

(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2020-75283

(P2020-75283A)

(43) 公開日 令和2年5月21日(2020.5.21)

(51) Int.Cl.

B23K 20/12 (2006.01)

F1

B23K 20/12 344

テーマコード(参考)

4E167

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2018-211670 (P2018-211670)  
 (22) 出願日 平成30年11月9日(2018.11.9)

(71) 出願人 000005326  
 本田技研工業株式会社  
 東京都港区南青山二丁目1番1号  
 (74) 代理人 110001379  
 特許業務法人 大島特許事務所  
 (72) 発明者 佐山 満  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内  
 (72) 発明者 安齋 眞実  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内  
 (72) 発明者 官脇 章嘉  
 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
 社本田技術研究所内

最終頁に続く

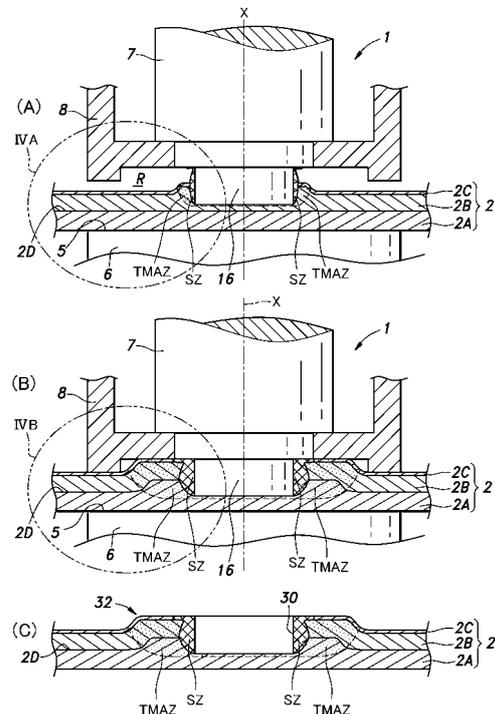
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合装置

(57) 【要約】

【課題】 摩擦攪拌接合装置において、バリの発生を抑制する。

【解決手段】 互いに重ね合わされた少なくとも2枚以上の金属板2を摩擦攪拌接合するための摩擦攪拌接合装置1であって、円柱状をなし、基端側において軸線Xを中心として回転可能に支持され、先端に軸線に直交する軸部端面20が形成された軸部15、及び軸部端面の中央から軸部の外径よりも小さい幅を有して軸線に沿って突出するプローブ16を備えたツール7と、軸部の先端を外囲するショルダ8とを有し、ショルダは金属板に対向するショルダ面25を備え、ショルダ面は軸部端面と同一の面上、且つ金属板とは離間して配置されている。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

互いに重ね合わされた少なくとも 2 枚以上の金属板を摩擦攪拌接合するための摩擦攪拌接合装置であって、

円柱状をなし、基端側において軸線を中心として回転可能に支持され、先端に前記軸線に直交する軸部端面が形成された軸部、及び前記軸部端面の中央から前記軸部の外径よりも小さい幅を有して前記軸線に沿って突出するプローブを備えたツールと、

前記軸部の先端を外囲するショルダとを有し、

前記ショルダは前記金属板に対向するショルダ面を備え、

前記ショルダ面は前記軸部端面と同一の面上、且つ前記金属板とは離間して配置されていることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。 10

## 【請求項 2】

前記ショルダは前記軸部の先端を通過させる貫通孔を備え、

前記ショルダ面の外周側には、前記貫通孔に同軸な円環状の突起が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合装置。

## 【請求項 3】

前記突起の内周面は前記軸線を中心とした円筒面をなしていることを特徴とする請求項 2 に記載の摩擦攪拌接合装置。

## 【請求項 4】

前記突起の突端面は前記軸線に垂直をなし、前記金属板に当接することを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載の摩擦攪拌接合装置。 20

## 【請求項 5】

前記ショルダ面は前記軸線に沿う方向視で、前記金属板の前記プローブの回転による熱によって軟化して塑性変形する塑性変形部に少なくとも一部において重なっていることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか 1 つの項に記載の摩擦攪拌接合装置。

## 【請求項 6】

前記プローブは円柱状をなし、

前記プローブの外径は前記軸部の先端の外径の 1 / 2 倍以上、且つ 4 / 5 倍以下であることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか 1 つの項に記載の摩擦攪拌接合装置。

