

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4869817号
(P4869817)

(45) 発行日 平成24年2月8日(2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年11月25日(2011.11.25)

(51) Int. Cl. F 1
B 2 3 K 20/12 (2006.01) B 2 3 K 20/12 3 4 4
B 2 3 K 20/14 (2006.01) B 2 3 K 20/14
B 2 3 K 103/04 (2006.01) B 2 3 K 103:04

請求項の数 3 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2006-207214 (P2006-207214)	(73) 特許権者	000000974
(22) 出願日	平成18年7月28日 (2006.7.28)		川崎重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2008-30096 (P2008-30096A)		兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(43) 公開日	平成20年2月14日 (2008.2.14)	(74) 代理人	100075557
審査請求日	平成21年7月23日 (2009.7.23)		弁理士 西教 圭一郎
		(74) 代理人	100072235
			弁理士 杉山 毅至
		(72) 発明者	大橋 良司
			兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
		(72) 発明者	古賀 信次
			兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被接合物の接合部に、接合ツールを回転させながら押し付けて、摩擦熱によって軟化した部分へ没入させ、この軟化した部分を攪拌しながら被接合物の接合部を固相接合する摩擦攪拌接合装置であって、

前記接合ツールの少なくとも被接合物に接触する領域には、窒化アルミニウムからなる皮膜が形成され、

前記接合ツールは、回転駆動源から伝達された回転力によって回転されるように構成された攪拌ロッドの下端部に着脱可能に連結される固定具によって、前記攪拌ロッドの下端部に着脱可能に装着されることを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

10

【請求項2】

前記接合ツールが没入する被接合部に向けて不活性ガスを供給する不活性ガス供給手段を含むことを特徴とする請求項1記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項3】

前記皮膜は、化学的蒸着法、物理的蒸着法および溶射のいずれか1つによって形成され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装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般構造用鋼材、建築用構造用鋼材および自動車用鋼板などの鉄鋼材料から

20

なる被接合物を接合するために好適に実施することができる摩擦攪拌接合装置に関する。

【背景技術】

【0002】

典型的な従来技術は、特許文献1に記載されている。この従来技術では、耐熱性合金からなる基材の中心軸線上に、被接合物と接触するピン部が一体的に形成される接合ツールにおいて、前記ピン部を含む外周部分を、窒化珪素(Si_3N_4)系のセラミックからなる皮膜によって覆うことによって、高温域における硬度の低下を抑制し、鉄鋼材料である被接合物との摩擦に対する強度の低下を抑制している。

【0003】

このような従来技術では、被接合物として、JIS規格でSS400として規定される鉄鋼材料を対象とし、また接合ツールの基材は、Fe、Ni、CoおよびWの少なくとも1種を主成分とする耐熱性合金からなる。

10

【0004】

他の従来技術は、特許文献2, 3に記載されている。これらの従来技術では、被接合材の接合部近傍に N_2 、He、Arなどの不活性ガスを吹き付けて、酸化物の生成を抑制し、接合不良を改善することが提案されている。

【0005】

さらに他の従来技術は、特許文献4に記載されている。この従来技術では、接合ツールの基材の表面にダイヤモンドからなる皮膜を形成して、アルミニウム合金、マグネシウム合金および銅合金などからなる被接合材の成分が接合ツールに溶着し、あるいは合金化することを防止して、接合ツールの長寿命化を図ることが提案されている。

20

【0006】

【特許文献1】特開2004-82144号公報

【特許文献2】特開2000-301363号公報

【特許文献3】特開2002-248583号公報

【特許文献4】特開2003-326372号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前記特許文献1に記載される従来技術では、アルミニウム合金などに比べて融点の高い鉄鋼材料を対象として摩擦攪拌によって接合するため、窒化珪素などによって皮膜が形成された接合ツールが用いられる。このような接合ツールは、被接合物との摩擦による発熱によって、接合ツールを構成する材料の化学的な分解および構成元素の被接合物への拡散が生じ、接合ツールのショルダ部およびピン部などの被接合物に接触して攪拌駆動力を発生させる部位が著しく摩耗する。

30

【0008】

前記接合ツールの基材として、超硬合金であるたとえばタングステンカーバイドの1000における標準生成エネルギーは -10 kcal/g ・原子と比較的大きいため、高温環境下では分解が生じ易く、熱的に不安定である。また、鋼中へのタングステンの固溶を生じ易い。これらの現象によって生じる接合ツールの摩耗が摩擦攪拌領域の形成を損なうため、接合強度の低下を招き、僅かな使用で高価な接合ツールの寿命が尽きるため、経済性が悪いという問題がある。

40

【0009】

さらに、鉄鋼材料の摩擦攪拌接合では、接合ツールの回転速度は $250 \sim 1500\text{ rpm}$ とすることが多く、 1500 rpm 以上に高い回転速度にすると摩擦発熱量が増加するため、被接合物が早期に加熱され、接合時間の短縮および接合強度の向上が図れるが、接合ツールの摩耗が加速され、高価な接合ツールの寿命を考慮すると、回転速度を大きくするには限界があり、接合時間の短縮および接合強度の向上が制限されるという問題がある。

【0010】

50

また、前述の特許文献 2 , 3 に記載される各従来技術では、接合不良を改善するために、被接合材の接合部近傍に不活性ガスを吹き付けて酸化物の生成を抑制することが提案されるが、被接合材が鉄鋼材料である場合、前述の特許文献 1 の従来技術と同様な問題がある。

【 0 0 1 1 】

さらに、前述の特許文献 4 の従来技術では、接合ツールの基材の表面にダイヤモンドからなる皮膜を形成することによって、被接合材の成分の接合ツールへの溶着および合金化することを防止して、接合ツールの長寿命化を図ることが提案されるが、この従来技術においても、被接合材が鉄鋼材料である場合、皮膜の構成元素である炭素が鉄鋼材料と化学反応してしまい、前述の特許文献 2 , 3 の各従来技術と同様な問題がある。

10

【 0 0 1 2 】

本発明の目的は、接合ツールの耐久性を向上し、接合ツールの高速回転による被接合物の接合時間の短縮を図り、被接合物の接合部の強度低下を防止することができる摩擦攪拌接合装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明は、被接合物の接合部に、接合ツールを回転させながら押し付けて、摩擦熱によって軟化した部分へ没入させ、この軟化した部分を攪拌しながら被接合物の接合部を固相接合する摩擦攪拌接合装置であって、

前記接合ツールの少なくとも被接合物に接触する領域には、窒化アルミニウムからなる皮膜が形成され、

20

前記接合ツールは、回転駆動源から伝達された回転力によって回転されるように構成された攪拌ロッドの下端部に着脱可能に連結される固定具によって、前記攪拌ロッドの下端部に着脱可能に装着されることを特徴とする摩擦攪拌接合装置である。

【 0 0 1 4 】

また本発明は、前記接合ツールが没入する接合部に向けて不活性ガスを供給する不活性ガス供給手段を含むことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

さらに本発明は、前記摩擦攪拌接合装置において、前記皮膜は、化学的蒸着法、物理的蒸着法および溶射のいずれか 1 つによって形成されることを特徴とする。

30

【 0 0 1 8 】

本発明に従えば、被接合物は鉄鋼材料を対象とする。この被接合物の接合部には、皮膜が形成された接合ツールを回転させながら被接合物の接合部に押し付けて、摩擦熱によって軟化した部分へ没入させ、この軟化した部分を攪拌して、被接合物の接合部が固相接合される。

【 0 0 1 9 】

前記接合ツールの皮膜は、少なくとも被接合物に接触する領域に形成され、被接合物との親和力の低い窒化アルミニウムからなるので、被接合物と接合ツールとの間の化学反応による摩耗を防止し、接合ツールの長寿命化を図ることができる。また、接合ツールは、攪拌ロッドの下端部に着脱可能な固定具によって、攪拌ロッドの下端部に着脱可能に保持されるので、攪拌ロッドから固定具を分離することによって、接合ツールが損耗した場合に、新しい接合ツールに交換することができる。

