

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年10月25日 (25.10.2007)

PCT

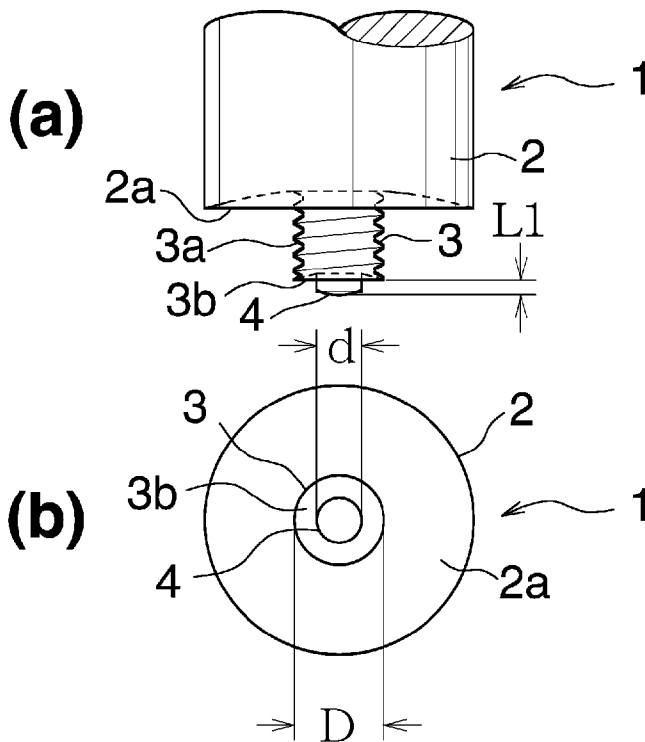
(10) 国際公開番号
WO 2007/119343 A1

- (51) 国際特許分類: B23K 20/12 (2006.01) B23K 103/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/054968
- (22) 国際出願日: 2007年3月13日 (13.03.2007)
- (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2006-071983 2006年3月16日 (16.03.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 昭和電工株式会社 (SHOWA DENKO K.K.) [JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目13番9号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長野 喜隆 (NAGANO, Yoshitaka) [JP/JP]; 〒3238678 栃木県小山市犬塚1丁目480番地 昭和電工株式会社小山事業所内 Tochigi (JP).
- (74) 代理人: 日比 紀彦, 外 (HIBI, Norihiko et al.); 〒5420086 大阪府大阪市中央区西心斎橋1丁目13番18号 イナバビル3階 キシモト特許事務所内 Osaka (JP).
- (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, 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, 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, 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.
- (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,

[続葉有]

(54) Title: FRICTION STIRRING BONDING TOOL AND FRICTION STIRRING BONDING METHOD

(54) 発明の名称: 摩擦攪拌接合用工具および摩擦攪拌接合方法



(57) Abstract: A friction stirring bonding tool (1) comprising a rotor (2) fixed to a rotary drive section, and a probe (3) provided concentrically on the distal end face of the rotor (2). A temporary bonding protrusion (4) is provided concentrically on the distal end face of the probe (3). Assuming the diameter of the distal end face of the probe (3) is D mm and the diameter of the outline of cross-section of the temporary bonding protrusion (4) is d mm, the following relation is satisfied; $0.3D \leq d \leq 0.8D$. Length of the temporary bonding protrusion (4) is set in the range of 0.3-2 mm. With such a friction stirring bonding tool, work efficiency of friction stirring bonding can be enhanced and friction stirring bonding excellent in bonding quality after regular friction stirring bonding can be achieved.

(57) 要約: 摩擦攪拌接合用工具 1 は、回転駆動部に取り付けられる回転子 2 と、回転子 2 の先端面に同心状に設けられたプローブ 3 とを備えている。プローブ 3 の先端面に、仮付け接合用突起 4 を同心状に設ける。プローブ 3 の先端面の直径を D mm、仮付け接合用突起 4 の横断面における外

形の直径を d mm とした場合、 $0.3D \leq d \leq 0.8D$ という関係を満たす。仮付け接合用突起 4 の長さを 0.3 ~ 2 mm とする。この摩擦攪拌接合用工具によれば、摩擦攪拌接合の作業効率を向上しうるとともに、本付け摩擦攪拌接合後の接合品質に優れた摩擦攪拌接合を行うことができる。

WO 2007/119343 A1



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).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類：
— 国際調査報告書

明 細 書

摩擦攪拌接合用工具および摩擦攪拌接合方法

技術分野

[0001] この発明は、摩擦攪拌接合用工具および摩擦攪拌接合方法に関する。

背景技術

[0002] たとえば自動車産業、船舶産業、航空宇宙産業などの各種産業において、固相接合法である摩擦攪拌接合方法が、TIGやMIGなどの溶融溶接法に比べて熱歪みによる変形や割れが生じにくく、しかも接合強度が増大するという利点があるため、広く適用されるようになってきている。

[0003] ところで、摩擦攪拌接合方法は、回転駆動部に取り付けられる円柱状回転子と、回転子の先端面に同心状に設けられたプローブとを備えた摩擦攪拌接合用工具を使用し、2つの被接合材の継手部分にプローブを回転させつつ埋入するとともに、両被接合材とプローブとを相対的に移動することにより行うものであるから、被接合材には摩擦熱や比較的大きな圧力が加えられる。したがって、接合時において被接合材が移動したり、変形したりすることが原因となって、接合部の内部欠陥や、目違いのような形状欠陥などの接合欠陥が発生することがある。そこで、このような接合欠陥の発生を防止するために、接合時に被接合材を強固に固定しておく必要がある。

[0004] しかしながら、たとえば円形の凹所を有するベースと、凹所内に嵌め入れられかつ凹所の開口を塞ぐ円形の蓋とを用意し、凹所の内周面における高さの中間部に、蓋の周縁部を受ける段部を形成しておき、蓋を凹所内に嵌め入れてその周縁部を段部上に乗せた後、ベースにおける凹所の開口周縁部と蓋の周縁部とからなる継手部分を摩擦攪拌接合する場合、ベースおよび蓋を強固に固定した状態で、上記継手部分を全周にわたって摩擦攪拌接合することは極めて困難である。

[0005] そこで、上述したようなベースと蓋との摩擦攪拌接合の際に、一般的な溶融溶接法や摩擦攪拌接合法により、予め蓋をベースに部分的に仮付けする方法が考えられている(たとえば、特許文献1参照)。

[0006] しかしながら、特許文献1記載の方法において、溶融溶接法により仮付けする場合

、全く別個の装置を用いて行わなければならない、工程が増えるので、ベースへの蓋の接合作業が面倒であるという問題がある。しかも、溶融溶接法により何カ所かで仮付けを行う場合、ブローホール、割れ、融合不良などの欠陥が生じやすいので、プリフローおよびクレータ処理などを本接合前に十分施す必要があり、その結果工程が増えて量産性が劣る。

[0007] 一方、摩擦攪拌接合方法により仮付けする場合、仮付けは本付け摩擦攪拌接合の際に用いるプローブよりも小径のプローブを用いて行う必要があるが、そのためには摩擦攪拌接合装置の回転駆動部にプローブを付け替えて行う必要があり、その作業が面倒である。

[0008] なお、本出願人は、先に、プローブが先端側を小径として段階的に径の異なる複数の軸部より構成されている摩擦攪拌接合用工具を提案した(特許文献2参照)。しかしながら、特許文献2記載の摩擦攪拌接合用工具は、被接合部の肉厚が異なる複数の被接合材を接合することを可能とし、しかも厚肉材を接合対象としても安定した良好な接合品位を確保するためのものであり、プローブの小径部と大径部の直径の比率が、仮付け摩擦攪拌接合と本付け摩擦攪拌接合とを行う上での最適なものになっていない。

特許文献1:特開2002-248584号公報

特許文献2:特開2000-246465号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] この発明の目的は、上記問題を解決し、摩擦攪拌接合の作業効率を向上しうるとともに、本付け摩擦攪拌接合後の接合品質に優れた摩擦攪拌接合を行いうる摩擦攪拌接合用工具および摩擦攪拌接合方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、上記目的を達成するために以下の態様からなる。

[0011] 1)回転駆動部に取り付けられる回転子と、回転子の先端面に同心状に設けられたプローブとを備えており、2つの被接合材の継手部分にプローブを回転させつつ埋入するとともに、両被接合材とプローブとを相対的に移動することにより両被接合材を

上記継手部分において摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合用工具であって、

プローブの先端面に、仮付け接合用突起が同心状に設けられており、プローブの先端面の直径を D mm、仮付け接合用突起の横断面における外形の直径を d mmとした場合、 $0.3D \leq d \leq 0.8D$ という関係を満たす摩擦攪拌接合用工具。

