(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
2012 年 9 月 13 日(13.09.2012)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/121086 A1

(51) 国際特許分類:
B23K 9/23 (2006.01) *B23K 35/02* (2006.01)
B23K 9/02 (2006.01) *B23K 103/20* (2006.01)
B23K 9/167 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2012/055143

(22) 国際出願日: 2012 年 2 月 29 日(29.02.2012)

(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 2011-049249 2011 年 3 月 7 日(07.03.2011) JP
特願 2011-210459 2011 年 9 月 27 日(27.09.2011) JP
特願 2011-210460 2011 年 9 月 27 日(27.09.2011) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社神戸製鋼所 (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO(KOBE STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目１０番２６号 Hyogo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 杵渕 雅男 (KINEFUCHI Masao). 村井 康生 (MURAI Yasuo). 江口 法孝 (EGUCHI Noritaka).

(74) 代理人: 小栗 昌平, 外 (OGURI Shohei et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目７番１３号 虎ノ門イーストビルディング１０階 栄光特許事務所 Tokyo (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, 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, 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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

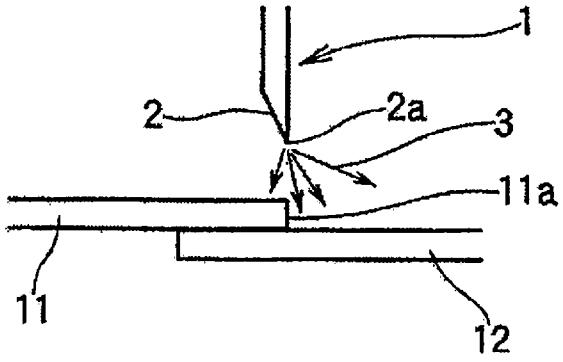
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: METHOD FOR BONDING DISSIMILAR METALS TO EACH OTHER

(54) 発明の名称 : 異種金属接合方法

[図4]



(57) **Abstract**: In the bonding of an aluminum alloy material (11) to a steel material (12) by TIG welding, a tungsten electrode (1) which has a tip having a diagonally cut tip face (2) and asymmetrical to the electrode center axis (6) is used. The tungsten electrode (1) is oriented toward the welding line from the upper side of the aluminum alloy material (11) in such a manner that the tip face side of the tungsten electrode (1) faces the aluminum alloy material (11) side and the tip (2a) of the tip face (2) faces the steel material (12) side. In this manner, an arc (3) from the tip (2a) is directed to the steel material (12) side.

(57) 要約: アルミニウム合金材１１と鋼材１２とをＴＩＧ溶接で接合する際、斜め切りされた先端面２を有すると共に電極中心軸６に対して非対称な先端部を備えたタングステン電極１が用いられる。タングステン電極１の先端面側がアルミニウム合金材１１側に向かうように、且つ先端面２の先端２ａが鋼材１２側を向くように、タングステン電極１をアルミニウム合金材１１の上方側から溶接線に向けることにより、先端２ａからのアーク３が鋼材１２側に指向される。

WO 2012/121086 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 異種金属接合方法

技術分野

[0001] 本発明は、タングステン電極を用いた直流ＴＩＧ（Tungsten Inert Gas）溶接によりアルミニウム合金材と鋼材をすみ肉溶接する異種金属接合方法に関する。尚、本発明でいう「アルミニウム合金材」は、アルミニウム合金製の圧延板材（冷延板など）、押出形材、またはこれらを成形加工した車体用などの各種部材、部品の総称である。また、本発明でいう「鋼材」は、冷延鋼材や型鋼、またはこれらを成形加工した車体用などの各種部材、部品の総称である。

背景技術

[0002] 近年、自動車を始めとした輸送用車両から排出される排気ガスなどによる地球温暖化などの地球環境に対する問題が提起されており、その対策の一つとして、自動車などの車両の軽量化による燃費の向上が検討されている。一方、車両の軽量化だけでは、自動車などが衝突事故を起こした場合に大きな事故となる可能性が高くなることが懸念される。そのため、軽量化と併せて安全性を高めることも検討されている。このような理由のため、軽量且つエネルギー吸収性に優れたアルミニウム合金を、自動車を始めとした輸送用車両の車体の一部に適用することが検討されており、近年は実用化にも至っている。

