(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2012-192437
(P2012-192437A)
(43)公開日　平成24年10月11日(2012.10.11)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
B23K 20/12 (2006.01)	B23K 20/12 344	4E167

審査請求 未請求　請求項の数 3　OL　（全 9 頁）

(21)出願番号　特願2011-58783 (P2011-58783)
(22)出願日　平成23年3月17日 (2011.3.17)

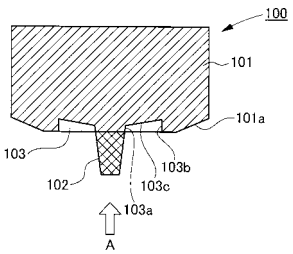
（出願人による申告）国等の委託研究の成果に係る特許出願（文部科学省、平成２２年度　エネルギー対策特別会計委託事業「液体金属中で適用可能な摩擦攪拌接合補修装置の開発」、産業技術力強化法第１９条の適用を受ける特許出願）

(71)出願人　000006208
三菱重工業株式会社
東京都港区港南二丁目１６番５号
(74)代理人　100078499
弁理士　光石　俊郎
(74)代理人　230111796
弁護士　光石　忠敬
(74)代理人　230112449
弁護士　光石　春平
(74)代理人　100102945
弁理士　田中　康幸
(74)代理人　100120673
弁理士　松元　洋

最終頁に続く

(54)【発明の名称】摩擦攪拌接合工具

(57)【要約】
【課題】ピン挿入時に発生する塑性流動化した母材が漏れ出さずバリの発生を防止し、しかも、安定した接合を可能にする。
【解決手段】摩擦攪拌接合工具１００は、回転ロッド１０１のショルダ面１０１ａにピン１０２を備えている。ピン１０２の基端の周縁に沿って回収溝１０３を形成している。回収溝１０３の体積は、母材に挿入されるピン１０２の体積と等しくなっている。ピン挿入時に発生する塑性流動化した材料は、回収溝１０３内に充填・回収され、バリにならない。また、回収溝１０３が充填された材料で埋められるため、加圧力が抜けることなく、安定した接合ができる。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
回転ロッドと、この回転ロッドの先端面であるショルダ面に前記回転ロッドと同軸となって突出しているピンを備えた摩擦撹拌接合工具において、
前記ピンに対して同心状となっている円環状の回収溝が形成されており、しかも、前記ピンの外周面と前記回収溝の内周側の溝壁面とが連続した面になっており、
前記ピンのうち被接合材に挿入される体積が、前記回収溝の体積と同一またはそれ以上になっていることを特徴とする摩擦撹拌接合工具。
【請求項２】
前記回収溝は、前記ピンに対して同心状となっている円環状の凹みを前記ショルダ面に形成して構成されていることを特徴とする請求項１の摩擦撹拌接合工具。
【請求項３】
前記回転ロッドの周面と、前記ショルダ面のうち前記ピンの部分ならびに前記回収溝の径方向の幅に相当する部分を除く面とを覆うキャップを備え、
前記キャップの端面のうち前記ショルダ面側の端面と、前記ピンの外周面と、前記ショルダ面のうち前記キャップで覆われることなく露出した部分の面で、前記回収溝が形成されていることを特徴とする請求項１の摩擦撹拌接合工具。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は摩擦撹拌接合工具に関し、バリの発生を抑制することができるように工夫したものである。
【背景技術】
【０００２】
摩擦撹拌接合（ＦＳＷ：Friction Stir Welding）は、回転ロッドの先端面にピンを備えた摩擦撹拌接合工具を回転させながら、ピンを接合部に押し込み、回転している摩擦撹拌接合工具を接合線に沿って移動させていくことにより、摩擦熱によって軟化した材料を撹拌（塑性流動化）して接合する接合方法である。
【０００３】
ここで、図４を参照して、摩擦撹拌接合の手法を概説する。
図４(ａ)に示すように、円柱状の回転ロッド１１の先端面（ショルダ面）の中心にピン１２を備えた摩擦撹拌接合工具１０を回転させ、図４（ｂ）に示すように、摩擦撹拌接合工具１０を回転させつつピン１２を被接合材１に挿入し、図４（ｃ）に示すように、ピン１２を被接合材１に挿入した状態で摩擦撹拌接合工具１０を回転させつつ接合線に沿い移動し、最後に図４（ｃ）に示すように、ピン１２を被接合材１から引き抜く。
なお、図４において、αは接合領域、βはバリ、ｅｈはエンドホールである。
【０００４】
この摩擦撹拌接合は、通常の溶融溶接とは異なり、固相での接合が行われるため、金属組織が微細化し機械的特性に優れているという利点を有している。
【０００５】
かかる摩擦撹拌接合は、アルミニウムなどの軽金属材料の接合に利用されているが、近年では、ステンレス鋼などの鋼材のような、高強度材の接合にも適用されてきている。
【０００６】
ＦＳＷ施工をした場合には、条件によってはバリ（図４参照）が発生する。バリは、ピンの差し込み量が大きい場合や、入熱量が大きい場合に、材料の撹拌状況等によって発生する。
【０００７】
発生したバリは、美観を損なうと共に、疲労強度が低下する等の理由から、通常では、グラインダ等で除去される。接合される材料がアルミニウムなどの軽金属の場合には、グラインダ等でバリは、比較的容易に除去することができる。