- [0012] 2)仮付け接合用突起の長さが $0.3 \sim 2$ mmである上記1)記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [0013] 3)プローブの先端面が平坦面または部分凹球面となっている上記1)または2)記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [0014] 4)プローブが円柱状である上記1)~3)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [0015] 5)プローブが、先端側に向かって小径となった円錐状である上記1)~3)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [0016] 6)プローブの外周面にねじ山が形成され、仮付け接合用突起の外周面にねじ山が形成されていない上記1)~5)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [0017] 7)仮付け接合用突起の先端面が部分凸球面となっている上記1)~6)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [0018] 8)仮付け接合用突起の横断面形状が異形であり、その外周面に、同一円筒面内に位置する複数の部分円筒面が周方向に間隔をおいて形成されている上記1)~7)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [0019] 9)上記1)~8)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具の回転子を回転させながら、2つの被接合材の継手部分において仮付け接合用突起を両被接合材に跨るように埋入するとともに、両被接合材と摩擦攪拌接合用工具とを相対的に移動することによって、仮付け接合用突起により両被接合材を上記継手部分において断続的に仮付け摩擦攪拌接合し、その後摩擦攪拌接合用工具の回転子を回転させながら、上記継手部分においてプローブを両被接合材に跨るように埋入するとともに、両被接合材と摩擦攪拌接合用工具とを相対的に移動することによって、プローブにより両被接合材を上記継手部分の全長にわたって連続的に本付け摩擦攪拌接合することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

- [0020] 10)仮付け接合用突起の長さをL1mm、プローブと仮付け接合用突起の合計長さをL2mm、両被接合材の表面から仮付け接合用突起の先端までの埋入深さをZmmとした場合、仮付け摩擦攪拌接合の際に、 $(L1 - 0.05) \leq Z \leq (L1 + 0.15)$ という関係を満足し、本付け摩擦攪拌接合の際に、 $(L2 - 0.05) \leq Z \leq (L2 + 0.3)$ という関係を満足する上記9)記載の摩擦攪拌接合方法。
- [0021] 11)仮付け摩擦攪拌接合部の長さを、摩擦攪拌接合用工具のプローブの先端面の外径以上とする上記9)または10)記載の摩擦攪拌接合方法。
- [0022] 12)両被接合材の継手部分が直線状であり、仮付け摩擦攪拌接合の際に、未接合部の長さを300mm以下にする上記9)～11)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合方法。
- [0023] 13)両被接合材の継手部分が円弧状部分を含んでおり、仮付け摩擦攪拌接合の際に、未接合部の長さを上記円弧状部分の半径の3倍以下にする上記9)～11)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合方法。
- [0024] 14)両被接合材の継手部分が無端状である上記13)記載の摩擦攪拌接合方法。

発明の効果

- [0025] 上記1)の摩擦攪拌接合用工具を用いて摩擦攪拌接合を行う場合、上記1)～8)のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具の回転子を回転させながら、2つの被接合材の継手部分において仮付け接合用突起を両被接合材に跨るように埋入するとともに、両被接合材と摩擦攪拌接合用工具とを相対的に移動することによって、仮付け接合用突起により両被接合材を上記継手部分において断続的に仮付け摩擦攪拌接合し、その後摩擦攪拌接合用工具の回転子を回転させながら、上記継手部分においてプローブを両被接合材に跨るように埋入するとともに、両被接合材と摩擦攪拌接合用工具とを相対的に移動することによって、プローブにより両被接合材を上記継手部分の全長にわたって連続的に本付け摩擦攪拌接合することになる。そして、摩擦攪拌接合用工具のプローブの先端面に、仮付け接合用突起が同心状に設けられており、プローブの先端面の直径をDmm、仮付け接合用突起における先端面の外形の直径をdmmとした場合、 $0.3D \leq d \leq 0.8D$ という関係を満たしているため、仮付け摩擦攪拌接合部の接合強度が大きくなり、その後の本付け摩擦攪拌接合の

際に、仮付け摩擦攪拌接合部の破断が防止される。したがって、接合部の内部欠陥や、目違いのような形状欠陥などの接合欠陥の発生が防止される。また、仮付け摩擦攪拌接合を行う場合と本付け摩擦攪拌接合を行う場合とで、摩擦攪拌接合用工具をプローブ径の異なるものに交換する必要がなく、作業効率が向上する。しかも、複数の摩擦攪拌接合用工具を用意する必要がないので、設備コストを低減することができる。

[0026] 上記3)の摩擦攪拌接合用工具によれば、仮付け摩擦攪拌接合の際に良好な接合部が得られる。

[0027] 上記5)の摩擦攪拌接合用工具によれば、本付け摩擦攪拌接合中にプローブが材料から受ける負荷が低減されるので、プローブの寿命が向上する。

[0028] 上記7)の摩擦攪拌接合用工具によれば、被接合材に仮付け接合用突起を埋入する際の負荷が低減されるので、仮付け接合用突起およびプローブの寿命が向上する。

[0029] 上記8)の摩擦攪拌接合用工具によれば、仮付け摩擦攪拌接合時の材料の攪拌力が増大するので、仮付け摩擦攪拌接合の速度を高速にすることができる。

[0030] 上記9)の摩擦攪拌接合方法によれば、仮付け摩擦攪拌接合部の接合強度が大きくなり、その後の本付け摩擦攪拌接合の際に、仮付け摩擦攪拌接合部の破断が防止される。したがって、接合部の内部欠陥や、目違いのような形状欠陥などの接合欠陥の発生が防止される。

[0031] 上記10)の摩擦攪拌接合方法によれば、接合部の内部欠陥や、目違いのような形状欠陥などの接合欠陥が存在しない良好な接合部が得られる。

[0032] 上記14)の摩擦攪拌接合方法のように、両被接合材の継手部分が無端状である場合、両被接合材を強固に固定した状態で、上記継手部分を全周にわたって摩擦攪拌接合することは極めて困難であるが、この場合であっても、上記9)のように構成されていると、両被接合材を比較的簡単に接合することができる。

発明を実施するための最良の形態

[0033] 以下、この発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

[0034] 図1はこの発明による摩擦攪拌接合用工具の第1の実施形態を示す。

- [0035] 図1において、摩擦攪拌接合用工具(1)は、摩擦攪拌接合装置の回転駆動部(図示略)に取り付けられ、かつ先端部が円柱状となされた回転子(2)と、回転子(2)の先端面に同心状に一体に形成された円柱状のプローブ(3)と、プローブ(3)の先端面に同心状に一体に形成された円柱状の仮付け接合用突起(4)とよりなる。
- [0036] 回転子(2)およびプローブ(3)の先端面は、それぞれ部分凹球面状となっている。また、プローブ(3)の外周面にはねじ山(3a)が形成されている。仮付け接合用突起(4)の外周面にはねじ山は形成されていない。なお、仮付け接合用突起(4)の外周面にねじ山が形成されていてもよい。仮付け接合用突起(4)の先端面は部分凸球面状となっている。回転子(2)、プローブ(3)および仮付け接合用突起(4)は、この工具(1)を用いて接合される被接合材よりも硬質でかつ接合時に発生する摩擦熱に耐えうる耐熱性を有する材料で形成されている。
- [0037] ここで、プローブ(3)の先端面の直径を D mm、仮付け接合用突起(4)の横断面における外形の直径を d mmとした場合、 $0.3D \leq d \leq 0.8D$ という関係を満たしているべきである。 $d < 3D$ の場合、仮付け接合用突起(4)の先端面の直径が小さくなりすぎ、後述する仮付け摩擦攪拌接合の際の接合強度が小さくなる。また、 $d > 8D$ の場合、プローブ(3)の先端面における仮付け接合用突起(4)の周囲の部分の面積が不足して、プローブ(3)先端面の被接合部材への押し付け力が不足し、後述する仮付け摩擦攪拌接合の際の接合強度が小さくなる。そして、いずれの場合にも、後述する本付け摩擦攪拌接合の際に仮付け摩擦攪拌接合部が破断し、接合部の内部欠陥や、目違いのような形状欠陥などの接合欠陥が発生する。なお、この実施形態においては、プローブ(3)の外周面にはねじ山(3a)が形成されているので、先端面の直径 D はおねじの外径となる。
- [0038] また、仮付け接合用突起(4)の長さ($L1$)は $0.3 \sim 2$ mmであることが好ましい。仮付け接合用突起(4)の長さ($L1$)が 0.3 mm未満であると、摩擦攪拌力が弱く、仮付け摩擦攪拌接合の強度が不足するおそれがあり、 2 mmを超えると仮付け摩擦攪拌接合の強度が過剰となり、不経済である。なお、この実施形態の場合、プローブ(3)の先端面は部分凹球面状であるが、この場合、仮付け接合用突起(4)の長さ($L1$)はプローブ(3)先端面の外周縁から仮付け接合用突起(4)の先端までの距離をいうものとする(図1(a

