

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2008年2月28日 (28.02.2008)

PCT

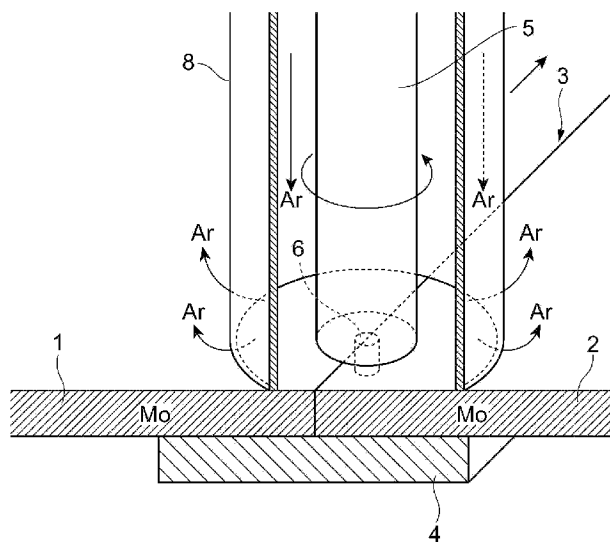
(10) 国際公開番号  
WO 2008/023760 A1

- (51) 国際特許分類: *B23K 20/12* (2006.01) *B23K 103/08* (2006.01) [JP/JP]; 〒1700005 東京都豊島区南大塚二丁目37番5号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/066359 (72) 発明者; および
- (22) 国際出願日: 2007年8月23日 (23.08.2007) (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 藤井 英俊 (FUJII, Hidetoshi) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 丸子 智弘 (MARUKO, Tomohiro) [JP/JP]; 〒1700005 東京都豊島区南大塚二丁目37番5号株式会社フルヤ金属内 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2006-229527 2006年8月25日 (25.08.2006) JP (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA, Yoshiki et al.); 〒1040061 東京都中央区銀座一丁目10番6号銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP). 株式会社フルヤ金属 (FURUYA METAL CO., LTD.) (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR WELDING METAL MATERIAL

(54) 発明の名称: 金属材の接合方法



(57) Abstract: Metal materials (1, 2) having a melting point of 2,000°C or higher are permitted to abut to each other at a welding section (3), the rear surface side of the welding section (3) is covered with a backing material (4) having a heat conductivity of 30W/mK or less, a cylindrical probe (6) of a rotating tool (5) composed of an Ir alloy is inserted from the front side of the welding section (3), and the metal materials (1, 2) are welded to each other. On the front side of the welding section (3), inside the shield cover (8) is supplied with an inert gas. The metal materials (1, 2) are welded by shifting the rotating tool (5) in the longitudinal direction of the welding section (3) while rotating the rotating tool (5). As the rotating tool (5) has sufficient durability since the rotating tool (5) composed of the Ir alloy is used, the high melting point metals can be welded by friction stir welding.

(57) 要約: 融点が2000°C以上の金属材1, 2を接合部3において突き合わせ、接合部3の裏面側を熱伝導率が30W/mK以下の裏当材4で覆い、接合部3の表面側からIr合金からなる回転ツール5の円柱状のプローブ6を挿入して金属材1, 2同士を接

[続葉有]

WO 2008/023760 A1



DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

合する。接合部 3 の表面側では、シールドカバー 8 内に不活性ガスが供給される。回転ツール 5 を回転させつつ接合部 3 の長手方向に沿って移動させることによって、金属材 1, 2 を接合する。I r 合金からなる回転ツール 5 を用いることにより、回転ツール 5 が十分な耐久性を有するため、高融点金属を摩擦攪拌接合によって接合することができる。

## 明 細 書

### 金属材の接合方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は金属材の接合方法に関し、特に融点が2000°C以上の高融点金属の摩擦攪拌接合を行う金属材の接合方法に関する。

#### 背景技術

[0002] タングステン(W)、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、レニウム(Re)及びこれらを主成分とする合金などの融点が2500°C以上の高融点金属、イリジウム(Ir)及びこれらを主成分とする合金などの融点が2000°C以上の高融点金属を溶融溶接すると、溶接部は凝固組織となり、粗粒からなる多結晶となる。上記の高融点金属材料においては、このような溶接で形成された結晶粒界が極めて脆いため、接合部において致命的な欠陥となる。したがって、従来は、上記の高融点金属材料の接合は、主にリベット接合によって行われている。

[0003] 一方、金属材の接合方法においては、摩擦攪拌接合(FSW=Friction Stir Welding)により金属材を接合する技術が知られている。摩擦攪拌接合では、接合しようとする金属材を接合部において対向させ、回転ツールの先端に設けられたプローブを接合部に挿入し、接合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て、摩擦熱により金属材を塑性流動させることによって2つの金属材を接合する(例えば、特許文献1)。

特許文献1:特許第2792233号公報

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 摩擦攪拌接合は原則として良好な接合強度を得ることができるが、一般には、摩擦攪拌接合はアルミニウム(Al)やマグネシウム(Mg)などの低融点金属のみに適用され、研究段階においても摩擦攪拌接合は鉄鋼材料への適用が限界とされており、上記の高融点金属への適用はなされていない。

[0005] 本発明は、斯かる実情に鑑み、融点が2000°C以上の高融点金属を摩擦攪拌接合

によって接合することができる金属材の接合方法を提供しようとするものである。

#### 課題を解決するための手段

- [0006] 本発明は、融点が2000°C以上の2つの金属材を接合部において対向させ、接合部にIrを含む棒状の回転ツールを挿入し、少なくとも接合部における回転ツールを挿入する側を不活性雰囲気下としつつ回転ツールを回転させて2つの金属材を接合する金属材の接合方法である。
- [0007] この構成によれば、イリジウム(Ir)を含む棒状の回転ツールを用いて不活性雰囲気下で摩擦攪拌接合を行うため、融点が2000°C以上の高融点金属材を接合する場合においても、回転ツールが十分な耐久性を有するため、上記の高融点金属を摩擦攪拌接合によって接合することができる。また、接合部における回転ツールを挿入する側を不活性雰囲気下とするため、空気中の酸素及び窒素と接触することによる接合部の粒界脆化を防止でき、より良好な接合が得られる。
- [0008] なお、本発明の金属材の接合方法においては、(1)板状の金属材の端部同士を突き合わせて接合部とし、不活性雰囲気下で回転ツールをその接合部の長手方向に沿って回転させつつ移動させて金属材同士を接合する摩擦攪拌接合、(2)板状の金属材の端部同士を突き合わせて接合部とし、不活性雰囲気下で回転ツールをその接合部で移動させずに回転させて接合するスポット摩擦攪拌接合(スポットFSW)、(3)金属材同士を接合部において重ね合わせ、接合部に回転ツールを挿入し、不活性雰囲気下で回転ツールをその箇所を移動させずに回転させて金属材同士を接合するスポット摩擦攪拌接合、(4)金属材同士を接合部において重ね合わせ、接合部に回転ツールを挿入し、不活性雰囲気下で回転ツールをその接合部の長手方向に沿って回転させつつ移動させて金属材同士を接合する摩擦攪拌接合の(1)～(4)の4つの態様およびこれらの組み合わせを含む。
- [0009] この場合、回転ツールは、Re、Mo、W、Ta、Zr及びHfのいずれかをさらに含むことが好適である。
- [0010] この構成によれば、回転ツールがRe、Mo、W、Ta、Zr及びHfのいずれかをさらに含むことにより、回転ツールの耐久性が一層向上する。
- [0011] さらに、この場合、回転ツールは、0.9～35.3質量%のReを含む物質及び0.9

