

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02005/105360

発行日 平成20年3月13日(2008.3.13)

(43) 国際公開日 平成17年11月10日(2005.11.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B23K 20/12 (2006.01)	B 2 3 K 20/12 3 4 4	4 E 0 6 7
B23K 20/14 (2006.01)	B 2 3 K 20/12 3 6 0	
	B 2 3 K 20/12 3 1 0	
	B 2 3 K 20/14	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

出願番号 特願2006-512730 (P2006-512730)	(71) 出願人 000003377 東急車輛製造株式会社 神奈川県横浜市金沢区大川3番1号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2005/004439	
(22) 国際出願日 平成17年3月14日(2005.3.14)	
(31) 優先権主張番号 特願2004-136240 (P2004-136240)	(71) 出願人 501383026 藤井 英俊 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1 大阪大学 接合科学研究所内
(32) 優先日 平成16年4月30日(2004.4.30)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(31) 優先権主張番号 特願2004-233741 (P2004-233741)	(74) 代理人 100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(32) 優先日 平成16年8月10日(2004.8.10)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(31) 優先権主張番号 特願2004-236146 (P2004-236146)	(74) 代理人 100092657 弁理士 寺崎 史朗
(32) 優先日 平成16年8月13日(2004.8.13)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	
(31) 優先権主張番号 特願2004-341172 (P2004-341172)	(74) 代理人 100133064 弁理士 大野 新
(32) 優先日 平成16年11月25日(2004.11.25)	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金属材の接合方法

(57) 【要約】

金属部材1の端部と金属部材1'の端部の間に、金属の棒状の回転ツール10の先端に設けられたピンを挿入し、これを端部の長手方向に沿って回転させつつ移動させる。これによって、金属部材1、1'と回転ツール10の間に摩擦熱を発生させて、金属部材1と金属部材1'を接合する。回転ツール10は、幅広のショルダー12とその先端にあり金属部材の端部間に挿入される細いピン11から構成されている。ここで、ピン11は直円柱形のピンである。ピン11の側面は滑らかな曲面であり、ねじ溝等は設けられていない。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ステンレス製の二つの部材それぞれの端部を突き合わせる第 1 のステップと、
前記二つの部材それぞれの端部の間に、棒状の回転ツールの先端に設けられた直円柱形のピンを挿入し、該回転ツールを回転させつつ該端部の長手方向に沿って移動させる第 2 のステップと、

を含み、

前記ピンを含む前記回転ツールは、 Si_3N_4 を含んでいる、
金属材の接合方法。

【請求項 2】

前記回転ツールの側面を覆うようにノズルが設けられており、
前記第 2 のステップにおいて、前記ノズルから Ar を含むガスを前記回転ツール及び前記部材に供給する、
請求項 1 記載の金属材の接合方法。

【請求項 3】

前記ピンを含む前記回転ツールは、更にバインダを含んでいる、請求項 1 又は 2 に記載の金属材の接合方法。

【請求項 4】

前記回転ツールは、前記ピンより大径の円柱形をなすショルダーを有しており、
前記ピンは、前記ショルダーの一端面に設けられており
前記二つの部材は、JIS G 4305 に規定の SUS 304 の板材であって、1.5 mm の厚さを有しており、
前記ショルダーの径が、1.5 mm であり、
前記回転ツールの回転数が、600 rpm であり、
(回転ツールの移動速度 [mm/min] / 回転ツールの回転速度 [rpm]) が、0.1 以上 0.7 以下である、
請求項 1 ~ 3 の何れか一項記載の金属材の接合方法。

【請求項 5】

前記回転ツールは、前記ピンより大径の円柱形をなすショルダーを有しており
前記ピンは、前記ショルダーの一端面に設けられており
前記二つの部材は、JIS G 4305 に規定の SUS 304 の板材であって、
{ (回転ツールの回転速度 [rpm] × ショルダーの径 [mm]³) / 回転ツールの移動速度 [mm/min] / 板材の厚さ [mm] } が、 3.2×10^3 以上 22.5×10^3 以下である、
請求項 1 ~ 3 記載の金属材の接合方法。

【請求項 6】

前記回転ツールは、前記ピンより大径の円柱形をなすショルダーを有しており、
前記ピンは、前記ショルダーの一端面に設けられており
前記二つの部材は、JIS E 4049 に規定の SUS 301L-DLT の板材であって、1.5 mm の厚さを有しており、
前記ショルダーの径が、1.5 mm であり、
前記回転ツールの回転数が、600 rpm であり、
(回転ツールの移動速度 [mm/min] / 回転ツールの回転速度 [rpm]) が、0.3 以上 0.5 以下である、
請求項 1 ~ 3 の何れか一項記載の金属材の接合方法。

【請求項 7】

前記回転ツールは、前記ピンより大径の円柱形をなすショルダーを有しており
前記ピンは、前記ショルダーの一端面に設けられており
前記二つの部材は、JIS E 4049 に規定の SUS 301L-DLT の板材であって、

10

20

30

40

50

{ (回転ツールの回転速度 [r p m] × ショルダーの径 [m m] ³) / 回転ツールの移動速度 [m m / m i n] / 板材の厚さ [m m] } が、 4.5×10^3 以上 7.5×10^3 である、

請求項 1 ~ 3 の何れか一項記載の金属材の接合方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は金属材の接合方法に関する。

【背景技術】

【0002】

金属材の接合方法には種々の方法がある。その一種として、摩擦攪拌接合 (F S W = F r i c t i o n S t i r W e l d i n g) が、特許文献 1 : 特許第 2 7 1 2 8 3 8 号日本国特許公報、及び特許文献 2 : 特許第 2 7 9 2 2 3 3 号日本国特許公報に開示されている。摩擦攪拌接合は、接合しようとする二つの金属部材それぞれの端部を突き合わせ、回転ツールの先端に設けられたピンを両者の端部の間に挿入し、これら端部の長手方向に沿って回転ツールを回転させつつ移動させることによって、二つの金属部材を接合する方法である。