## 【請求項 7】

前記プローブの外径は前記軸部の先端の外径の 2 / 3 倍以上、且つ 4 / 5 倍以下であることを特徴とする請求項 6 に記載の摩擦攪拌接合装置。 30

## 【請求項 8】

前記軸部が前記軸線に沿って延び先端に前記軸部端面を形成する円柱状の小径部と、前記小径部の基端から前記小径部の外径よりも大きな外径を有して前記軸線に沿って延びる大径部とを有し、

前記ショルダは、前記大径部の先端側の端面に対向する対向面を有することを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか 1 つの項に記載の摩擦攪拌接合装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

40

## 【0001】

本発明は、複数の部材を摩擦攪拌接合するための摩擦攪拌接合装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

2 枚の金属板の端面を接合させる摩擦攪拌装置が公知である（例えば、特許文献 1）。特許文献 1 の摩擦攪拌接合装置では、2 枚の金属板を左右に並べて配置し、端面を互いに突き合せて固定した後、回転工具（ツール）の突起（プローブ）を上方から突き合せ面に押し込みながら突き合わせ面に沿って移動させる。これにより、両金属板の端部がそれぞれ摩擦熱により可塑化されて互いに接合する。

## 【0003】

50

このような摩擦攪拌接合では、プローブを金属板に押し込んだ際に、金属板を構成する母材が塑性変形して金属板の外面に流出する。流出した母材は金属板の外から突出した状態で固化することによりバリとなる。このバリを切削するため、切刃部材を備えた摩擦攪拌接合装置が公知である（例えば、特許文献2）。特許文献2の摩擦攪拌接合装置は、回転ツールと同軸な回転軸を有し、回転ツールとは独立して回転可能な切刃部材を備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2002-66762号公報

【特許文献2】特開2003-126973号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献2に記載された摩擦攪拌接合装置では、プローブを金属板に押し込む工程とは別に、切刃部材を回転させてバリを切削するバリ処理工程が行われる。より迅速に摩擦攪拌接合を行うためにはバリの発生を抑制することにより、このようなバリ処理工程を省略、又は低減できることが望ましい。

【0006】

本発明は、以上の背景を鑑み、摩擦攪拌接合装置において、バリの発生を抑制することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために本発明のある態様は、互いに重ね合わされた少なくとも2枚以上の金属板(2)を摩擦攪拌接合するための摩擦攪拌接合装置(1、51)であって、円柱状をなし、基端側において軸線(X)を中心として回転可能に支持され、先端に前記軸線に直交する軸部端面(20)が形成された軸部(15)、及び前記軸部端面の中央から前記軸部の外径よりも小さい幅を有して前記軸線に沿って突出するプローブ(16)を備えたツール(7)と、前記軸部の先端を外囲するショルダ(8)とを有し、前記ショルダは前記金属板に対向するショルダ面(25)を備え、前記ショルダ面は前記軸部端面と同一の面上、且つ前記金属板とは離間して配置されていることを特徴とする。

【0008】

この構成によれば、プローブを接合対象である金属板に押付けて挿入したときに、プローブの挿入によって押し出された母材が軸部端面に遮られて径方向外方に流出するように誘導される。これにより、母材は軸部端面に沿って流出し、金属板の主面から突出した状態で固化することが防止される。ショルダ面は軸部端面と同一の面上に配置され、且つ金属板とは離間しているため、軸部端面の外周側に達した母材はショルダ面に沿って流出し、金属板の主面から突出した状態で固化することが防止される。これにより、摩擦攪拌接合後に母材が金属板から突出したまま固化することが防止されるため、バリの発生を抑制することができる。

【0009】

上記の態様において、前記ショルダは前記軸部の先端を通過させる貫通孔(22)を備え、前記ショルダ面の外周側には、前記貫通孔に同軸な円環状の突起(26)が設けられているとよい。

【0010】

この構成によれば、ショルダ面の外周側に突起が設けられているため、母材が突起に遮られてショルダ面の外周縁よりも径方向外方に流出することが防止できる。これにより、接合痕を小さくすることができる。

【0011】

上記の態様において、前記突起の内周面(26B)は前記軸線を中心とした円筒面をな

10

20

30

40

50

しているとよい。

【0012】

この構成によれば、内周面が軸線に平行となり、軸線に対して垂直なショルダ面に沿って流出する母材の流れを遮ることができる。これにより、母材がショルダの外側に達することをより確実に防止できる。

