

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2010年3月18日(18.03.2010)

PCT

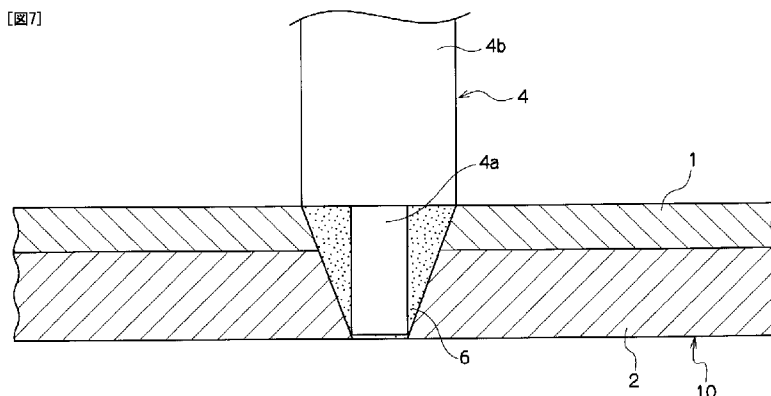
(10) 国際公開番号  
WO 2010/029864 A1

- (51) 国際特許分類: C22C 1/08 (2006.01) B23K 20/12 (2006.01) たま市見沼区深作 307 学校法人芝浦工業大学先端工学研究機構内 Saitama (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/065097 (74) 代理人: 中島 淳, 外(NAKAJIMA, Jun et al.); 〒1600022 東京都新宿区新宿 4 丁目 3 番 1 7 号 H K 新宿ビル 7 階 太陽国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (22) 国際出願日: 2009年8月28日(28.08.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (30) 優先権データ: 特願 2008-235131 2008年9月12日(12.09.2008) JP (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, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人群馬大学(NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION GUNMA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒3718510 群馬県前橋市荒牧町四丁目 2 番地 Gunma (JP). 学校法人芝浦工業大学(SHIBAURA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1358548 東京都江東区豊洲 3-7-5 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 半谷 禎彦 (HANGAI, Yoshihiko) [JP/JP]; 〒3768515 群馬県桐生市天神町一丁目 5 番 1 号 国立大学法人群馬大学内 Gunma (JP). 宇都宮 登雄 (UTSUNOMIYA, Takao) [JP/JP]; 〒3378570 埼玉県さい

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING PRECURSOR FOR FOAM METAL AND METHOD OF MANUFACTURING FOAM METAL, AND PRECURSOR FOR FOAM METAL AND FOAM METAL MANUFACTURED BY THE METHODS

(54) 発明の名称: 発泡金属用前駆体および発泡金属の製造方法、並びに前記製造方法で製造された発泡金属用前駆体および発泡金属



(57) Abstract: Provided are a method of manufacturing a precursor for foam metal, a method of manufacturing a foam metal, a precursor for foam metal obtained by the manufacturing method, and a foam metal obtained by the manufacturing method. The method of manufacturing a precursor for foam metal includes a step of superimposing base materials (1 and 2) one on another with a foaming agent (3) interposed therebetween and a step of performing a friction stir processing on one surface of the superimposed base materials (1 and 2) to thereby weld the base materials (1 and 2) together and simultaneously therewith, dispersing the foaming agent (3) in the base materials (1 and 2). In the method of manufacturing a foam metal, the precursor obtained by the above manufacturing method is foamed by overheating.

(57) 要約: 母材 1 と母材 2 との間に発泡剤 3 を配置して重ね合わせる工程と、前記重ね合せた母材 1 と母材 2 との一方の面に摩擦攪拌プロセッシングを行って母材 1 と母材 2 とを接合し、同時に発泡剤 3 を母材 1 と母材 2 とに分散させる工程と、を含む発泡金属用前駆体の製造方法、前記製造方法で得られた前駆体を過熱発泡させる発泡金属の製造方法、前記製造方法で得られる発泡金属用前駆体、および前記製造方法で得られる発泡金属。



WO 2010/029864 A1

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, 添付公開書類:  
TD, TG).

— 國際調查報告 (條約第 21 條(3))

## 明 細 書

発明の名称：

発泡金属用前駆体および発泡金属の製造方法、並びに前記製造方法で製造された発泡金属用前駆体および発泡金属

### 技術分野

[0001] 本発明は、発泡金属用前駆体および発泡金属の製造方法、並びに前記製造方法で製造された発泡金属用前駆体および発泡金属にかかり、特に、安定した品質を有する発泡金属用前駆体を低コストで容易に製造できる省エネルギープロセスである発泡金属用前駆体の製造方法、前記製造方法で製造された発泡金属用前駆体を用いる発泡金属の製造方法、およびこれらの製造方法で製造された発泡金属用前駆体および発泡金属に関する。

### 背景技術

[0002] 純アルミニウム、純チタニウム、アルミニウム合金、マグネシウム合金、チタニウム-アルミニウム系合金、チタニウム合金、ニッケル-アルミニウム系合金、純鉄、純銅、鉄鋼材料、銅合金などの各種金属や合金を発泡させた発泡金属は、軽量であって比強度および耐食性が高く、リサイクルが容易な素材であり、衝撃吸収性や遮音性を有する。

[0003] 発泡性金属の主な用途としては、自動車、航空宇宙、鉄道車両、医療分野、建築部材、産業用機械部品などが考えられている。

[0004] 発泡金属の製造法の1つとして、アルミニウム合金などの母材中に発泡剤を混合して前駆体とし、この前駆体を加熱、発泡させるプリカーサ法がある (Banhart, J., Manufacture, characterization and application of cellular metals and metal foams. Progress in Materials Science, 2001. 46(6):p559-632)。

[0005] プリカーサ法において前駆体を作成する方法としては、粉末法 (Baumgartner, F., I. Duarte, and J. Bhanhart, Industrialization of powder compact foaming process. Advanced Engineering Materials, 2000. 2(4): Pp168-

174、ドイツ特許出願公開第1048360号明細書、ドイツ特許出願公開第4103630号明細書)と圧延接合法(Kitazono, K., E. Sato, and K. Kuribayashi, Novel manufacturing process of closed-cell aluminum foam by accumulative roll-bonding. Scripta Materialia, 2004. 59(4): pp495-498、特許第3895292号公報)とがある。

[0006] 粉末法は、母材粉末と発泡剤粉末とを均一になるまで混合し、更に、得られた混合粉末に熱間押出や熱間圧延などの操作を施して前記混合粉末を固化させて前駆体とする方法である。

[0007] また、圧延接合法は、母材の板材を複数用意し、前記板材に必要なに応じて表面処理を施した後、前記板材の間に発泡剤を挟み、所定の圧下率、例えば50%で圧延し、これらの板材を接合する。そして前記圧延工程を繰り返して母材中に発泡剤を均一に分散させ、前駆体とする。

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、粉末法は、母材の粉末の価格が一般に流通している板材などの材料と比較して高いこと、母材がアルミニウム合金の粉末である場合、粉末の表面に酸化皮膜が存在するから十分に緻密な前駆体を製造することが困難であること、混合粉末の調製や固化に長時間を有するから生産性が低いこと、混合粉末を固化させるときに大量のエネルギーが必要なため、エネルギー消費が大きいこと、混合粉末を調製する際に母材や発泡剤の粉末が周囲に四散しがちであり、作業環境の悪化が懸念されることなどの問題点がある。

[0009] 一方、圧延接合法は、安価な板材を使用でき、また既存の圧延設備を使用できるという長所はあるものの、圧延によって板材を接合するために、焼鈍や接合面の表面処理などの前処理が必要であること、圧延前後で熱処理が必要であり、エネルギー消費が大きいこと、発泡剤を均一に分散させるためには圧延を多数回繰り返す必要があること、圧延を繰り返すごとに圧延材を切断する必要があるなど、生産性向上を阻害する要因が多い。

[0010] 本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、安定した品質を有する発泡金属用前駆体を低コストで容易に製造できる省エネルギープロセスである発泡金属用前駆体の製造方法、前記製造方法で製造された発泡金属用前駆体を用いる発泡金属の製造方法、およびこれらの製造方法で製造された発泡金属用前駆体および発泡金属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