【0003】

このような摩擦攪拌接合に用いられる回転ツールのピンの側面には、ねじ溝が設けられている。例えば特許文献 1 の図 1 , 2 , 1 2 および 1 3 には、これらの図が模式的な図であるため、ピンのねじ溝が詳細に記載されていない。しかし、実際には、これらの回転ツールのピンの側面には、特許文献 2 の図 2 に記載されているように、ねじ溝が切られている。このねじ溝は、摩擦により可塑性となった金属材料をピンの長手方向に沿って攪拌して流動させ、接合強度を向上させることを意図して設けられている。

【発明の開示】

【0004】

しかし、ピンにねじ溝が切られた回転ツールでは、ねじ溝が磨耗しやすい。したがって、回転ツールの寿命が短いという欠点があった。特に硬い金属材料からなる金属部材に摩擦攪拌接合を行う場合や、長い接合長にわたって摩擦攪拌接合を行う場合には、この傾向が顕著であった。また、回転ツールのピンにねじ溝を形成する加工には、手間がかかる。そのため、回転ツールの製造コストが高かった。

【0005】

本発明は、斯かる実情に鑑み、回転ツールの寿命を向上させ、回転ツールを製造する手間や製造コストを抑えることのできる金属材の接合方法を提供する。特に、本発明は、ステンレス材の接合に優れた接合方法を提供する。

【0006】

本発明は、(a) ステンレス製の二つの部材それぞれの端部を突き合わせる第 1 のステップと、(b) 二つの部材それぞれの端部の間に、棒状の回転ツールの先端に設けられた直円柱形のピンを挿入し、該回転ツールを回転させつつ該端部の長手方向に沿って移動させる第 2 のステップと、を含み、(c) ピンを含む回転ツールは、 $S i_3 N_4$ を含んでいることを特徴としている。

【0007】

本発明によれば、磨耗しやすいねじ溝がピンに設けられていないので、回転ツールの寿命が向上される。また、ピンにねじ溝を形成する必要がないので、製造コストが低減される。

【0008】

なお、本発明における「直円柱形」とは、側面、即ち円柱面にねじ加工が施されていない円柱形を意味する。この「直円柱形」には、円柱の側面が底面に垂直な直線母線によってなる円柱形が含まれる。この「直円柱形」のピンには、ピンの先端の底面と側面との間に R が設けてあるものも含まれる。また「直円柱形」のピンには、ピンの先端の底面自体が R 形状のものも含まれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

なお、回転ツールのピンは、直線母線からなる側面を有するピンであっても良い。「直線母線からなる側面を有するピン」とは、例えば、円柱形、円錐形、円錐台等の形状を有するピンを意味する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 0 】

【 図 1 】本発明の第 1 の実施の形態に係る金属材の接合方法を説明するための図である。

【 図 2 】実験例で使用したピンの頂部が円錐状の回転ツールを示す図である。

【 図 3 】実験例で使用したピンの頂部が球状の回転ツールを示す図である。

【 図 4 】実験例で使用したピンが多角柱状の回転ツールを示す図である。

10

【 図 5 】ピンの頂部が円錐状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 4 材の接合部引張試験結果を示す図である。

【 図 6 】ピンの頂部が円錐状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 4 材の接合部伸び試験結果を示す図である。

【 図 7 】ピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 4 材の接合部引張試験結果を示す図である。

【 図 8 】ピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 4 材の接合部伸び試験結果を示す図である。

【 図 9 】ピンが角柱状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 4 材の接合部引張試験結果を示す図である。

20

【 図 1 0 】ピンが角柱状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 4 材の接合部伸び試験結果を示す図である。

【 図 1 1 】ピンの頂部が円錐状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 1 L - D L T 材の接合部引張試験結果を示す図である。

【 図 1 2 】ピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 1 L - D L T 材の接合部引張試験結果を示す図である。

【 図 1 3 】ピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 1 L - D L T 材の接合部伸び試験結果を示す図である。

【 図 1 4 】ピンが角柱状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 1 L - D L T 材の接合部引張試験結果を示す図である。

30

【 図 1 5 】ピンが角柱状の回転ツールにより接合した S U S 3 0 1 L - D L T 材の接合部伸び試験結果を示す図である。

【 図 1 6 】実験例における各々の接合速度、回転数および回転ピッチでの接合部断面を示す図である。

【 図 1 7 】実験例の結果をまとめた対比表である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の実施の形態に係る金属材の接合方法を説明するための図である。図 1 において (a) には、本発明の実施の形態に係る金属材の接合方法における摩擦攪拌接合の様子が示されており、(b) には、本発明の実施の形態に係る金属材の接合方法に用いられる回転ツールの側面図が示されている。なお、図 1 における (b) には、ノズルの断面も示されている。

40

【 0 0 1 3 】

本実施の形態に係る金属材の接合方法は、摩擦攪拌接合法に基づくステンレス材の接合方法である。摩擦攪拌接合は、図 1 における (a) に示すように、金属部材 1 の端部 3 と金属部材 1 ' の端部 3 ' とを突き合わせ、棒状の回転ツール 1 0 の先端に設けられたピン 1 1 を端部 3 と端部 3 ' の間に挿入し、ピン 1 1 を回転させつつ端部 3 及び 3 ' の長手方向に沿って移動させる方法である。摩擦攪拌接合は、金属部材 1 及び 1 ' と回転ツール 1