参照)。なお、プローブ(3)の先端面が平坦面の場合、仮付け接合用突起(4)の長さ(L1)は、当然のことながら上記平坦面から仮付け接合用突起(4)の先端までの距離である。

[0039] 次に、上述した摩擦攪拌接合用工具(1)を用いて、凹所を有するベースと、凹所内に嵌め入れられかつ凹所の開口を塞ぐ蓋とを摩擦攪拌接合する方法について、図2～図9を参照して説明する。

[0040] まず、図2に示すように、平面から見て円形の凹所(11)を有するベース(10)と、凹所(11)内に嵌め入れられかつ凹所(11)の開口を塞ぐ円形の蓋(12)とを用意する。ベース(10)の凹所(11)内周面における底側の部分に、径方向内方に突出した段部(13)が形成されている。蓋(12)の肉厚は凹所(11)全体の深さよりも小さくかつ凹所(11)における段部(13)よりも上方の部分の深さと等しくなっている。蓋(12)の直径は、凹所の開口の内径、すなわち凹所(11)における段部(13)よりも上方の部分の内径よりも若干小さくなっている。

[0041] ベース(10)および蓋(12)は、それぞれ、たとえばJIS A2000系合金、JIS A5000系合金、JIS A6000系合金およびJIS A7000系合金のうちのいずれかにより形成されている。ベース(10)および蓋(12)は同じ材料で形成されていてもよいし、あるいは異なる材料で形成されていてもよい。

[0042] ベース(10)と蓋(12)を摩擦攪拌接合するにあたり、まずベース(10)を図示しない工作台上に載置し、蓋(12)をベース(10)の凹所(11)内に嵌め入れてその周縁部を段部(13)に支持させることにより、ベース(10)における凹所(11)の周囲の部分の上面と蓋(12)の上面とを同一面内に位置させる。ベース(10)における凹所(11)の開口周縁部と蓋(12)の外周縁部とにより、円環状継手部分(14)が形成される。

[0043] ついで、複数のクランプ治具(15)により、ベース(10)および蓋(12)を同時に押さえつけて両者を工作台上にクランプする(図5参照)。

[0044] ついで、摩擦攪拌接合用工具(1)の回転子(2)を回転させながら、継手部分(14)におけるクランプ治具(15)と干渉しない部分の周方向の1箇所、ベース(10)における凹所(11)の開口周縁部と蓋(12)の周縁部とに跨るように摩擦攪拌接合用工具(1)の仮付け接合用突起(4)を埋入するとともに、プローブ(3)の先端面における仮付け接合用突

起(4)の周囲の肩部(3b)を、ベース(10)および蓋(12)の上面に押し付ける(図3および図4参照)。ここで、図3に示すように、仮付け接合用突起(4)の長さを $L1\text{mm}$ 、ベース(10)および蓋(12)の上面から仮付け接合用突起(4)の先端までの埋入深さを $Z\text{mm}$ とした場合、 $(L1 - 0.05) \leq Z \leq (L1 + 0.15)$ という関係を満足していることが好ましい。 $Z < (L1 - 0.05)$ であると、肩部(3b)の押し付け力が不足し、良好な接合部が得られなくなるおそれがあり、 $Z > (L1 + 0.15)$ であると肩部(3b)の押し付け量が過剰となり、良好な接合部が得られなくなるおそれがある。

[0045] ついで、回転子(2)を回転させながら、ベース(10)および蓋(12)と摩擦攪拌接合用工具(1)とを相対的に移動させることによって、プローブ(3)および仮付け接合用突起(4)を円環状継手部分(14)の周方向に所定距離移動させてベース(10)と蓋(12)とを所定距離にわたって摩擦攪拌接合した後、仮付け接合用突起(4)をベース(10)および蓋(12)から引き抜くという操作を、継手部分(14)に沿って所定ピッチで複数回繰り返す。プローブ(3)および仮付け接合用突起(4)を継手部分(14)の周方向に移動させる際には、摩擦攪拌接合用工具(1)の回転子(2)の軸線(X)を、上方に向かって進行方向後方に若干傾斜させる。回転子(2)の軸線(X)の垂直線(O)に対する傾斜角度を前進角(α)という(図3参照)。

[0046] ここで、仮付け摩擦攪拌接合部(16)の長さを、摩擦攪拌接合用工具(1)のプローブ(3)の先端面の外径(D)以上とすることが好ましい。仮付け摩擦攪拌接合部(16)の長さがプローブ(3)の先端面の外径(D)未満であると、仮付け摩擦攪拌接合時の摩擦攪拌力が不足していたことになり、仮付け摩擦攪拌接合部の強度が不足するおそれがある。また、図6に示すように、ベース(10)と蓋(12)との継手部分(14)が円環状であるから、仮付け摩擦攪拌接合の際の未接合部(17)の長さ($S1$)mmを、継手部分(14)の半径(R)mmの3倍以下にすることが好ましい。未接合部($S1$)の長さ($S1$)mmが、継手部分(14)の半径(R)mmの3倍を超えると、仮付けが不十分となり、本付け摩擦攪拌接合後に、接合部の内部欠陥や、目違いのような形状欠陥などの接合欠陥が発生するおそれがある。なお、仮付け摩擦攪拌接合部(16)の長さ($S2$)は、仮付け接合用突起(4)を埋入した点と引き抜いた点との距離、すなわち仮付け接合用突起(4)の移動距離であり

、未接合部(17)の長さ(S1)は、前操作の終了時に仮付け接合用突起(4)を引き抜いた点と、後操作の開始時に仮付け接合用突起(4)を埋入した点との距離である。

[0047] ついで、クランプ治具(15)によるベース(10)および蓋(12)の工作台へのクランプを一端解除し、クランプ治具(15)によりベース(10)のみを押さえつけてベース(10)および蓋(12)を工作台へクランプする。

[0048] その後、摩擦攪拌接合用工具(1)の回転子(2)を回転させながら、継手部分(14)におけるクランプ治具(15)と干渉しない部分の周方向の1箇所、ベース(10)における凹所(11)の開口周縁部と蓋(12)の周縁部とに跨るように摩擦攪拌接合用工具(1)のプローブ(3)を埋入するとともに、回転子(2)の先端面におけるプローブ(3)の周囲の肩部(2a)を、ベース(10)および蓋(12)の上面に押し付ける(図7および図8参照)。ここで、図7に示すように、プローブ(3)と仮付け接合用突起(4)の合計長さをL2mm、ベース(10)および蓋(12)の上面から仮付け接合用突起(4)の先端までの埋入深さをZmmとした場合、本付け摩擦接合の際に、 $(L2 - 0.05) \leq Z \leq (L2 + 0.3)$ という関係を満足していることが好ましい。Z < (L2 - 0.05)であると肩部(2a)の押し付け力が不足し、良好な接合部が得られなくなるおそれがあり、Z > (L2 + 0.3)であると肩部(2a)の押し付け量が過剰となり、良好な接合部が得られなくなるおそれがある。なお、この実施形態においては、回転子(2)の先端面は部分凹球面状であるが、この場合、プローブ(3)と仮付け接合用突起(4)の合計長さ:L2は、回転子(2)先端面の外周縁から仮付け接合用突起(4)の先端までの距離をいうものとする。なお、回転子(2)の先端面が平坦面の場合、プローブ(3)と仮付け接合用突起(4)の合計長さ:L2は、当然のことながら上記平坦面から仮付け接合用突起(4)の先端までの距離である。

[0049] ついで、回転子(2)を回転させながら、ベース(10)および蓋(12)と摩擦攪拌接合用工具(1)とを相対的に移動させることによって、プローブ(3)を継手部分(14)の全周にわたって移動させてベース(10)と蓋(12)とを全周にわたって連続的に本付け摩擦攪拌接合する(図9参照)。なお、本付け摩擦攪拌接合の際にも、上述した仮付け摩擦攪拌接合の場合と同様に、プローブ(3)を継手部分(14)の周方向に移動させる際には、摩擦攪拌接合用工具(1)の回転子(2)の軸線(X)を、上方に向かって進行方向後方に若干傾斜させて、垂直線(O)に対する前進角(α)をとるようにする(図7参照)。

[0050] こうして、ベース(10)と蓋(12)とが摩擦攪拌接合される。

[0051] 次に、第1の実施形態の摩擦攪拌接合用工具(1)を使用し、図2～図9に示す方法でベース(10)と蓋(12)とを摩擦攪拌接合した実施例について、比較例とともに説明する。