40

【 0 0 2 0 】

また、前記接合部は、不活性ガス供給手段から供給される不活性ガスによって大気と遮断され、皮膜の酸化による接合ツールの劣化、損傷および剥離などが防がれる。

【 0 0 2 1 】

前記接合ツールの表面が窒化アルミニウムからなる皮膜によって覆われるので、前記接合ツールの被接合物に対する化学反応による摩耗が防止され、接合ツールの回転速度を大きくして被接合物の接合時間を短縮し、接合作業の効率を向上することができる。さらに、接合ツールの高速回転が可能となることによって、被接合物との接触による摩擦熱発生

50

量が増加し、被接合物の攪拌領域が拡大されるので、被接合物間の接合強度が向上される。また皮膜が窒化アルミニウムからなることによって、接合ツールの摩耗が防止されるので、接合ツールを構成する元素の被接合物中への拡散による固溶を防止し、被接合物の接合部の強度低下を防止することができる。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、接合ツールの表面に窒化アルミニウムからなる皮膜が形成されるので、接合ツールの摩耗を防止して耐久性を向上し、接合ツールの長寿命化を図ることができる。また接合ツールの皮膜の摩耗に対する耐性が向上されるので、接合ツールの回転速度を大きくして、接合作業の効率を向上することができる。さらに接合ツールの高速回転によって被接合物との摩擦発熱量を増加させることができるので、被接合物の攪拌領域を拡大し、被接合物の接合部の接合強度を向上することができる。さらに接合ツールの表面に窒化アルミニウムからなる皮膜が形成されることによって、接合強度の低下を招く有害なツール構成元素の接合部への侵入を防止することができる。また、接合ツールは、攪拌ロッドの下端部に着脱可能な固定具によって、攪拌ロッドの下端部に着脱可能に保持されるので、攪拌ロッドから固定具を分離することによって、接合ツールが損耗した場合に、新しい接合ツールに交換することができる。

10

【0023】

また、前記接合部が不活性ガスによって大気と遮断されるので、皮膜の酸化による接合ツールの劣化、損傷および剥離などを防ぐことができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

図1は本発明の実施の一形態の摩擦攪拌接合装置1を示す正面図であり、図2は接合ツール4のピン部48が被接合物2に没入した状態を示す一部の拡大断面図である。摩擦攪拌接合装置1は、鉄鋼材料からなる被接合物2の接合部3に、接合ツール4を回転させながら押し付けて、摩擦熱によって軟化した部分へ没入させ、この軟化した部分を攪拌して、被接合物2の接合部3を固相接合する装置本体5と、前記接合ツール4に向けて不活性ガスを供給する不活性ガス供給手段6とを含む。

【0025】

前記装置本体5は、軸線L1に沿って接合ツール4を移動させて被接合物2の接合部3をスポット接合するため、たとえば多関節ロボット7のロボットアーム8の手首9に設けられる。前記被接合物2は、自動車の車体および鉄道車両の構体などであって、相互に接合されるべき2枚の鋼板2a, 2bからなる。このような被接合物2を本実施の形態の摩擦攪拌接合装置1によって摩擦攪拌接合(Friction Stir Welding: 略称FSW)して、スポット接合する場合について説明する。

30

【0026】

なお、本実施の形態において鉄鋼材料とは、鋼材とも呼ばれ、組成からは、鋳鉄、炭素鋼および合金鋼などに分類され、用途からは、鋳物用鋳鉄、圧延鋼材、鋳鋼、鍛鋼などに分類される鉄鋼製品をいう。本発明は、このような鉄鋼材料に比べて融点の低いアルミニウム合金を被接合物2として排除するものではなく、本実施の形態の摩擦攪拌接合装置1によって摩擦攪拌接合が可能である。

40

【0027】

前記装置本体5は、前記多関節ロボット7の手首9が複数のボルトなどによって着脱可能に設けられる取付体11と、一側部に前記取付体11が固定される基体12と、基体12に収容される昇降駆動源13と、基体12に収容される回転駆動源14と、基体12に前記軸線L1に沿って昇降可能に設けられる昇降体15と、昇降体15の下端部に突出して設けられるツール保持体16と、ツール保持体16の下端部から突出する攪拌ロッド17と、攪拌ロッド17に着脱可能に設けられる前記接合ツール4と、基体12の前記一側部に固定される上端部から基体12の下方に配置される下端部にわたって略L字状に屈曲した屈曲アーム19と、屈曲アーム19の下端部に設けられる受け台20と、受け台20

50

に設けられ、接合ツール4の下方で被接合物2を支持する棒状の支持具21と、前記多関節ロボット7、昇降駆動源13、回転駆動源14および不活性ガス供給手段6の動作を制御するロボットコントローラ22とを含む。

【0028】

前記昇降駆動源13は、サーボモータと、このサーボモータの回転力を昇降体15に前記軸線L1の沿う上方および下方への直線移動力として伝達する昇降用動力伝達手段とによって構成される。前記昇降用動力伝達手段は、ボールねじ機構などによって実現される。また、前記回転駆動源14は、サーボモータと、このサーボモータの回転力を攪拌ロッド17の前記軸線L1まわりの回転として伝達する回転用動力伝達手段とによって構成される。前記回転用動力伝達手段は、タイミングベルトおよびこのタイミングベルトが巻き掛けられる複数のプーリなどによって実現される。

10

【0029】

前記ロボットコントローラ22は、パーソナルコンピュータおよびティーチングペンダントなどの入力装置から入力された指令に応答して、予め設定された動作プログラムを実行し、前記多関節ロボット7、昇降駆動源13、回転駆動源14および不活性ガス供給手段6を所定の動作条件に従って制御し、支持具21上に供給された被接合物2をスポット接合するように構成される。

【0030】

前記所定の動作条件は、たとえば接合ツール4の回転速度、接合部3への没入量、没入時間、押し付け力、ならびに不活性ガス供給手段6による不活性ガスの供給開始および供給停止などである。このようなロボットコントローラ22もまた、コンピュータによって実現され、前記動作プログラムが記憶された記憶装置、主制御装置および出力装置などを含む。

20

【0031】

前記不活性ガス供給手段6は、不活性ガスであるたとえばArガスが充填された圧力容器および圧力・流量調整ユニットなどによって実現され、圧力容器の容器弁から吐出される前記不活性ガスを、前記ロボットコントローラ22からの制御信号によって所定の流量および二次圧力で流出することができる不活性ガス供給源27と、ツール保持体16の下端部に気密に装着され、攪拌ロッド17の前記ツール保持体16から下方へ突出する部分および接合ツール4を外囲する略円筒状のカバー体28と、このカバー体28に接続されるニップル29と、ニップル29に不活性ガス供給源27から吐出される不活性ガスを導くガス誘導管30と、ツール保持体16およびカバー体28間に介在される円筒状のシール部材31とを有する。

30

【0032】

前記カバー体28は、直円筒状の胴部32と、胴部32の軸線方向一端部に連なり、胴部32から離反するにつれて直径が減少する円錐台状の案内部33とを有する。胴部32の軸線方向他端部は、ツール保持体16の下端部を外囲するように装着され、複数のボルトなどによって前記シール部材31とともに前記ツール保持体16の下端部に着脱可能に取り付けられる。

【0033】

このようなカバー体28は、たとえば高温の溶融金属の飛沫の付着などによる損傷を防止するため、アルミニウム合金からなってもよく、また交換が容易で軽量のエンジニアリングプラスチックなどの汎用合成樹脂からなってもよく、さらに接合ツール4などの高速回転に伴う振動に対する疲労による破損を防止するため、繊維強化プラスチック(略称FRP)からなってもよい。

40

【0034】

前記案内部33の被接合物2に対向する端面34は、前記胴部32の軸線に垂直な仮想一平面に平行である。また被接合物2は、棒状の支持具21に支持された状態で、支持具21の軸線に垂直な仮想一平面に平行に配置される。この支持具21の軸線は前記接合ツール4の軸線L2に垂直である。

50

【0035】

このような状態で、前記案内部33の端面34は、被接合物2の上面に対して僅かな間隔Lをあけて離間している。この間隔Lは、1～3mmに選ばれる。前記胴部32の軸線は、前記接合ツール4の軸線L2と共通な一直線上に存在する。

【0036】

前記ツール保持体16の下端面16aと被接合物2の上面2c(すなわち上方の鋼板2aの上面)との間には、前記カバー体28によって環状の空間Sが形成され、この空間Sには前記ニップル29から不活性ガスをたとえば25リットル/分で供給して、大気圧よりも僅かに高い圧力に保ち、大気の浸入が阻止された不活性ガス雰囲気とし、接合ツール4によって被接合物2の接合部3を摩擦攪拌接合が行なわれる。