【０００８】
ここで、バリ発生を低減したり、発生したバリを除去したりする従来手法を説明する。
特許文献１（特開２０００－３３４５７８）に示す技術では、回転ロッド（円柱状の工具本体）の外周部に、バリ取りカッタを一体的に備えている。
このため、摩擦撹拌接合工具が回転して発生したバリは、回転するバリ取りカッタにより切削されチップとして除去される。
【０００９】
特許文献２（特開２００２－２２４８５９）や特許文献３（特許第３２８３４３９号）に示す技術では、回転ロッドの先端面（ショルダ面）に、ピンに対して同心状となっている円環状の溝（メタル溜り部）を形成している。しかも、円環状の溝（メタル溜り部）は、回転ロッドの先端面（ショルダ面）の外周縁とピンの外周面との間の位置に形成されている。
このため、摩擦撹拌工具が回転・移動することにより生じた塑性流動化したメタルはメタル溜り部に入り、バリの発生を抑制することができる。
【００１０】
特許文献４（特開２００５－２３１５７６）に示す技術では、被接合材のうちバリが発生する部分に予め（接合前に）円弧を有する突起を形成しておく。そして摩擦撹拌接合をすると突起にバリが形成される。
このため、接合後にバリを突起と共に切除すると、バリが切除されるとともに突起の一部が切除される一方で、突起の円弧部分が残る。このように円弧部分が残るため、切除部分がなめらかとなる。
【先行技術文献】
【特許文献】
【００１１】
【特許文献１】特開２０００－３３４５７８
【特許文献２】特開２００２－２２４８５９
【特許文献３】特許第３２８３４３９号
【特許文献４】特開２００５－２３１５７６
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【００１２】
しかし、被接合材が鋼等の高強度材である場合には、接合で生じたバリが強固であるため、バリを除去することは難しい。
また、スタート部では、接合工具を被接合材に挿入していくことにより特に多くのバリが発生するが、このスタート部で発生したバリを除去することは、従来方法では困難であった。
【００１３】
また、液体金属（ナトリウム）中、水中等の特殊環境で摩擦撹拌接合をする場合には、狭隘環境等で視認性が悪いことが多く、バリの除去、切削したバリの回収等が非常に困難である。
【００１４】
更に、亀裂補修のように発生位置が特定できない場合には、通常の接合継手のように、継手形状による対策（特許文献４に示すような対策）は難しい。
【００１５】
本発明は、上記従来技術に鑑み、アルミニウムなどの軽金属のみならず鋼等の高強度材を摩擦撹拌接合する場合であっても、接合工具を被接合材に挿入する際にバリの発生を抑制することができる、摩擦撹拌接合工具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】
【００１６】
上記課題を解決する本発明の構成は、