～36.3質量%のReと0.05～3質量%のZrとを含む物質のいずれかからなることが好適である。

[0012] この構成によれば、回転ツールが、0.9～35.3質量%のレニウム(Re)を含む物質及び0.9～36.3質量%のReと0.05～3質量%のジルコニウム(Zr)とを含む物質のいずれかからなることによって、回転ツールの耐久性が一層向上する。

[0013] この場合、接合部における回転ツールを挿入する側の反対側を、熱伝導率が30W/mK以下の裏当材で覆いつつ金属材を接合することが好適である。

[0014] この構成によれば、接合部における回転ツールを挿入する側の反対側を、熱伝導率が30W/mK以下の裏当材で覆いつつ金属材を接合するため、接合部の温度低下を最小限として、接合強度及び接合効率を向上させることができる。

[0015] この場合、回転ツールは先端に接合部に挿入される円柱状のプローブを有することが好適である。

[0016] この構成によれば、回転ツールは先端に接合部に挿入される円柱状のプローブを有するため、螺子状の溝を設けたプローブに比べて摩耗が少なく、回転ツールの寿命を向上させることができる。

[0017] この場合、回転ツールを1000rpm以下で回転させつつ金属材を接合することが好適である。

[0018] この構成によれば、回転ツールを1000rpm以下で回転させるために十分な攪拌効率となり、螺子状の溝を設けていない円柱状のプローブを有する回転ツールを用いた場合であっても、十分な攪拌効率が得られる。

### 発明の効果

[0019] 本発明の金属材の接合方法によれば、融点が2000℃以上の高融点金属を摩擦攪拌接合によって接合することができる。

### 図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に係る金属材の接合方法の第1実施形態を示す斜視図である。

[図2]本発明に係る金属材の接合方法の第2実施形態を示す斜視図である。

[図3]本発明に係る金属材の接合方法の第3実施形態を示す斜視図である。

[図4]本発明に係る金属材の接合方法の第4実施形態を示す斜視図である。

[図5](a)～(e)は実験例1におけるMo材の金属組織を示す図である。

[図6](a)～(d)は実験例1におけるMo材の金属組織を示す図である。

[図7]実験例1における引張試験の結果を示すグラフ図である。

[図8]実験例1における硬さ試験の結果を示すグラフ図である。

[図9]実験例1における大気中で接合したMo材の接合部の金属組織を示す図である。

[図10]実験例1における大気中で接合したMo材の接合部の金属組織を示す図である。

### 符号の説明

- [0021] 1, 2 Mo材  
3 接合部  
4 裏当材  
5 回転ツール  
6 プローブ  
8 シールドカバー  
9 シールドケース

### 発明を実施するための最良の形態

[0022] 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。

[0023] 図1は、本発明に係る金属材の接合方法の第1実施形態を示す斜視図である。本実施形態では、図1に示すように、板状の金属材1, 2の端部同士を接合部3において突き合わせ、接合部3の裏面側を板状の裏当材4で覆い、接合部3の表面側から回転ツール5のプローブ6を挿入して金属材1, 2同士を接合する。接合部3の表面側では、回転ツール5を囲繞するようにシールドカバー8が配置されており、シールドカバー8内に不活性ガスが導入され、不活性雰囲気下で金属材1, 2同士を接合する。

[0024] 本実施形態において、接合する金属材1, 2としては、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、レニウム(Re)及びこれらを主成分とする合金などの融点が2500°C以上の高融点金属、イリジウム(Ir)及びこれらを主成分とする合金などの融点

が2000°C以上の高融点金属を適用することができる。なお、金属材1, 2としては、同種の材料ではなく、異種材料を適用することもできる。

[0025] 回転ツール5は、図1に示すように略円筒状をなし、先端に本体より小径の略円柱状のプローブ6を備えている。プローブ6の側面には、特許文献1の図2に記載されているような螺子状の溝は設けられておらず、平坦な側面となっている。裏当材4と、接合部3に挿入される回転ツール5のプローブ6の先端との距離は、未接合部を生じないために可能な限り短いことが好ましい。

[0026] 回転ツール5の材質はIr合金であり、具体的には、0.9~35.3質量%のレニウム(Re)を含む物質、より好ましくは、3~10質量%のReを含む物質と残部のIrからなるIr合金とする。又は、0.9~36.3質量%のReと0.05~3質量%のジルコニウム(Zr)を含む物質、より好ましくは、3~10質量%のReと1~3質量%のZrとを含む物質と残部のIrからなるIr合金とする。あるいは回転ツール5の材質は、0.5~13.0質量%のモリブデン(Mo)を含む物質と残部のIrからなるIr合金、0.9~18.3質量%のタングステン(W)を含む物質と残部のIrからなるIr合金、0.9~15.2質量%のタンタル(Ta)を含む物質と残部のIrからなるIr合金、0.1~2.4質量%のジルコニウム(Zr)を含む物質と残部のIrからなるIr合金、0.2~11.2質量%のハフニウム(Hf)を含む物質と残部のIrからなるIr合金、0.9~35.4質量%のレニウム(Re)と0.1~4.7質量%のハフニウム(Hf)とを含む物質と残部のIrからなるIr合金のいずれかから選択される一つとすることができる。

[0027] 裏当材4としては、熱伝導率が30W/mK以下である物質からなる物を適用することができる。また、裏当材4としては、接合時の高温において、1000~3000kgの荷重に耐え得る十分な圧縮強度を有していることが好ましい。裏当材4の材質としては、例えば、金属を主成分とする合金や、セラミックス等を適用することもできる。あるいは、接合部3の温度を調整するためには裏当材以外にも、アーク放電やレーザー光照射等を利用した補助熱源や冷却装置を適宜用いることができる。

[0028] シールドカバー8は略円筒形をなし、回転ツール5を囲繞するように配置されている。シールドカバー8は、接合時に回転ツール5が接合部3の長手方向に沿って移動するとともに、回転ツール5を囲繞しつつ同方向に移動することができるようになって

いる。接合時には、シールドカバー8内に不活性ガスがシールドガスとして供給される。シールドガスとして用いられる不活性ガスとしては、アルゴン(Ar)、ヘリウム(He)、ネオン(Ne)、クリプトン(Kr)、キセノン(Xe)等の0族の元素からなるガスを用いることができる。また、接合する金属材が窒化による粒界脆化が起こらない材料の場合は、 $N_2$ ガスや $N_2$ に $H_2$ を微量添加したガス等を用いることができる。

[0029] 図1に示すように、本実施形態では、接合部3に回転ツール5のプローブ6を挿入し、シールドカバー8内にシールドガスを供給しながら、回転ツール5を回転させつつ接合部3の長手方向に沿って移動させることによって、金属材1, 2を接合することができる。

[0030] 本実施形態においては、Ir合金からなる回転ツール5を用いて不活性雰囲気下で摩擦攪拌接合を行うため、融点が $2000^{\circ}C$ 以上の金属材1, 2を接合する場合においても、回転ツール5が十分な耐久性を有するため、高融点金属を摩擦攪拌接合によって接合することができる。接合部3における回転ツール5を挿入する側をシールドカバー8で覆いArガス等のシールドガスを供給するため、空気中の酸素及び窒素と接触することによる接合部3の粒界脆化を防止でき、より良好な接合が得られる。

[0031] 特に本実施形態では、回転ツール5が、0.9~35.3質量%のレニウム(Re)を含む物質、より好ましくは、3~10質量%のReを含む物質と残部のIrからなるIr合金、又は、0.9~36.3質量%のReと0.05~3質量%のジルコニウム(Zr)を含む物質、より好ましくは、3~10質量%のReと1~3質量%のZrとを含む物質と残部のIrからなるIr合金からなることにより、回転ツール5の耐久性を一層向上させることができる。