10

【0037】

このとき、空間S内にニップル29から供給された不活性ガスは、胴部32よりも流路断面積が減少する案内部33に導かれて、カバー体28と被接合物2と間の前記間隔Lの隙間から微小な流量で漏洩し、これによってカバー体28内の空間S、特に接合ツール4の周囲は不活性ガスによって常に充たされた状態に保たれるので、図4に関連して後述するように、基材51の表面が皮膜50によって覆われた接合ツール4を回転させながら被接合物2に押し付け、接合ツール4と被接合物2との間で発生した摩擦熱によって接合部3が軟化し、この軟化した部分を攪拌して接合部3が固相接合されるが、接合部3は不活性ガスによって大気と遮断されているので、前記皮膜50の酸化接合ツール4の劣化、損傷および剥離などを防ぐことができる。

20

【0038】

本実施の形態では、前記ニップル29をカバー体28の胴部32の軸線方向のほぼ中央部の1箇所に軸線L1に向けて設ける構成を例示したが、本発明の実施の他の形態では、前記ニップル29を胴部32に軸線L2に向けて周方向に等間隔をあけて複数箇所、たとえば2～3箇所に設けるようにしてもよく、1～3箇所に攪拌ロッド17と胴部32との間に向けて傾斜して設けるようにしてもよく、さらに1～3箇所に直接、接合部3または接合ツール4に向けて不活性ガスが噴射されるように設けるようにしてもよい。

【0039】

また、本発明の実施のさらに他の形態では、前記ニップル29に代えてノズルを用いるようにしてもよい。前記ノズルを用いることによって、不活性ガスの供給方向に指向性を持たせ、摩擦攪拌が開始される直前にノズルから接合部3に向けて噴射し、短時間で接合ツール4の周囲の空間を不活性ガス雰囲気とし、高温部と大気との接触を阻止するようにしてもよい。

30

【0040】

図3は接合ツール4の攪拌ロッド17への取り付け構造を示す斜視図であり、図3(1)は接合ツール4を攪拌ロッド17から分離した状態を示し、図3(2)は接合ツール4が攪拌ロッド17に取り付けられた状態を示す。攪拌ロッド17は、円柱状に形成され、その下端部40には外ねじ41が刻設された嵌合部42が形成される。嵌合部42には、接合ツール4が部分的に嵌合する嵌合凹所43が形成される。また嵌合部42には、前記外ねじ41に螺合する内ねじ44が刻設された固定具45が螺着される。

40

【0041】

前記外ねじ41および内ねじ44は、攪拌ロッド17の回転方向とは逆方向に固定具45が回転することによって締め付けられるように形成され、接合ツール4が被接合物2から回転方向とは逆方向の反力を受けて、この反力によって固定具45が接合中に緩むことがないように構成されている。また、嵌合凹所43は、攪拌ロッド17の軸線L2に同軸に形成され、この軸線L2に垂直な断面形状が正方形とされ、嵌合凹所43に嵌合した接合ツール4のとも回りを防止している。

【0042】

接合ツール4は、装着部46と、ショルダ部47と、ピン部48とを有する。ショルダ部47は、装着部46に連なり、ピン部48はショルダ部47に連なって一体的に形成さ

50

れる。ショルダ部 47 とピン部 48 とは、円柱状または円錐状に形成され、ショルダ部 47 よりもピン部 48 の直径が小さく形成される。これらのショルダ部 47 およびピン部 48 は、本実施の形態では同軸に形成されるが、本発明の実施の他の形態ではピン部 48 がショルダ部 47 に対して偏心した軸線上に形成されてもよい。

【0043】

装着部 46 は、攪拌ロッド 17 の嵌合凹所 43 に緩やかに嵌合可能に形成される。装着部 46 の形状は、嵌合凹所 43 が略直方体状の空間に対応させて略直方体形状に形成され、軸線 L2 に垂直な断面形状が正方形とされる。これらのショルダ部 47 およびピン部 48 の直径および軸線方向の寸法は、被接合材の材質、接合条件、接合強度および接合跡の形状などを考慮して、最適な値に予め決定される。たとえばショルダ部 47 の直径は 10 mm に設定され、ピン部 48 の直径は 4 mm に設定される。

10

【0044】

装着部 46 が嵌合凹所 43 に緩やかに嵌合した状態では、図 3 (2) に示されるように、ショルダ部 47 は、部分的に攪拌ロッド 17 から突出し、またピン部 48 はショルダ部 47 から突出している。

【0045】

固定具 45 は、攪拌ロッド 17 の下端部 40 に着脱可能に形成される。固定具 45 には、貫通孔 49 が形成され、この貫通孔 49 から接合ツール 4 のショルダ部 47 の一部とピン部 48 とが突出し、装着部 46 の前記ショルダ部 47 の周囲の四隅が固定具 45 によって押えられ、接合ツール 4 が攪拌ロッド 17 の下端部 40 に装着される。

20

【0046】

接合ツール 4 を攪拌ロッド 17 に装着した状態では、装着部 46 および嵌合凹所 43 が直方体形状に形成されるので、接合ツール 4 が接合時に被接合物 2 から回転方向とは逆方向に大きな反力を受けても、接合ツール 4 が攪拌ロッド 17 の軸線 L2 まわりに角変位することが阻止される。また、接合ツール 4 は固定具 45 によって攪拌ロッド 17 の下端部 40 に保持されるので、攪拌ロッド 17 から固定具 45 を螺退させて分離することによって、接合ツール 4 が損耗した場合に、新しい接合ツール 4 に交換することができる。

【0047】

このような接合ツール 4 は、窒化珪素 (Si_3N_4) を主成分とする材料からなり、焼結することによって装着部 46、ショルダ部 47 およびピン部 48 が一体に形成され、これらの表面には後述するように皮膜 50 が形成される。前記攪拌ロッド 17 および固定具 45 は、たとえば SKD-61 などの工具鋼によって形成される。

30

【0048】

図 4 は接合ツール 4 の一部の拡大断面図である。前記接合ツール 4 の少なくとも被接合物 2 に接触する領域であるショルダ部 47 およびピン部 48 を含む全表面には、被接合物 2 に対して耐摩耗性の高い材料である窒化アルミニウム (AlN) からなる皮膜 50 が形成される。このような皮膜 50 が形成される基材 51 は、前述のように窒化珪素を主成分とする硬質材料からなり、その表面に前記皮膜 50 が化学的蒸着法 (Chemical Vapor Deposition、略称 CVD)、物理的蒸着法 (Physical Vapor Deposition、略称 PVD) または溶射法によって形成される。前記皮膜 50 の厚さ T は、たとえば $1\ \mu m \sim 20\ \mu m$ に選ばれる。

40

【0049】

前記窒化アルミニウムは、熱伝導率 $170 \sim 180\ W/m \cdot k$ 、熱膨張係数 $5 \times 10^{-6} /$ 、モース硬さ 9 の材料であり、被接合物 2 として用いる鉄鋼材料に対して高温であっても化学反応がなく、あるいは極めて少ない材料として採用することができる。次に、接合ツール 4 の表面に前記皮膜 50 を形成するための手法について述べる。

【0050】

図 5 は皮膜 50 を有する接合ツール 4 を形成する方法を説明するためのフローチャートであり、図 6 は表面に皮膜 50 が一体的に形成された接合ツール 4 を作製するまでの各工程を模式的に示す図であり、図 6 (1) は皮膜 50 を形成する基材 51 を示し、図 6 (2)

50

)は基材51に予備皮膜50aを形成した状態を示し、図6(3)は予備皮膜50aを基材51に加熱処理によって一体化した状態を示し、図6(4)は予備皮膜50aを基材51に一体化して接合ツール4が完成した状態を示す。

【0051】

まず、ステップs1で、図6(1)に示されるように、窒化珪素からなる接合ツール4の基材51を準備し、ステップs2で、この基材51のピン部48およびショルダ部47の表面に、図6(2)に示されるように、アルミニウム系材料からなる予備皮膜50aを形成する。アルミニウム系材料としては、純アルミニウム、アルミニウム合金を用いるようにしてもよい。