[0003] 但し、自動車を始めとした輸送用車両にアルミニウム合金を適用するためには、アルミニウム合金の特性を活かした構造設計を行うことが必要となる。したがって、オールアルミニウム合金製の特殊な車両を除けば、車体の構造体を構成する鋼材に対してアルミニウム合金材が部分的に組み合わせられることになる。そのため、鋼材とアルミニウム合金材の異種金属接合技術が必須となる。

[0004] しかしながら、鋼材とアルミニウム合金材の異種金属接合を単に溶接によ

り行おうとすると、鋼材とアルミニウム合金材との互いの接合界面に、高硬度で非常に脆いＦｅとＡｌとの金属間化合物層（または反応層）が生成されてしまう。すなわち、鋼材とアルミニウム合金材が見かけ上で互いに接合されてはいても、接合界面に生成される非常に脆いＦｅとＡｌとの金属間化合物層（または反応層）が原因となって、継手に十分な接合強度が得られないという問題が発生する。

[0005] 鋼材とアルミニウム合金材の接合技術に溶接を採用した場合には、上記したような問題が発生する。そのため、鋼材とアルミニウム合金材の接合に、セルフピアスリベットやボルトなどの固着具を用いた機械的接合技術や、接着剤を用いた接合技術も採用されている。しかしながら、これらの接合技術は、接合作業の煩雑さや接合コストの上昇といった課題があり、広く適用されていない。

[0006] 現状では、自動車を始めとした輸送用車両を構成する鋼材等の接合には、ＴＩＧ溶接などの線接合や、スポット接合などの溶接技術が汎用されている。これら溶接技術を、鋼材とアルミニウム合金材との異種金属接合技術に適用することができれば、工場内の鋼材と同じラインや工程で、アルミニウム合金材を用いた車両が製造可能であり、接合作業の効率化をより進めることができる。

[0007] これら溶接技術の中でも、ＴＩＧ溶接は、鋼材同士の接合等に最も広く採用されている技術である。しかしながら、前記したように、鋼材とアルミニウム合金材の異種金属接合には、ＦｅとＡｌとの金属間化合物層の生成という問題が懸念されるため、ＴＩＧ溶接は実用化ばかりか提案も殆どされていないというのが実状である。

[0008] そのような実状の中、特許文献１により、ＴＩＧ溶接による鋼材とアルミニウム合金材の異種金属接合に関する技術が提案されている。しかしながら、この提案には、突合せ溶接および重ね溶接の一例としてＴＩＧ溶接が掲げられているに過ぎない。すなわち、この提案において、溶接手段は、レーザー、電子ビーム、プラズマアーク、ＴＩＧ、ＭＩＧ、及びCO_2アークの群か

ら選択される。この提案の中では、溶接手段がＴＩＧ溶接でも良いと述べられているに過ぎない。

[0009] 特許文献２は、溶接施工方向に対して鋼材を上側、アルミニウム合金材を下側として互いに重ね合わせて溶接する異種金属接合方法を提案している。この方法において、アルミニウム合金材の溶接面の位置を、鋼材の溶接面の位置よりも、溶接施工方向に対して上側に突出させた状態で、溶接線に沿って溶接することが提案されている。この方法によって、鋼材の溶接面のアルミニウム溶湯の濡れ性が改善され、鋼材の表面（溶接面）の酸化膜除去が促進され、良好な接合が実現できると記載されている。

[0010] また、この特許文献２では、アルミニウム材外皮内部にフラックスを充填してなるフラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）を用いた態様のＴＩＧ溶接も意図されている。因みに、このような異種金属接合に用いられるＦＣＷの組成は、従来から特許文献３などで多数提案されている。しかしながら、これら特許文献２，３でも、ＴＩＧ溶接を用いたアルミニウム合金材と鋼材の具体的な異種金属接合方法は開示されていない。

[0011] そのため、本発明者らは、改めて、アルミニウム合金材と鋼材をＴＩＧ溶接により接合する異種金属接合試験を実際に実施して、その際に発生する問題点を確認した。具体的には、図１０に示すように、まず、アルミニウム合金材１１を上側として、アルミニウム合金材１１の一端部を鋼材１２の上に重ね合わせた。そして、アルミニウム合金材１１の端部１１ａと鋼材１２の表面とで形成された段状部１３にフラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７を供給しながら、タングステン電極３０を用いてアルミニウム合金材１１と鋼材１２をすみ肉溶接する異種金属接合試験を行った。尚、ＴＩＧ溶接は、アルミニウム合金材同士の溶接に一般的に用いられる交流ＴＩＧ溶接によって行なわれた。