[0032] また、本実施形態によれば、接合部3における回転ツール5を挿入する側の反対側を、熱伝導率が $30W/mK$ 以下の金属を主成分とする合金や、セラミックス等からなる裏当材4で覆いつつ金属材1, 2を接合するため、接合部3の温度低下を最小限として、接合強度及び接合効率を向上させることができる。

[0033] また、本実施形態によれば、回転ツール5は先端に接合部3に挿入される円柱状のプローブ6を有し、プローブ6は平坦な側面を有するため、螺子状の溝を設けたプローブに比べて摩耗が少なく、回転ツール5の寿命を向上させることができる。

[0034] また、本実施形態によれば、回転ツール5を $1000rpm$ 以下で回転させつつ金属材

1, 2を接合するために十分な攪拌効率となり、螺子状の溝を設けていない円柱状のプローブ6を有する回転ツール5を用いた場合であっても、十分な攪拌効率が得られる。

[0035] 加えて、本実施形態によれば、高融点の金属材1, 2を摩擦攪拌接合によって接合できることにより、高融点金属をリベット接合のような点接合ではなく、線接合によって接合することができ、接合強度が向上する。また、高融点の金属材1, 2を摩擦攪拌接合によって接合できることにより、本実施形態では、従来に比べて高融点金属材を高速度で接合することができる。

[0036] 図2は、本発明の第2実施形態に係る金属材の接合方法を示す図である。図2に示すように、本実施形態では、金属材1, 2同士を接合部3において重ね合わせ、一方の金属材1を通して接合部3に回転ツール5を挿入し、回転ツール5を回転させて金属材1, 2同士を接合する。同様にして、他の箇所にも順次回転ツール18を挿入して回転させることにより、広い接合部3においても摩擦攪拌接合を行うことができる。

[0037] 図3は、本発明の第3実施形態に係る金属材の接合方法を示す図である。図3に示すように、本実施形態では、上記第1実施形態のように、回転ツール5の周りのみをシールドカバー8で覆うだけではなく、回転ツール5、金属材1, 2及び裏当材4の全体をシールドケース9内に收容し、シールドケース9内にArガス等のシールドガスを供給して、不活性雰囲気下とする。本実施形態では、回転ツール5、金属材1, 2及び裏当材4の全体を不活性雰囲気下とすることにより、空気中の酸素及び窒素と接触することによる接合部3の粒界脆化を一層防止できる。

[0038] 図4は、本発明の第4実施形態に係る金属材の接合方法を示す図である。図4に示すように、金属材1, 2同士を接合部3において重ね合わせ、接合部3に回転ツール5を挿入して金属材1, 2同士を接合する場合においても、回転ツール5、金属材1, 2及び裏当材4の全体をシールドケース9内に收容し、シールドケース9内にArガス等のシールドガスを供給して不活性雰囲気下とすることにより、空気中の酸素及び窒素と接触することによる接合部3の粒界脆化を一層防止できる。

[0039] 尚、本発明の金属材の接合方法は、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。

[0040] 次に、本発明者が本発明の金属材の接合方法により、実際に金属材を接合した実験結果を説明する。

[0041] 実験例1

供試材として純モリブデン(純度99.9%)であって、長さ100mm×幅50mm×厚さ1.5mmの2枚の平板を用い、図1に示すような方法で摩擦攪拌接合を行った。回転ツール5としては、3~10質量%のReと1~3質量%のZrと残部のIrからなるIr合金からなる物を用いた。回転ツール5の寸法は、ショルダ径(本体の直径)が15mmであり、プローブ6の長さが1.4mmであり、プローブ6の直径が6mmの物を用いた。プローブ6の側面は平坦面であり、特許文献1の図2に記載されているもののように螺旋状の溝が設けられていない。裏当材4としては熱伝導率が30W/mK以下のセラミックスからなる物を用い、シールドガスとしてはArガスを用いた。

[0042] 接合条件は、回転ツール5の回転速度を1000rpmで一定とし、接合速度を50~600mm/minの間で変化させた。接合速度400mm/min及び600mm/minにおいては、図2に示すような方法でも実験を行った。接合後、試料のマクロ組織観察及びミクロ組織観察を行うとともに、機械的特性評価として引張試験と接合方向に垂直な断面の硬さ試験とを行った。

[0043] 図5(a)~(e)は本実験例におけるMo材の金属組織を示す図であり、図5(a)は、接合速度200mm/min、回転ツール5の接合部3への荷重が1400kgの条件で接合されたマクロ組織を示す図である。図5(c)は攪拌部のミクロ組織、図5(b)及び(d)は攪拌部とHAZ(Heat Affected Zone:熱影響部)との境界部のミクロ組織、図5(e)はMo母材のミクロ組織を夫々示す図である。

[0044] また、図6(a)~(d)は本実験例におけるMo材の金属組織を示す図であり、図6(a)は、接合速度600mm/min、回転ツール5の接合部3への荷重が2200kgの条件で接合されたマクロ組織を示す図である。図6(b)は攪拌部のミクロ組織、図6(c)は攪拌部とHAZ(Heat Affected Zone)との境界部のミクロ組織、図6(d)はMo母材のミクロ組織を夫々示す図である。

[0045] 図5(a)~(e)及び図6(a)~(d)に示すように、接合部3の金属組織は、攪拌部、H

AZ、母材よりなり、TMAZ (Thermo-mechanically affected zone) は明確には確認できなかった。図5 (b) (d) 及び図6 (c) より、いずれの接合速度においても、攪拌部とHAZとの間に明確な境界が存在していることが判る。また、図5 (c) 及び図6 (b) より、いずれの接合速度においても攪拌部に、Alの金属組織と同様のオニオンリングの存在が確認され、攪拌部が十分に攪拌され組織が微細化されていることが判る。本実験例において、接合速度100～600mm/minの範囲では、金属組織に及ぼす接合速度の影響はほとんど認められなかった。

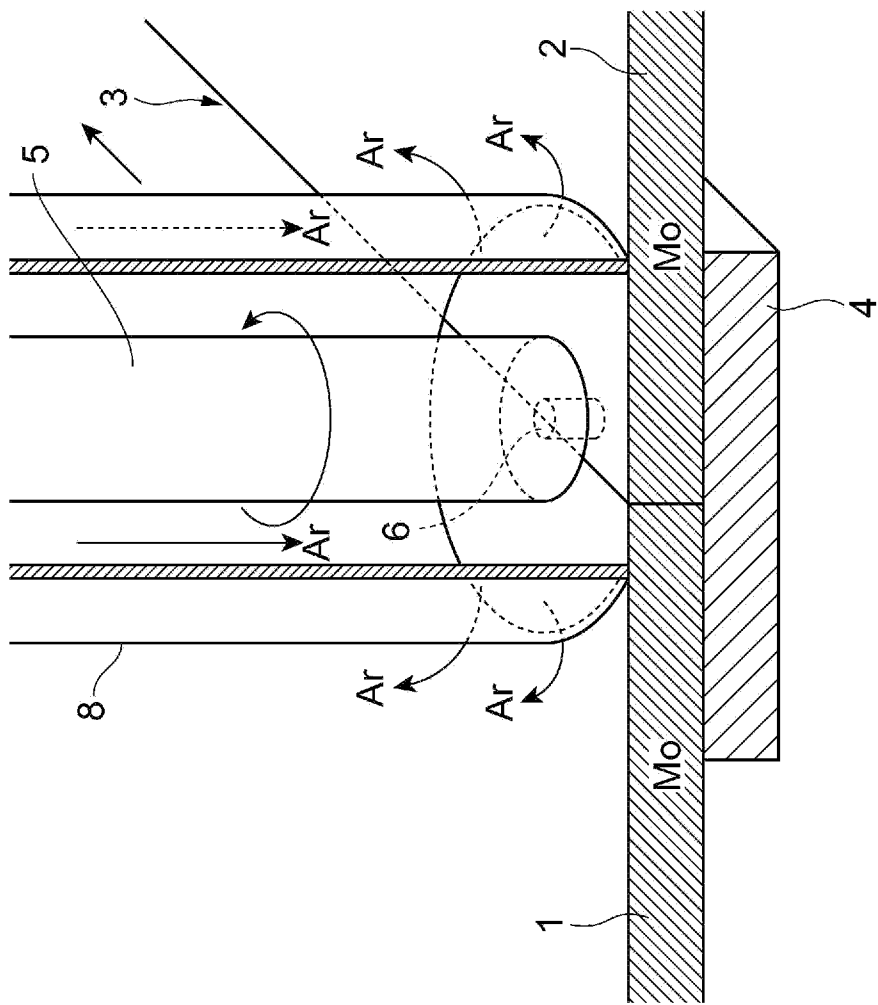
[0046] 図7は実験例1における引張試験の結果を示すグラフ図であり、図8は実験例1における硬さ試験の結果を示すグラフ図である。図7に示すように、本実験例において、接合速度100～600mm/minの範囲では、引張強度の差は小さく、いずれも母材の8割程度の強度を示した。また、接合速度400mm/min及び600mm/minにおいては、図2に示すような方法でも実験を行ったが、接合強度の差異は少なく、ほぼ同等の接合強度を示した。また、図8に示すように、接合部3における硬さ分布においても、接合速度200～600mm/minの範囲では、接合速度による明確な差は認められなかった。図8に示すように、HAZでは結晶粒が粗大化するため、硬さの低下が認められた。