回転ロッドと、この回転ロッドの先端面であるショルダ面に前記回転ロッドと同軸となって突出しているピンを備えた摩擦撹拌接合工具において、
前記ピンに対して同心状となっている円環状の回収溝が形成されており、しかも、前記ピンの外周面と前記回収溝の内周側の溝壁面とが連続した面になっており、
前記ピンのうち被接合材に挿入される体積が、前記回収溝の体積と同一またはそれ以上になっていることを特徴とする。

【００１７】

また本発明の構成は、
前記回収溝は、前記ピンに対して同心状となっている円環状の凹みを前記ショルダ面に形成して構成されていることを特徴とする。

【００１８】

また本発明の構成は、
前記回転ロッドの周面と、前記ショルダ面のうち前記ピンの部分ならびに前記回収溝の径方向の幅に相当する部分を除く面とを覆うキャップを備え、
前記キャップの端面のうち前記ショルダ面側の端面と、前記ピンの外周面と、前記ショルダ面のうち前記キャップで覆われることなく露出した部分の面で、前記回収溝が形成されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１９】

本発明の摩擦撹拌接合工具によれば、アルミニウムなどの軽金属材料のみならず鋼材のような高強度材を摩擦撹拌接合する場合であっても、ピンを挿入したときに挿入したピンの体積に相当する体積の塑性流動化した材料（母材）が、ピンの基端の周縁に沿って形成した回収溝に充填・回収されるため、塑性流動化した材料が外部に漏れることがなくなり、バリが発生しない。
しかも、回収溝は充填・回収された材料で埋められるため、母材に対して加圧することができ、安定した接合が容易にできる。
また、本発明の摩擦撹拌接合工具を用いれは、液体金属（ナトリウム）中、水中等の特殊環境であっても、摩擦撹拌接合をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【００２０】

【図１】本発明の実施例１に係る摩擦撹拌接合工具を示す構成図。
【図２】実施例１による接合手順を示す構成図。
【図３】本発明の実施例２に係る摩擦撹拌接合工具による接合手順を示す構成図。
【図４】従来技術の摩擦撹拌接合工具による接合手順を示す構成図。

【発明を実施するための形態】

【００２１】

以下、本発明の実施の形態について、実施例に基づき詳細に説明する。

【実施例１】

【００２２】

図１は本発明の実施例１に係る摩擦撹拌接合工具１００を示す。この摩擦撹拌接合工具１００は、円柱状の回転ロッド１０１の先端面であるショルダ面１０１ａに、ピン１０２を一体的に備えて構成されている。この摩擦撹拌接合工具１００は、鋼材のような高強度材を摩擦撹拌接合するのに用いて好適なものである。
ピン１０２は、回転ロッド１０１と同軸となって、ショルダ面１０１ａの中心から突出している。なお、ショルダ面１０１ａは、外周側から内周側に向かうにつれて凸となるテーパ面になっている。

【００２３】

前記ショルダ面１０１ａには、回収溝１０３が形成されている。この回収溝１０３は、図１のＡ矢視方向から見て、ピン１０２に対して同心状で円環状になった、溝（凹み）である。この回収溝１０３は、内周側の溝壁面１０３ａと、外周側の溝壁面１０３ｂと、底