[0052] 実施例1～3

3種類の摩擦攪拌接合用工具(1)を用意した。これらの摩擦攪拌接合用工具(1)の回転子(2)の先端面における肩部(2a)の直径:18mm、プローブ(3)の先端面の直径(D):6mm、プローブ(3)の長さ(L2-L1):10mm、仮付け接合用突起(4)の長さ(L1):1mm、プローブ(3)と仮付け接合用突起(4)の合計長さ(L2):4.8mmであり、仮付け接合用突起(4)の横断面における外形の直径(d)を1.8mm、3mm、4.8mmとした。

[0053] また、JIS A6061-T6からなるベース(10)および蓋(12)を用意した。図2に示すように、ベース(10)の外径(D1):160mm、肉厚(T1):15mm、凹所(11)の全深さ(T2):10mm、凹所(2)における段部(4)よりも上方の部分の深さ(T3):5mm、凹所(2)における段部(4)よりも上方の部分の内径(D2)(凹所の開口の内径):100.1mm、凹所(2)における段部(4)よりも下方の部分の内径(D3):80mm、蓋(12)の肉厚(=凹所(2)における段部(4)よりも上方の部分の深さ):5mm、蓋(12)の外径99.9mmである。

[0054] そして、ベース(10)および蓋(12)の1つの直径上の2箇所において、クランプ治具(15)によりベース(10)と蓋(12)とを同時に押さえつけて両者を工作台にクランプし、両クランプ治具(15)間の2箇所において、それぞれ仮付け摩擦攪拌接合部(16)の長さ(S2)が60mmとなるように、上記3種類の摩擦攪拌接合用工具(1)を用いて、それぞれ上述した第1の実施形態の場合と同様に、ベース(10)および蓋(12)を仮付け摩擦攪拌接合を行った。その後、クランプ治具(15)によるベース(10)および蓋(12)の工作台へのクランプを一端解除し、クランプ治具(15)によりベース(10)のみを押さえつけて両者を工作台にクランプし、上記3種類の摩擦攪拌接合用工具(1)を用いて、それぞれ上述したようにベース(10)と蓋(12)とを継手部分(14)の全周にわたって本付け摩擦攪拌接合した。

[0055] 仮付け摩擦攪拌接合の条件は、前進角(α):3度、回転子(2)の回転数:2000rpm、ベース(10)および蓋(12)の上面から仮付け接合用突起(4)の先端までの埋入深さ(Z):

1mm、接合速度:300mm/minである。また、本付け摩擦攪拌接合の条件は、前進角(α):3度、回転子(2)の回転数:1500rpm、ベース(10)および蓋(12)の上面から仮付け接合用突起(4)の先端までの埋入深さ(Z):4.9mm、接合速度:300mm/minである。

[0056] 比較例1~2

摩擦攪拌接合用工具として、仮付け接合用突起の外径が1.2mm、5.4mmである以外は実施例1~3で用いた摩擦攪拌接合用工具と同じものを使用した他は、実施例1~3と同じ条件でベース(10)と蓋(12)とを摩擦攪拌接合した。

[0057] 評価試験

実施例1~3および比較例1~2により摩擦攪拌接合されたベース(10)と蓋(12)との目違い量(A)(図10参照)を測定した。その結果を表1に示す。

[表1]

	仮付け接合用突起の横断面における外形の直径d : mm	プローブ先端面の外径Dに対する仮付け接合用突起の直径dの割合	目違い量 : mm
実施例 1	1.8	$d = 0.3D$	0.1以下
実施例 2	3.0	$d = 0.5D$	0.1以下
実施例 3	4.8	$d = 0.8D$	0.1以下
比較例 1	1.2	$d = 0.2D$	1.3
比較例 2	5.4	$d = 0.9D$	1.2

[0058] 表1から明らかなように、プローブ(3)の先端面の直径(D)mmと、仮付け接合用突起(4)の横断面における外形の直径(d)mmとが $0.3D \leq d \leq 0.8D$ という関係を満たす実

施例1～3の場合、目違いがほとんど発生していないのに対し、 $d < 0.3D$ である比較例1および $d > 0.8D$ である比較例2の場合、大きな目違いが発生した。すなわち、 $d < 0.3D$ の場合、仮付け接合用突起(4)の先端面の直径が小さくなりすぎ、仮付け摩擦攪拌接合の際の攪拌力が不足して接合強度が小さくなる。また、 $d > 0.8D$ の場合、プローブ(3)の先端面の面積が不足して、プローブ(3)先端面の被接合部材への押し付け力が不足し、仮付け摩擦攪拌接合の際の接合強度が小さくなる。そして、いずれの場合にも、仮付け摩擦攪拌接合の際の接合強度が不足するために、本付け摩擦攪拌接合中において仮付け摩擦攪拌接合部が破断し、蓋(12)が浮き上がって大きな目違いが発生したと考えられる。

- [0059] 図11および図12は摩擦攪拌接合用工具(1)を用いた摩擦攪拌接合方法の他の例を示す。
- [0060] 図11に示す方法は、継手部分(20)が直線状となるように組み合わされた2つの被接合材(21)(22)を摩擦攪拌接合する方法である。この方法の場合、仮付け摩擦攪拌接合の際に、未接合部(23)の長さ(S3)を、300mm以下にすることが好ましい。その理由は、未接合部(23)の長さ(S3)が300mmを超えると仮付けが不十分となり、本付け摩擦攪拌接合後に、接合部の内部欠陥や、目違いのような形状欠陥などの接合欠陥が発生するおそれがある。また、仮付け摩擦攪拌接合部(24)の長さ(S4)は、上述したのと同様な理由により、摩擦攪拌接合用工具(1)のプローブ(3)の先端面の外径(D)以上にすることが好ましい。その他の条件は、上述した図2～図9に示す方法と同じである。
- [0061] 図12に示す方法は、継手部分(25)が半円状部分(25a)および半円状部分(25a)の両端に連なった2つの直線状部分(25b)からなるように組み合わされた2つの被接合材(26)(27)を摩擦攪拌接合する方法である。この方法の場合、仮付け摩擦攪拌接合の際に、未接合部(28)の長さ(S5)を、上述したのと同様な理由により、半円状部分(25a)の半径(R1)の3倍以下にすることが好ましい。また、仮付け摩擦攪拌接合部(29)の長さ(S6)は、摩擦攪拌接合用工具(1)のプローブ(3)の先端面の外径(D)以上にすることが好ましい。その他の条件は、上述した図2～図9に示す方法と同じである。
- [0062] 図13～図15は摩擦攪拌接合用工具の第2～第4の実施形態を示す。

- [0063] 図13に示す第2の実施形態の摩擦攪拌用工具(30)の場合、プローブ(31)が、先端に向かって小径となった円錐状である。
- [0064] 図14に示す第3の実施形態の摩擦攪拌接合用工具(35)の場合、仮付け接合用突起(36)の横断面形状が異形であり、その外周面に、同一円筒面内に位置する複数、ここでは2つの部分円筒面(37)が周方向に等間隔をおいて形成されている。
- [0065] 図15に示す第4の実施形態の摩擦攪拌接合用工具(40)の場合、仮付け接合用突起(41)の横断面形状が異形であり、その外周面に、同一円筒面内に位置する複数、ここでは3つの部分円筒面(42)が周方向に等間隔をおいて形成されている。
- [0066] 第3および第4の実施形態の摩擦攪拌接合用工具(35)(40)においては、仮付け接合用突起(36)(41)の横断面における外形の直径 d は、部分円筒面(37)(42)が位置する円筒面の直径を意味するものとする。
- [0067] 図13～図15に示す摩擦攪拌接合用工具(30)(35)(40)のその他の構成は、第1の実施形態の摩擦攪拌接合用工具(1)と同一である。

産業上の利用可能性

- [0068] この発明による摩擦攪拌接合用工具は、各種産業において、2つの被接合材を、仮付け摩擦攪拌接合した後に本付け摩擦攪拌接合するのに好適に使用される。

図面の簡単な説明

- [0069] [図1]この発明による摩擦攪拌接合用工具の第1の実施形態を示し、(a)は部分拡大正面図、(b)は底面図である。
- [図2]図1の摩擦攪拌接合用工具により接合すべきベースと蓋とを示す垂直断面図である。
- [図3]図1の摩擦攪拌接合用工具によりベースと蓋との継手部分を仮付け摩擦攪拌接合する状態を示す部分拡大垂直断面図である。
- [図4]図3と同じ状態を示し、図3とは異なる方向から見た部分拡大垂直断面図である。
- [図5]図1の摩擦攪拌接合用工具によりベースと蓋との継手部分を仮付け摩擦攪拌接合する状態を示す斜視図である。
- [図6]図1の摩擦攪拌接合用工具によりベースと蓋との継手部分を仮付け摩擦攪拌