[0047] なお、比較のためシールドカバー8とシールドガスを用いずに大気中で接合を行う以外は上記と同様の条件によってMo材の接合を行った。図9に示すように、接合部3の表面の金属組織は黒く酸化した部分が生じていることが判る。この接合部から、ばりや滓を取り除いた様子を図10に示す。図10においても、金属組織は黒く酸化した粗面が確認でき、接合部3が酸化により脆化していることが推察できる。

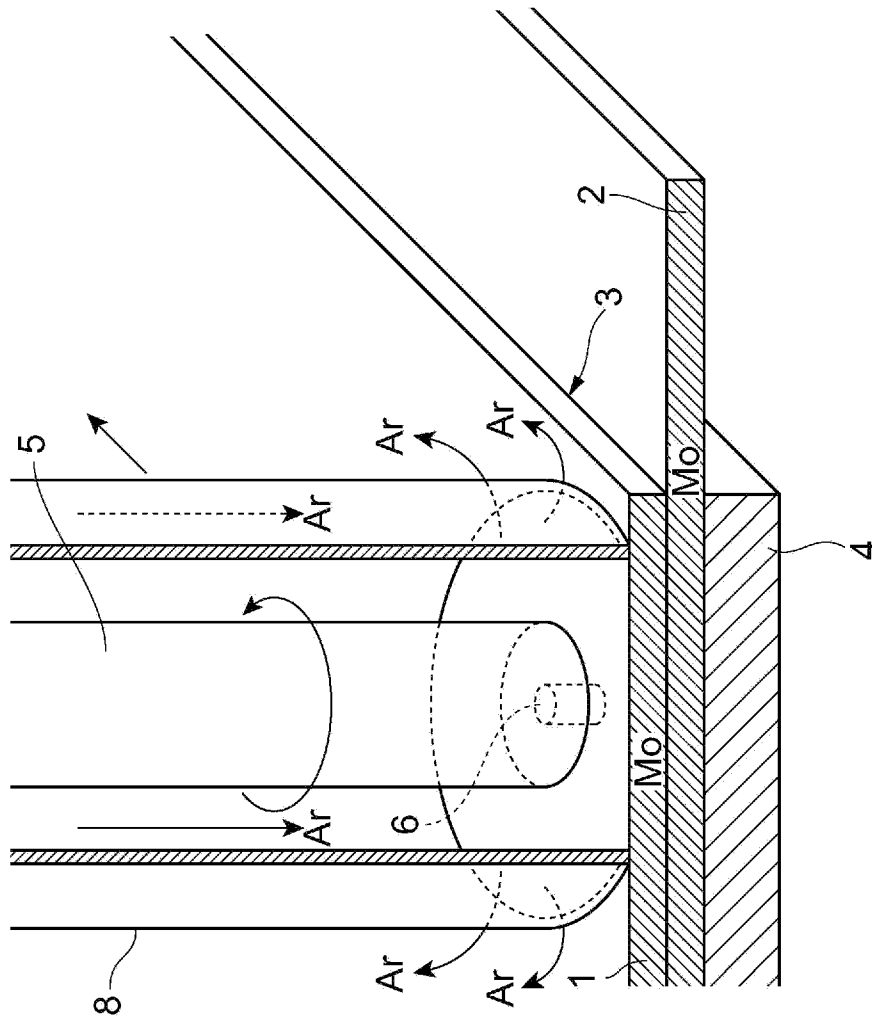
## 請求の範囲

- [1] 融点が2000°C以上の2つの金属材を接合部において対向させ、前記接合部にIrを含む棒状の回転ツールを挿入し、少なくとも前記接合部における前記回転ツールを挿入する側を不活性雰囲気下としつつ前記回転ツールを回転させて前記2つの金属材を接合する金属材の接合方法。
- [2] 前記回転ツールは、Re、Mo、W、Ta、Zr及びHfのいずれかをさらに含む、請求項1に記載の金属材の接合方法。
- [3] 前記回転ツールは、0.9～35.3質量%のReを含む物質及び0.9～36.3質量%のReと0.05～3質量%のZrとを含む物質のいずれかからなる、請求項1または2に記載の金属材の接合方法。
- [4] 前記接合部における前記回転ツールを挿入する側の反対側を、熱伝導率が30W/mK以下の裏当材で覆いつつ前記金属材を接合する、請求項1～3のいずれか1項に記載の金属材の接合方法。
- [5] 前記回転ツールは先端に前記接合部に挿入される円柱状のプローブを有する、請求項1～4のいずれか1項に記載の金属材の接合方法。
- [6] 前記回転ツールを1000rpm以下で回転させつつ前記金属材を接合する、請求項5に記載の金属材の接合方法。