[0011] 本発明の第1の態様は、一の母材と他の母材との間に発泡剤を配置して重ね合わせる工程と、前記重ね合せた一の母材と他の母材との一方の面に摩擦攪拌プロセッシング（FSP）を行って前記一の母材と他の母材とを接合し、同時に前記発泡剤を前記一の母材と他の母材とに分散させる工程と、を含むことを特徴とする発泡金属用前駆体の製造方法に関する。

[0012] 前記製造方法においては、発泡剤を間に挟持した状態で一の母材と他の母材とを重ね合わせ、重ね合せたものの一方の面に、先端に突起を有する略円柱状の工具を軸線の周りに回転させつつ、前記工具の突起を設けた側の端部を押圧するFSPを行う。そして、FSPによって発生する摩擦熱で、前記一および他の母材を軟化させて塑性流動を生じさせ、母材同士を一体化させると同時に発泡剤を母材中に分散させ、前駆体を得る。

[0013] 本発明の第2の態様は、母材の表面に発泡剤を載置する工程と、前記母材の表面に載置した発泡剤を、摩擦攪拌プロセッシング（FSP）によって母材内部に分散させる工程と、を含むことを特徴とする発泡金属用前駆体の製造方法に関する。

[0014] 前記製造方法においては、母材の表面に発泡剤を載置し、前記母材における発泡剤を載置下側の面に、先端に突起を有する略円柱状の工具を軸線の周りに回転させつつ、前記工具の突起を設けた側の端部を押圧するFSPを行う。そして、FSPによって発生する摩擦熱で、母材を軟化させて塑性流動を生じさせて発泡剤を母材中に分散させ、前駆体を得る。

[0015] 本発明の第3の態様は、第1の態様に係る発泡金属用前駆体の製造方法において、前記重ね合せた一の母材と他の母材との一方の面にFSPを行った

後に、前記重ね合せた一の母材と他の母材との他方の面にF S Pを行うものに関する。

[0016] 前記製造方法においては、一方の面にF S Pを行うことにより、母材同士が一体化すると同時に発泡剤が母材中に分散する。そして、一方の面にF S Pを行った後に他方の面にF S Pを行うことにより、母材同士の一体化および発泡剤の母材内への分散が更に進行する。

[0017] 本発明の第4の態様は、第2の態様に係る発泡金属用前駆体の製造方法において、前記母材の発泡剤を載置した側の面にF S Pを行った後に、前記母材の反対側の面にF S Pを行うものに関する。

[0018] 前記製造方法においては、一方の面にF S Pを行った後に他方の面にF S Pを行うことにより、発泡剤の母材内への分散が更に進行する。

[0019] 本発明の第5の態様は、第1～第4の何れかの態様に係る発泡金属用前駆体の製造方法において、前記母材が純アルミニウムまたはアルミニウム合金であるものに関する。

[0020] 前記製造法においては、母材として純アルミニウムまたはアルミニウム合金を用いることにより、純アルミニウムまたはアルミニウム合金を母材とする前駆体を得られる。

[0021] 本発明の第6の態様は、第5の態様に係る発泡金属用前駆体の製造方法において、前記発泡剤が水素化チタンであるものに関する。

[0022] 前記製造方法によれば、純アルミニウムまたはアルミニウム合金を母材とし、発泡剤が水素化チタンである前駆体を得られる。

[0023] 本発明の第7の態様は、第1～第6の何れかの態様に係る製造方法で製造された発泡金属用前駆体を前記一および他の母材の融点近傍の温度に加熱して内部を発泡させる発泡金属の製造方法に関する。

[0024] 前記製造方法においては、母材中に発泡剤が分散した前駆体を融点近傍まで加熱することにより、母材が軟化すると同時に発泡剤が分解し、これによって前駆体の内部が発泡して発泡金属となる。

[0025] 本発明の第8の態様は、第1～第6の何れかの態様に係る製造方法で製造

された発泡金属用前駆体に関する。

[0026] 前記第8の態様においては、第1の態様についての説明で述べたように、FSPによって発生する摩擦熱で、前記一および他の母材を軟化させて塑性流動を生じさせ、母材同士を一体化させると同時に発泡剤を母材中に分散させ、前駆体を得る

[0027] 本発明の第9の態様は、第8の態様に係る製造方法によって製造された発泡金属に関する。

[0028] 前記発泡金属は、第1～第6の何れかの態様に係る製造方法で製造された発泡金属用前駆体を前記一および他の母材の融点近傍の温度に加熱して内部を発泡させることによって製造された発泡金属である。

### 発明の効果

[0029] 第1の態様に係る製造方法においては、上述のように、FSPによって発生する摩擦熱で、前記一および他の母材を軟化させて塑性流動を生じさせ、母材同士と一体化させると同時に発泡剤を母材中に分散させ、前駆体としてしているから、第1の態様によれば、従来の粉末法や圧延法と比較して、安定した品質を有する発泡金属用前駆体を低コストで容易に製造でき、しかも省エネルギーであり、しかも、発泡剤が一の母材と他の母材との間に挟持されていることから、発泡剤が飛散することがなく、作業環境の悪化も少ない発泡金属用前駆体の製造方法が提供される。

[0030] 第2の態様に係る製造方法においては、上述のように、FSPによって発生する摩擦熱で母材を軟化させて塑性流動を生じさせ、発泡剤を母材中に分散させ、前駆体としてしているから、第2の態様によれば、従来の粉末法や圧延法と比較して、安定した品質を有する発泡金属用前駆体を低コストで容易に製造でき、しかも省エネルギーである発泡金属用前駆体の製造方法が提供される。

[0031] 第3の態様によれば、第1の態様に係る製造方法と比較して更に一および他の母材とが一体化しているとともに、発泡剤が更に均一に分散した発泡金属用前駆体を得られる発泡金属用前駆体の製造方法が提供される。

- [0032] 第4の態様によれば、第2の態様に係る製造方法と比較して更に一および他の母材とが一体化しているとともに、発泡剤が更に均一に分散した発泡金属用前駆体を得られる発泡金属用前駆体の製造方法が提供される。
- [0033] 第5の態様によれば、純アルミニウムまたはアルミニウム合金を母材とする前駆体を安定した品質で、しかもより少ないエネルギー消費で製造できる発泡金属用前駆体の製造方法が提供される。
- [0034] 第6の態様によれば、純アルミニウムまたはアルミニウム合金を母材とし、水素化チタニウムを発泡剤とする前駆体を安定した品質で、しかもより少ないエネルギー消費で製造できる発泡金属用前駆体の製造方法が提供される。
- [0035] 第7の態様によれば、第1の態様に係る製造方法によって製造された前駆体を加熱、発泡させて発泡金属を製造しているから、均一性の高い発泡金属の得られる発泡金属の製造方法が提供される。
- [0036] 第8の態様によれば、従来の粉末法や圧延法で製造した前駆体と比較して、より品質が安定し、しかも安価な発泡金属用前駆体が提供される。
- [0037] 第9の態様によれば、従来の粉末法や圧延法で製造した前駆体から製造された発泡金属と比較して、より品質が安定し、しかも安価な発泡金属が提供される。

### 図面の簡単な説明

- [0038] [図1] 図1は、本発明の発泡金属用前駆体の製造方法において、2つの母材の間に発泡剤を挟んで積層するところを示す斜視図である。
- [図2] 図2は、本発明の発泡金属用前駆体の製造方法において、2つの母材の間に発泡剤を挟んで積層して形成された積層体を示す斜視図である。
- [図3] 図3は、本発明の発泡金属用前駆体の製造方法で使用される母材に、発泡剤を收容するための溝または凹陷部を形成した例を示す斜視図である。
- [図4] 図4は、図2に示す積層体に対してFSPを開始したところを示す斜視図である。
- [図5] 図5は、図2に示す積層体に対するFSPを行っているところを示す側