【0013】

上記の態様において、前記突起の突端面(26A)は前記軸線に垂直をなし、前記金属板に当接するとよい。

【0014】

この構成によれば、突端面を金属板に当接させることで、プローブの挿入によって押し出された母材が軸部端面及びショルダ面と金属板との間に閉じ込められるため、母材がショルダの外側に達することをより確実に防止できる。

10

【0015】

上記の態様において、前記ショルダ面は前記軸線に沿う方向視で、前記金属板の前記プローブの回転による熱によって軟化して塑性変形する塑性変形部(TMAZ)に少なくとも一部において重なっているとよい。

【0016】

この構成によれば、ショルダ面によって塑性変形部が冷却されて、攪拌部の拡大を防止することができる。これにより、金属板の外面にメッキ処理が施されて金属薄膜が設けられた場合であっても、金属薄膜が失われる領域を低減することができる。

20

【0017】

上記の態様において、前記プローブは円柱状をなし、前記プローブの外径は前記軸部の先端の外径の1/2倍以上、且つ4/5倍以下であるとよい。

【0018】

この構成によれば、プローブの外径を軸部の先端の外径の1/2倍以上とすることによって、ショルダ面をプローブにより近づけることができる。これにより、軸線に沿う方向視でショルダ面及び塑性変形部の重なりが大きくなる。また、プローブの外径を軸部の先端の外径の4/5倍以下とすることによって、軸部端面の面積が大きくなり、プローブの挿入によって押し出された母材をより確実に軸部端面によって遮ることができる。

【0019】

上記の態様において、前記プローブの外径は前記軸部の先端の外径の2/3倍以上、且つ4/5倍以下であるとよい。

30

【0020】

この構成によれば、ショルダ面をプローブにより近づけることができるため、ショルダ面に対向する方向視でショルダ面と塑性変形部との重なりが大きくなる。

【0021】

上記の態様において、前記軸部が前記軸線に沿って延び先端に前記軸部端面を形成する円柱状の小径部(19)と、前記小径部の基端から前記小径部の外径よりも大きな外径を有して前記軸線に沿って延びる大径部(18)とを有し、前記ショルダは、前記大径部の先端側の端面(17)に対向する対向面(27)を有するとよい。

40

【0022】

この構成によれば、大径部の先端側の端面に対向する対向面が設けられることで、ショルダとツールとの間の隙間に母材が流入しにくくなる。これにより、ショルダとツールとの間で母材が固化し、バリとなることを防止することができる。

【発明の効果】

【0023】

以上の構成によれば、摩擦攪拌接合装置において、バリの発生を抑制することができる。

。

【図面の簡単な説明】

【0024】

50

【図 1】第 1 実施形態に係る摩擦攪拌接合装置の斜視図

【図 2】図 1 の I I - I I 断面図

【図 3】(A) プローブが第 1 金属板にのみ挿入されたときの金属板の状態に対応する説明図、(B) ツール及びショルダが接合位置まで下降したときの金属板の状態に対応する説明図、及び(C) 摩擦攪拌接合後の第 1 金属板及び第 2 金属板の状態を説明する説明図

【図 4】(A) 図 3 (B) の I V A 部分の拡大図、及び(A) 図 3 (C) の I V B 部分の拡大図

【図 5】(A) 第 2 実施形態に係る摩擦攪拌接合装置の断面図、(B) 第 2 実施形態に係る摩擦攪拌装置において、ツール及びショルダが接合位置まで下降したときの金属板の状態に対応する説明図

10

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明に係る摩擦攪拌接合装置 1 の実施形態について説明する。本発明に係る摩擦攪拌接合装置 1 は、互いに重ね合わされた少なくとも 2 枚以上の金属板 2 を摩擦攪拌現象により点接合するための、いわゆる摩擦攪拌点接合装置である。

【0026】

<< 第 1 実施形態 >>

図 1 に示すように、摩擦攪拌接合装置 1 は、架台（図示せず）と、架台に支持され、上部に金属板 2 を支持する略水平な受け面 5 を備えた受け部材 6 と、受け面 5 の上方において架台に回転可能且つ上下動可能に支持されたツール 7 と、ツール 7 を外囲し、架台に上下動可能に支持されたショルダ 8 と、ツール 7 の上端に接続されてツール 7 を回転させる回転駆動装置 9 と、ツール 7 及びショルダ 8 を同時に上下動させる上下駆動装置 10 と、回転駆動装置 9 及び上下駆動装置 10 を制御する制御装置 11 とを有している。本実施形態では上下駆動装置 10 はツール 7 及びショルダ 8 を上下方向の相対位置を変化させることなく同時に上下動させる。