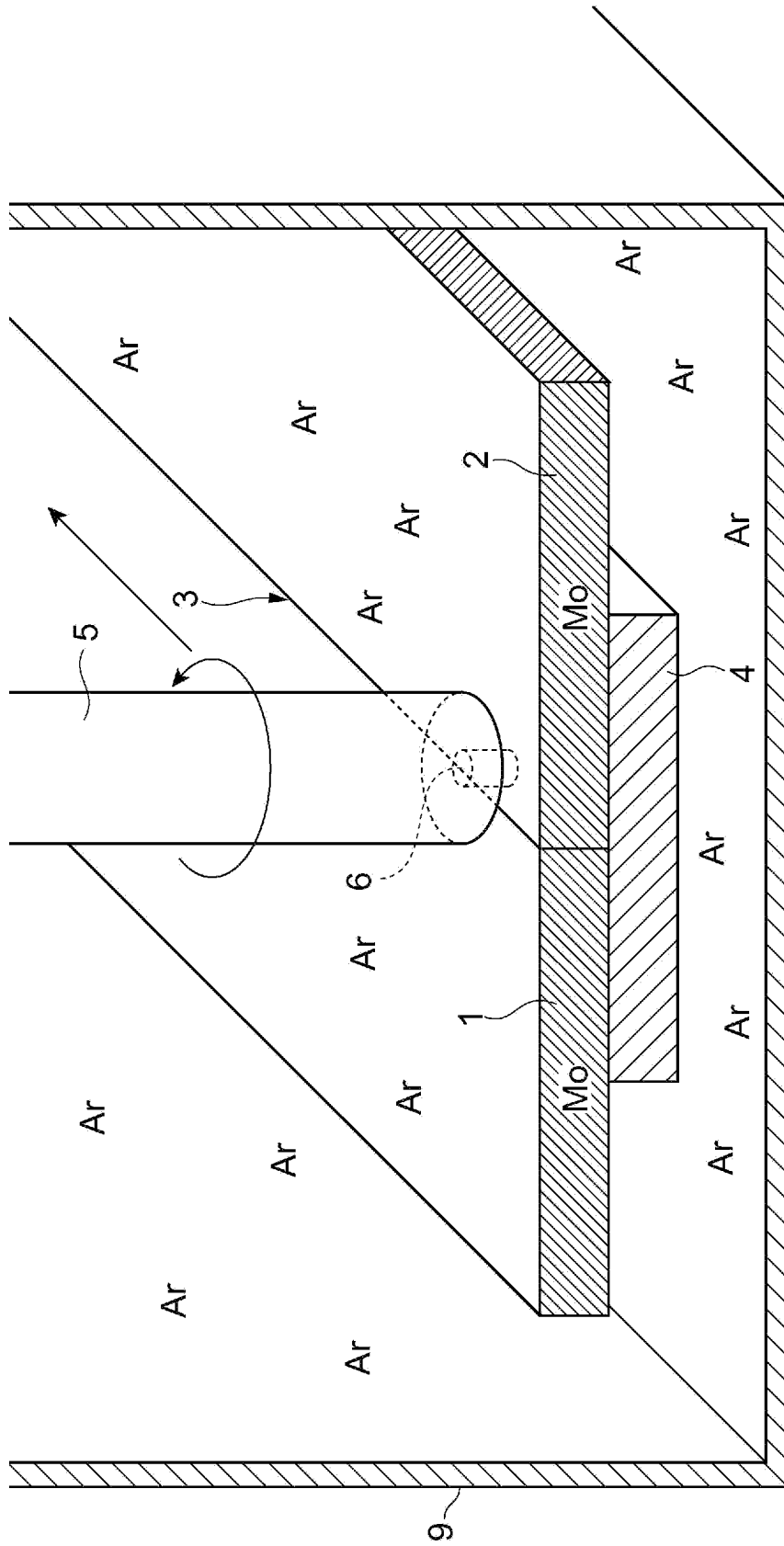
[図1]



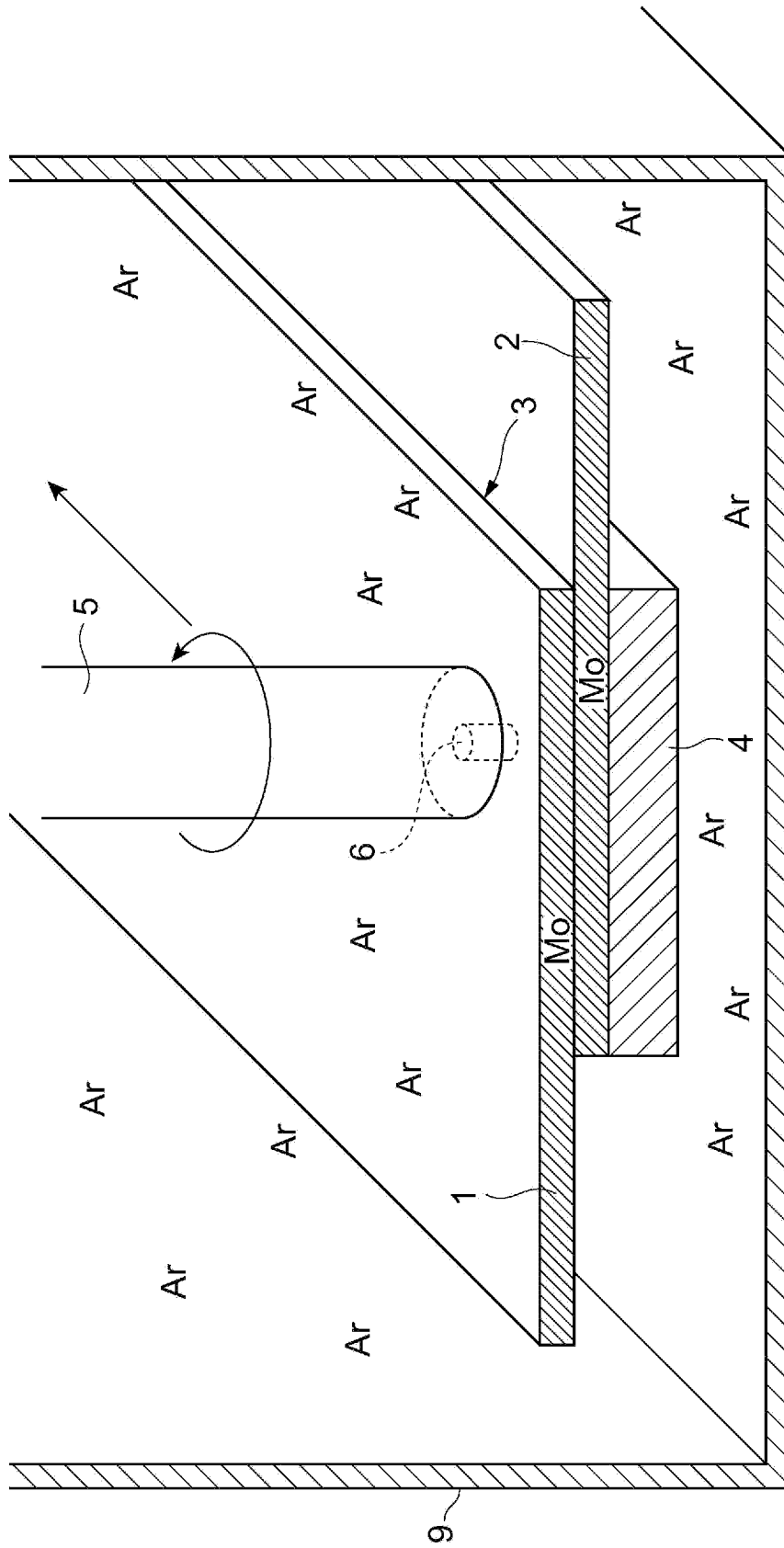
[図2]