面１０３ｃとで形成されている。
この回収溝１０３は、ピン１０２の基端の周縁に沿って形成されている。このため、ピン１０２の外周面と、回収溝１０３の内側の溝壁面１０３ａとが、連続した面になっている。
しかも、回収溝１０３の体積と、ピン１０２のうち被接合材に挿入される部分（図１ではクロスハッチングを付した部分）の体積とが等しくなるように、回収溝１０３が形成されている。
なお、ピン１０２のうち被接合材に挿入される部分（図１ではクロスハッチングを付した部分）の体積が、回収溝１０３の体積と同一またはそれ以上であってもよい。例えば、0.8×［ピン１０２のうち被接合材に挿入される部分の体積］＜［回収溝１０３の体積］≦［ピン１０２のうち被接合材に挿入される部分の体積］、とすることができる。
【００２４】
なお、摩擦撹拌接合工具１００は、耐摩耗材であるＰＣＢＮ（Polycrystalline Cubic Boron Nitride）や、タングステンレニウムや、ステライト（登録商標）や、超硬合金などで形成している。
【００２５】
次に図２を参照して、鋼材のような高強度材である被接合材２１を、摩擦撹拌接合工具１００により摩擦撹拌接合する手順を説明する。
【００２６】
図２（ａ）に示すように、摩擦撹拌接合工具１００を回転させる。
図２（ｂ）に示すように、摩擦撹拌接合工具１００を回転させつつピン１０２を被接合材２１に挿入していく。このようにピン１０２が挿入されていくと、挿入分に応じた体積の塑性流動化した材料γが回収溝１０３内に侵入してくる。
図２（ｃ）に示すように、ピン１０２の挿入が完了すると、挿入したピン１０２の体積に応じた体積となっている塑性流動化した材料γが回収溝１０３内に侵入し、材料γは回収溝１０３を充填してから固化する。
【００２７】
このように、ピン１０２の挿入に応じて排出された材料γは回収溝１０３内に充填・回収されて外に漏れ出ないため、バリは発生しない。
【００２８】
しかも、図２（ｃ）に示すように、回収溝１０３内には固化した材料γが充填されているため、ピン１０２を回転させつつ接合線に沿いスタート部からエンド部まで移動して摩擦撹拌接合する際においては、回収溝１０３内に材料γを保持したまま、母材である被接合材２１を加圧することができるため、安定した接合が可能となる。
【００２９】
結局、挿入時にピン１０２の体積に応じて排出された多量の材料γは、回収溝１０３で回収されて、バリとなることはなくなる。しかも、排出された材料γにより回収溝１０３が埋められるため、ピン１０２を回転させつつ接合線に沿い移動して摩擦撹拌接合する際には、摩擦撹拌接合工具１００に加わる加圧力は回収溝１０３内を充満した材料γを介して被接合材２１に加わることとなり、安定した接合が可能になる。
【００３０】
なお、スタートホールを開けピンをスタートホールに挿入するようにしたとすると、ピンの体積分が排出されることを防止できるが、高強度材ではスタートホールを開けると工具損傷する可能性が高くなるため、スタートホールは空けないで形成することが望ましい。
【実施例２】
【００３１】
次に本発明の実施例２に係る摩擦撹拌接合工具２００を、図３を参照して説明する。
実施例２の摩擦撹拌接合工具２００は、工具２１０とキャップ２２０とで構成されている。

そして、工具２１０とキャップ２２０との間の空間が、回収溝２３０になっている。

【００３２】

工具２１０は、回転ロッド２１１の先端面であるショルダ面２１１ａに、ピン２１２を一体的に備えて構成されている。

ピン２１２は、回転ロッド２１１と同軸となって、ショルダ面２１１ａの中心から突出している。なお、ショルダ面２１１ａは、外周側から内周側に向かうにつれて凸となるテーパ面になっている。

【００３３】

キャップ２２０は、回転ロッド２１１の周面と、ショルダ面２１１ａのうちピン２１２の部分ならびに回収溝２３０の径方向の幅に相当する部分を除く面とを覆っている。

【００３４】

このようなキャップ２３０を、工具２１０に備えることにより、回収溝２３０が形成されている。この回収溝２３０は、キャップ２２０の端面のうちショルダ面２１１ａ側の端面２２０ａと、ピン２１２の外周面と、ショルダ面２１１ａのうちキャップ２３０で覆われることなく露出した部分の面で形成されている。