50

0 の間に発生する摩擦熱を利用して金属部材 1 と金属部材 1' とを接合する。

【0014】

従来方法は、セラミックスまたはW等の高融点金属からなる多角柱形状ピン又はねじ溝有りピンを備えた回転ツールを用いてステンレス材を接合する摩擦攪拌接合法である。一方、本実施の形態に係る金属材の接合方法は、図1における(b)に示す回転ツール10を用いる点において従来方法の摩擦攪拌接合法と異なる。

【0015】

この回転ツール10は、幅広のショルダー12とその先端にあり金属部材の端部間に挿入される細いピン11から構成されている。ピン11は直円柱形である。ピン11の側面は滑らかな曲面であり、ねじ溝は設けられていない。なお、ショルダー12は、ピン11より大径の円柱形をなしており、ピン11の軸線方向に延びている。このショルダー12の先端、即ち一端面にピン11が設けられている。

10

【0016】

本発明者は、ピンにねじ溝が無い回転ツールを用いる本実施の形態の接合方法によっても、従来方法と同等またはそれ以上の接合部の接合強度を得ることができることを見出した。なお、「接合部」とは、接合後の金属部材における接合線近傍の部分である。

【0017】

本実施の形態に係る接合方法に用いるピンには、ねじ溝が切られていないため、ねじ溝が磨耗することがない。したがって、ピンの寿命は向上する。また、ピンにねじ溝を切る必要がないため、回転ツールを製造するための加工も容易である。さらに、回転ツールを製造する工程が少なくなるため、回転ツールを安価なものとすることができる。

20

【0018】

本実施の形態の接合方法によっても、従来方法と同等の接合強度を得ることができる理由は、ピンにねじ溝を設けない場合、ピンの長手方向に沿った金属材料の塑性流動よりも、ピンの回転方向に沿った金属材料の塑性流動が大きくなり、それが接合強度を強める原因となっていると考えられる。また、従来は、ピンにねじ溝を設けたほうが金属材料の攪拌が促進されると考えられていたが、実際には本実施の形態に係るピンのように滑らかな側面を持つ直円柱形のピンの方が、金属材料の攪拌が促進されている可能性も考えられる。

【0019】

図1における(b)に示す回転ツール10は、 Si_3N_4 の他にバインダを含むことが好ましい。回転ツール10にバインダを含めることによって、回転ツール10の割れを抑制することが可能となる。例えば、回転ツール10には、90重量%の Si_3N_4 が含まれており、残部に Al_2O_3 及び Y_2O_3 がバインダとして含まれている。この場合の回転ツール10の硬度(HRA)は、92(ダイヤモンド円錐圧子による試験荷重60kgでのロックウェル硬さが120°)である。

30

【0020】

また、図1に示すように、本実施の形態の接合方法においては、回転ツール10の側面を覆うように設けられたノズル16を用い、このノズル16からArを含むガスGを供給することが好適である。Arを含むガスによれば、ステンレス材の硬化を防止しつつ回転ツールの冷却が可能になる。これによって、回転ツール10の割れを抑制することが可能となる。Arガス等のシールドガスを用いて回転ツールの酸化を防ぎつつ金属部材を接合することで、ツールの強度と靱性を保ちつつ長距離・長時間の接合が可能になる。

40

【0021】

次に、本実施の形態の接合方法によって得られた実験結果を説明する。

【0022】

実験例

【0023】

回転ツール形状とステンレス鋼の接合部の接合強度との関係を調査するため、ピンの頂部が円錐状の回転ツール(図2を参照)と、ピンの頂部が球面状の回転ツール(図3を参

50

照)と、ピンが多角柱状の回転ツール(図4を参照)を用いて、図1(a)に示す方法で、JIS G 4305に規定のSUS304材およびJIS E 4049に規定のSUS301L-DLT材の接合を行った。SUS304材及びSUS301L-DLT材の板厚は、厚さ1.5mmとした。

【0024】

図2に示す回転ツール10は先端に円柱形状のピン11を備える。ピン11の直径は5mmであり、ショルダー12の直径は15mmである。ピン11は、ショルダー12から1.4mm突出しており、その頂部から0.7mmの部分は図2に示すように円錐状をなしている。

【0025】

図3に示す回転ツール10は先端に円柱形状のピン11を備える。ピン11の直径は5mmであり、ショルダー12の直径は15mmである。ピン11は、ショルダー12から1.4mm突出しており、その頂部はSR5.4となるように球面取りがされている。

【0026】

図4に示す回転ツール10は先端に角柱形状のピン11を備える。ピン11の直径は6mmであり、ショルダー12の直径は15mmである。ピン11は、ショルダー12から1.4mm突出している。ピン11は図4に示すように円柱の側面の3箇所にてC面取りをされた形状であり、略多角柱形状をなしている。

【0027】

以上の図2~14に示す回転ツールは、いずれもSi₃N₄が90%、残部がAl₂O₃およびY₂O₃の組成からなる。本実験例においては、各々の回転ツールについて、同じ試料で接合部引張試験と接合部伸び試験を行った。

【0028】

図5はピンの頂部が円錐状の回転ツールにより接合したSUS304材の接合部引張試験結果を示す図であり、図6はピンの頂部が円錐状の回転ツールにより接合したSUS304材の接合部伸び試験結果を示す図である。以下の図5, 7, 9, 11, 12, 14において、横軸上の'1.0 ton', '1.0 0.9 ton'は、回転ツールの母材に対する押圧を示す。

【0029】

図5より、本実施の形態に係る接合方法によれば、接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、SUS304材の接合部の接合強度が、ほぼ良好であることが判る。また、図6に示すように、SUS304材の接合部の伸びにおいても、接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、適当な値が得られた。

【0030】

接合速度300mm/min以下、回転ピッチ0.5以下の場合に良好なSUS304材の接合部が得られるのは、接合部に欠陥が生じにくいためである。すなわち、このような接合条件では、金属部材(SUS304材)への入熱が大きく、金属材料の塑性流動が十分なために、良好な接合が得られる。金属材への入熱は、回転ツールの回転速度と、回転ツールのショルダー径の3乗とに比例し、接合速度に反比例することが知られている。

以上のことを考慮すると、ピンの頂部が円錐状の回転ツールによりSUS304材を接合した場合に、 $\{ (\text{回転ツールの回転速度} [\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径} [\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度} [\text{mm/min}] / \text{板材の厚さ} [\text{mm}] \}$ が 4.5×10^3 以上であれば、SUS304材の接合部の接合強度がほぼ良好であることが予想される。

【0031】

図7はピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合したSUS304材の接合部引張試験結果を示す図であり、図8はピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合したSUS304材の接合部の伸びの試験結果を示す図である。

【0032】

図7より、接合速度420mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.