面図である。

[図6]図6は、図2に示す積層体に対するFSPを行っているところを示す斜視図である。

[図7]図7は、積層体にFSPを行って形成された攪拌部の状態を示す概略断面図である。

[図8]図8は、本発明の発泡金属用前駆体の製造方法に使用される母材のうち、上面に発泡剤を収容する凹陷部が形成された形態のものを示す斜視図である。

[図9]図9は、図8に示す母材の凹陷部に発泡剤を充填したところを示す斜視図である。

[図10]図10は、図9に示す積層体に対してFSPを開始したところを示す斜視図である。

[図11]図11は、図9に示す積層体において第1回目のFSPを行っているところを示す斜視図である。

### 発明を実施するための最良の形態

#### [0039] 1. 実施形態1

以下、本発明の発泡金属用前駆体の製造方法の一例について図面を用いて説明する。

[0040] 先ず、図1に示すように、板状の母材1と同じく板状の母材2との間に発泡剤3を挟みこみ、図2に示すように母材1と母材2とを重ね合わせ、積層体7とする。図1に示す例では、母材1と比較して母材2が厚いが、母材1と母材2とは厚みが同一であってもよく、また、母材1のほうが母材2より厚くてもよい。

[0041] 更に、図1に示す例においては、下側に配置される母材2には発泡剤3を収容するための溝や凹陷部は設けられていないが、図3に示すように下側に配置される母材2に発泡剤3を収容するための溝2aまたは凹陷部2bを設けてもよい。

[0042] 次いで、図4および図5に示すように、円柱状の本体4bの先端に突起4

a を設けた摩擦攪拌工具 4 を、矢印 b で示すように所定の回転数で回転させつつ、矢印 a で示すように積層体 7 の一方の面の一端に押圧し、矢印 c で示すように積層体 7 の他端に向かって移動させる。なお、図 5 において実線は摩擦攪拌工具 4 の先端を積層体 7 に接触させた状態を、二点鎖線は積層体 7 に押圧して突起 4 a を貫入させた状態を示す。摩擦攪拌工具 4 が積層体 7 の他端に移動したところを図 6 に示す。

- [0043] なお、突起 4 a の高さは、一の母材の厚さよりも大きいことが好ましい。この場合、摩擦攪拌工具 4 を積層体 7 に押圧し、突起 4 a を貫入させた状態においては、図 5 において二点鎖線で示すように、突起 4 a が母材 1 を貫入して母材 2 に到達する。
- [0044] また、突起 4 a に螺旋を切ったり、長手方向または円周方向の溝を形成したりすれば、攪拌作用を高めることができる。
- [0045] 更に、摩擦攪拌工具 4 を走査するとき、走査方向に沿って前進角を付与してもよく、動作方向に対して垂直に保持しつつ走査してもよい。
- [0046] 摩擦攪拌工具 4 を軸線の回りに回転させつつ、積層体 7 に押圧させることにより、積層体 7 と摩擦攪拌工具 4 との間に摩擦熱が生じ、攪拌部 6 が形成される。攪拌部 6 においては、図 7 に示すように母材 1 と発泡剤 3 と母材 2 とが均一に混合される。そして、摩擦攪拌工具 4 が積層体 7 の他端に向かって移動することにより、攪拌部 6 が図 6 に示すように積層体 7 の他端に向かって形成される。このようにして前駆体 10 が形成される。なお、図 7 は、図 6 に示す積層体 7 を母材 1 および母材 2 の面に対して直交する面 X-X に沿って切断した断面を示す。
- [0047] 摩擦攪拌工具 4 の直径が積層体 7 の幅、換言すれば母材 1 および母材 2 の幅と比較して小さく、積層体 7 のごく一部にしか攪拌部 6 が形成されないときは、摩擦攪拌工具 4 を、積層体 7 に押圧する位置をずらして積層体 7 の一端と他端との間を往復させるか、積層体 7 に押圧する位置をずらして積層体 7 の一端から他端に向かって移動させる操作を所定回数繰り返せばよい。
- [0048] 最後に、このようにして形成された前駆体 10 を所定の温度に加熱して発

泡剤 3 を分解し、前駆体 10 における攪拌部 6 を発泡させることにより、発泡金属が形成される。

[0049] 母材 1 および母材 2 としては、軽量性を重視する用途においてはアルミニウムおよびその合金、マグネシウムおよびその合金、チタンおよびその合金、具体的には、純アルミニウム、純チタニウム、アルミニウム合金、マグネシウム合金、チタニウム-アルミニウム系合金、チタニウム合金、ニッケル-アルミニウム系合金が使用される。一方、触媒や吸着剤、吸音材、防振材などの用途においては、ニッケルおよびその合金、貴金属、亜鉛およびその合金、鉛およびその合金、錫およびその合金などが使用されるが、これらの金属や合金に限定されるものではない。

[0050] 発泡剤 3 としては、母材 1 および母材 2 に悪影響を与えないようなものであれば、特に制限はなく、具体的には、水素化チタン、水素化ジルコニウム、炭酸カルシウムなどの無機系発泡剤やアゾ化合物、ヒドラジン誘導体などの有機系発泡剤などが使用される。

[0051] 摩擦攪拌工具 4 は、円柱状の本体 4 b の先端面の中心部に突起が形成された形態であれば、突起 4 a の形状は特に限定されない。突起 4 a の形状としては、具体的には円柱、先端に向かって縮小する円錐、先端に向かって縮小する円錐台などがある。摩擦攪拌工具 4 を母材 1 または 2 に押圧する深さは、突起 4 a が実質的に母材 1 または 2 に埋没する程度が好ましい。

[0052] 前駆体 10 を発泡させる温度は、母材 1 および母材 2 の融点近傍が好ましい。

[0053] 摩擦攪拌工具 4 の回転速度は、500 rpm ~ 3000 rpm 程度が好ましいが、この範囲には特に限定はされない。

[0054] 以上、積層体 7 における母材 1 の側の面から FSP を行った例について説明したが、積層体 7 においては、前記面から FSP を行った後、母材 2 の側の面から FSP を行ってもよい。

[0055] 2. 実施形態 2

以下、本発明の発泡金属用前駆体の製造方法の別の例について図面を用い

て説明する。

[0056] 図8に示すように、板状の母材2として、発泡剤3を収容するための凹陥部2bを中央部に形成した板状の部材を用意する。

[0057] 次いで、図9に示すように、母材2の凹陥部2bを発泡剤3で充填し、図10に示すように、摩擦攪拌工具4を矢印bで示すように所定の回転数で回転させつつ、矢印aで示すように母材2における発泡剤3を充填した部分の一端に押圧し、矢印cで示すように母材2の前記部分における他端に向かって移動させる。摩擦攪拌工具4については実施形態1のところで述べたとおりである。但し、突起4aの高さは、凹陥部2bの深さよりも大きく、母材2の凹陥部2bが形成された部分の厚さよりも小さいことが好ましい。なお、摩擦攪拌工具4が母材2の他端に移動したところを図11に示す。

[0058] これにより、図7に示すような攪拌部が形成される。

[0059] 以上、母材2における発泡剤3を載置した側の面からFSPを行った例について説明したが、前記面からFSPを行った後、前記面とは反対側の面からFSPを行ってもよい。

## 実施例

[0060] 母材1および2として幅70mm×長さ200mmのA5083アルミニウム合金を用いた。母材1の厚さは3mm、母材2の厚さは6mmであった。発泡剤3としては水素化チタン(TiH<sub>2</sub>、粒径<45μm)を用いた。

[0061] 図1に示すように、発泡剤3は、母材2の上面中央部に母材2の長さ方向に沿って散布した。散布量は、FSPによって形成される攪拌部6のおよそ1質量%となるように設定した。母材2に発泡剤3を散布した後、母材2の上面に母材1を載置して積層体7とした。

[0062] 次いで、図4および図5に示すように、積層体7に大気中でFSPを行った。FSPには、日立エンジニアリング株式会社製のFSW装置を用いた。また、摩擦攪拌工具4としては、SKH51高速度工具鋼から製造された本体4bの直径が17mm、突起4aが円柱状で直径が6mm、突起4aの高さが4.8mmのものを用いた。摩擦攪拌工具4の回転速度は1400rpm

m、移動速度は100mm/min、前進角は3度に設定した。

[0063] 摩擦攪拌工具4の設定が終了したら、摩擦攪拌工具4を、母材2における発泡剤3を散布した部分の直上部を走査した。次に、突起4aの直径分だけ積層体7の長さ方向の一方の側縁に向かってずらして走査し、最後に突起4aの直径分だけ積層体7の長さ方向の一方の側縁に向かってずらして走査し、合計3パスの走査を行った。その結果、積層体7の中央部に長さ方向に沿って突起4aの直径の約3倍の幅の攪拌部6を有する前駆体10が形成された。