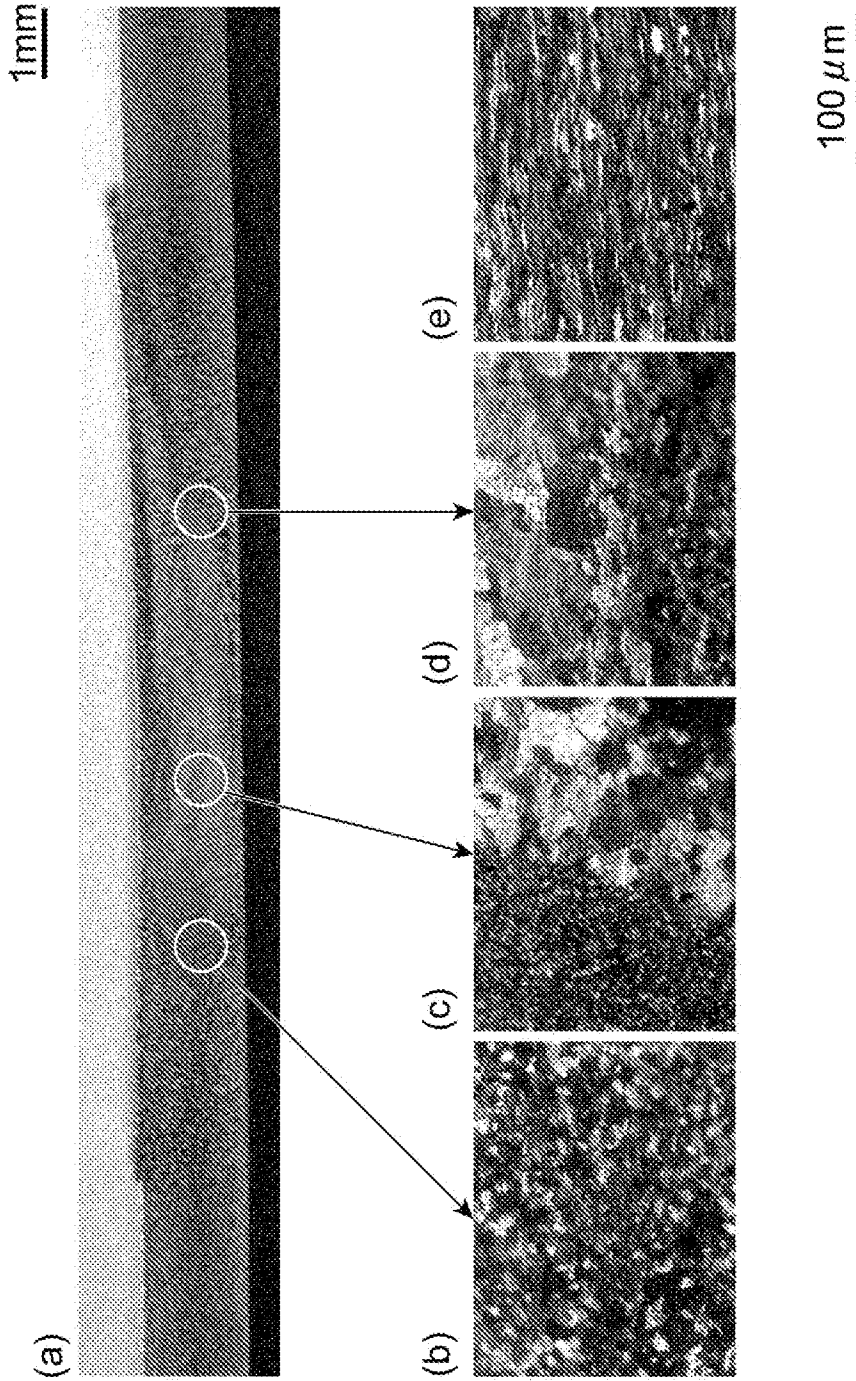
[図3]



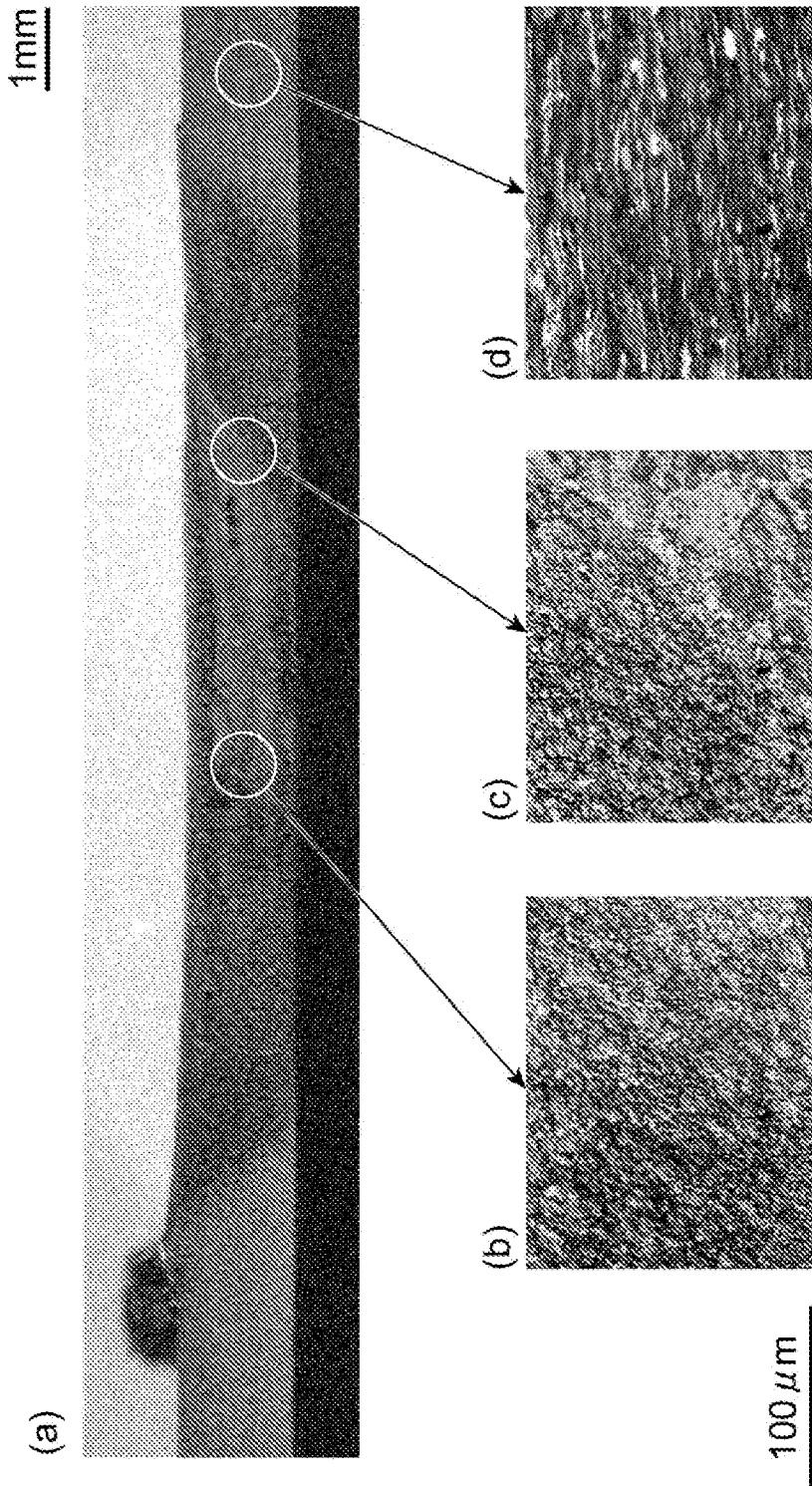
[図4]