20

【0027】

ツール 7 は上下に延びる軸部 15 と、軸部 15 の下端に接続するプローブ 16 とを備えている。軸部 15 は軸線 X に沿って上下に延びる略円柱状をなし、上端（基端）において架台に回転可能且つ上下動可能に結合されている。より詳細には、図 2 に示すように、軸部 15 は上下に延び、下端（先端）に水平な大径部端面 17 を備えた大径部 18 と、上端（基端）において大径部端面 17 に結合して大径部端面 17 の中央から下方に突出する小径部 19 とを有している。大径部 18 及び小径部 19 はともに軸線 X を中心とする円柱状をなし、小径部 19 の外径は大径部 18 の外径よりも小さい。小径部 19 の下端、すなわち軸部 15 の下端（先端）には軸線 X に直交し、水平な軸部端面 20 が形成されている。

30

【0028】

プローブ 16 は軸部端面 20 の中央から軸線 X に沿って下方に突出している。プローブ 16 は軸部 15 の下端部分の外径、より詳細には小径部 19 の外径よりも小さい幅を有する突起であり、円柱、円錐、角柱、又は角錐等のいかなる形状であってもよい。本実施形態ではプローブ 16 は円柱状をなしている。プローブ 16 が円柱状をなすときには、プローブの外径は小径部 19 の外径の 1/2 以上且つ小径部 19 の外径の 4/5 倍以下であることが望ましく、より好ましくはプローブ 16 の外径は小径部 19 の外径の 2/3 倍以上且つ小径部 19 の外径の 4/5 倍以下であるとよい。

40

【0029】

図 1 に示すように、ショルダ 8 は上下に延び、下端に底壁 8A（図 2 参照）を備えた略円筒状をなしている。ショルダ 8 は上端において架台に対して上下動可能に支持されている。図 2 に示すように、ショルダ 8 の底壁 8A の中央には上下に貫通する貫通孔 22 が形成されている。貫通孔 22 は軸線 X を中心とした円孔であり、ツール 7 と同軸をなしている。貫通孔 22 にはツール 7 が上方から挿入されて、軸部 15 の下部、すなわち小径部 19 は貫通孔 22 を通過し、ショルダ面 25 及び軸部端面 20 が同一の仮想面 P 上に配置されている。貫通孔 22 の内周面（より詳細には、貫通孔 22 を画定する内周面）と小径部

50

19の外周面との間の隙間は接合時に軟化した金属板2の母材が侵入しない程度に十分小さい。例えば、貫通孔22の内径は小径部19が貫通孔22に挿入可能、且つツール7が軸線Xを中心として所定の回転速度で回転可能となる最小の径として定めてもよい。

【0030】

シオルダ8の底壁8Aの下面は貫通孔22が形成されることによって円環状をなしている。底壁8Aの下面の内周側には軸線Xを中心とし、軸線Xに垂直な円環状のシオルダ面25が形成されている。シオルダ8の底壁8Aの下面には更に、シオルダ面25の外周縁に沿って下方に突出する突起26が設けられている。突起26は軸線Xを中心として円環状をなし、貫通孔22と同軸をなしている。突起26の突端面26A(下端面)は軸線Xに垂直をなし、金属板2の上面に概ね平行をなしている。突起26の内周側の面(内周面26B)は貫通孔22の軸線、すなわち軸線Xを中心として上下に延び、内周側に向く円筒面をなしている。

10

【0031】

シオルダ8の底壁8Aの上面内周側には、大径部端面17に対向し、且つ大径部端面17に平行な底壁上面27(対向面)が円環状をなすように形成されている。大径部端面17と底壁上面27とは上下に離間している。大径部端面17及び底壁上面27の距離は接合時に軟化した金属板2の母材が侵入しない程度に十分小さい。

【0032】

次に、このように構成された摩擦攪拌接合装置1の動作について説明する。以下では、例として、第1金属板2A及び上面にメッキ処理によって形成された金属薄膜2Cを含む第2金属板2Bの2枚の金属板2を接合する場合の動作について記載する。