10

20

30

40

50

7以下で、特に接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、SUS304材の接合部の接合強度が良好であることが判る。また、図8に示すように、SUS304材の接合部の伸びにすいても、接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、適当な値が得られた。これらの結果より、ピンの頂部が球面状の回転ツールを用いてSUS304材を接合した場合に、 $\{ (\text{回転ツールの回転速度} [\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径} [\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度} [\text{mm/min}] / \text{板厚} [\text{mm}] \}$ が 3.2×10^3 以上であれば、SUS304材の接合部の接合強度が良好であることが予想される。

【0033】

図9は、ピンが多角柱状の回転ツールにより接合したSUS304材の接合部引張試験結果を示す図であり、図10は、ピンが多角柱状の回転ツールにより接合したSUS304材の接合部の伸び試験結果を示す図である。図9より、接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、ほぼ良好な接合強度のSUS304材の接合部が、得られていることが判る。また、図10に示すように、SUS304材の接合部の伸びにおいても接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、適当な値が得られた。

10

【0034】

以上の結果をまとめると、ピンの頂部が球面状の回転ツールでは、接合速度420mm/min以下、回転ピッチ0.7以下、 $\{ (\text{回転ツールの回転速度} [\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径} [\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度} [\text{mm/min}] / \text{板厚} [\text{mm}] \}$ が 3.2×10^3 以上であれば、ほぼ良好なSUS304材の接合継手が得られる。また、ピンの頂部が円錐状の回転ツールおよび多角柱状の回転ツールでは、接合速度300mm/min以下、回転ピッチ0.5以下、 $\{ (\text{回転ツールの回転速度} [\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径} [\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度} [\text{mm/min}] / \text{板厚} [\text{mm}] \}$ が 4.5×10^3 以上であれば、良好なSUS304材の接合継手が得られる。したがって、本実施の形態に係る接合方法によれば、ショルダー径が15[mm]の回転ツールを用いて、回転数600[rpm]、且つ、回転ピッチ0.1[mm/r]以上0.7[mm/r]以下において、厚さ1.5mmのSUS304材を好適に接合可能であることが判った。また、本実施の形態に係る接合方法によれば、 $\{ (\text{回転ツールの回転速度} [\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径} [\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度} [\text{mm/min}] / \text{板厚} [\text{mm}] \}$ が 3.2×10^3 以上 22.5×10^3 以下において、SUS304材を好適に接合可能であることが判った。このように、ピンの頂部が円錐状の回転ツールおよびピンの頂部が球面状の回転ツールでも、従来のピンが多角柱状の回転ツールで接合した場合と比較して、より良いSUS304材の接合部の接合強度を得ることができる。また、ピンが多角柱状でないので、回転ツールの寿命は長くなり、回転ツールの製造も容易なものとなる。

20

30

【0035】

図11は、ピンの頂部が円錐状の回転ツールにより接合したSUS301L-DLT材の接合部引張試験結果を示す図である。図11に示すように、接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、SUS301L-DLT材の接合部の接合強度はほぼ良好であることが判る。この結果から、ピンの頂部が円錐状の回転ツールを用いる場合には、 $\{ (\text{回転ツールの回転速度} [\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径} [\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度} [\text{mm/min}] / \text{板材の厚さ} [\text{mm}] \}$ が、 4.5×10^3 以上であれば、SUS301L-DLT材の接合部の接合強度が、ほぼ良好になることが予想される。

40

【0036】

図12は、ピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合したSUS301L-DLT材の接合部引張試験結果を示す図であり、図13は、ピンの頂部が球面状の回転ツールにより接合したSUS301L-DLT材の接合部伸び試験結果を示す図である。図12から、接合速度180mm/min以上300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.3以上0.5以下で、ほぼ良好なSUS301L-DLT材の接合部の接合

50

強度が得られていることが判る。また、図13に示すように、接合部の伸びにおいても接合速度180mm/min以上300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.3以上0.5以下で、適当な値が得られた。これらの結果から、ピンの頂部が球面状の回転ツールを用いた場合に、 $\{(\text{回転ツールの回転速度}[\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径}[\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度}[\text{mm/min}] / \text{板材の厚さ}[\text{mm}]\}$ が 4.5×10^3 以上 7.5×10^3 以下であれば、SUS301L-DLT材の接合部の接合強度は、ほぼ良好となることが予想される。

【0037】

図14は、ピンが多角柱状の回転ツールにより接合したSUS301L-DLT材の接合部引張試験結果を示す図であり、図15は、ピンが多角柱状の回転ツールにより接合したSUS301L-DLT材の接合部伸び試験結果を示す図である。図14から、接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、ほぼ良好なSUS301L-DLT材の接合部の接合強度が得られていることが判る。また、図15から、接合部の伸びにおいても接合速度300mm/min以下、回転速度600rpm、回転ピッチ0.5以下で、適当な値が得られた。