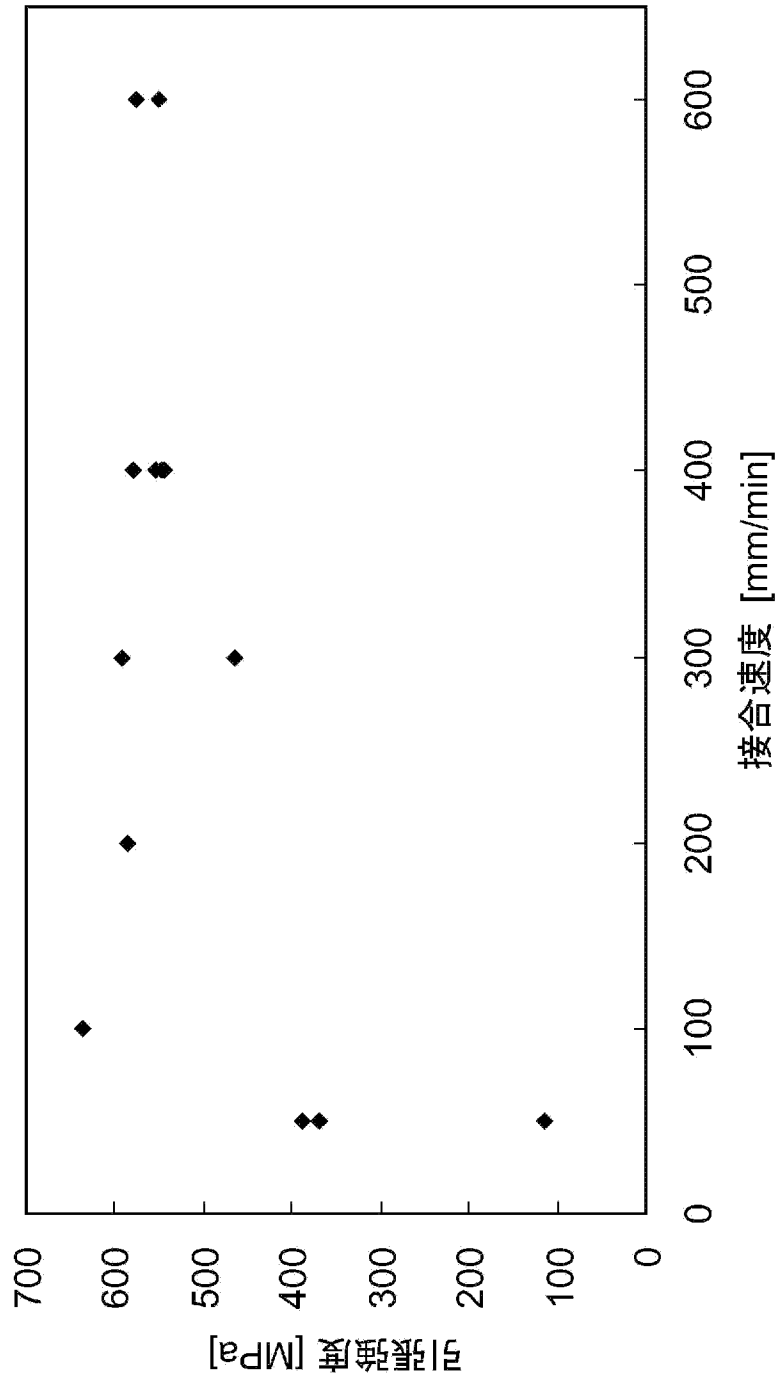
[図5]



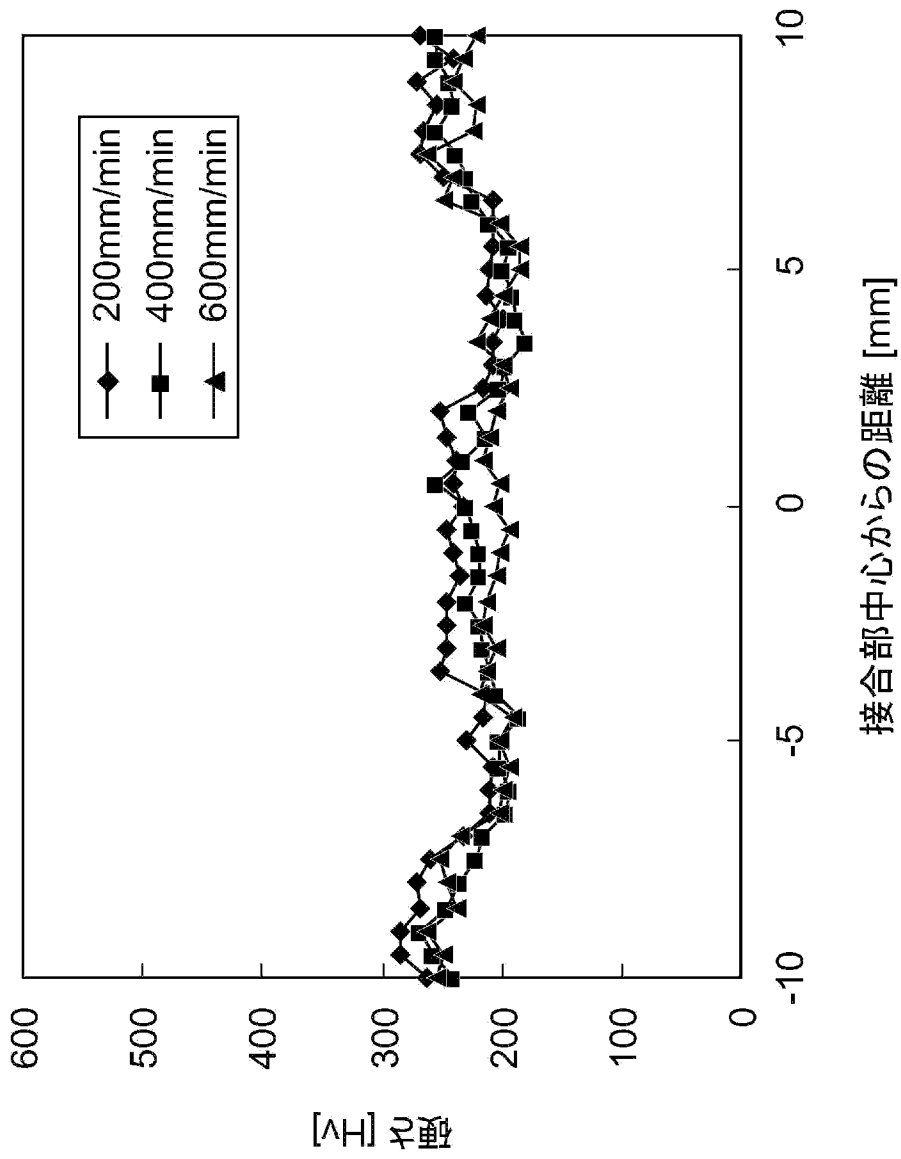
[図6]



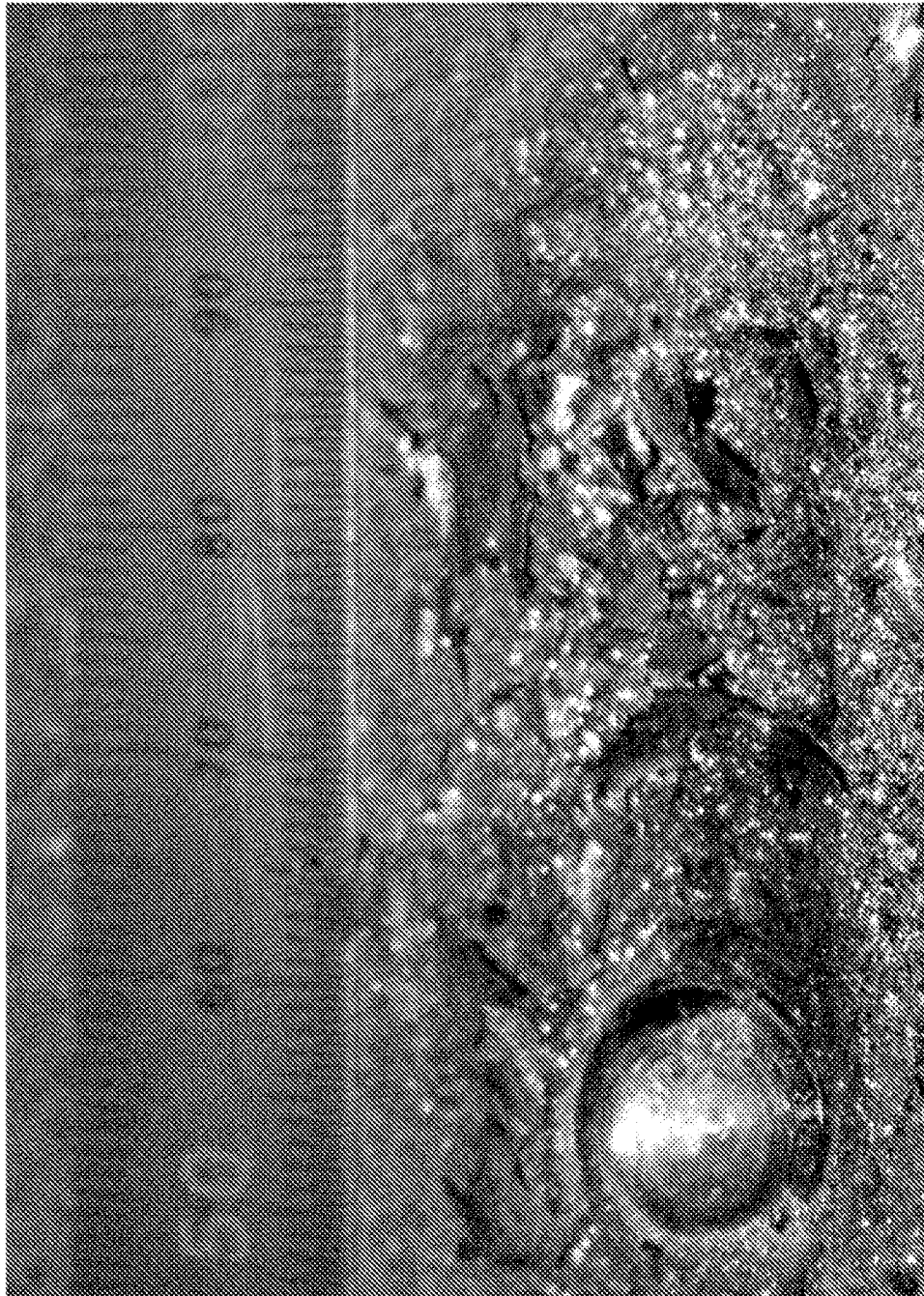
[図7]