【0052】

予備皮膜50aを形成する方法としては、前記アルミニウム系材料の粉末を接合ツール4に塗布してもよく、あるいはアルミニウム箔を被せてもよく、さらにアルミニウム系材料に対して接合ツール4を回転させながら圧入することによって接合ツール4の表面に予備皮膜を形成するようにしてもよい。

【0053】

こうして、ステップs3で窒化珪素(Si_3N_4)からなる基材51の表面に予備皮膜50aを形成してプレコート処理が完了すると、ステップs4で前記プレコートした基材51を、常圧または加圧された窒素雰囲気中で加熱処理し、図6(3)に示されるように、窒化アルミニウム(AlN)から成る皮膜50を形成するとともに、皮膜50と基材51とを拡散によって一体化させ、ステップs4で図6(4)に示されるように、基材51に皮膜50が一体化した接合ツール4が完成する。

【0054】

図7は皮膜50が形成されていない接合ツール4によって2枚の鋼板2a, 2bを摩擦攪拌によってスポット接合したときの接合部3の接合状態を示す光学顕微鏡写真であり、図中のセクションAはツールのピンによって形成された摩擦攪拌領域を含む領域である。

【0055】

図8は図7のセクションAについて接合ツールの元素を電子線マイクロアナライザー(Electron Probe Micro Analyzer、略称E P M A)によって分析した結果であり、図8(2)は図7のセクションAを拡大したもので、図8(1)は図8(2)の領域についてのE P M A分析による珪素のマッピング結果である。図8(2)のC2で示される摩擦攪拌領域に対応して図8(1)のC1の領域で珪素(白点)の存在が確認でき、皮膜50が形成されていない接合ツール4を用いると、接合ツール4の基材51の組織である Si_3N_4 が被接合材2の摩擦攪拌領域へ混入してしまうことがわかる。

【0056】

図9は熱処理後の接合ツール4の基材51と皮膜50との界面付近の断面像を示す拡大写真であり、図10は基材51と皮膜50との界面のアルミニウム(Al)に関するE P M Aによる線分析結果を示すグラフであり、図11は接合ツール4の基材51と皮膜50との界面近傍における Al と Si のE P M Aによる線分析の結果である。図10および図11において、縦軸は測定強度を示し、横軸は試料の測定範囲Wの距離Dを示す。

【0057】

図10および図11から明らかなように、界面近傍のアルミニウム(Al)および珪素(Si)の組成が傾斜しており、アルミニウム(Al)と窒素(Si)とが相互に原子拡散し、界面を挟んで基材51と皮膜50とが一体化されていることが確認された。

【0058】

図12は皮膜50のX線回折結果を示すグラフである。同図において、縦軸はX線回折強度(任意単位)であり、横軸は回折角(2θ)であり、窒化アルミニウム(AlN)の回折強度が強く現われた複数のピークによって、皮膜50の主成分が窒化アルミニウム(AlN)によって構成されていることが確認された。

【0059】

図13は被接合物2に皮膜50を形成した接合ツール4を用いて摩擦攪拌接合したとき

10

20

30

40

50

の接合時間と引張せん断強度との関係を示すグラフである。接合ツール4の回転速度を2500rpmおよび3500rpmの高速回転で接合時間を1.0秒~2.5秒に変化させて摩擦攪拌スポット接合した被接合物2を試験片として作製した。回転速度2500rpmで接合して試験片は、約4500N~約4700Nの引張せん断荷重を、また回転速度3500rpmで接合した試験片は、約4700N~約5150Nの引張せん断荷重を付与したとき、破断した。

【0060】

接合ツール4には窒化アルミニウム(AlN)の皮膜50が形成されるので、接合ツール4の回転速度を2500rpm~3500rpmの高速にすることができ、このような接合ツール4の高速化によって、被接合物2の引張せん断強度も向上されることが確認された。

10

【0061】

図14は摩擦攪拌接合の打点数とピン部48の直径の減少量と関係を示すグラフである。同図において、皮膜50を形成しない接合ツール4の直径の減少量を符号「 \square 」で示し、窒化チタン製皮膜50を形成した接合ツール4の直径の減少量を符号「 \triangle 」で示し、アルミナ製皮膜50を形成した接合ツール4の直径の減少量を符号「 \circ 」で示し、窒化アルミニウム製皮膜50を形成した接合ツール4の直径の減少量を符号「 \diamond 」で示す。

【0062】

同図から明らかのように、窒化アルミニウム(AlN)からなる皮膜50を形成した接合ツール4は、皮膜50を形成しないもの、窒化チタン(TiN)からなる皮膜50を形成したもの、およびアルミナからなる皮膜50を形成したものに比べて、ピン部48の摩耗は少なくとも打点数0~800まではピン部48の急激な摩耗は生じないことが確認された。

20

【0063】

このように接合ツール4に窒化アルミニウム(AlN)からなる皮膜50を形成することによって、耐摩耗性が向上し、接合ツール4の回転の高速化を図り、接合ツール4の構成元素の接合部への侵入を防止するとともに高い接合強度を得ることができる。また、スポット接合を繰返す場合には、接合ツール4は、接合時に高温となり、次の接合部3へ移動するときに低温となる状態を繰返し、接合ツール4の温度変化が大きい。上述したように本実施の形態の接合ツール4は、耐熱衝撃性を有するので、急激な温度変化に耐えることができる。複数の接合部3へのスポット接合を繰返しても、接合ツール4として必要な強度を維持することができる。

30

【0064】

また、摩擦攪拌接合に当たって、ピン部48を接合部3に十分に没入させて高速で回転させることが可能であるので、接合部3の摩擦攪拌領域を大きくし接合強度を高めることができる。

【0065】

図15は、本発明の実施の他の形態である接合ツール104を示す斜視図である。接合ツール104は、前述の実施形態の接合ツール4と同様のショルダ部47およびピン部48を有し、装着部46の形状が異なる。したがってショルダ部47およびピン部48については、重複を避けて説明は省略し、同一の参照符号を付す。

40

【0066】

本実施の形態の接合ツール104において、装着部46は、板状に形成され、軸線L2に垂直な断面形状が略小判状に形成される。このような装着部46が嵌合する嵌合凹所43は、装着部46に緩やかに嵌合させることができるように、断面形状が装着部46の形状に相似の略小判状の空間に形成される。これによって装着部46が嵌合凹所32に嵌合された状態で、接合ツール104が攪拌ロッド17に対して軸線L2まわりに角変位することを阻止することができる。また固定具45が装着部46の軸線方向一方側端面に当接させて、装着部46の軸線方向両端面が固定具45と攪拌ロッド17とによって挟持されることによって、接合ツール104の軸線方向の変位を阻止し、図1に示す第1の実施形

50

態の接合ツール 4 と同様の効果を得ることができる。装着部 4 6 は、断面形状がショルダ部 4 7 の断面形状より大きく、固定具 4 5 による攪拌ロッド 1 7 への接合ツール 1 0 4 の押付け力が十分に大きければ、その断面形状は、円形状に形成されてもよい。押付け力が十分に大きいことによって、接合ツール 1 0 4 が被接合物 2 に接触したときに生じる回転反力に抗することでき、軸線 L 2 まわりの滑りを防いで接合ツール 1 0 4 を攪拌ロッド 1 7 とともに一体に回転させることができる。

【 0 0 6 7 】

また固定具 4 5 による攪拌ロッド 1 7 への接合ツール 1 0 4 の押付け力が小さい場合であっても、装着部 4 6 の軸線 L 2 に垂直な断面形状を、たとえば多角形および楕円形などの軸線 L 2 が通る中心から外周部までの距離が周方向に変化するような形状に形成すればよい。また後述する図 1 7 ~ 図 2 1 に示すように、固定具 4 5 に凹凸を形成してもよい。このようにすることによって、接合ツール 1 0 4 が被接合物 2 に接触したときに生じる回転反力に抗することでき、攪拌ロッド 1 7 に対する接合ツール 1 0 4 の滑りを防いで、接合ツール 1 0 4 を攪拌ロッド 1 7 とともに一体に回転させることができる。