[0064] 最後に、前駆体10における攪拌部6から一辺が6mmの立方体を切り取って電気炉に装入し、0.5K/sの昇温速度で973Kまで昇温し、その温度を10分保持した後、前記立方体を電気炉から取り出し、空冷した。発泡後の立方体を切断したところ、内部に気泡が生じていることが判った。

### 符号の説明

- [0065] 1 母材  
2 b 凹陷部  
2 a 溝  
2 母材  
3 発泡剤  
4 a 突起  
4 b 本体  
4 摩擦攪拌工具  
6 攪拌部  
7 積層体  
10 前駆体

## 請求の範囲

- [請求項1] 一の母材と他の母材との間に発泡剤を配置して重ね合わせる工程と、  
前記重ね合せた一の母材と他の母材との一方の面に摩擦攪拌プロセス（F S P）を行って前記一の母材と他の母材とを接合し、同時に前記発泡剤を前記一の母材と他の母材とに分散させる工程と、  
を含む発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項2] 母材の表面に発泡剤を載置する工程と、  
前記母材の表面に載置した発泡剤を、摩擦攪拌プロセス（F S P）によって母材内部に分散させる工程と、  
を含む発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項3] 前記重ね合せた一の母材と他の母材との一方の面に F S P を行った後に、前記重ね合せた一の母材と他の母材との他方の面に F S P を行う請求項 1 に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項4] 前記母材の発泡剤を載置した側の面に F S P を行った後に、前記母材の反対側の面に F S P を行う請求項 2 に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項5] 前記母材はチタニウム、鉄、純アルミニウム、またはアルミニウム合金である請求項 1 に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項6] 前記母材は純アルミニウムまたはアルミニウム合金である請求項 2 に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項7] 前記母材は純アルミニウムまたはアルミニウム合金である請求項 3 に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項8] 前記母材は純アルミニウムまたはアルミニウム合金である請求項 4 に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項9] 前記発泡剤は水素化チタンである請求項 5 に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。
- [請求項10] 前記発泡剤は水素化チタンである請求項 6 に記載の発泡金属用前駆

体の製造方法。

[請求項11] 前記発泡剤は水素化チタンである請求項7に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。