20

【0033】

第1金属板2Aの上に第2金属板2Bが重ね合わされ、第1金属板2A及び第2金属板2Bが受け面5上に固定された後、制御装置11は回転駆動装置9によってツール7を回転させながら、シオルダ8の底壁8Aの下面に設けられた突起26の突端面26Aが第2金属板2Bの上面、より詳細には金属薄膜2Cの上面に当接するまで、上下駆動装置10によってツール7及びシオルダ8を下降させる。このとき、プローブ16の下端は第1金属板2A及び第2金属板2Bの境界面2Dの下方に位置している。図3(A)にはプローブ16が第1金属板2Aにのみ挿入されたときの金属板2の状態に対応する説明図が、図3(B)にはツール7及びシオルダ8が突起26の突端面26Aが第2金属板2Bの上面に当接する位置(以下、接合位置)まで下降したときの金属板2の状態に対応する説明図が、図3(C)には摩擦攪拌接合後の第1金属板2A及び第2金属板2Bの状態を説明する説明図がそれぞれ示されている。

30

【0034】

プローブ16が金属板2に挿入されると、金属板2の母材がプローブ16によって攪拌されるとともに、金属板2とプローブ16との間に摩擦熱が発生する。これにより、金属板2には母材が動的に攪拌された攪拌部SZ(Stir Zone)と、母材が流動性を有する塑性変形部TMAZ(Themomechanically Affected Zone)とがプローブ16に近い側から順に、それぞれプローブ16を外圍するように形成される。図3(A)及び(B)には、攪拌部SZがクロスのハッチング処理が施された部分として、塑性変形部TMAZがドットのハッチング処理が施された部分として示されている。ツール7及びシオルダ8が接合位置にあるとき、攪拌部SZにある第1金属板2Aの母材、及び金属薄膜2Cを含む第2金属板2Bの母材はプローブ16によって攪拌されて一体となる。制御装置11は接合位置においてツール7を所定時間回転させた後、ツール7及びシオルダ8を上昇させる。これにより、ツール7は第1金属板2A及び第2金属板2Bから引き抜かれる。これにより、第1金属板2Aの母材及び第2金属板2Bの母材がそれぞれ冷却されて硬化し、第1金属板2A及び第2金属板2Bが接合される。図3(C)に示すように、摩擦攪拌接合後の金属板2にはプローブ16の先端の形状に対応する円形の凹部30が形成され、凹部30の外周には他の部分よりも上方に隆起した接合痕32が形成される。

40

50

## 【0035】

次に、このように構成された摩擦攪拌接合装置1の効果について説明する。図4(A)に示すように、プローブ16が金属板2に挿入されると、攪拌部SZにある金属板2の母材の一部が押し出されて、プローブ16の外周面に沿って上方に流出する(図4(A)の紙面上向きの矢印参照)。また、攪拌部SZにある金属板2の母材の一部はプローブ16の径方向外方に押し出される。これにより、塑性変形部TMAZは上方に押し上げられる。

## 【0036】

プローブ16の上端は下方に向く軸部端面20に接続し、母材のプローブ16の外周面に沿う上方への流れは軸部端面20によって遮られる。よって、母材が軸部端面20の上方に流出しない。また、軸部端面20は第2金属板2B、より詳細には金属薄膜2Cの上方に離間して配置されているため、プローブ16の上端に達した母材は、軸部端面20に沿って軸線Xに対して径方向外方に向かって流出する(図4(A)の紙面左向きの矢印参照)。

10

## 【0037】

軸部端面20は母材の上方への流出を防止し、母材を径外方向に流出するように誘導できる十分な面積を有する必要がある。本実施形態では特に、プローブ16の外径が小径部19の外径の4/5倍以下に設定されることにより、母材の上方への流出がより確実に防止されている。

## 【0038】

軸部端面20の外周縁の径方向外方には軸部端面20と同一の仮想面P上に配置されたショルダ面25が設けられ、ショルダ8の貫通孔22の内周面と小径部19の外周面との間の距離が軟化した金属板2の母材が侵入しない程度に十分小さいため、軸部端面20の外周縁に達した母材は径外方向に流出してショルダ面25の下側に達する。ショルダ面25もまた金属薄膜2Cの上方に離間して配置されているため、ショルダ面25の下側に達した母材はショルダ面25に沿って軸線Xの径方向外方、すなわち水平方向に流出する。これにより母材はショルダ面25の外周縁に達するまでショルダ面25よりも上方に流出しない。

20

## 【0039】

このように、母材は軸部端面20及びショルダ面25に沿って水平方向、すなわち第2金属板2Bの上面に平行に流出し、母材の上方への流出が防止される。これにより、金属板2の上面において上方に突出するように母材が固化することが防止され、バリの発生が抑制される。