[0012] この異種金属接合試験の結果、溶接時のスパッタの発生は殆どなく良好であったにもかかわらず、溶融したアルミニウム合金材１１と、同じく溶融したＦＣＷ７が、ビード４ａ、４ｂのように分かれて鋼材１２の表面上に存在

する接合（ビード）状態となった。

[0013] このようなビード４ａ、４ｂに分かれた接合状態は、電力（入熱）を上げたり、溶接速度を遅くしたりするなどの、ＴＩＧ溶接の溶接条件を大きく変更する調整を行っても発生し、完全に防止することはできなかった。このようなビードの分かれた接合状態では、継手（異種金属接合継手）の接合強度は高くすることはできない。

[0014] 尚、このビードの分かれは、鋼材同士のＴＩＧ溶接においては、特にアークの高圧力下、高速での溶接下で発生しやすく、溶融プールの形状が不安定となり、溶融プールが振動してビードに激しい凹凸ができるハンピング現象として知られている。

[0015] このビードの分かれの発生を防止する手段として、あくまで鋼材同士のＴＩＧ溶接に関する技術ではあるが、磁場を用いる方法や、タングステン電極の先端部の形状に工夫を凝らした技術が提案されている。磁場を用いる方法は、例えば特許文献４で提案されている。特許文献４では、溶接アークの周囲に印加された一定磁界と溶接アークに流れるアーク電流との電磁気的相互作用により生じる電磁力を、溶接アークに作用させて、溶接アークの放射形状を被接合部の溶接線方向に偏向させることで２つの被接合部を連続して接合している。

[0016] 特許文献４に開示されたような磁場を用いる方法は、確かに、ビードの分かれの発生の防止には有効な技術ではあるが、磁石装置が別途必要になる。さらに、この方法では、磁石装置により生じる電磁力が溶接アークに作用するため、その制御が必要となり、既存溶接設備では簡単に対応することができない。これは、コストアップにつながることから、実用上は問題がある。

[0017] 一方、タングステン電極の先端部の形状に工夫を凝らした技術が、特許文献５や特許文献６によって提案されている。一般的なタングステン電極の先端部の形状は、鉛筆の先端のような円錐形状である。しかしながら、特許文献５では、先端部に稜線を有するＴＩＧ溶接用電極棒の表面の一点を最先端とする形状であって、稜線を形成する面間の角度を４０～１００度とした電

極が提案されている。特許文献５では、アーク点を稜線の部分に沿って発生させ、アークが電極先端近傍の面の部分に這い上がるのを防止して、ビードの幅方向へのアークの広がりを防止してアークを集中させ、大電流で高速のＴＩＧ溶接を可能にしようとしている。

[0018] 特許文献６では、狭開先をもつ鋼材同士の接合溶接を行うＴＩＧ溶接装置において、タングステン電極をアルミニウム合金材の上方から溶接線に向かわせると共に、タングステン電極の先端を３０°～４０°の角度で斜め切りした偏芯形状となし、そのタングステン電極を狭開先の内で回転させながらワイヤを溶融させることが提案されている。

[0019] 特許文献５記載の鋼材同士のＴＩＧ溶接における電極改良技術を、ＦＣＷを用いたアルミニウム合金材と鋼材との異種金属のＴＩＧ溶接に適用したとしても、前記したビードの分かれの発生を防止することはできない。その理由は、ＦＣＷを用いたアルミニウム合金材と鋼材との異種金属のＴＩＧ溶接は、異材同士の溶接であるため、鋼材同士のＴＩＧ溶接とは、その溶接メカニズムやビードの分かれの発生メカニズムなどが異なるためと考えられる。