[請求項12] 前記発泡剤は水素化チタンである請求項8に記載の発泡金属用前駆体の製造方法。

[請求項13] 請求項1に記載の製造方法で製造された発泡金属用前駆体を前記一および他の母材の融点近傍の温度に加熱して内部を発泡させる発泡金属の製造方法。

[請求項14] 請求項2に記載の製造方法で製造された発泡金属用前駆体を前記一および他の母材の融点近傍の温度に加熱して内部を発泡させる発泡金属の製造方法。

[請求項15] 請求項11に記載の製造方法で製造された発泡金属用前駆体を前記一および他の母材の融点近傍の温度に加熱して内部を発泡させる発泡金属の製造方法。

[請求項16] 請求項12に記載の製造方法で製造された発泡金属用前駆体を前記一および他の母材の融点近傍の温度に加熱して内部を発泡させる発泡金属の製造方法。

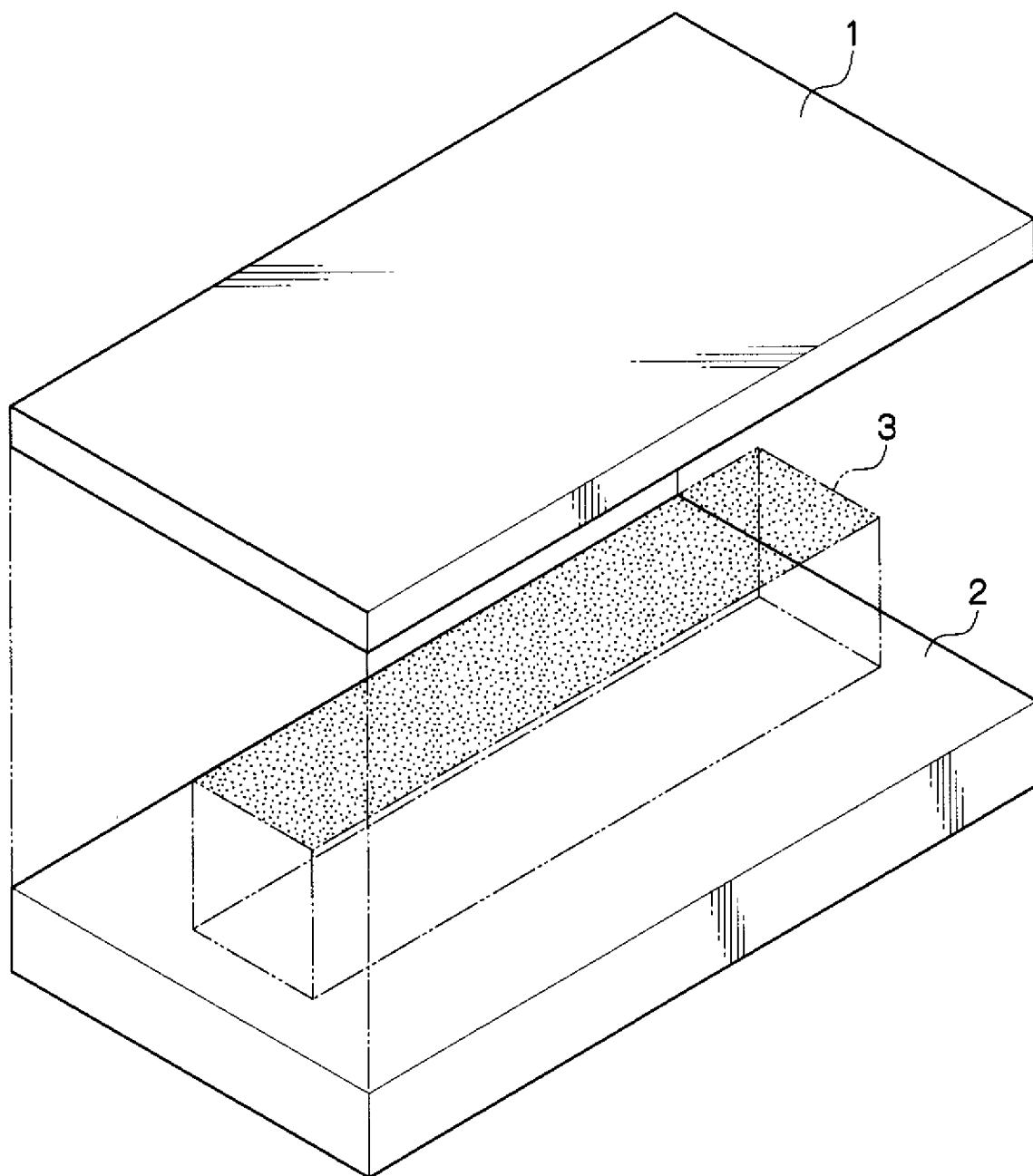
[請求項17] 請求項1に記載の製造方法で製造された発泡金属用前駆体。

[請求項18] 請求項2に記載の製造方法で製造された発泡金属用前駆体。

[請求項19] 請求項13に記載の製造方法によって製造された発泡金属。

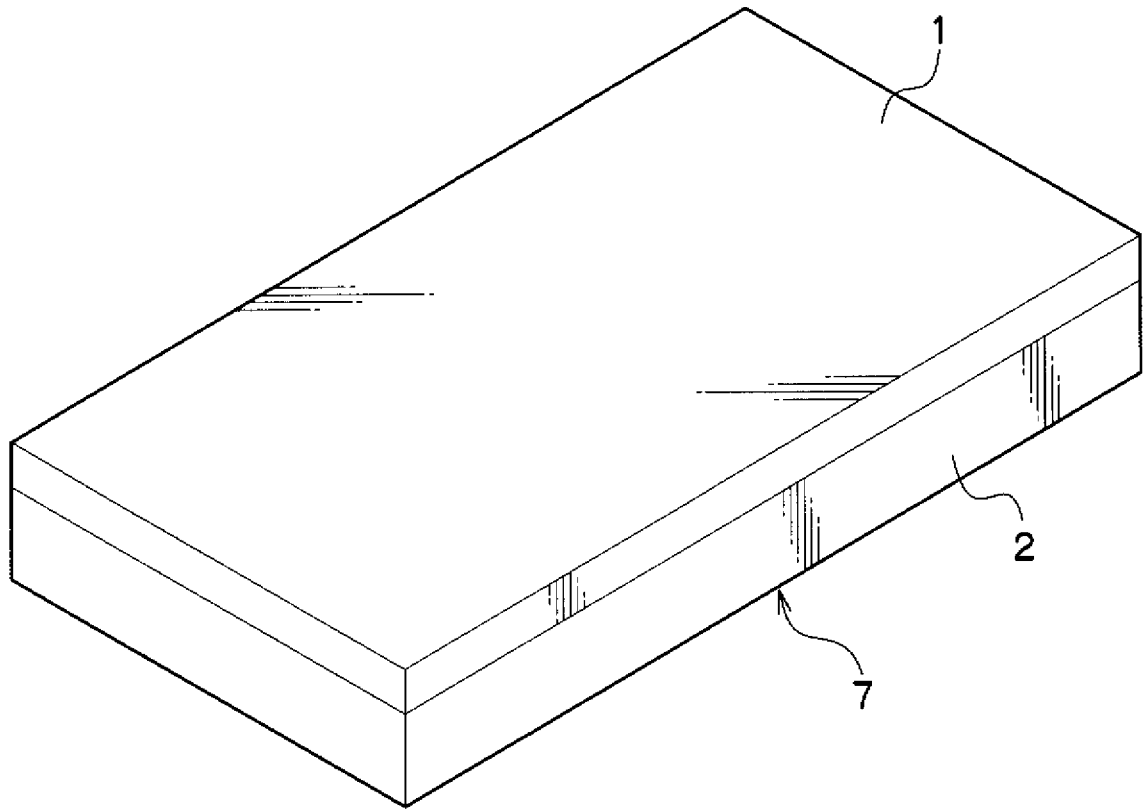
[請求項20] 請求項14に記載の製造方法によって製造された発泡金属。

[図1]

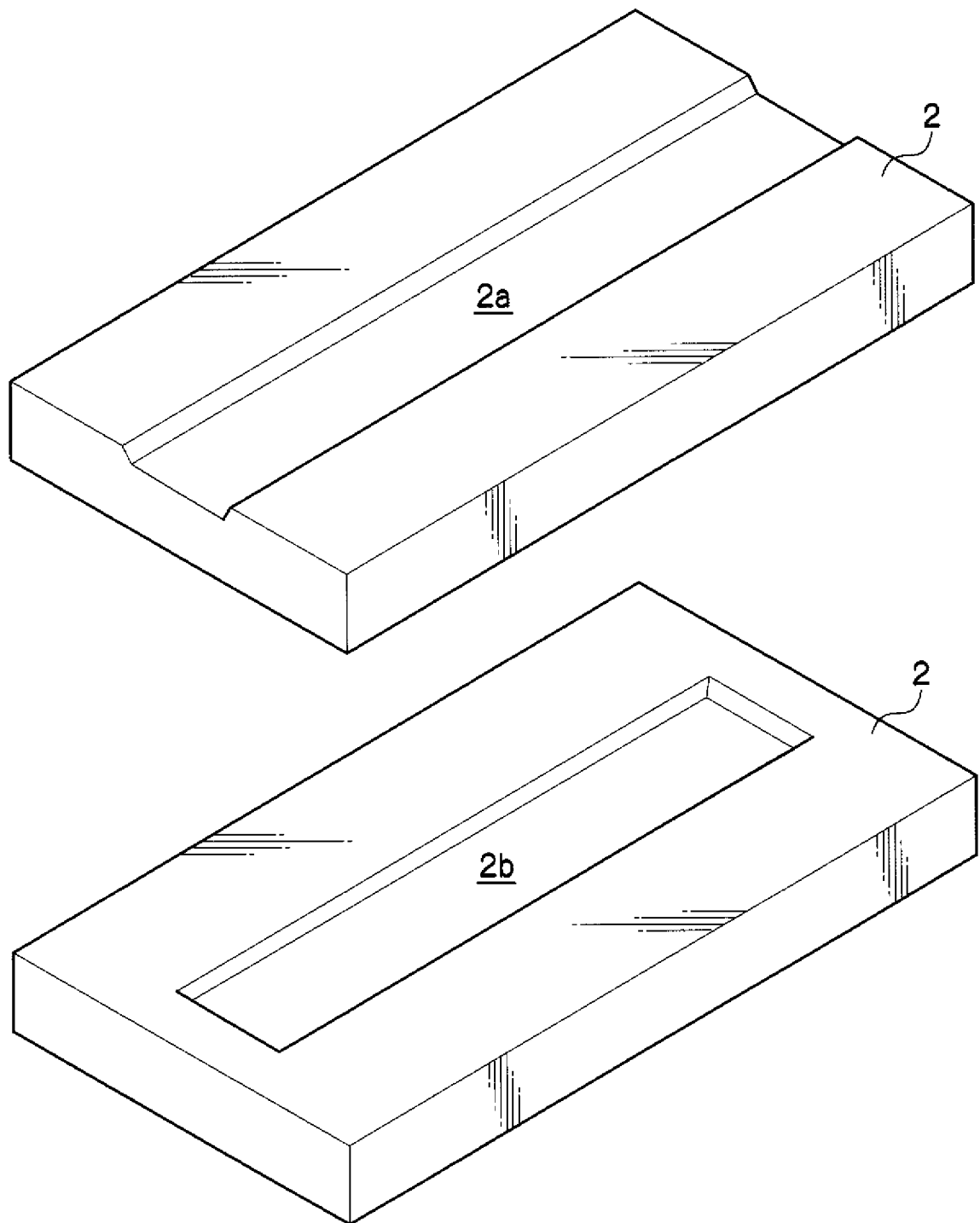




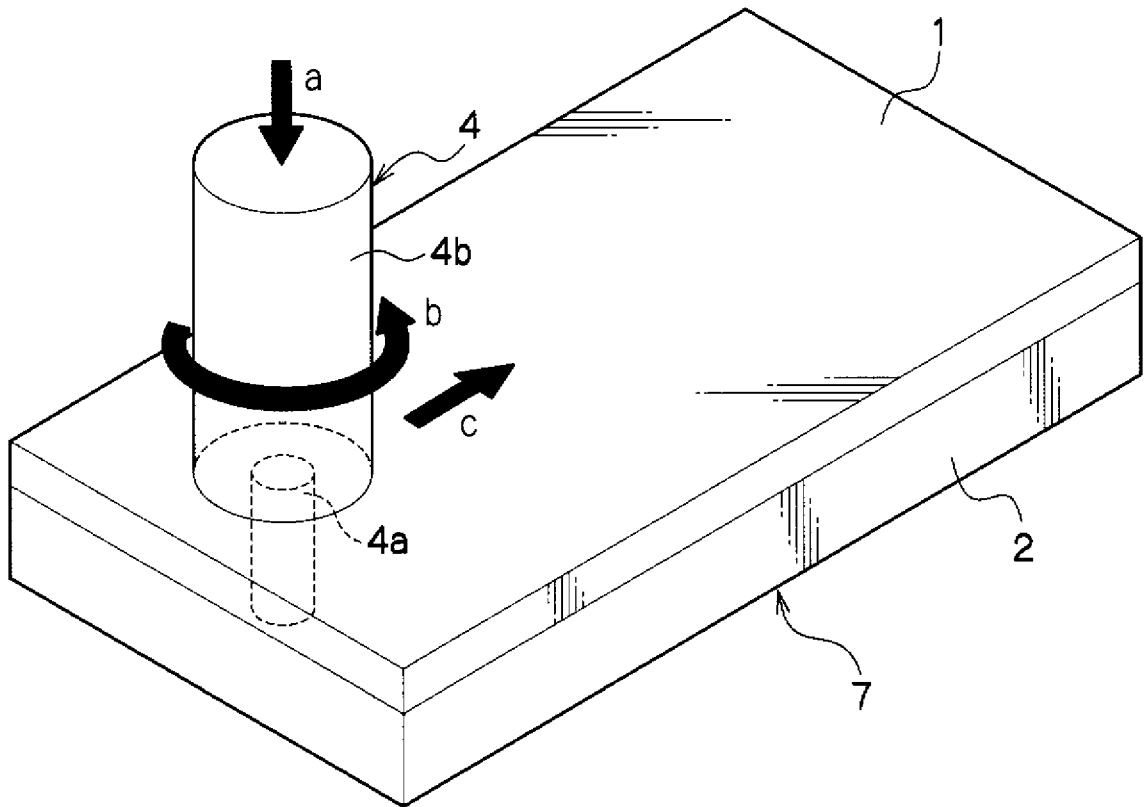
[図2]