30

## 【0040】

突起26がショルダ面25の外周縁に沿って設けられているため、突起26によって遮られて、母材がショルダ面25の径方向外方に流出することが防止できる。これにより、プローブ16の挿入によって押し出された母材がショルダ面25及び軸部端面20と第2金属板2Bの上面とによって上下に挟まれた空間R(図4(A)参照)の内部に留まり、母材の上方への流出を防止することができる。よって、バリの発生を抑制できる。また、母材が空間Rに留められることで、プローブ16の挿入によって押し出された母材が金属板2の上面に広がることを防止されて、接合痕32を小さくすることができる。また、プローブ16の挿入によって押し出された母材が金属薄膜2Cの上面を覆うことにより、メッキによる効果が失われることが防止できる。また、突起26の内周面26Bは軸線Xに対して径方向外方に流出する母材の流れの向きに直交した面を形成しているため、母材がショルダ面25の径方向外方に達することをより確実に防止できる。

40

## 【0041】

プローブ16は軸線Xを中心とする円柱状をなし、軸線Xを中心として回転している。よってプローブ16の挿入によって流出した母材はプローブ16の外周面から周方向外方に概ね均等に流出する。突起26は軸線Xを中心とする円環状をなしているため、突起26が他の形状(例えば、四角環状)をなす場合に比べて、母材が周方向に偏り難く、ショ

50

ルダ面 25 及び軸部端面 20 と第 2 金属板 2 B の上面とによって上下に挟まれた空間 R の外部への母材の流出を防止できる。

【0042】

ツール 7 が回転可能となるように、ショルダ 8 の貫通孔 22 の内周面と小径部 19 の外周面との間には小さな隙間が設けられる。大径部端面 17 に対向する底壁上面 27 が設けられることで、大径部端面 17 と底壁上面 27 との間が狭くなる。これにより、貫通孔 22 の内周面及び小径部 19 の外周面の間と、大径部端面 17 及び底壁上面 27 の間に形成された流路が狭められるため、母材がショルダ 8 とツール 7 との間に流入しにくくなる。これにより、母材がショルダ 8 とツール 7 との間で固化し、バリとなることが防止できる。

10

【0043】

ツール 7 及びショルダ 8 が接合位置にあるとき、軸部端面 20 にショルダ 8 の突起 26 の突端面 26 A と金属板 2 の上面とが当接している。これにより、ショルダ面 25 及び軸部端面 20 と第 2 金属板 2 B の上面とによって挟まれた空間 R が突起 26 によって密閉される。よって、ショルダ面 25 に沿って径外方向に流出した母材をショルダ面 25 及び軸部端面 20 と第 2 金属板 2 B の上面とによって挟まれた空間 R の内部に留めることができ、且つ、接合痕 32 を一定形状に保つことができる。

【0044】

ツール 7 及びショルダ 8 が接合位置にあるとき、塑性変形部 TMAZ に位置する第 1 金属板 2 A 及び第 2 金属板 2 B が上方に押し上げられる。本実施形態では、図 4 (B) に示すように、ツール 7 及びショルダ 8 が接合位置にあるときのショルダ面 25 及び軸部端面 20 と、プローブ 16 の挿入前の第 2 金属板 2 B の上面とで囲まれる部分の空間の体積は、プローブ 16 が挿入されることにより押し出された母材の体積よりも大きく、ショルダ 8 の径方向外方に母材が流出することが防止できる。プローブ 16 の挿入前の第 2 金属板 2 B の上面とで囲まれる部分の空間の体積は、プローブ 16 が挿入されることにより押し出された母材の体積の 1.2 倍以上 1.5 倍以下に設定されることが好ましい。

20

【0045】

軸部端面 20 及びショルダ面 25 に沿って径外方向に流出した母材は、プローブ 16 の下降によって第 2 金属板 2 B の上面に結合し、攪拌部 SZ を形成する。また、塑性変形部 TMAZ に位置する第 1 金属板 2 A 及び第 2 金属板 2 B が上方に押し上げられて、第 2 金属板 2 B の上面が軸部端面 20 に接触する。これにより、第 2 金属板 2 B の上面と軸部端面 20 との間に摩擦熱が発生し、この熱によって形成された攪拌部 SZ が第 2 金属板 2 B の上面において径外方向に広がる。これにより、攪拌部 SZ が第 1 金属板 2 A の内部から第 2 金属板 2 B の上面から延び、プローブ 16 を外囲する円筒状の円筒部 SZ1 と、円筒部 SZ1 の上縁（すなわち、第 2 金属板の上面）において径外方向に延びた円環状の鍔部 SZ2 とを有する形状となる。