接合した状態を示す概略平面図である。

[図7]図1の摩擦攪拌接合用工具によりベースと蓋との継手部分を本付け摩擦攪拌接合する状態を示す部分拡大垂直断面図である。

[図8]図7と同じ状態を示し、図7とは異なる方向から見た部分拡大垂直断面図である。

[図9]図1の摩擦攪拌接合用工具によりベースと蓋との継手部分を本付け摩擦攪拌接合する状態を示す斜視図である。

[図10]実施例および比較例で接合されたベースと蓋における評価試験で測定した目違い量を示す垂直断面図である。

[図11]摩擦攪拌接合用工具を用いた摩擦攪拌接合方法の他の例を示し、2つの被接合材を仮付け摩擦攪拌接合した状態を示す概略平面図である。

[図12]摩擦攪拌接合用工具を用いた摩擦攪拌接合方法のさらに他の例を示し、2つの被接合材を仮付け摩擦攪拌接合した状態を示す概略平面図である。

[図13]この発明による摩擦攪拌接合用工具の第2の実施形態を示し、(a)は部分拡大正面図、(b)は底面図である。

[図14]この発明による摩擦攪拌接合用工具の第3の実施形態を示し、(a)は部分拡大正面図、(b)は底面図である。

[図15]この発明による摩擦攪拌接合用工具の第4の実施形態を示し、(a)は部分拡大正面図、(b)は底面図である。

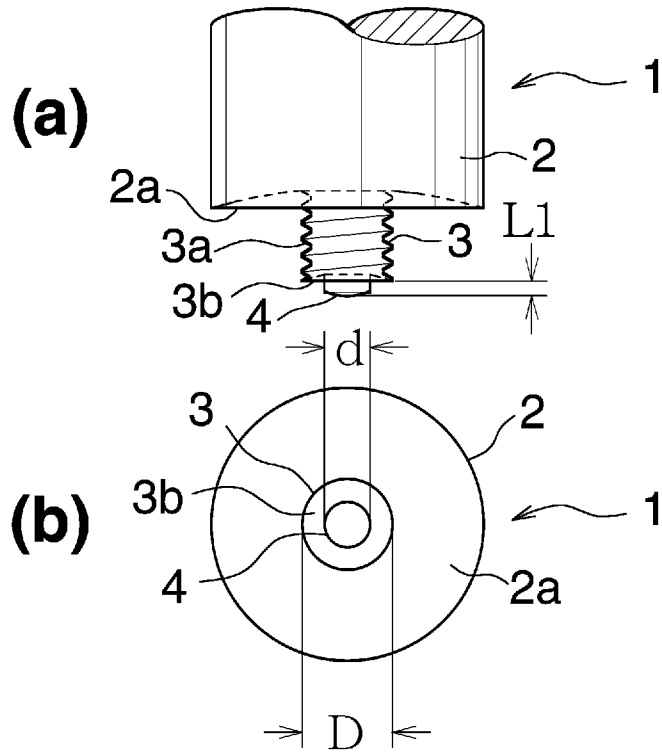
請求の範囲

- [1] 回転駆動部に取り付けられる回転子と、回転子の先端面に同心状に設けられたプローブとを備えており、2つの被接合材の継手部分にプローブを回転させつつ埋入するとともに、両被接合材とプローブとを相対的に移動することにより両被接合材を上記継手部分において摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合用工具であって、
- プローブの先端面に、仮付け接合用突起が同心状に設けられており、プローブの先端面の直径を D mm、仮付け接合用突起の横断面における外形の直径を d mmとした場合、 $0.3D \leq d \leq 0.8D$ という関係を満たす摩擦攪拌接合用工具。
- [2] 仮付け接合用突起の長さが $0.3 \sim 2$ mmである請求項1記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [3] プローブの先端面が平坦面または部分凹球面となっている請求項1または2記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [4] プローブが円柱状である請求項1～3のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [5] プローブが、先端側に向かって小径となった円錐状である請求項1～3のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [6] プローブの外周面にねじ山が形成され、仮付け接合用突起の外周面にねじ山が形成されていない請求項1～5のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [7] 仮付け接合用突起の先端面が部分凸球面となっている請求項1～6のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [8] 仮付け接合用突起の横断面形状が異形であり、その外周面に、同一円筒面内に位置する複数の部分円筒面が周方向に間隔をおいて形成されている請求項1～7のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具。
- [9] 請求項1～8のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合用工具の回転子を回転させながら、2つの被接合材の継手部分において仮付け接合用突起を両被接合材に跨るように埋入するとともに、両被接合材と摩擦攪拌接合用工具とを相対的に移動することによって、仮付け接合用突起により両被接合材を上記継手部分において断続的に仮付け摩擦攪拌接合し、その後摩擦攪拌接合用工具の回転子を回転させながら、

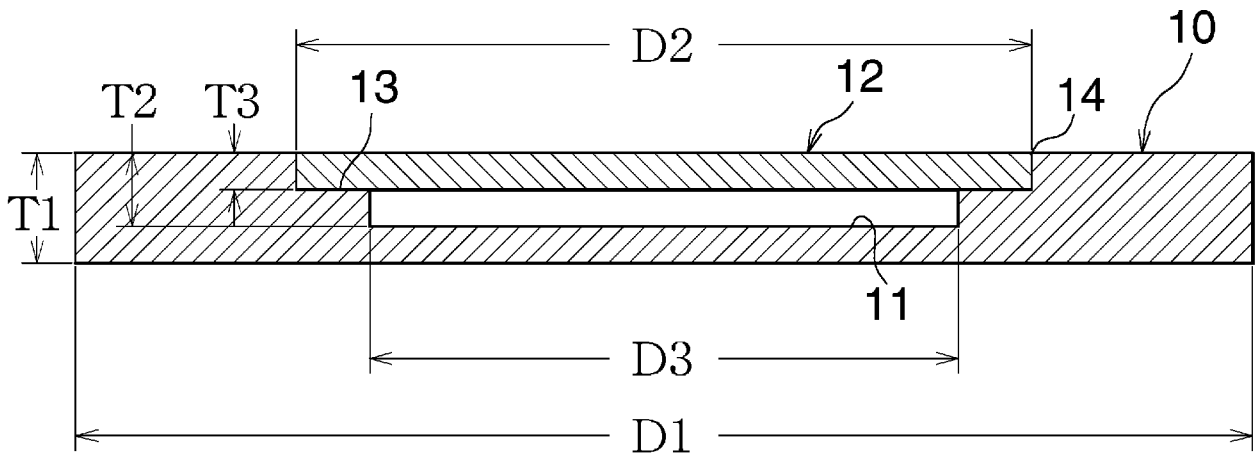
上記継手部分においてプローブを両被接合材に跨るように埋入するとともに、両被接合材と摩擦攪拌接合用工具とを相対的に移動することによって、プローブにより両被接合材を上記継手部分の全長にわたって連続的に本付け摩擦攪拌接合することを特徴とする摩擦攪拌接合方法。

- [10] 仮付け接合用突起の長さを $L1\text{mm}$ 、プローブと仮付け接合用突起の合計長さを $L2\text{mm}$ 、両被接合材の表面から仮付け接合用突起の先端までの埋入深さを $Z\text{mm}$ とした場合、仮付け摩擦攪拌接合の際に、 $(L1 - 0.05) \leq Z \leq (L1 + 0.15)$ という関係を満足し、本付け摩擦攪拌接合の際に、 $(L2 - 0.05) \leq Z \leq (L2 + 0.3)$ という関係を満足する請求項9記載の摩擦攪拌接合方法。
- [11] 仮付け摩擦攪拌接合部の長さを、摩擦攪拌接合用工具のプローブの先端面の外径以上とする請求項9または10記載の摩擦攪拌接合方法。
- [12] 両被接合材の継手部分が直線状であり、仮付け摩擦攪拌接合の際に、未接合部の長さを 300mm 以下にする請求項9～11のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合方法。
- [13] 両被接合材の継手部分が円弧状部分を含んでおり、仮付け摩擦攪拌接合の際に、未接合部の長さを上記円弧状部分の半径の3倍以下にする請求項9～11のうちのいずれかに記載の摩擦攪拌接合方法。
- [14] 両被接合材の継手部分が無端状である請求項13記載の摩擦攪拌接合方法。