10

【 0 0 6 8 】

図 1 6 は、本発明の実施のさらに他の形態である接合ツール 2 0 4 を示す斜視図である。接合ツール 2 0 4 は、装着部 4 6 の両側に軸線 L 2 と同軸に各複数のショルダ部 4 7 A , 4 7 B ; 4 8 A , 4 8 B が連なって一体的に形成される。詳述すると、接合ツール 2 0 4 は、装着部 4 6 の軸線方向一側面から第 1 ショルダ部 4 7 A が突出し、軸線方向他側面から第 2 ショルダ部 4 7 B が突出する。また第 1 ショルダ部 4 7 A の端面から第 1 ピン部 4 8 A が突出し、第 2 ショルダ部 4 7 B の端面から第 2 ピン部 4 8 B が突出する。各ショルダ部 4 7 A , 4 7 B および各ピン部 4 8 A , 4 8 B の形状については、前述の接合ツール 4 と同様であるので、説明は省略する。

20

【 0 0 6 9 】

第 3 実施形態の攪拌ロッド 1 7 の嵌合凹所 3 2 は、装着部 4 6 が緩やかに嵌合する形状に形成される。装着部 4 6 が嵌合凹所 3 2 に嵌合し、第 1 ショルダ部 4 7 A および第 1 ピン部 4 8 A が攪拌ロッド 1 7 から突出した状態で、第 2 ショルダ部 4 7 B および第 2 ピン部 4 8 B が嵌合凹所 3 2 に収容されるように形成される。すなわち嵌合凹所 3 2 は、装着部 4 6 が嵌合する嵌合領域と、2 つのうち一方のショルダ部 4 7 およびピン部 4 8 を収容する収容領域とを含んで形成される。

30

【 0 0 7 0 】

収容領域は、嵌合領域よりも、断面形状が小さく形成されることによって、嵌合凹所 3 2 に接合ツール 2 0 4 が嵌合された状態で、嵌合した部分が装着部 4 6 の端面に当接する。この状態で、装着部 4 6 の両端面が、固定具 4 5 と攪拌ロッド 1 7 とによって挟持される。これによって接合ツール 2 0 4 は、攪拌ロッド 1 7 に対して固定され、前述の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 7 1 】

さらに第 1 ショルダ部 4 7 A および第 1 ピン部 4 8 A のいずれかが磨耗すると、接合ツール 2 0 4 を反転して攪拌ロッド 1 7 に再装着して用いることができる。再装着した状態では、装着部 4 6 が嵌合凹所 3 2 に嵌合し、第 2 ショルダ部 4 7 B および第 2 ピン部 4 8 B が攪拌ロッド 1 7 から突出し、第 1 ショルダ部 4 7 A および第 1 ピン部 4 8 A が嵌合凹所 3 2 に収容される。このように、本実施の形態では 1 つの接合ツール 2 0 4 によって、片側にのみピン部およびショルダ部を有する接合ツールに比べて、摩耗時のツール交換作業を簡素化し、メンテナンス性を向上することができる。

40

【 0 0 7 2 】

図 1 7 は、本発明の実施のさらに他の形態である固定具 3 2 3 を示す平面図であり、図 1 8 は図 1 7 の切断面線 X V I I I - X V I I I から見た断面図である。本実施の形態では、図 1 に示す固定具 4 5 とは構成の異なる固定具 3 2 3 が用いられ、図 1 5 に示す接合ツール 1 0 4 を攪拌ロッド 1 7 に固定する場合を想定して説明する。固定具 3 2 3 は、接合ツール 1 0 4 の装着部 4 6 が嵌合する嵌合凹所 3 3 1 が形成される。すなわち、固定具

50

3 2 3 側に接合ツール 1 0 4 の角変位を防止する手段が形成される。固定具 3 2 3 は、嵌合凹所 3 3 2 が形成される以外は、前述の実施形態の固定具 4 5 と同様な構成であるので、対応する部分の説明は省略し、前述の実施形態の固定具 4 5 と同様の参照符号を付する。また本実施の形態では、攪拌ロッド 1 7 には前記嵌合凹所 4 3 が形成されておらず、下端部 4 0 の端面は平坦状に形成される。

【 0 0 7 3 】

具体的には、固定具 3 2 3 の端壁部 1 3 4 には、周壁部 1 3 5 が立設する外周部寄りに、円錐台状の嵌合凹所 3 3 1 を有する嵌合部 3 3 2 が一体的に形成される。嵌合部 3 3 2 には前記接合ツール 1 0 4 の装着部 4 6 の端面が当接するとともに、装着部 4 6 の外周面が当接する。装着部 4 6 は、嵌合凹所 3 3 1 に緩やかに嵌合し、嵌合した状態で固定具 3 2 3 に対する軸線 L 2 まわりの角変位が阻止される。この状態で、固定具 3 2 3 が攪拌ロッド 1 7 に螺着されることによって、攪拌ロッド 1 7 に接合ツール 1 0 4 が攪拌ロッド 1 7 に着脱可能に固定される。

10

【 0 0 7 4 】

また、攪拌ロッド 1 7 にショルダ部 4 7 およびピン部 4 8 が緩やかに嵌合することができる凹所が形成されることによって、図 1 6 に示す前記接合ツール 2 0 4 を攪拌ロッド 1 7 に固定することも可能である。このように本実施形態の固定具 3 2 3 を用いても、前述の各実施形態と同様の効果を得ることができる。さらに本実施の形態では、装着部 4 6 の形状が異なる場合には、装着部 4 6 の形状に応じた嵌合凹所 3 3 1 を有する固定具を用意すればよく、装着部 4 6 の形状に基づいて攪拌ロッド 1 7 の形状を変更する必要がない。したがって装着部 4 6 の形状が異なる複数の接合ツールを、攪拌ロッド 1 7 に固定することができる。

20

【 0 0 7 5 】

図 1 9 は、本発明の実施のさらに他の形態である接合ツール 4 0 4 を示す斜視図であり、図 2 0 はさらに他の実施形態の固定具 4 2 3 を示す断面図である。接合ツール 4 0 4 は、第 1 実施形態の接合ツール 4 と同様のショルダ部 4 7 およびピン部 4 8 を有し、装着部 4 2 4 の形状が異なる。したがってショルダ部 4 7 およびピン部 4 8 については、説明を省略して同一の参照符号を付す。

【 0 0 7 6 】

装着部 4 2 4 は、略円板状に形成され、ショルダ部 4 7 に同軸に形成される。装着部 4 2 4 は、固定具 4 5 , 3 2 3 および攪拌ロッド 1 7 の少なくともいずれかに当接する端面部に凹凸部 4 0 0 が形成される。ここで凹凸部 4 0 0 は、粗面形状、スプライン形状、蟻溝形状およびのこぎり溝状のいずれか 1 つを含んでもよい。装着部 4 2 4 は、固定具 4 5 , 3 2 3 および攪拌ロッド 1 7 によって挟持される。装着部 4 2 4 の前記ショルダ部 4 7 とは反対側の端面部に凹凸部 4 0 0 が、軸線 L 2 に直交する一直径線に平行に形成されることによって、攪拌ロッド 1 7 に対する接合ツール 4 0 4 の軸線 L 2 まわりの角変位を防止し、摩擦攪拌時に接合ツール 4 0 4 が被接合物 2 から受ける回転反力に抗することができる。

30

【 0 0 7 7 】

同様に固定具 4 2 3 および攪拌ロッド 1 7 の少なくともいずれかは、装着部 4 2 4 に当接する端面部に、軸線 L 2 に直交する一直径線に平行に凹凸部 4 0 1 が形成される。この凹凸部 4 0 1 が、接合ツールに形成される凹凸部 4 0 0 に嵌合することによって、攪拌ロッド 1 7 に対する接合ツール 4 0 4 の角変位を確実に防止することができる。このように接合ツール 4 0 4 の角変位を阻止する部分は、装着部 5 2 4 の両端面のうちいずれか一方だけに形成されてもよい。また装着部 5 2 4 の断面形状は、円形以外の形状、たとえば楕円形および長円形であってもよい。

40

【 0 0 7 8 】

図 2 1 は、本発明の実施のさらに他の形態の接合ツール 5 0 4 を示す斜視図である。本実施形態の接合ツール 5 0 4 においても、図 1 6 に示す前述の接合ツール 2 0 4 と同様に、装着部 5 2 4 の両側にショルダ部 4 7 A , 4 7 B と、ピン部 4 8 A , 4 8 B とがそれぞれ