10

【0038】

以上の結果をまとめると、ピンの頂部が円錐状の回転ツール、ピンの頂部が球面状の回転ツール、ピンが多角柱状の回転ツールのいずれを用いても、接合速度180mm/min以上300mm/min以下、回転ピッチ0.3以上0.5以下、 $\{(\text{回転ツールの回転速度}[\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径}[\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度}[\text{mm/min}] / \text{板材の厚さ}[\text{mm}]\}$ が 4.5×10^3 以上 7.5×10^3 以下で、ほぼ良好なSUS301L-DLT材の接合継手が得られる。このように、ピンの頂部が円錐状の回転ツールおよびピンの頂部が球面状の回転ツールの何れを用いても、従来のピンが多角柱状の回転ツールで接合した場合と同等の接合強度を得ることができる。また、ピンが多角柱状でないので、回転ツールの寿命は長くなり、回転ツールの製造も容易なものとなる。

20

【0039】

以上の結果をまとめると、SUS304材とSUS301L-DLT材における接合の傾向として、少なくとも、接合速度180mm/min以上300mm/min以下、回転ピッチ0.3以上0.5以下、 $\{(\text{回転ツールの回転速度}[\text{rpm}] \times \text{ショルダーの径}[\text{mm}]^3) / \text{回転ツールの移動速度}[\text{mm/min}] / \text{板材の厚さ}[\text{mm}]\}$ が 4.5×10^3 以上 7.5×10^3 以下で、良好な接合継手が得られる。

30

【0040】

図16における(a)(b)は実験例における各々の接合速度、回転数および回転ピッチでの接合部断面を示す図である。図16は、ピンの頂部が円錐状の回転ツールによる接合部の断面写真であり、(a)には回転数600rpm-接合速度200mm/min、回転ピッチ0.333の場合の断面写真が示されており、(b)には回転数600rpm-接合速度300mm/min、回転ピッチ0.5の場合の断面写真が示されている

【0041】

図16における(a)に示すように、いずれの接合部にも欠陥が生じていない。このため、前述の図5に示したように良好な接合強度が得られたと考えられる。

40

【0042】

以上の実験例の結果を図17に対比表としてまとめた。

【0043】

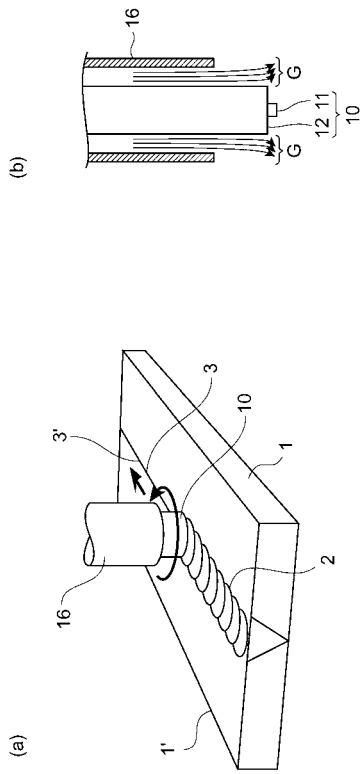
尚、本発明の金属材料の接合方法は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【産業上の利用可能性】