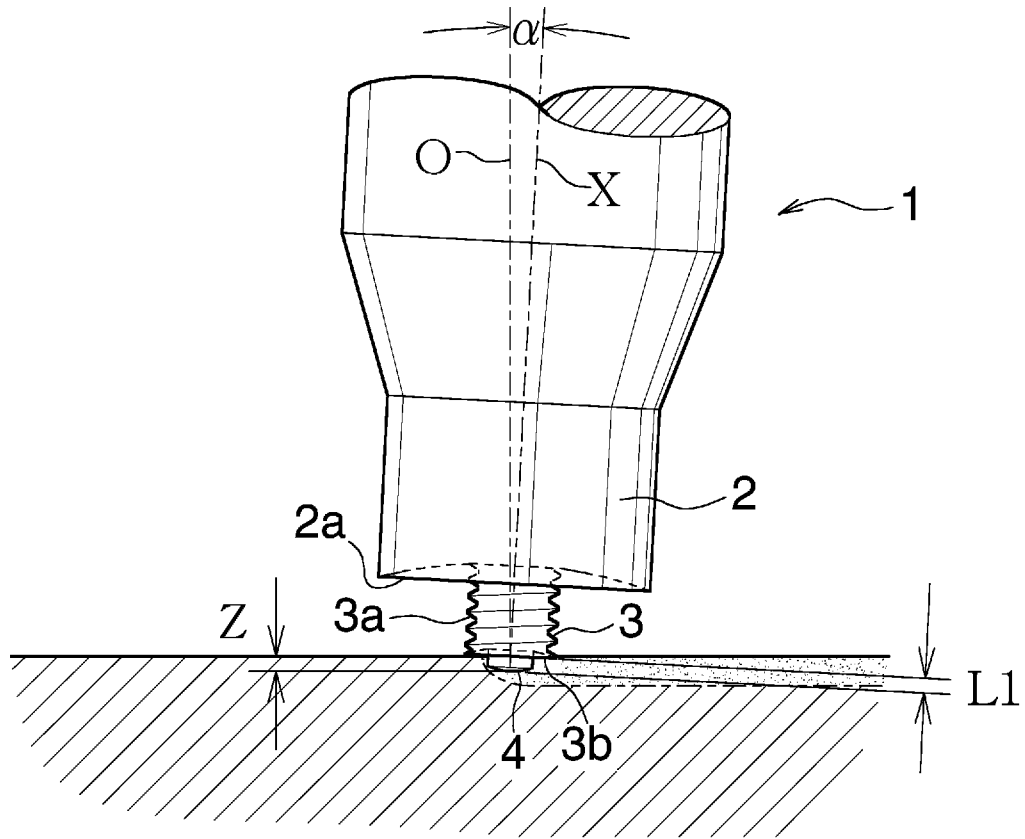
[図1]



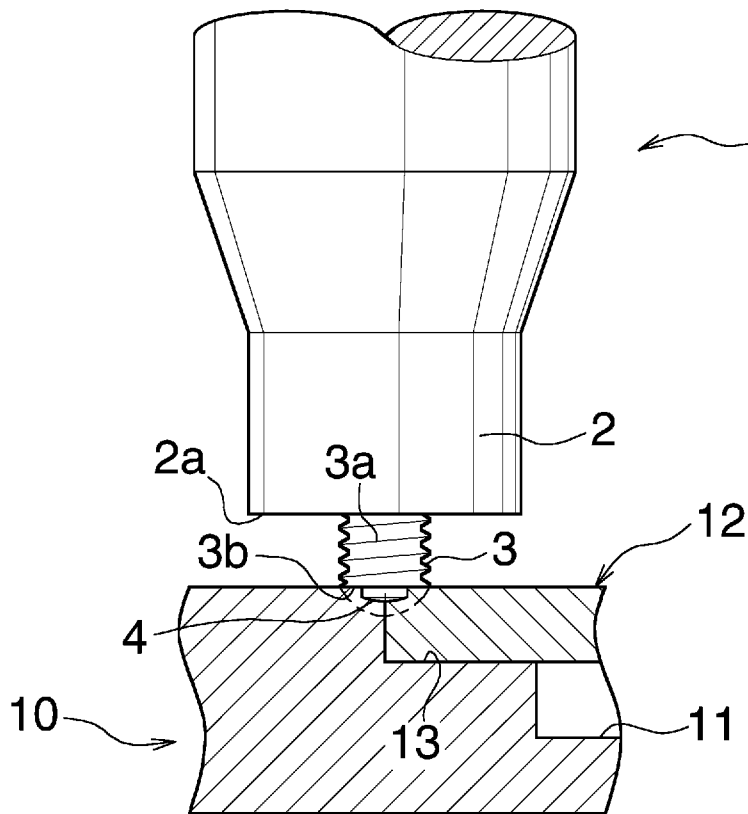
[図2]



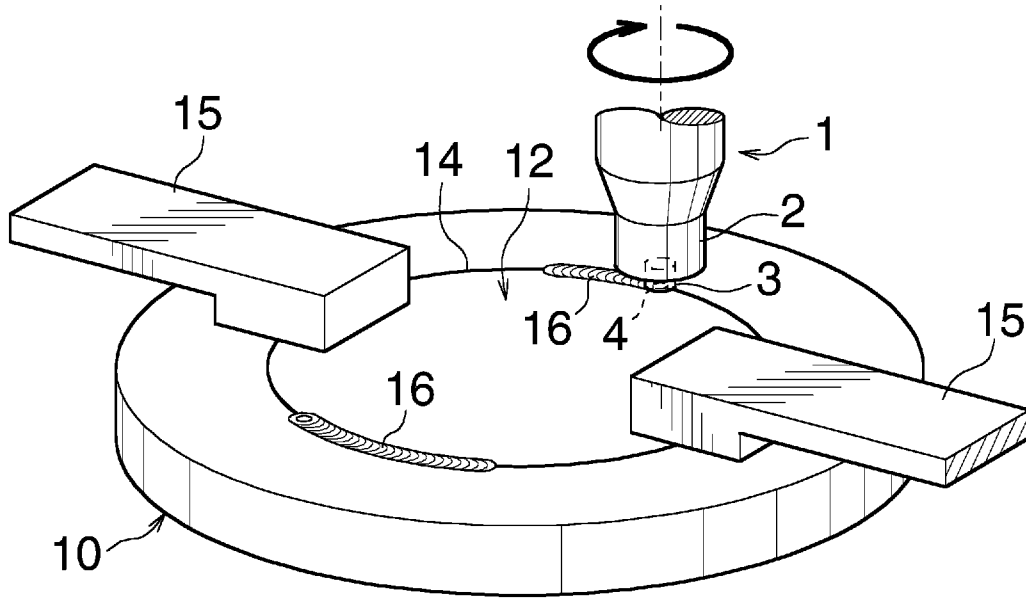
[図3]



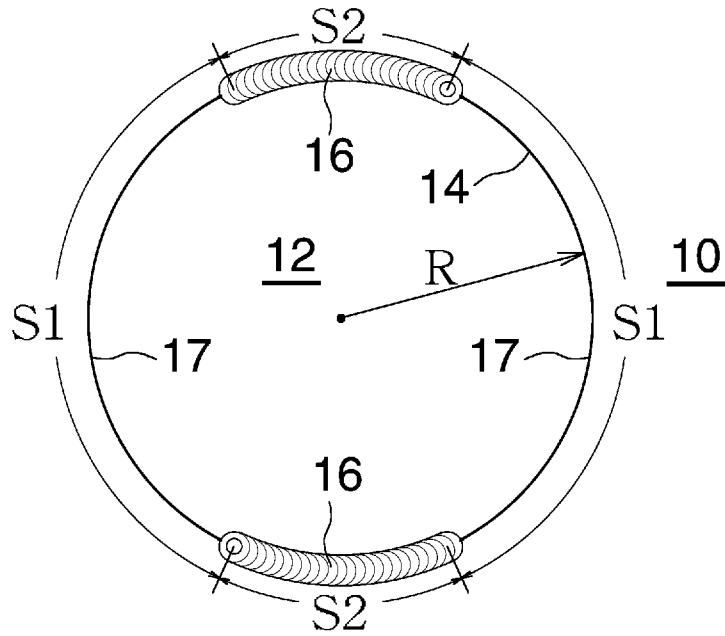
[図4]