50

れ形成される。このように第5実施形態の接合ツール504を用いた場合においても、前述の接合ツール4, 204と同様の効果を得ることができる。なお、装着部524の凹凸部400は、軸線方向一方側端面および軸線方向他方側端面のいずれに形成されてもよいが、両方に形成されてもよい。

【0079】

図22は、本発明の実施のさらに他の形態の撹拌ロッド821を示す底面図である。撹拌ロッド821は、外ねじ部に上述する位置決め突部または嵌合部が形成される。接合ツール622は、撹拌ロッド721と同軸に位置決めされた状態で、軸線方向に予め定める所定範囲内で角変位可能に形成される。これによって撹拌ロッド821への接合ツール622の装着を容易に実現することができる。また接合時にあたっては、接合ツール622が撹拌ロッド821と同軸の状態を保って、所定範囲だけ角変位することによって、撹拌ロッド821に形成される位置決め突部または嵌合部に当接して、さらなる角変位が阻止される。固定具45と撹拌ロッド821とによって装着部624の両端面を挟持して、接合ツール622の軸線方向の変位を拘束することは、前述の各実施形態と同様である。これによって撹拌ロッド821に対する接合ツール622の角変位の影響をなくして、摩擦撹拌接合を行うことができる。

【0080】

前記撹拌ロッド821は、外ねじ部833に没入する嵌合凹所831が形成される嵌合部832が形成される。嵌合部832は、2つの略扇形状の空間が撹拌ロッド821の軸線L2を挟んで対向する。嵌合部832は、軸線L2を中心とする半径に沿って延びる第1周面800と、第1周面800の縁辺から軸線L2に向かって延びる第2周面801とを有する。

【0081】

本実施の形態では、装着部624が嵌合凹所831に嵌合した状態で、接合ツール622が、撹拌ロッド821と同軸に配置される。この状態で、装着部624は、軸線L2まわりに一方向に角変位すると、装着部624の外周面が第2周面に面接触し、さらなる角変位が阻止される。

【0082】

前述した実施の各形態の接合ツールは、難接合部材である鉄鋼材料のスポット接合に好適に用いることができるが、難接合部材以外、たとえばアルミニウム材料およびアルミニウム合金材料などの接合にも適用することができる。またスポット接合以外にも用いてもよい。

【0083】

また嵌合部32と装着部24との形状は発明の例示にすぎず、撹拌ロッド17または固定具45に接合ツールが装着可能な構造が、撹拌ロッド17または固定具45のいずれかと、接合ツール22とに形成されていればよい。たとえば接合ツール4に嵌合凹所が形成され、撹拌ロッド17または固定具45に嵌合凹所に嵌合する嵌合部が形成されてもよい。また本実施の形態では、固定具45を用いて接合ツールを撹拌ロッド17に固定する構成について説明したが、固定具45を用いずに、撹拌ロッド17に接合ツールが直接固定されてもよい。たとえば接合ツールにねじ山が形成されてもよい。また接合装置51の構成は、適宜変更可能であり、多関節ロボットによって搬送されなくてもよい。また接合装置51に撹拌ロッド17が固定される構成であってもよい。また接合ツールの基材は、窒化珪素であるとしたが、高い硬さを有する材料であれば窒化珪素以外であってもよい。たとえば窒化物、酸化物および炭化物の少なくともいずれかを含む工具材料であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】本発明の実施の一形態の摩擦撹拌接合装置1を示す正面図である。

【図2】接合ツール4のピン部48が被接合物2に没入した状態を示す一部の拡大断面図である。

10

20

30

40

50

【図3】接合ツール4の攪拌ロッド17への取り付け構造を示す斜視図であり、図3(1)は接合ツール4を攪拌ロッド17から分離した状態を示し、図3(2)は接合ツール4が攪拌ロッド17に取り付けられた状態を示す。

【図4】接合ツール4の一部の拡大断面図である。

【図5】皮膜50を有する接合ツール4を形成する方法を説明するためのフローチャートである。

【図6】表面に皮膜50が一体的に形成された接合ツール4を作製するまでの各工程を模式的に示す図であり、図6(1)は皮膜50を形成する基材51を示し、図6(2)は基材51に予備皮膜50aを形成した状態を示し、図6(3)は予備皮膜50aを基材51に加熱処理によって一体化した状態を示し、図6(4)は予備皮膜50aを基材51に一体化して接合ツール4が完成した状態を示す。

10

【図7】皮膜50が形成されていない接合ツール4によって2枚の鋼板2a, 2bを摩擦攪拌によってスポット接合したときの接合部3の接合状態を示す光学顕微鏡写真である。

【図8】図7のセクションAについて接合ツールの元素を電子線マイクロアナライザ(Electron Probe Micro Analyzer、略称E P M A)によって分析した結果であり、図8(2)は図7のセクションAを拡大したもので、図8(1)は図8(2)の領域についてのE P M A分析による珪素のマッピング結果である。

【図9】熱処理後の接合ツール4の基材51と皮膜50との界面付近の断面像を示す拡大写真である。

【図10】基材51と皮膜50との界面のアルミニウム(A l)に関するE P M Aによる線分析結果を示すグラフである。

20

【図11】接合ツール4の基材51と皮膜50との界面の窒素(N)に関するE P M Aによる線分析結果を示すグラフである。

【図12】皮膜50のX線回折結果を示すグラフである。

【図13】被接合物2に皮膜50を形成した接合ツール4を用いて摩擦攪拌接合したときの接合時間と引張せん断強度との関係を示すグラフである。

【図14】摩擦攪拌接合の打点数とピン部48の直径と関係を示すグラフである。

【図15】本発明の実施の他の形態の接合ツール104を示す斜視図である。

【図16】本発明の実施のさらに他の形態の接合ツール204を示す斜視図である。

【図17】本発明の実施のさらに他の形態の固定具323を示す平面図である。

30

【図18】図17の切断面線X V I I I - X V I I Iから見た断面図である。

【図19】本発明の実施のさらに他の形態の接合ツール404を示す斜視図である。

【図20】本発明の実施のさらに他の形態の固定具423を示す断面図である。

【0085】

【図21】本発明の実施のさらに他の形態の接合ツール504を示す斜視図である。

【図22】本発明の実施のさらに他の形態の攪拌ロッド821を示す底面図である。

【符号の説明】

【0086】

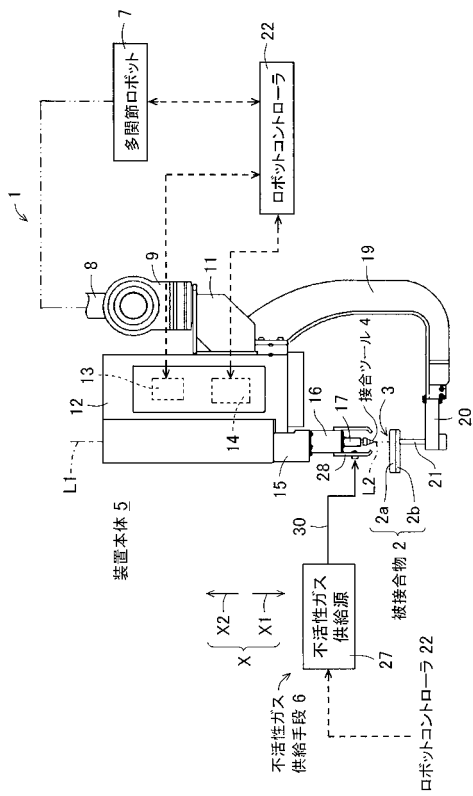
- 1 摩擦攪拌接合装置
- 2 被接合物
- 2 a , 2 b 鋼板
- 3 接合部
- 4 接合ツール
- 5 装置本体
- 6 不活性ガス供給手段
- 7 多関節ロボット
- 8 ロボットアーム
- 1 1 取付体
- 1 2 基体
- 1 3 昇降駆動源