30

【0046】

ツール 7 及びショルダ 8 が接合位置にあるとき、第 2 金属板 2 B の上面にショルダ 8 が当接しているため、第 2 金属板 2 B の上面がショルダ 8 によって冷却されて、円筒部 SZ1 は上部において上方に向かって径内方向に窄んだ形状をなす。これにより、攪拌部 SZ が上部において径内方に凹み、攪拌部 SZ 及び塑性変形部 TMAZ が断面視で金属板 2 の上面近傍において互いに噛み合う形状、いわゆるアンカー状となる。攪拌部 SZ 及び塑性変形部 TMAZ の境界は上部において、円筒部 SZ1 の外面に沿って上方且つ径内方向に延び、円筒部 SZ1 と鍔部 SZ2 との間において屈曲して径外方向に延びた入り組んだ形状となる。

40

【0047】

摩擦攪拌接合された複数の金属板 2 に剥離荷重を加えると、攪拌部 SZ と塑性変形部 TMAZ との境界に沿って破断する。本発明においては、攪拌部 SZ と塑性変形部 TMAZ との境界は円筒部 SZ1 と鍔部 SZ2 との間において屈曲しているため、攪拌部 SZ が円筒部 SZ1 のみを有し、攪拌部 SZ 及び塑性変形部 TMAZ の境界が断面視で屈曲するこ

50

となく上下方向に延びる場合に比べて、接合後の金属板 2 の剥離強度が向上する。

【0048】

また、ツール 7 及びショルダ 8 が接合位置にあるときに、第 2 金属板 2 B の上面が軸部端面 2 0 に接触することで、第 2 金属板 2 B の上面が平坦となる。また、第 2 金属板 2 B の上面と軸部端面 2 0 との間に摩擦熱によって、第 2 金属板 2 B の上面が丸みを帯びるため、パリの発生が防止される。

【0049】

第 2 金属板 2 B の上面に形成された攪拌部 S Z においては、第 2 金属板 2 B の上面の金属薄膜 2 C もまた、第 1 金属板 2 A 及び第 2 金属板 2 B と共に攪拌されて、金属板 2 の内部に移動する。図 4 ( B ) に示すように、ツール 7 及びショルダ 8 が接合位置にあるとき、ショルダ面 2 5 は少なくとも一部において上面視 ( すなわち、ショルダ面 2 5 に対向する方向視 ) で、塑性変形部 T M A Z に重なっている。これにより、塑性変形部 T M A Z がショルダ 8 によって冷却され、攪拌部 S Z が第 2 金属板 2 B の上面において径外方向に広がるのが抑制される。これにより、金属薄膜 2 C が第 2 金属板 2 B の上面から移動する領域を低減することができるため、メッキ処理による効果が失われ難い。

10

【0050】

プローブ 1 6 の外径が小径部 1 9 の外径の 1 / 2 倍以上であるため、小径部 1 9 の外径の 1 / 2 倍よりも小さい場合に比べてショルダ面 2 5 をプローブ 1 6 に近づけることができる。これにより、上面視でショルダ面 2 5 と塑性変形部 T M A Z とが重なる領域を広げることができる、プローブ 1 6 の外径を小径部 1 9 の外径の 2 / 3 倍以上とすることによって、上面視でショルダ面 2 5 と塑性変形部 T M A Z とが重なる領域をより広げることができる。

20

【0051】

<< 第 2 実施形態 >>

第 2 実施形態に掛る摩擦攪拌接合装置 5 1 は、図 5 ( A ) に示すように、ショルダ 8 の底壁 8 A の下面に突起 2 6 が設けられておらず、底壁 8 A の下面全面に略水平なショルダ面 2 5 が形成されている点を除いて、他の構成については第 1 実施形態と同じである。よって、以下では他の部分については説明を省略する。

【0052】

第 1 実施形態と同様に第 1 金属板 2 A と第 2 金属板 2 B とを接合するときには、図 5 ( B ) に示すように、プローブ 1 6 の下端が第 1 金属板 2 A 及び第 2 金属板 2 B の境界面 2 D の下方に位置するまでツール 7 及びショルダ 8 を下降させる。このとき、ショルダ 8 はプローブ 1 6 を挿入する前の第 2 金属板 2 B の上面 ( 図 5 ( B ) の二点鎖線参照 )、より詳細には金属薄膜 2 C の上面の上方に位置し、ショルダ面 2 5 はプローブ 1 6 を挿入する前の金属薄膜 2 C の上面から離間している。