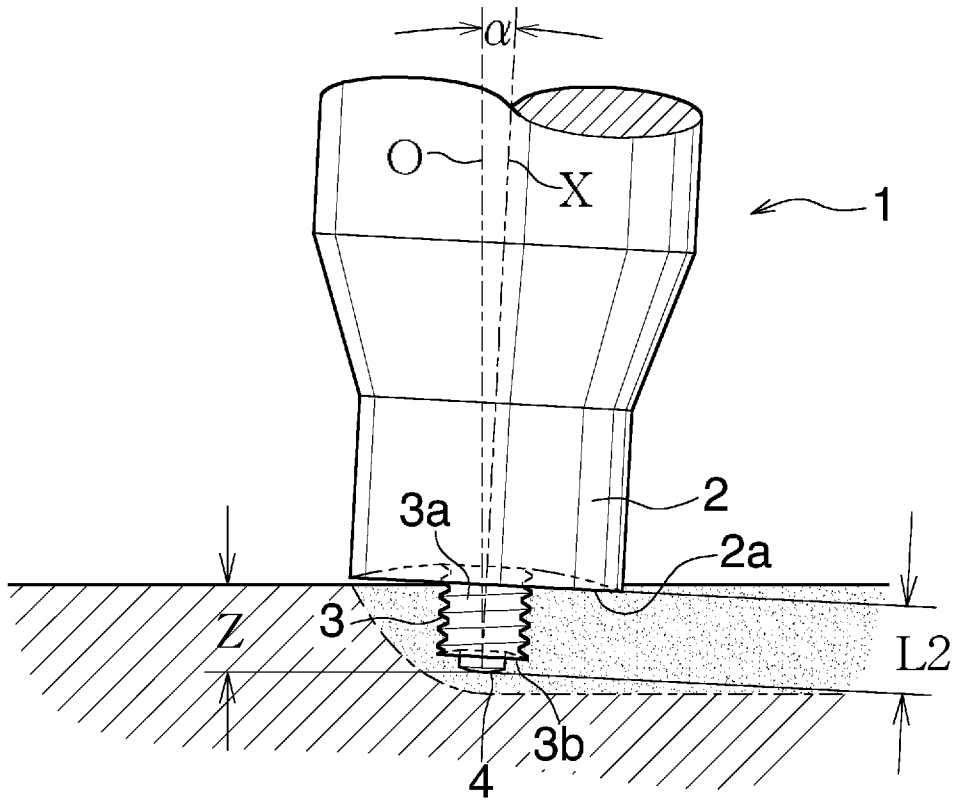
[図5]



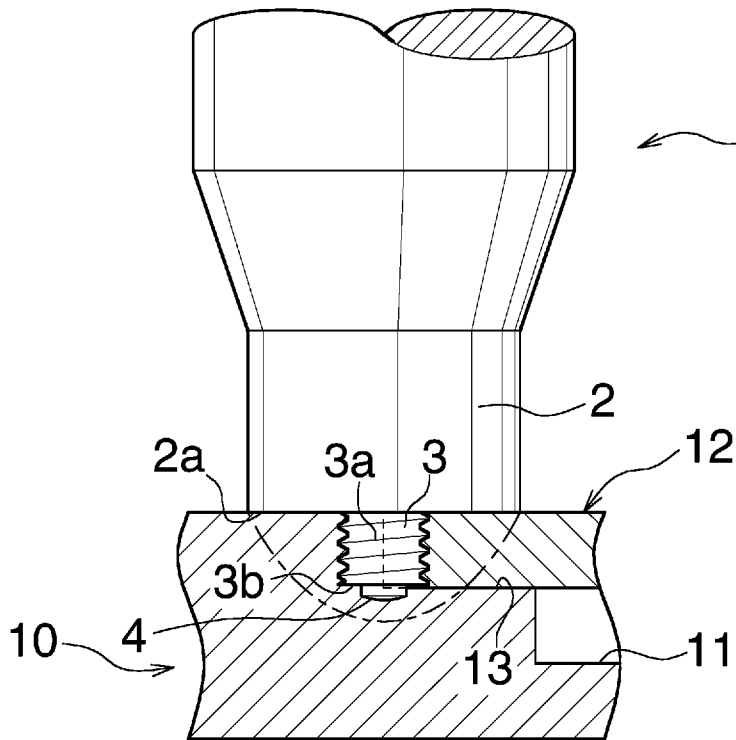
[図6]



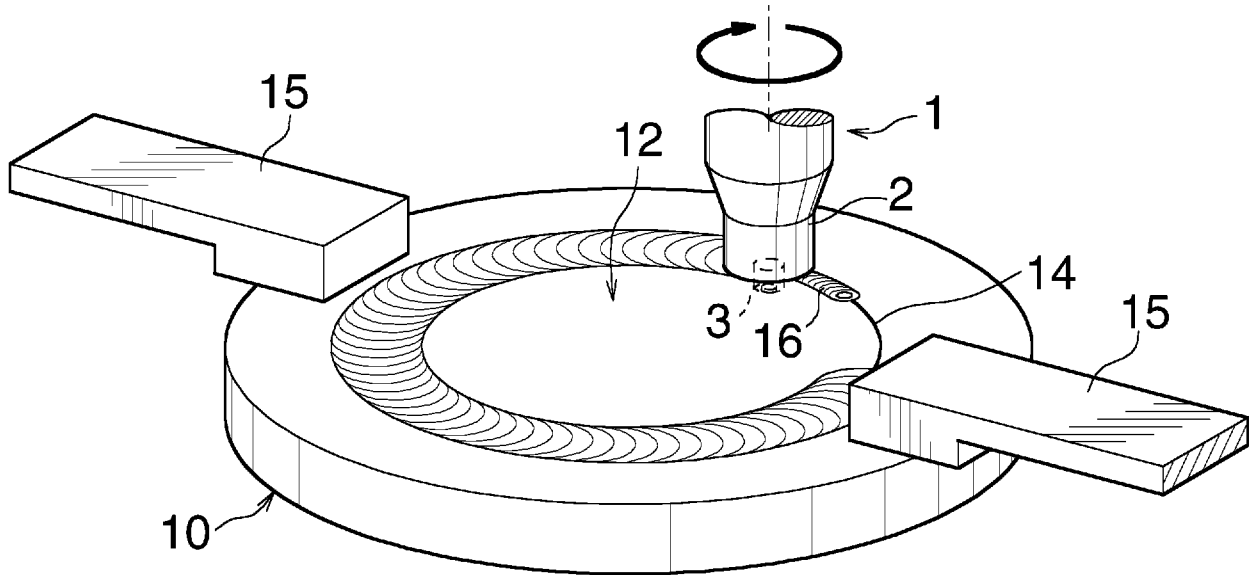
[図7]



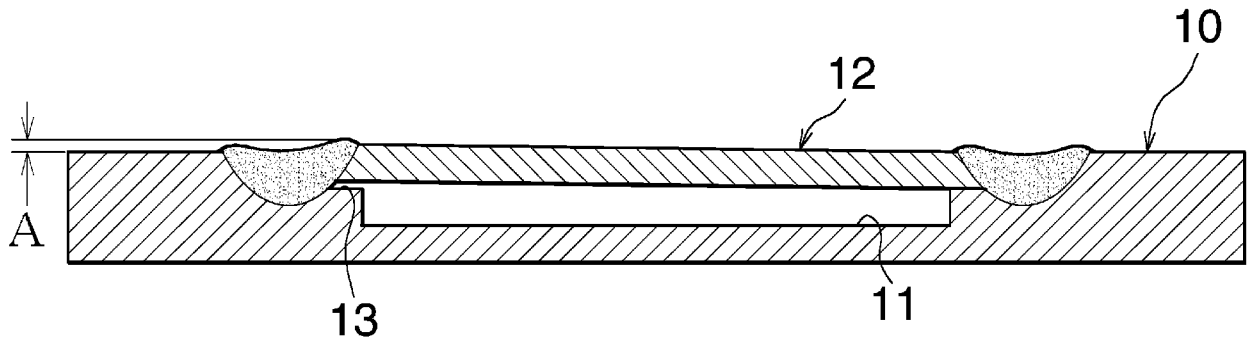
[図8]



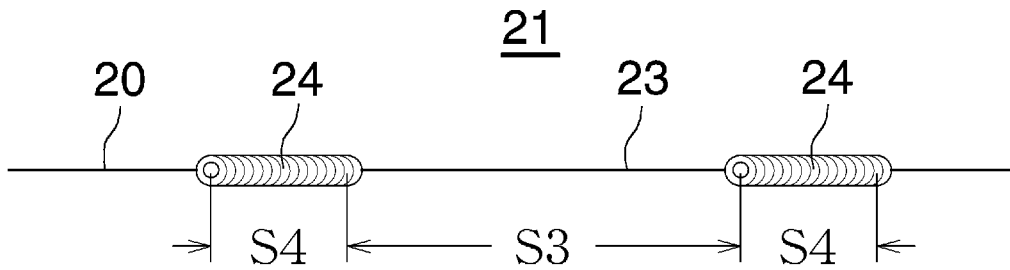
[図9]



[図10]