40

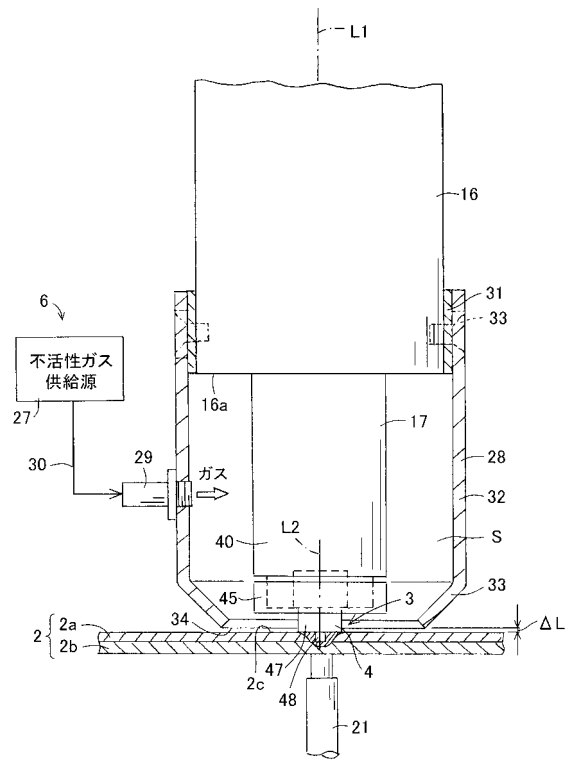
50

- 1 4 回転駆動源
- 1 5 昇降体
- 1 6 ツール保持体
- 1 7 , 6 2 1 , 8 2 1 攪拌ロッド
- 1 9 屈曲アーム
- 2 0 受け台
- 2 1 支持具
- 2 2 ロボットコントローラ
- 2 7 不活性ガス供給源
- 2 8 カバー体
- 2 9 ニップル
- 3 0 ガス誘導管
- L 1 , L 2 軸線

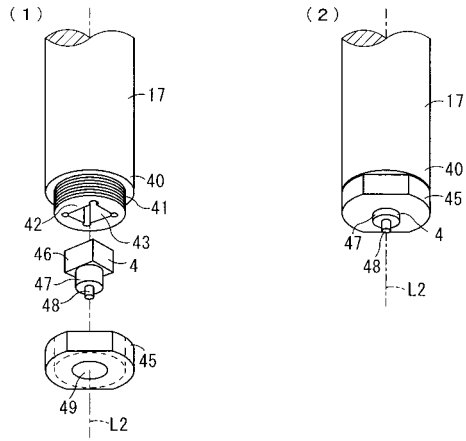
【図 1】



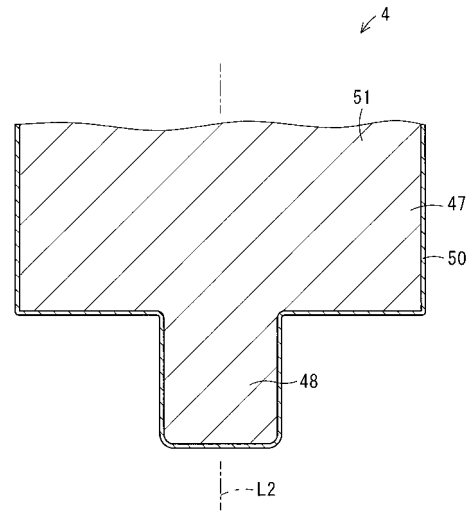
【図 2】



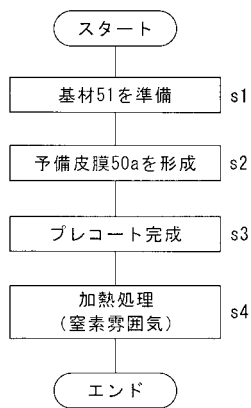
【図3】



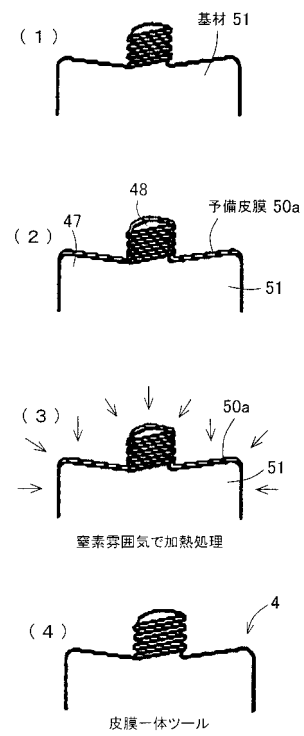
【図4】



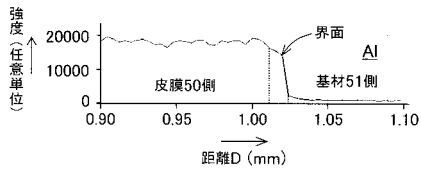
【図5】



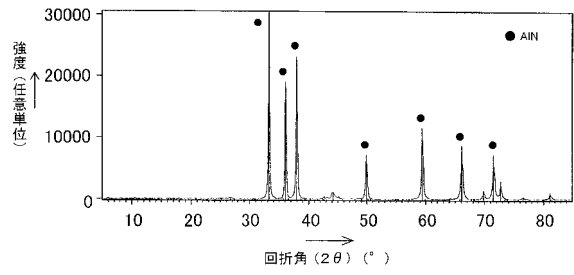
【図6】



【図10】

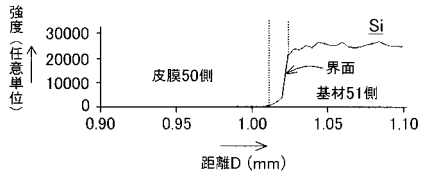


【図12】

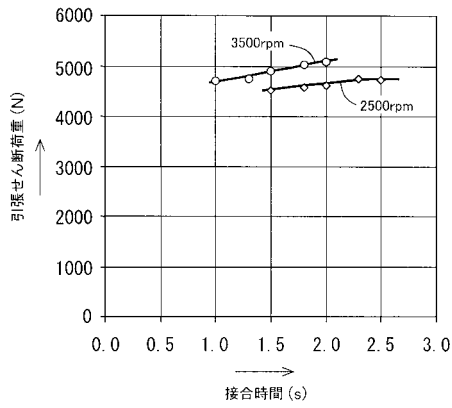


X線回折による皮膜物質の同定結果

【図11】

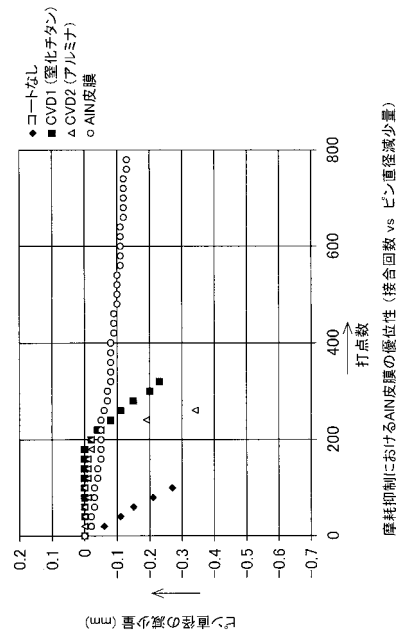


【図13】



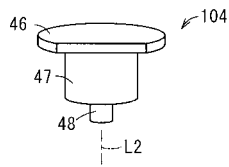
各工具回転数における接合時間と引張せん断強度の関係

【図14】

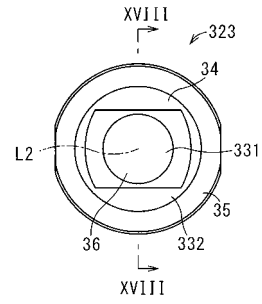


摩耗抑制におけるAlN皮膜の反応性 (接合回数 vs AlN皮膜減少量)