[0020] また、特許文献６記載の技術は、厚板の突合せ溶接に関する技術であり、薄板の重ねすみ肉溶接にそのまま適用することができない。

先行技術文献

特許文献

[0021] 特許文献1：日本国特開２００１－４７２４４号公報

特許文献2：日本国特開２０１０－２０７８８６号公報

特許文献3：日本国特開２００８－６８２９０号公報

特許文献4：日本国特開２００８－１０５０５６号公報

特許文献5：日本国特開平６－３２８２８７号公報

特許文献6：日本国特開２００４－２３７３２６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0022] 本発明は、上記従来の問題を解決するためになされたもので、鋼材同士の接合等に最も広く採用されているＴＩＧ溶接によりアルミニウム合金材と鋼材との異種金属接合を行うことができ、しかも、良好なビード外観と必要な継手強度を得ることができる異種金属接合方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0023] 本発明の異種金属接合方法の一つの要旨は、アルミニウム合金材と鋼材の少なくとも一部を重ね合わせ、前記アルミニウム合金材側を正極として、前記アルミニウム合金材の端部と前記鋼材の表面とで形成された段状部にフラックスコアードワイヤを供給しながら、棒状のタングステン電極を用いた直流ＴＩＧ溶接により前記アルミニウム合金材と前記鋼材とをすみ肉溶接する異種金属接合方法であって、前記タングステン電極は、前記タングステン電極の中心軸に対して非対称な形状の先端部を備え、前記先端部は、前記中心軸に対して２０°以上４０°以下の角度で形成された先端面を有し、溶接中、前記タングステン電極の先端が前記鋼材側を向くように、且つ、前記先端面が前記アルミニウム合金材側に向かうように、前記タングステン電極を前記アルミニウム合金材の上方側から溶接線に向けることにより、前記タングステン電極の前記先端から発生するアークが前記鋼材側に指向されることである。以下、この発明を本件第１発明ということがある。

[0024] 本発明の異種金属接合方法の他の要旨は、アルミニウム合金材と鋼材の少なくとも一部を重ね合わせ、前記アルミニウム合金材側を正極として、前記アルミニウム合金材の端部と前記鋼材の表面とで形成された段状部にフラックスコアードワイヤを供給しながら、棒状のタングステン電極を用いた直流ＴＩＧ溶接により前記アルミニウム合金材と前記鋼材とをすみ肉溶接する異種金属接合方法であって、溶接中、前記タングステン電極を、前記アルミニウム合金材に垂直な方向から前記アルミニウム合金材側に５°超３５°未満の角度で傾けた状態で、前記タングステン電極の先端部を、前記アルミニウム合金材に平行な方向で前記アルミニウム合金材の端部から前記アルミニウ

ム合金材側へ０ｍｍ以上３．５ｍｍ未満の範囲の位置、且つ、前記アルミニウム合金材の表面から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置に配置することである。以下、この発明を本件第２発明ということがある。

[0025] 本発明の異種金属接合方法の更に他の要旨は、アルミニウム合金材と鋼材の少なくとも一部を重ね合わせ、前記アルミニウム合金材側を正極として、前記アルミニウム合金材の端部と前記鋼材の表面とで形成された段状部にフラックスコアードワイヤを供給しながら、棒状のタングステン電極を用いた直流ＴＩＧ溶接により前記アルミニウム合金材と前記鋼材とをすみ肉溶接する異種金属接合方法であって、溶接中、前記タングステン電極を前記鋼材に垂直な方向から前記鋼材側に３５°以上６０°未満傾けた状態で、前記タングステン電極の先端部を前記アルミニウム合金材の表面から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置に配置して、前記タングステン電極の中心軸の延長線が前記アルミニウム合金材の表面と交わる位置を前記アルミニウム合金材の端部から前記アルミニウム合金材側へ１．０ｍｍ以上３．０ｍｍ未満の範囲に配置することである。以下、この発明を本件第３発明ということがある。

[0026] 本件第１～３発明においては、前記フラックスコアードワイヤが溶接進行方向から供給されることが好ましい。

発明の効果

[0027] 本発明の異種金属接合方法によると、アルミニウム合金材と鋼材との異種金属接合を、鋼材同士の接合等に最も広く採用されているＴＩＧ溶接により、ビードの分かれの発生を防止することができ、良好なビード外観と必要な継手強度を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]（ａ）は本件第１発明における電極の先端部形状を示す側面図であり、（ｂ）は（ａ）の電極の先端部形状を示す正面図である。