したがって、ピン２１２の外周面のうち下側部分が回収溝２３０の内側の溝壁面となっており、これにより、ピン２１２の外周面と回収溝２３０の内側の溝壁面とが、連続した面になっている。

【００３５】

しかも、回収溝２３０の体積と、ピン２１２のうち被接合材に挿入される部分の体積とが等しくなるように、回収溝２３０が形成されている。

なお、ピン２１２のうち被接合材に挿入される部分の体積が、回収溝２３０の体積と同一またはそれ以上であってもよい。例えば、0.8×［ピン２１２のうち被接合材に挿入される部分の体積］＜［回収溝２３０の体積］≦［ピン２１２のうち被接合材に挿入される部分の体積］、とすることができる。

【００３６】

なお、工具２００やキャップ２２０は、耐摩耗材であるＰＣＢＮ（Polycrystalline Cubic Boron Nitride）や、タングステンレニウムや、ステライト（登録商標）や、超硬合金などで形成している。

【００３７】

このような、摩擦撹拌接合工具２００により摩擦撹拌接合する手順を説明する。

図３（ａ）に示すように、摩擦撹拌接合工具２００を回転させる。

図３（ｂ）に示すように、摩擦撹拌接合工具２００を回転させつつピン２１２を被接合材２１に挿入していく。このようにピン２１２が挿入されていくと、挿入分に応じた体積の塑性流動化した材料γが回収溝２３０内に侵入してくる。

図３（ｃ）に示すように、ピン２１２の挿入が完了すると、挿入したピン２１２の体積に応じた体積となっている塑性流動化した材料γが回収溝２３０内に侵入し、材料γは回収溝２３０を充填してから固化する。

【００３８】

このように、ピン２１２の挿入に応じて排出された材料γは回収溝２３０内に充填・回収されて外に漏れ出ないため、バリは発生しない。

【００３９】

しかも、図３（ｃ）に示すように、回収溝２３０内には固化した材料γが充填されているため、ピン２１２を回転させつつ接合線に沿いスタート部からエンド部まで移動して摩擦撹拌接合する際においては、回収溝２３０内に材料γを保持したまま、母材である被接合材２１を加圧することができるため、安定した接合が可能となる。

【００４０】

結局、挿入時にピン２１２の体積に応じて排出された多量の材料γは、回収溝２３０で回収されて、バリとなることはなくなる。しかも、排出された材料γにより回収溝２３０が埋められるため、ピン２１２を回転させつつ接合線に沿い移動して摩擦撹拌接合する際

には、摩擦撹拌接合工具２００に加わる加圧力は回収溝２３０内を充満した材料γを介して被接合材２１に加わることとなり、安定した接合が可能になる。

【産業上の利用可能性】

【００４１】

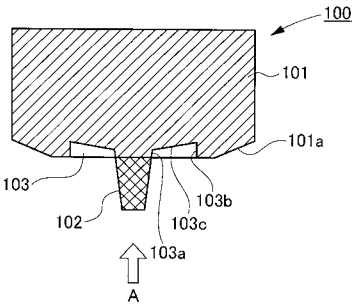
本発明は、鋼材のような高強度材を摩擦撹拌接合する摩擦撹拌接合工具のみならず、アルミニウムなどの軽金属材料を摩擦撹拌接合する摩擦撹拌接合工具にも適用することができる。