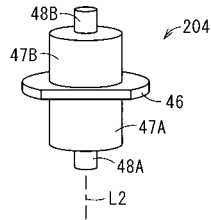
【 図 1 5 】



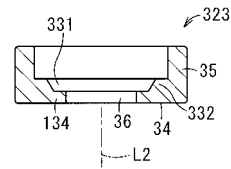
【 図 1 7 】



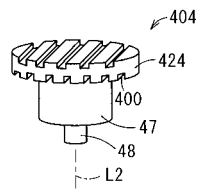
【 図 1 6 】



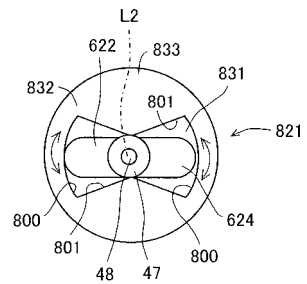
【 図 1 8 】



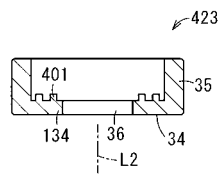
【 図 1 9 】



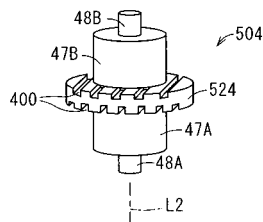
【 図 2 2 】



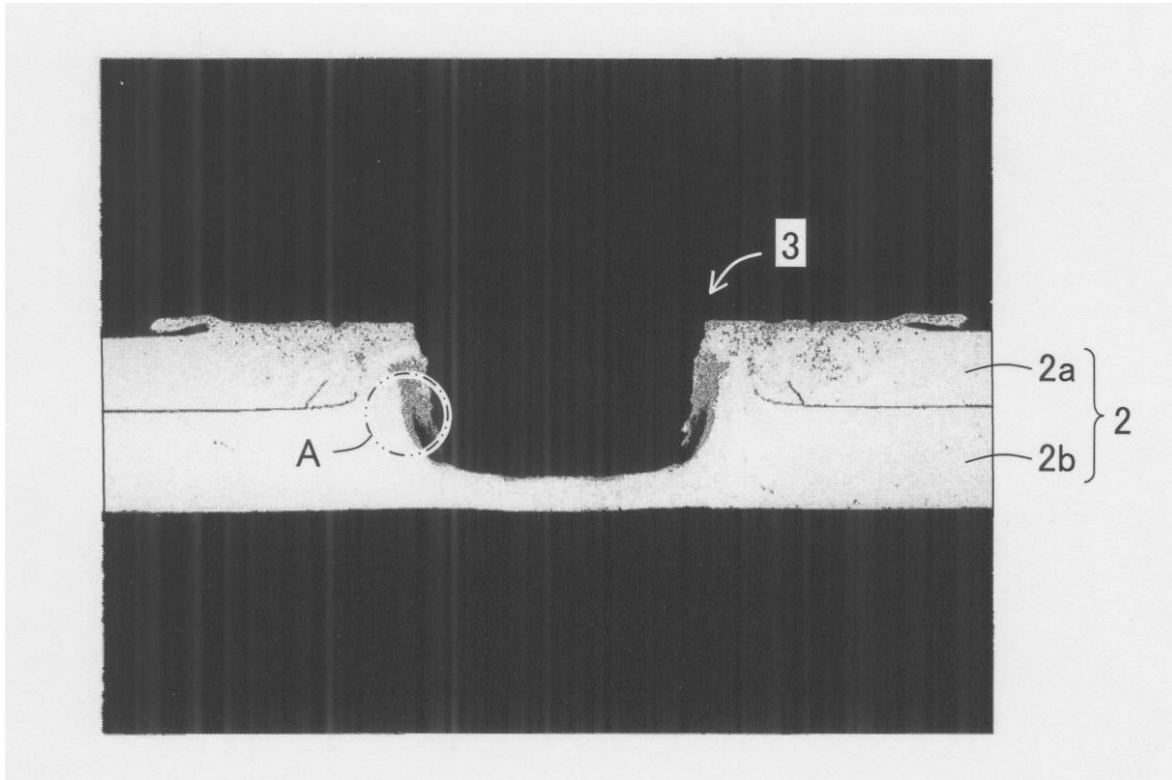
【 図 2 0 】



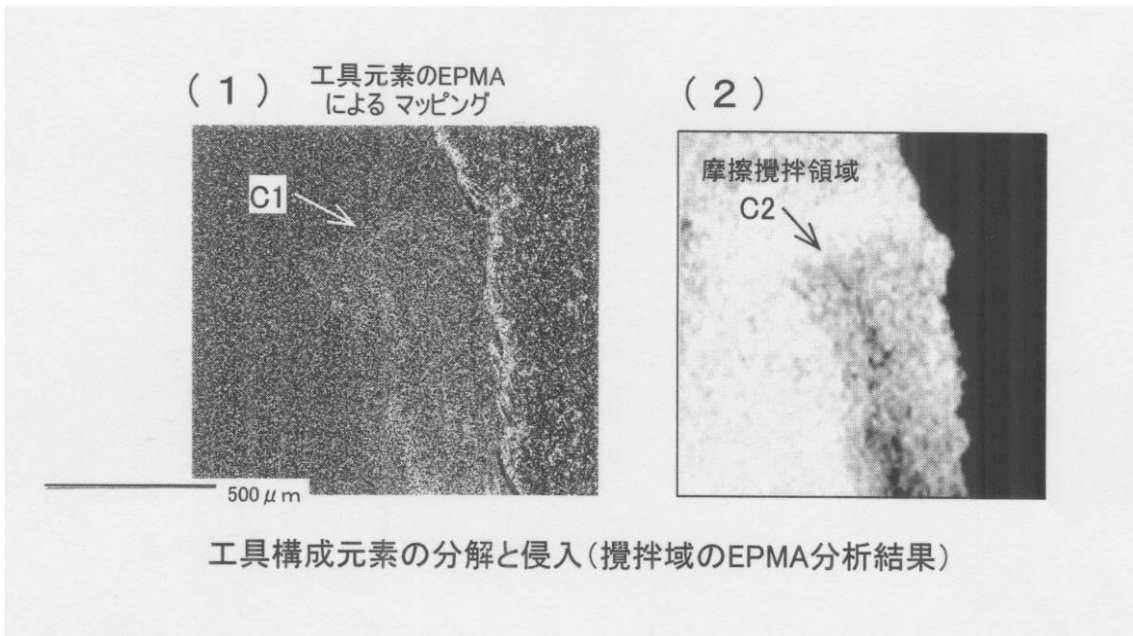
【 図 2 1 】



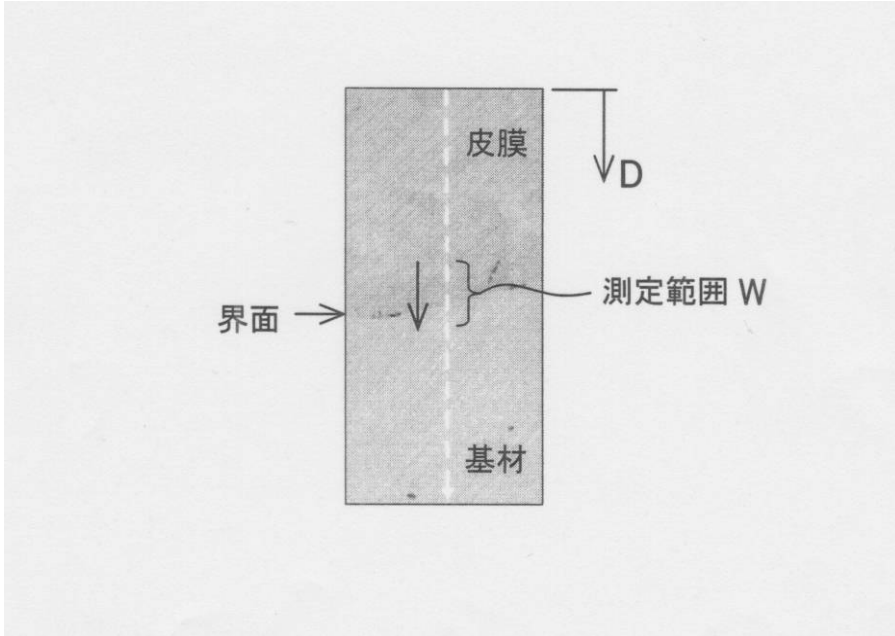
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

- (72)発明者 藤本 光生
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社 神戸工場内
- (72)発明者 加藤 厚
愛知県瀬戸市萩殿町4-18

審査官 松本 公一

- (56)参考文献 特開2004-195525(JP,A)
特開2004-337860(JP,A)
特開2003-164977(JP,A)
特開2005-199281(JP,A)
特開2004-195480(JP,A)
特開2004-082144(JP,A)
特開2000-301363(JP,A)
特開2002-248583(JP,A)
特開2003-326372(JP,A)
特表2003-532543(JP,A)

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