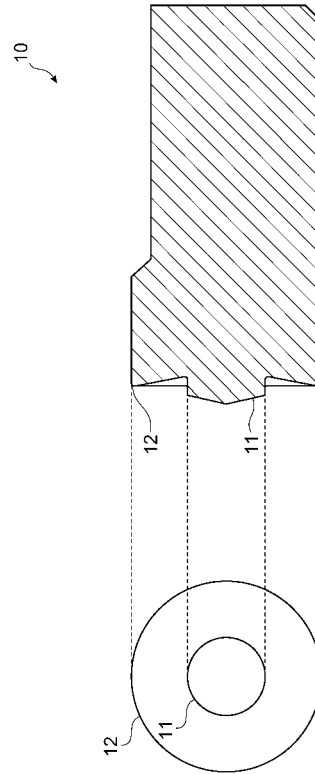
【0044】

本発明によれば、回転ツールの寿命を向上させ、回転ツールを製造する手間や製造コストを抑えた金属材料の接合方法が提供される。

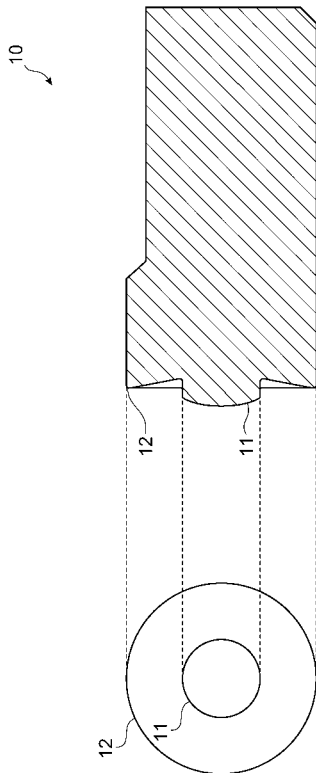
【 図 1 】



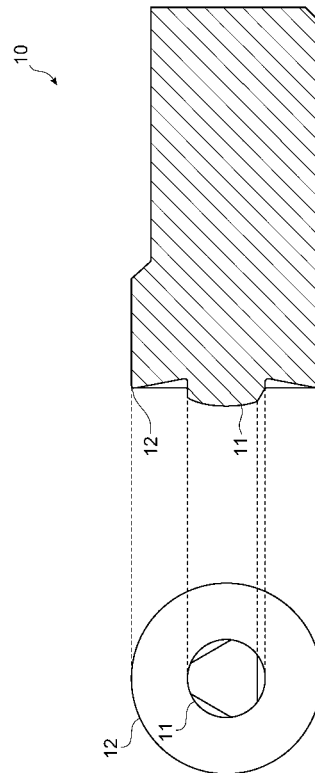
【 図 2 】



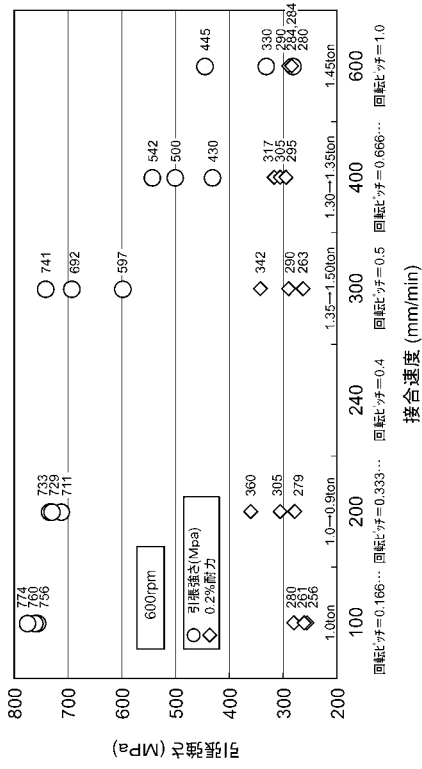
【 図 3 】



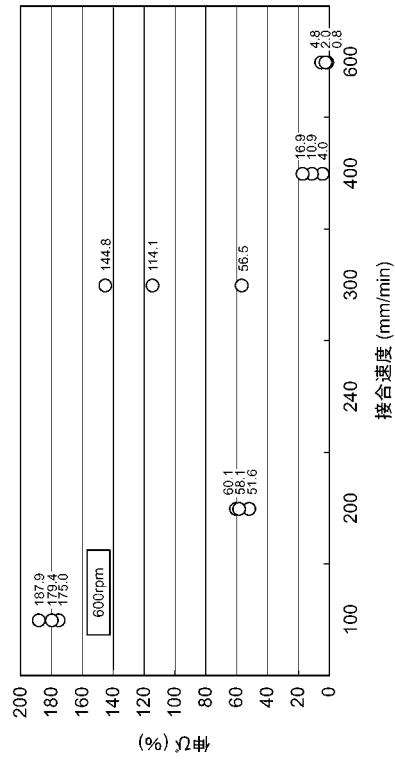
【 図 4 】



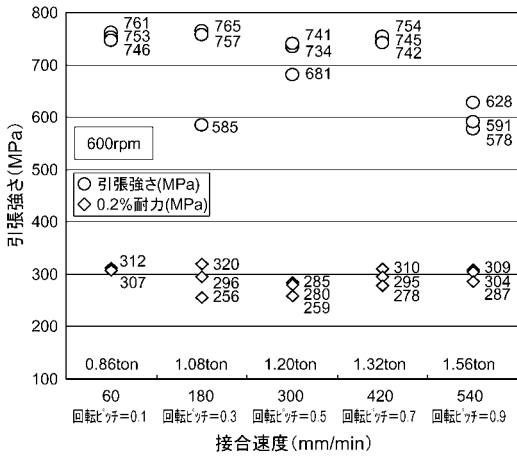
【 図 5 】



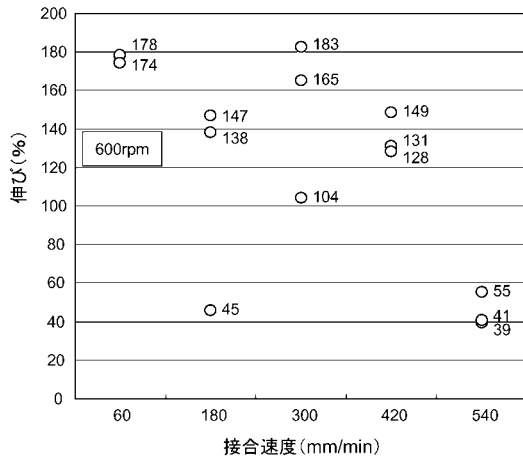
【 図 6 】



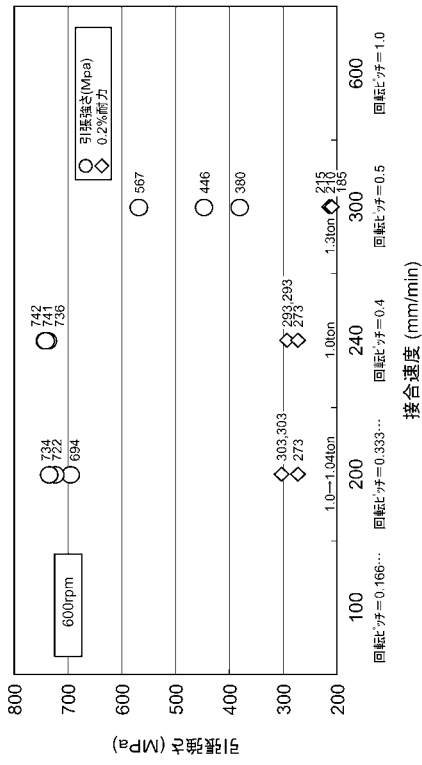