[図2]従来の円錐型の電極先端部形状を示す正面図である。

[図3]（ａ）は比較例の電極の先端部形状を示す側面図であり、（ｂ）は（ａ

）の電極の先端部形状を示す正面図である。

[図4]図１（ａ）（ｂ）の電極を用いた本発明のＴＩＧ溶接施工例を示す説明図である。

[図5]図１（ａ）（ｂ）の電極を用いた比較例のＴＩＧ溶接施工例を示す説明図である。

[図6]図１（ａ）（ｂ）の電極を用いた比較例のＴＩＧ溶接施工例を示す説明図である。

[図7]図２の従来の電極を用いた従来のＴＩＧ溶接施工例を示す説明図である。

[図8]図３（ａ）（ｂ）の比較例電極を用いた比較例のＴＩＧ溶接施工例を示す説明図である。

[図9]一般的なＴＩＧ溶接の施工例を示す斜視図である。

[図10]ＴＩＧ溶接にて発生するビードの分かれの状態を示す説明図である。

[図11]本件第２発明の異種金属接合方法の一実施形態を示す縦断面図である。

[図12]改良試験でタングステン電極を鋼材側に向けて傾けた状態で、アルミニウム合金材と鋼材の重合せ部を狙って溶接を行っている状態を示す縦断面図である。

[図13]本件第３発明の異種金属接合方法の一実施形態を示す縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0029] 本発明者らは、鋼材同士の接合等に最も広く採用されているＴＩＧ溶接によって、ビードの分かれを発生させることなく、アルミニウム合金材と鋼材との異種金属接合を行うための適切な条件を見出すために、鋭意研究を重ねた。

[0030] （「ビードの分かれ（湯別れ）」の発生原因）

本発明者らの知見によれば、アルミニウム合金材と鋼材との重ね継手のＴＩＧ溶接における「ビードの分かれ」の発生原因は、汎用されるタングステ

ン電極から発生するアークがアルミニウム合金材側に片寄る（偏る）ことである。アークのアルミニウム合金材側への偏りによって、鋼材側の温度が十分に上昇せず、ＦＣＷより供給されるフラックスが鋼板上に広がらず、アルミ溶湯と鋼板との濡れ性が改善できない。

これを、図１０を用いてより具体的に説明する。

タングステン電極３０から発生するアーク３がアルミニウム合金材１１側に偏ると、アルミニウム合金材１１が先に溶融し始め、ＦＣＷ７の溶融開始は必然的に遅れることとなる。その結果、鋼材１２の表面にフラックスが十分に広がらず、アルミニウム合金材１１における鋼材１２側のビードとなるべきアルミニウム合金溶湯の鋼材１２側への濡れ性確保が困難となる。また、アルミニウム合金材１１側へのアーク３の偏りによって、鋼材１２の温度上昇も相対的に遅くなるため、鋼材１２の表面へのフラックスの広がりが阻害されているものと考えられる。

[0031] これらの現象から、アルミニウム合金材１１が溶融して形成された溶湯は、鋼材１２側へ濡れ広がりにくくなる。更には、アルミニウム合金材１１側に偏ったアーク３によって、アルミニウム合金材１１が溶融して形成された溶湯がアルミニウム合金材１１側（図１０では左側）に押される。この溶湯はアルミニウム合金材１１側に移動した状態でビード４ａとして凝固することになる。アルミニウム合金材１１の溶融範囲が広くなればなるほど、アルミニウム合金材１１が溶融して形成された溶湯は、アルミニウム合金材１１側に、より大きく移動することとなる。

[0032] 一方、ＦＣＷ７が溶融して形成された溶湯は、フラックスの効果により、鋼材１２の表面に広がりはする。しかしながら、タングステン電極３０から発生するアーク３により、ＦＣＷ７が溶融して形成された溶湯は、アルミニウム合金材１１側と反対の方向（図１０では右側）へ押されることとなる。その結果、ＦＣＷ７が溶融して形成された溶湯は、アルミニウム合金材１１が溶融して形成された溶湯とは混合せず、前記したビード４ａとは離れた状態で別のビード４ｂとして凝固してしまう。この結果、ビードの分かれが発

生することとなる。

[0033] （ビードの分かれに対する対策）

このようなビードの分かれの機構を抑制してビードの分かれの発生を防止するためには、一般的には以下の方策（１）（２）が必要であると当業者であれば考える。すなわち、（１）できるだけ早くＦＣＷ７を溶融させ、濡れ性を確保する。（２）アルミニウム合金材１１の溶融範囲を抑制し、アルミ溶湯のアルミニウム合金材１１側への移動を小さくする。ただし、アルミニウム合金材１１の厚み（板厚）方向全域にわたる溶融は確保する必要がある。