【符号の説明】

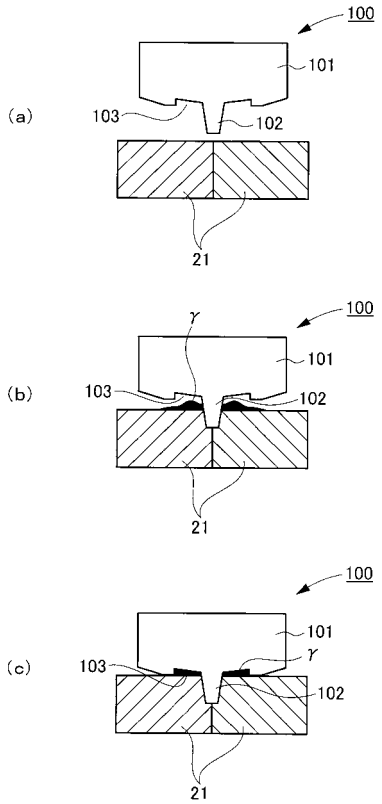
【００４２】

１、２１　被接合材
１０、１００、２００　摩擦撹拌接合工具
１１、１０１、２１１　回転ロッド
１０１ａ、２１１ａ　ショルダ面
１２、１０２、２１２　ピン
１０３、２３０　回収溝
２１０　工具
２２０　キャップ
２２０ａ　端面
α　接合領域
β　バリ
γ　材料

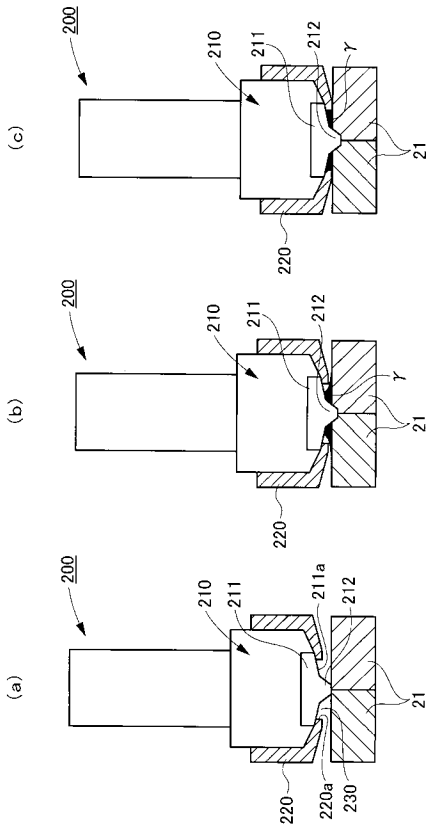
【図１】



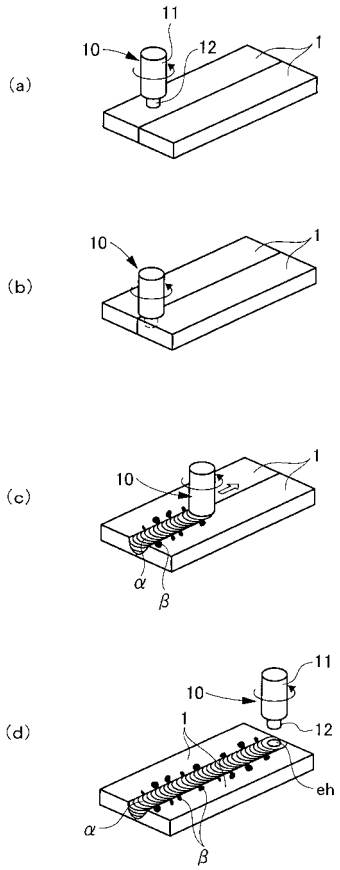
【図２】



【図３】


(c)
200
210
211
212
γ
21
220
(b)
200
210
211
212
γ
21
220
(a)
200
210
211
211a
212
21
220
220a
230

【図４】


(a)
11
10
12
1
(b)
10
1
(c)
10
1
α
β
(d)
11
10
12
1
eh
α
β

フロントページの続き

(72)発明者　藤谷　泰之
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　道下　幸雄
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　渡部　裕二郎
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内
(72)発明者　森本　将明
東京都港区港南二丁目１６番５号　三菱重工業株式会社内

Ｆターム(参考) 4E167 AA02　AA06　BG05　BG06　BG08　BG10　BG12　BG22　CB06　CB07