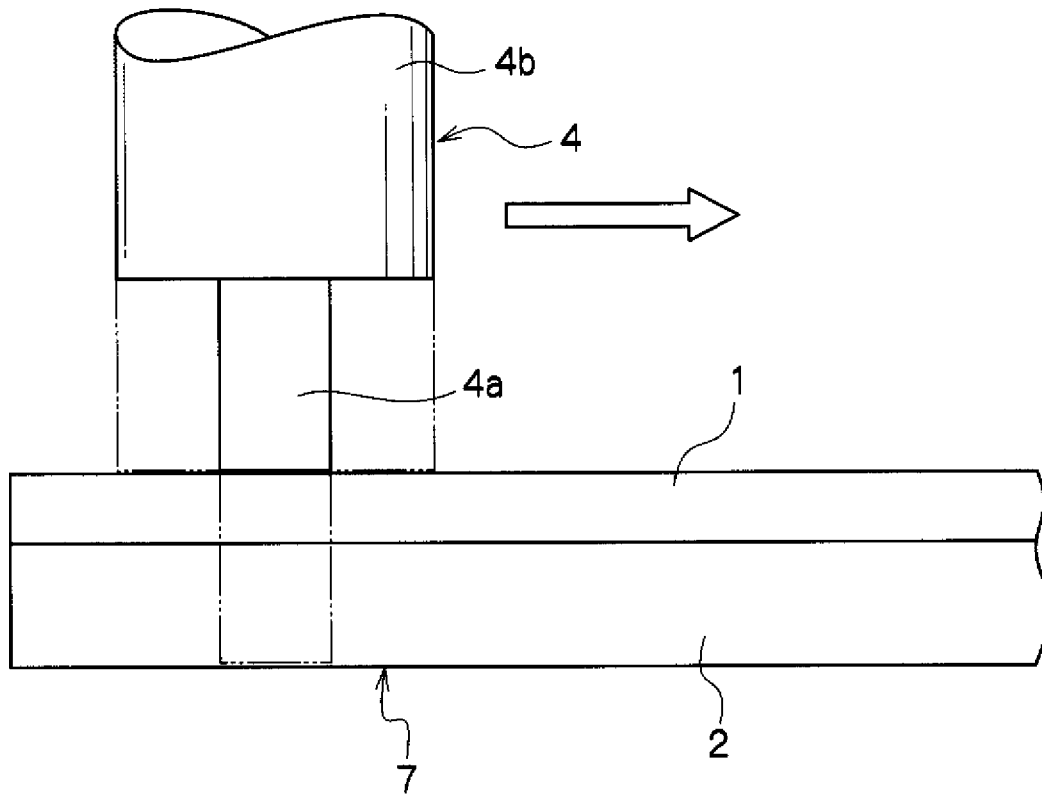
[図3]



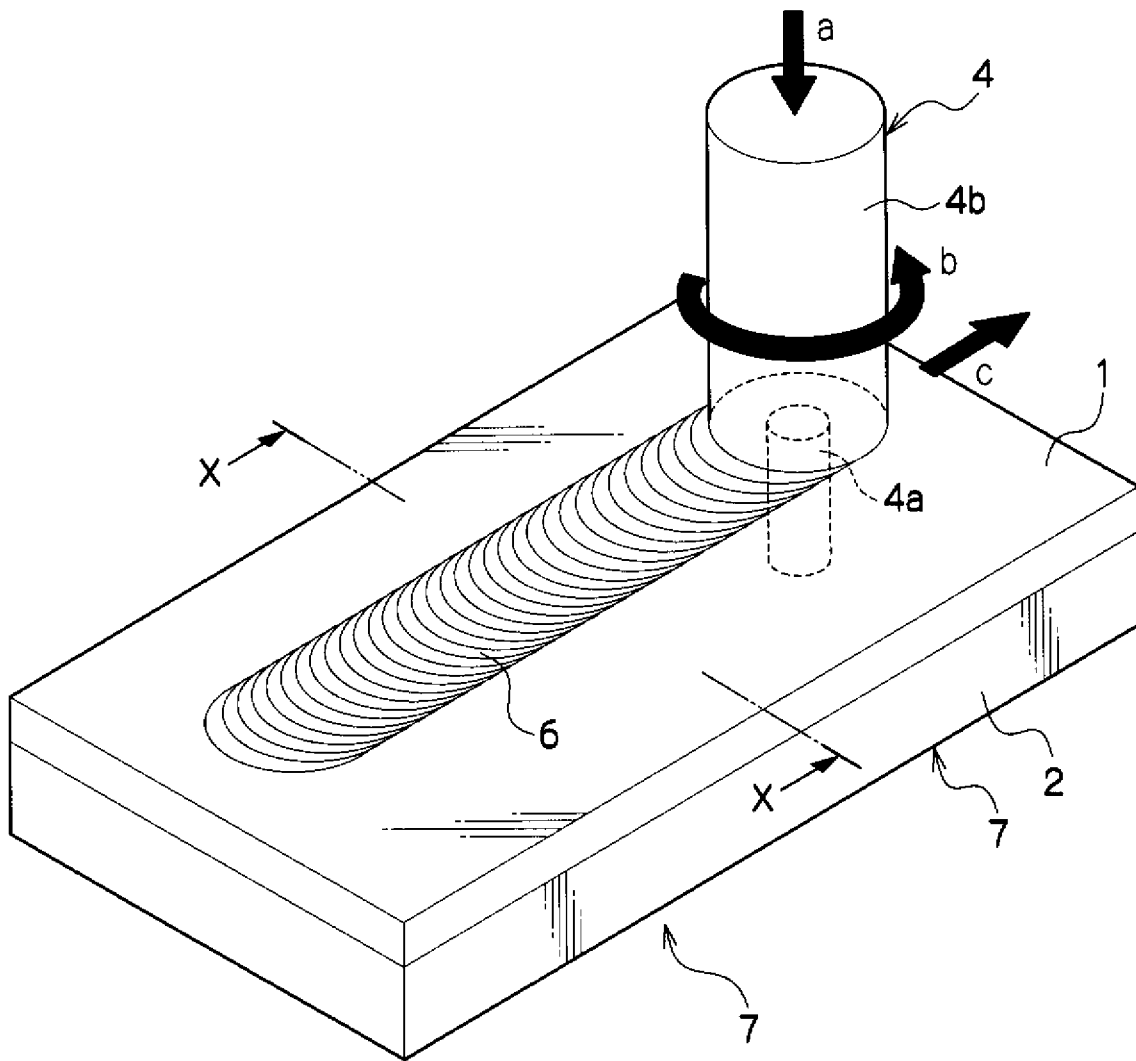
[図4]