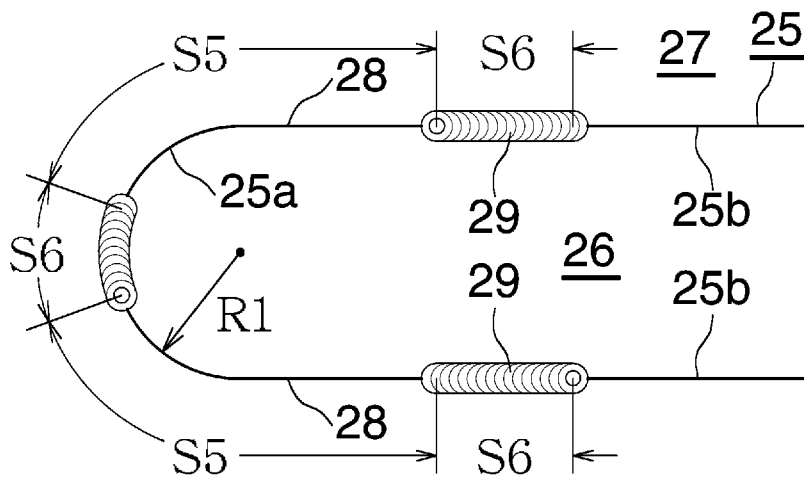


[図11]

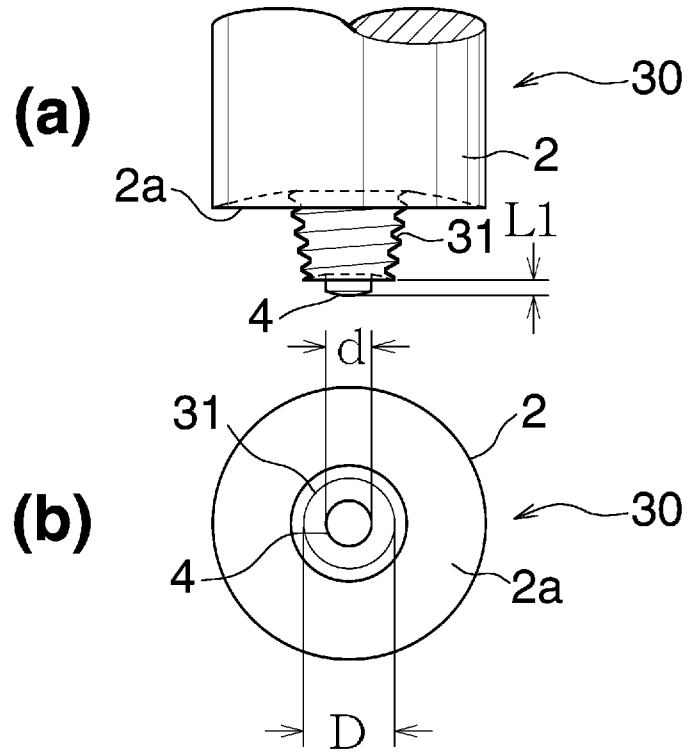


22

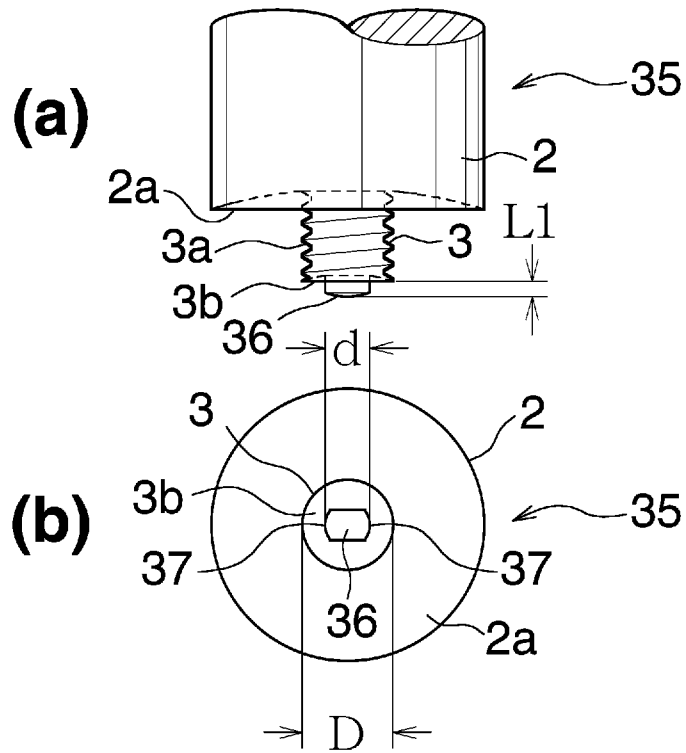
[図12]



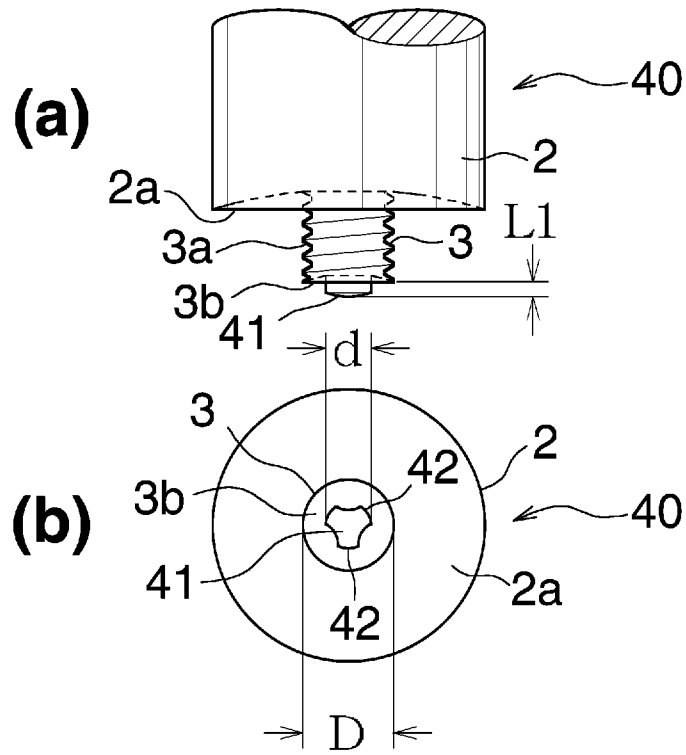
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/054968

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K20/12(2006.01) i, B23K103/10(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, B23K103/10

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	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.
X Y A	JP 2001-269779 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 02 October, 2001 (02.10.01), Par. Nos. [0023] to [0027]; table 1 (Family: none)	1, 2, 4 3, 5-8 9-14
Y	JP 2003-1441 A (Aisin Keikinzoku Co., Ltd.), 08 January, 2003 (08.01.03), Par. No. [0014]; Fig. 4 (Family: none)	3-8
Y	JP 11-179568 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 06 July, 1999 (06.07.99), Fig. 1 (Family: none)	3-8

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
 06 June, 2007 (06.06.07)

Date of mailing of the international search report
 19 June, 2007 (19.06.07)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/054968

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GB 2306366 A (The Welding Institute), 07 May, 1997 (07.05.97), Figs. 1B, 9B (Family: none)	3-8
Y	JP 2001-340976 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 11 December, 2001 (11.12.01), Fig. 1 & EP 1160044 A2 & US 2002/0011510 A1	3-8
A	JP 2002-1551 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 08 January, 2002 (08.01.02), Full text (Family: none)	1-14
A	JP 11-197856 A (Nippon Light Metal Co., Ltd.), 27 July, 1999 (27.07.99), Full text (Family: none)	1-14

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, B23K103/10(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, B23K103/10		
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
X	JP 2001-269779 A(日本軽金属株式会社)2001.10.02, [0023]-[0027], 表1 (ファミリーなし)	1, 2, 4
Y		3, 5-8
A		9-14
Y	JP 2003-1441 A (アイシン軽金属株式会社) 2003.01.08, [0014], 図4 (ファミリーなし)	3-8
<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 06.06.2007	国際調査報告の発送日 19.06.2007	
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) 塩澤 正和 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3 P 3319

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
Y	JP 11-179568 A (日本軽金属株式会社) 1999.07.06, 図1 (ファミリーなし)	3-8
Y	GB 2306366 A (The Welding Institute) 1997.05.07, Figs. 1B, 9B (ファミリーなし)	3-8
Y	JP 2001-340976 A (昭和電工株式会社) 2001.12.11, 図1 & EP 1160044 A2 & US 2002/0011510 A1	3-8
A	JP 2002-1551 A (川崎重工株式会社) 2002.01.08, 全文 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 11-197856 A (日本軽金属株式会社) 1999.07.27, 全文 (ファミリーなし)	1-14