【 図 7 】



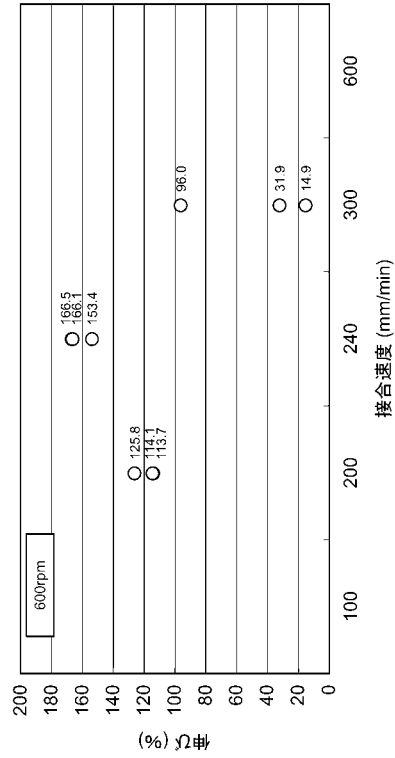
【 図 8 】



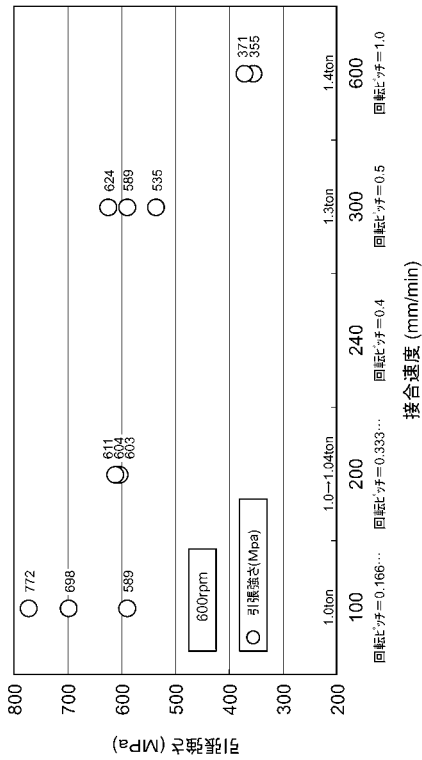
【 図 9 】



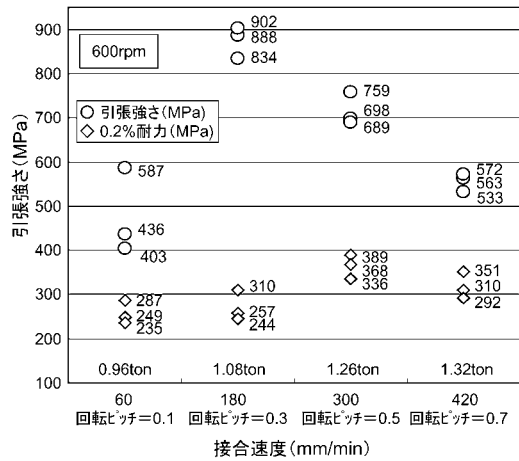
【 図 10 】



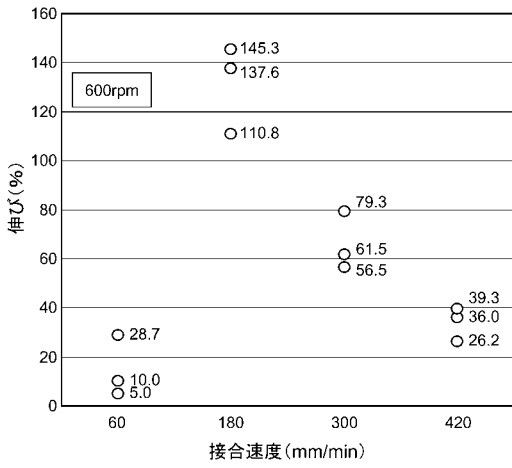
【 図 11 】



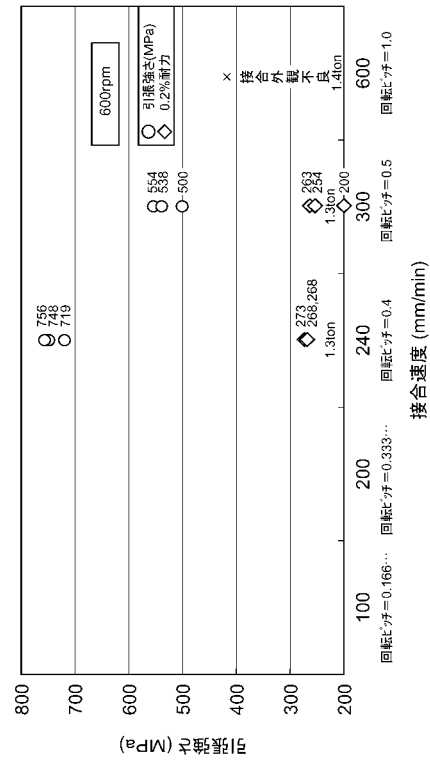
【 図 12 】



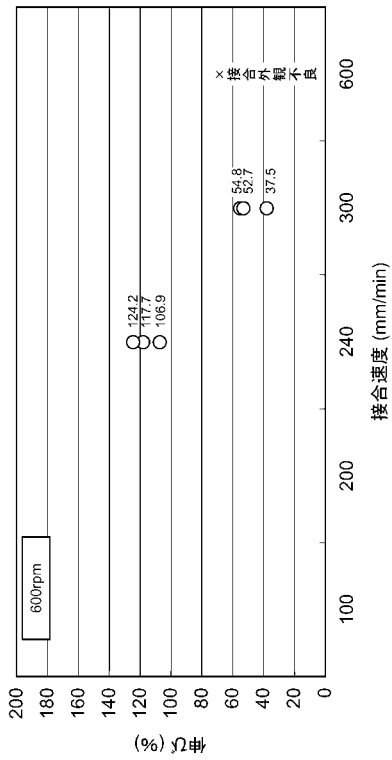
【 図 1 3 】



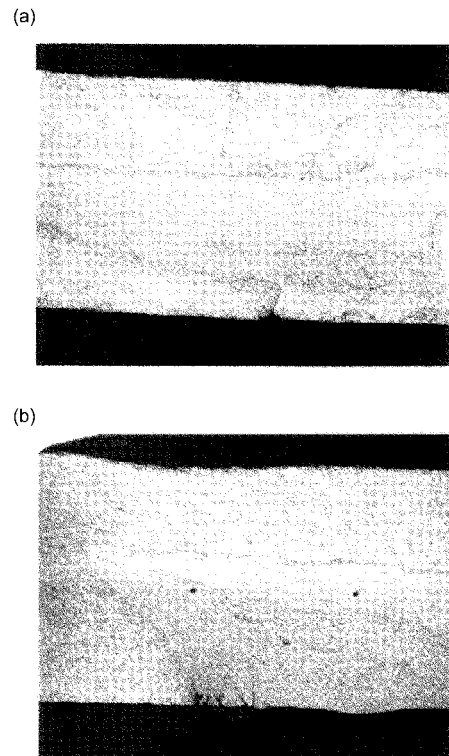
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 図 17 】