30

【0053】

プローブ 1 6 を挿入することによって押し出された母材がショルダ 8 と第 2 金属板 2 B の間に流出する。ショルダ 8 と第 2 金属板 2 B の間に流出した母材はショルダ面 2 5 によって遮られて、第 2 金属板 2 B の上面に沿って水平に流出する。これにより、ショルダ 8 と第 2 金属板 2 B の上面の間に母材が第 2 金属板 2 B から上方に流出することが防止できる。これにより、第 2 金属板 2 B の上面において上方に突出するように母材が固化することが防止されて、パリの発生が抑制される。

40

【0054】

以上で具体的実施形態の説明を終えるが、本発明は上記実施形態に限定されることなく幅広く変形実施することができる。上記実施形態では、摩擦攪拌接合装置 1 は 2 枚の金属板 2 を接合していたが、この態様には限定されない。摩擦攪拌接合装置 1 は 2 枚以上の金属板 2 を接合するものであってもよい。

【0055】

摩擦攪拌接合装置 1 は上下に重ね合わされた 2 枚の金属板 2 を接合していたが、重ね合わされる方向や金属板 2 の配置等には限定されない。例えば、上記実施形態の摩擦攪拌接

50

合装置 1 をツール 7 の延在方向が左右方向となるように配置し、左右に重ね合わされた 2 枚の金属板 2 を接合するように構成してもよい。また、突起 2 6 の突端面 2 6 A は接合対象となる金属板 2 の外面に略平行をなし、接合位置において突端面 2 6 A が金属板 2 の外面に概ね当接するように構成するとよい。

【 0 0 5 6 】

上記第 1 実施形態では、接合位置において突起 2 6 の突端面 2 6 A が第 2 金属板 2 B に当接するように構成されていたがこの態様には限定されない。接合位置において突起 2 6 の突端面 2 6 A が第 2 金属板 2 B の上面から若干離間するように配置されていてもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 7 】

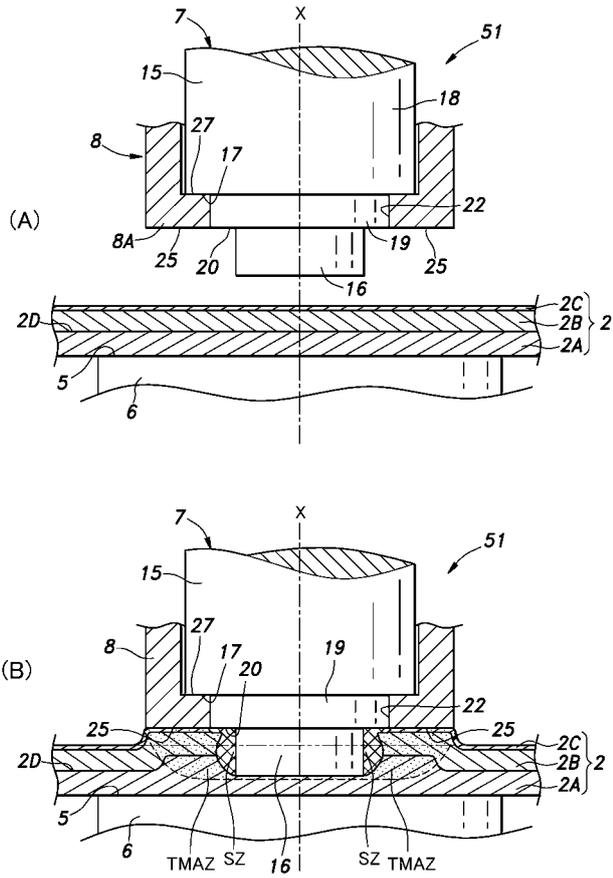
- 1 : 第 1 実施形態に係る摩擦攪拌接合装置
- 2 : 金属板
- 7 : ツール
- 8 : ショルダ
- 1 5 : 軸部
- 1 6 : プローブ
- 1 7 : 大径部端面
- 1 8 : 大径部
- 1 9 : 小径部
- 2 0 : 軸部端面
- 2 2 : 貫通孔
- 2 5 : ショルダ面
- 2 6 : 突起
- 2 6 A : 突端面
- 2 6 B : 内周面
- 2 7 : 対向面
- 5 1 : 第 2 実施形態に係る摩擦攪拌接合装置
- T M A Z : 塑性変形部
- X : 軸線

10

20



【 図 5 】



フロントページの続き

(72)発明者 木村 良

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 4E167 BG06 BG26