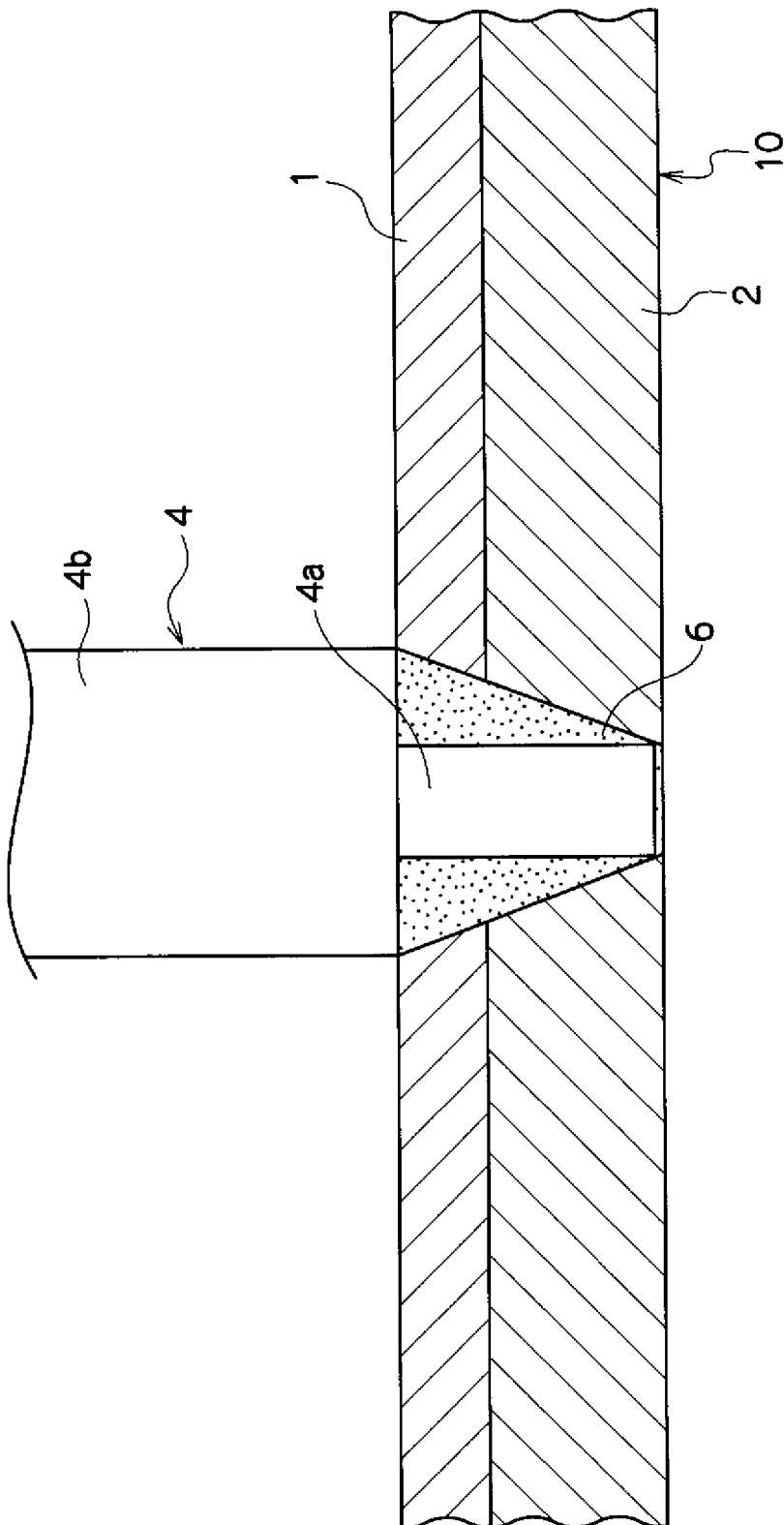
[図5]



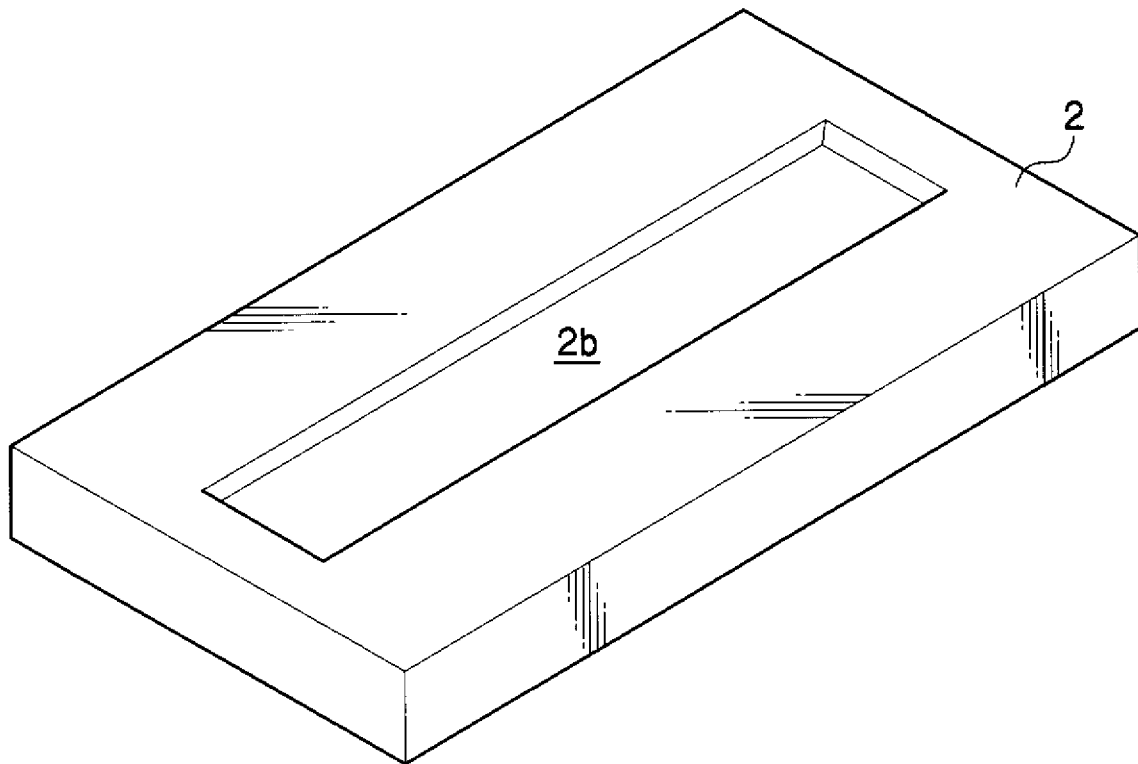
[図6]



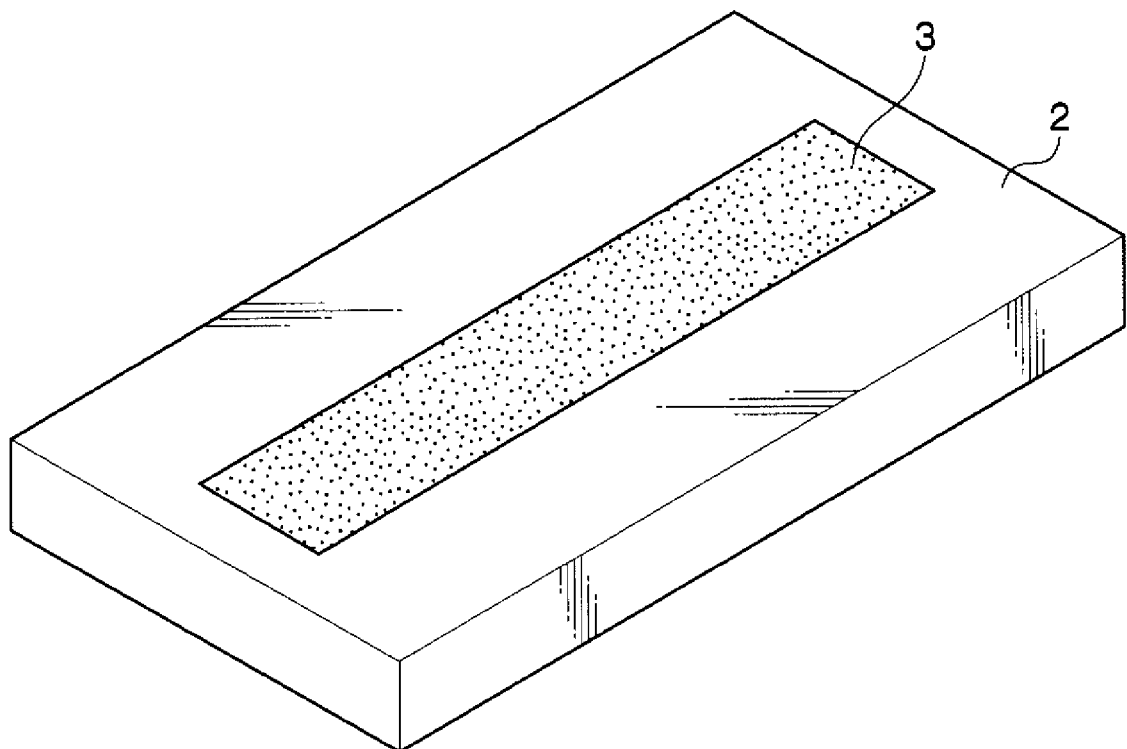
[図7]