	接合される金属材	回転ツールの形状	接合速度、回転数、回転ピッチによる接合強度の差異
実験例	SUS304材	円錐形	接合速度 300mm/min 以下、回転数 600rpm、 回転ピッチ 0.5mm/r 以下で特に良好な接合強度
		球形	接合速度 120mm/min 以下、回転数 600rpm、 回転ピッチ 0.7mm/r 以下で特に良好な接合強度
		3面取り角柱	接合速度 300mm/min 以下、回転数 600rpm、 回転ピッチ 0.5mm/r 以下で特に良好な接合強度
	SUS301L材	円錐形	接合速度 300mm/min 以下、回転数 600rpm、 回転ピッチ 0.5mm/r 以下で特に良好な接合強度
		球形	接合速度 300mm/min 以下、回転数 600rpm、 回転ピッチ 0.5mm/r 以下で特に良好な接合強度
		3面取り角柱	接合速度 300mm/min 以下、回転数 600rpm、 回転ピッチ 0.5mm/r 以下で特に良好な接合強度

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2005/004439
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ B23K20/12 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ B23K20/12 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2004-82144 A (Hitachi Cable, Ltd.), 18 March, 2004 (18.03.04), Detailed Explanation of the Invention; Par. Nos. [0001], [0009] to [0019]; all drawings (Family: none)	<u>1, 3</u> 2, 4-7
Y	JP 2002-248583 A (Hitachi, Ltd.), 03 September, 2002 (03.09.02), Claims; Detailed Explanation of the Invention; Par. Nos. [0013] to [0027]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	2, 4-7
A	JP 2002-28792 A (The BOC Group plc.), 29 January, 2002 (29.01.02), Claims 1, 4; Figs. 1 to 2 & EP 1151820 A2	1-7
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 14 June, 2005 (14.06.05)		Date of mailing of the international search report 05 July, 2005 (05.07.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/004439

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-94176 A (Yaskawa Electric Corp.), 02 April, 2003 (02.04.03), Claims 1 to 2; column 5, line 44 to column 6, line 7; Fig. 4 (Family: none)	1-7
A	JP 2003-326372 A (Nachi-Fujikoshi Corp.), 18 November, 2003 (18.11.03), Claims; Detailed Explanation of the Invention; Par. Nos. [0008], [0011]; all drawings (Family: none)	1-7
<u>P, X</u> <u>P, A</u>	JP 2004-195525 A (Hitachi, Ltd.), 15 July, 2004 (15.07.04), Detailed Explanation of the Invention; Par. No. [0025]; Fig. 5 & EP 1430986 A1	<u>1, 3</u> <u>2, 4-7</u>

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2005/004439									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl.7 B23K20/12											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl.7 B23K20/12											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2005年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2005年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2005年	日本国実用新案登録公報	1996-2005年	日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2005年										
日本国実用新案登録公報	1996-2005年										
日本国登録実用新案公報	1994-2005年										
国際調査で使用了電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号									
X Y	JP 2004-82144 A(日立電線株式会社)2004.03.18, 発明の詳細な説明【0001】、【0009】-【0019】、全図(ファミリーなし)	1,3 2,4-7									
Y	JP 2002-248583 A(株式会社日立製作所)2002.09.03, 特許請求の範囲、発明の詳細な説明【0013】-【0027】、第1-3図 (ファミリーなし)	2,4-7									
A	JP 2002-28792 A(ザ・ビーオーシー・グループ・ピーエルシー) 2002,01,29,請求項1,4,第1-2図 & EP 1151820 A2	1-7									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献											
国際調査を完了した日 14.06.2005		国際調査報告の発送日 05.7.2005									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 加藤 昌人 電話番号 03-3581-1101 内線 3364									

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2005/004439

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-94176 A(株式会社安川電機)2003.04.02, 請求項 1-2, 第 5 欄第 44 行-第 6 欄第 7 行, 第 4 図(ファミリーなし)	1-7
A	JP 2003-326372 A(株式会社不二越)2003.11.18, 特許請求の範囲, 発明の詳細な説明【0008】 , 【0011】 , 全図(ファミリーなし)	1-7
<u>P, X</u> P, A	JP 2004-195525 A(株式会社日立製作所)2004.07.15, 発明の詳細な説明【0025】 , 第 5 図 & EP 1430986 A1	<u>1, 3</u> 2, 4-7

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2005-58099(P2005-58099)

(32)優先日 平成17年3月2日(2005.3.2)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 藤井 英俊
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内

(72)発明者 崔 壺
大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1 大阪大学接合科学研究所内

(72)発明者 松岡 茂樹
神奈川県横浜市金沢区大川3番1号 東急車輛製造株式会社内

(72)発明者 石川 武
神奈川県横浜市金沢区大川3番1号 東急車輛製造株式会社内

(72)発明者 玄地 一夫
神奈川県横浜市金沢区大川3番1号 東急車輛製造株式会社内

Fターム(参考) 4E067 AA03 BG00 CA03 CA04 DB03 DC07

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。