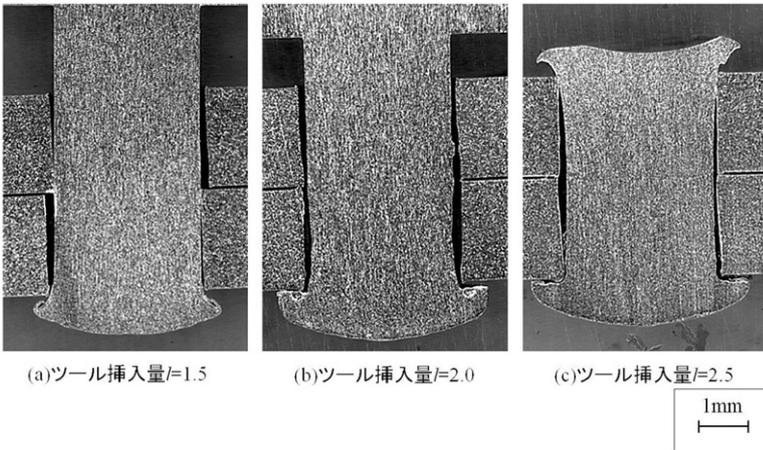
【 図 5 】



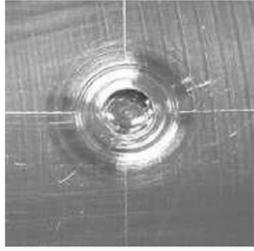
【 図 6 】



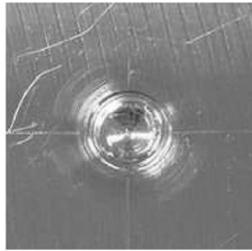
【 図 7 】



【 図 9 】



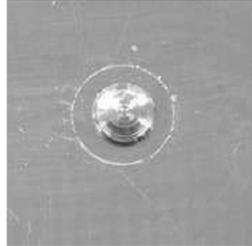
(a)下穴径 $\Phi=2.5$   
ツール側



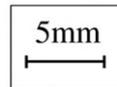
(c)下穴径 $\Phi=2.6$   
ツール側



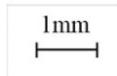
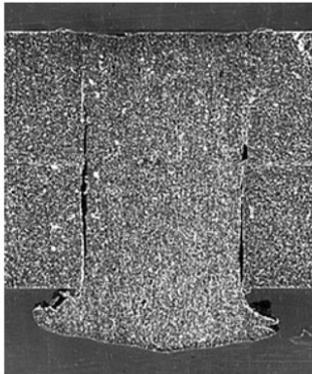
(b)下穴径 $\Phi=2.5$   
金型側



(d)下穴径 $\Phi=2.6$   
金型側



【 図 1 0 】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.

**F 1 6 B 19/06 (2006.01)**

F I

F 1 6 B 19/06

テーマコード(参考)