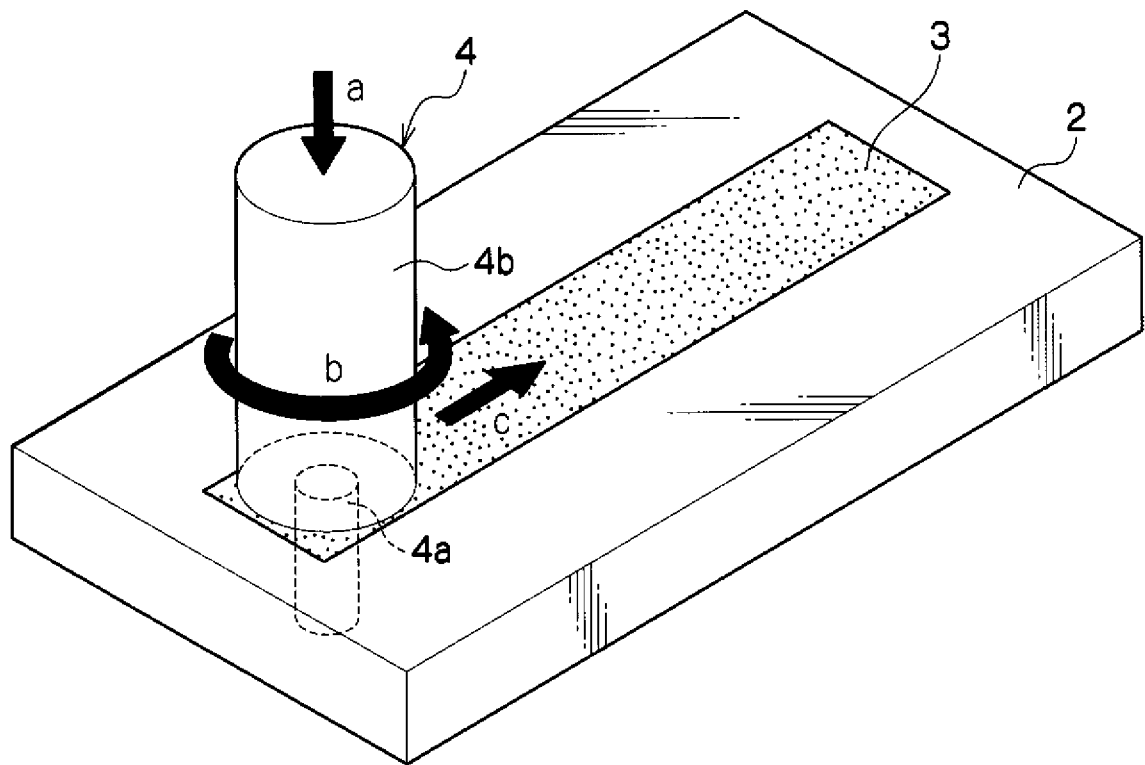
[図8]



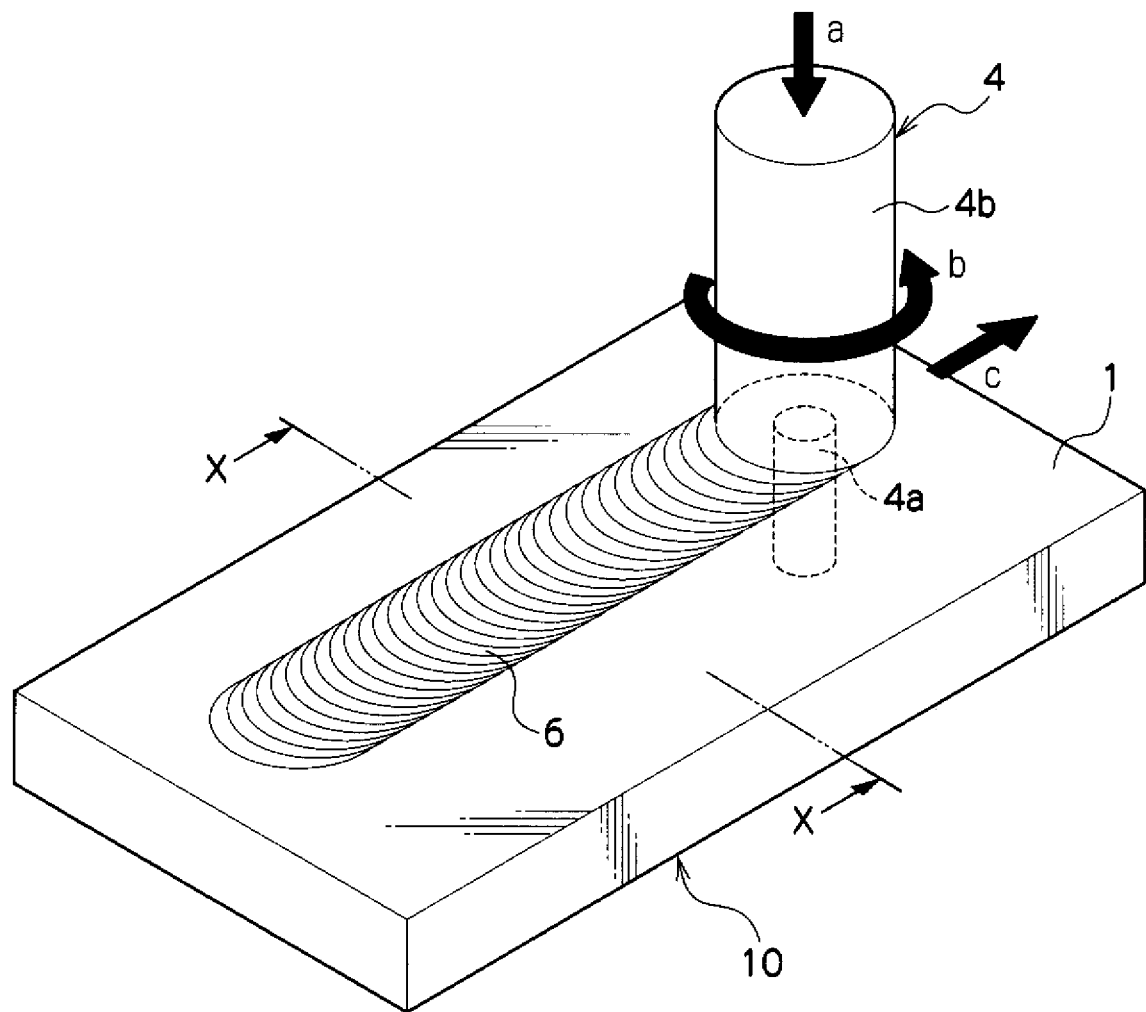
[図9]



[図10]



[図11]





**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2009/065097

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 C22C1/08(2006.01) i, B23K20/12(2006.01) i

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)  
 C22C1/08, 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 1996-2009  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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 2006-97075 A (Japan Aerospace Exploration Agency), 13 April 2006 (13.04.2006), (Family: none)	1-20
A	JP 2004-285446 A (Japan Science and Technology Agency), 14 October 2004 (14.10.2004), (Family: none)	1-20
A	JP 2007-302997 A (Osaka University), 22 November 2007 (22.11.2007), (Family: none)	1-20

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 04 November, 2009 (04.11.09)	Date of mailing of the international search report 17 November, 2009 (17.11.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2009/065097

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 2005-118866 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 12 May 2005 (12.05.2005), (Family: none)	1-20

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C22C1/08(2006.01)i, B23K20/12(2006.01)i

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. C22C1/08, 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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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 請求項の番号
A	JP 2006-97075 A (宇宙航空研究開発機構) 2006.04.13 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2004-285446 A (科学技術振興機構) 2004.10.14 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2007-302997 A (大阪大学) 2007.11.22 (ファミリーなし)	1-20
A	JP 2005-118866 A (産業技術総合研究所) 2005.05.12 (ファミリーなし)	1-20

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ 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

04.11.2009

国際調査報告の発送日

17.11.2009

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)

井上 猛

4K

9269

電話番号 03-3581-1101 内線 3435