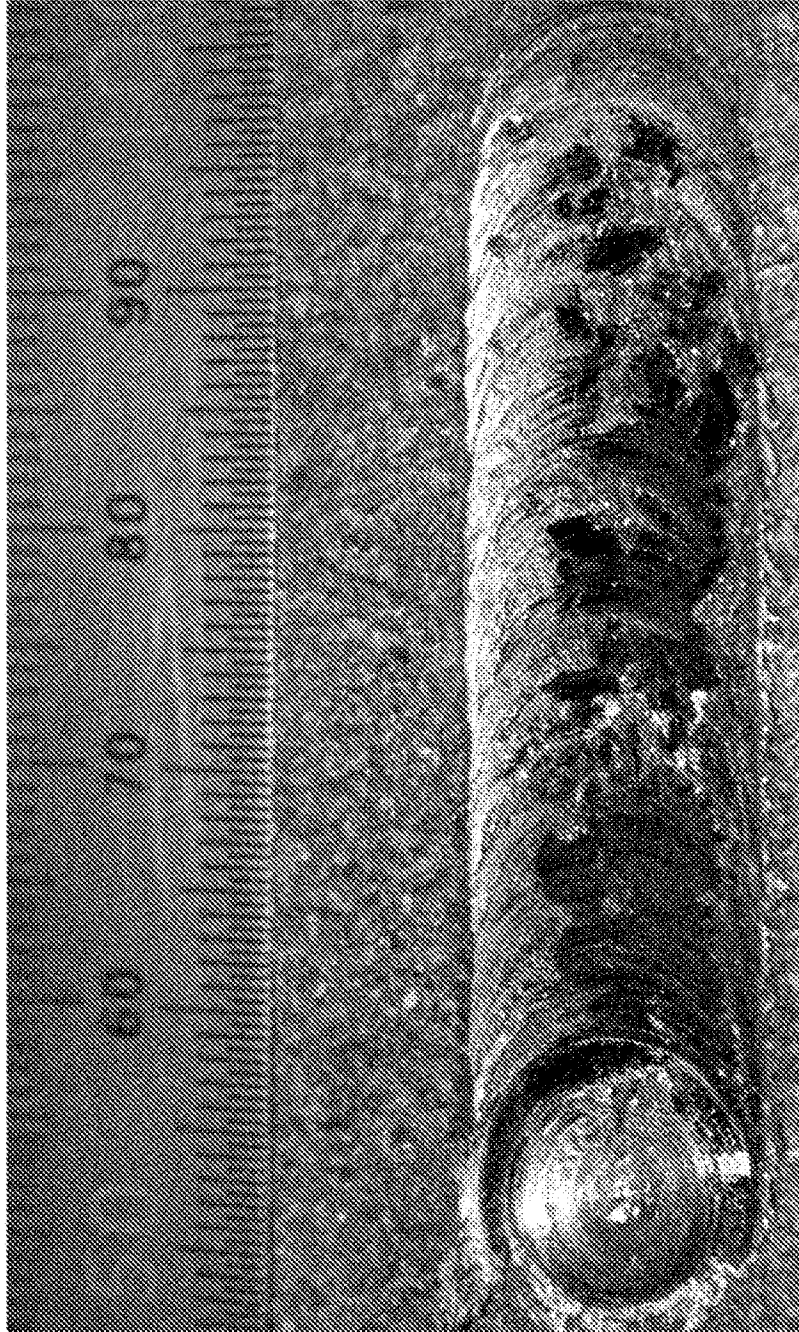
[図8]



[図9]



[図10]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2007/066359

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
*B23K20/12* (2006.01) i, *B23K103/08* (2006.01) n

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)  
*B23K20/12*, *B23K103/08*

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	1922-1996	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	1996-2007
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	1971-2007	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	1994-2007

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.
A	JP 2004-090050 A (Furuya Metal Co., Ltd.), 25 March, 2004 (25.03.04), Full text; drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2004-195480 A (Furuya Metal Co., Ltd.), 15 July, 2004 (15.07.04), Full text; drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2002-273579 A (Hitachi, Ltd.), 25 September, 2002 (25.09.02), Full text; drawings & EP 1240969 A2	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C.       See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“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
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“&” document member of the same patent family
“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	

Date of the actual completion of the international search  
 15 November, 2007 (15.11.07)

Date of mailing of the international search report  
 27 November, 2007 (27.11.07)

Name and mailing address of the ISA/  
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2007/066359

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 2002-346770 A (Hitachi, Ltd.), 04 December, 2002 (04.12.02), Full text; drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2003-088964 A (Hitachi, Ltd.), 25 March, 2003 (25.03.03), Full text; drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2004-344906 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 09 December, 2004 (09.12.04), Full text; drawings (Family: none)	1-6
A	WO 2005/105361 A1 (Tokyu Car Corp.), 10 November, 2005 (10.11.05), Full text; drawings & GB 2427846 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B23K20/12(2006.01)i, B23K103/08(2006.01)n			
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. B23K20/12, B23K103/08			
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 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2007年 日本国実用新案登録公報 1996-2007年 日本国登録実用新案公報 1994-2007年			
国際調査で使用した電子データベース (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	
A	JP 2004-090050 A (株式会社フルヤ金属) 2004. 03. 25, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6	
A	JP 2004-195480 A (株式会社フルヤ金属) 2004. 07. 15, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6	
A	JP 2002-273579 A (株式会社日立製作所) 2002. 09. 25, 全文及び図面 & EP 1240969 A2	1-6	
<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、一般的な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 15. 11. 2007		国際調査報告の発送日 27. 11. 2007	
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) 松本 公一	3 P   3506
		電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

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 2002-346770 A (株式会社日立製作所) 2002. 12. 04, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2003-088964 A (株式会社日立製作所) 2003. 03. 25, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2004-344906 A (三菱重工業株式会社) 2004. 12. 09, 全文及び図面 (ファミリーなし)	1-6
A	WO 2005/105361 A1 (東急車輛製造株式会社) 2005. 11. 10, 全文及び図面 & GB 2427846 A	1-6