[0034] そして、このような方策に従うと、当業者であれば、以下のような溶接施工条件の具体的な改良が考えられる。

[0035] （比較改良技術１：電極の狙い位置）

図１０のタングステン電極（トーチ）３０の位置を鋼材１２の側（図１０の右側）に０．５ｍｍ移動させることにより、アルミニウム合金材１１側への入熱を減少させることが考えられる。しかし、電極の先端とアルミニウム合金材１１上端部との間で、より強いアーク３が発生するため、ビードの分かれの発生防止効果は小さかった。また、鋼材１２側へ１ｍｍ移動すると、電極３０と鋼材１２の間でアーク３が強く発生し、鋼材が溶融しはじめ、接合自体ができなかった。

[0036] （比較改良技術２：トーチ角度）

アルミニウム合金と鋼の溶接においては、鋼の溶融を避けてアルミニウム合金のみを溶融させるため、一般的にアルミニウム合金板の上方から入熱を行う。しかし、図１０において、アルミニウム合金材１１の溶融範囲を抑制するため、タングステン電極（トーチ）３０が溶接線と直交したまま板の法線方向に対して１０°傾斜するようにして、その先端がアルミニウム合金材１１と鋼材１２との重ね部を狙うようにして溶接を行った。この結果、アルミニウム合金材１１側の溶融は若干抑制できたが、ビードの分かれの完全な防止には至らなかった。

[0037]（比較改良技術３：電源）

図１０において、交流電源から直流電源へと電源を変更することにより、アルミニウム合金材１１側へのアーク３の広がりが抑制でき、アルミニウム合金材１１の溶融範囲は小さくなった。しかしながら、この場合でも、ビードの分かれの抑制までには至らなかった。

[0038] これらの結果から、前記一般的な方策にもとづく溶接施工条件の変更では、ビードの分かれの問題を解決することは困難であることが分かった。そこで、本発明者らは、これら溶接施工の改良技術に代わる、新たな対策を検討した。その結果、本発明者らは、アークの方向を鋼材側に向けることにより、アルミニウム合金材／ＦＣＷ／鋼材への入熱の配分を変化させると共にアルミニウム合金材の溶湯のアルミニウム合金材側への移動をも抑制して、ビードの分かれを防止することを発想した。また、本発明者らは、アークの方向を鋼材側に向けてアルミニウム合金材／ＦＣＷ／鋼材への入熱の配分には、タングステン電極の先端部形状や、溶接中の先端部の位置関係が大きく影響することを知見した。

[0039] この点、従来提案されている電極の先端部形状では、または電極の先端部形状を工夫するだけでは、アルミニウム合金材と鋼材との異種金属接合にＴＩＧ溶接を適用する場合に「ビードの分かれ」が防止できない。すなわち、本件第1発明では、タングステン電極の先端部形状をいわば偏芯形状となすとともに、溶接中のこのような偏芯形状の先端部の位置関係を規定してアークを鋼材側に指向させることにより、「ビードの分かれ」の問題を解決する。

[0040] ［第１発明］

（電極の先端部形状）

まず、図１～３を参照して、第１発明におけるＴＩＧ溶接用の電極の先端部の形状（偏芯先端部形状）を具体的に説明する。図１（ａ）は本発明におけるＴＩＧ溶接用のタングステン電極の先端部を示す側面図であり、（ｂ）は（ａ）に示されたタングステン電極の先端部を示す正面図である。図２は従来の電極の円錐型形状の先端部を示す正面図である。図３（ａ）は比較例

の電極の先端部を示す側面図であり、（ｂ）は（ａ）に示されたタングステン電極の先端部を示す正面図である。

[0041] 従来のタングステン電極３０の先端部３１は、通常、図２に示されるように、一点鎖線で示す電極中心軸３２に対して対称な円錐型形状を有する。このため、このタングステン電極３０の溶接中の向きや位置関係、あるいは溶接条件を工夫しても、後述する実施例の通り、先端３１ａからのアークを鋼材側に指向させるようにはできない。

[0042] これに対して、第１発明におけるタングステン電極１の、尖った唯一の先端２ａを有する先端部は、一点鎖線で示す電極中心軸６に対して一方側（後述するアルミニウム合金材１１側、図１（ｂ）の左側）のみに、斜め切りされている先端面（切断面）２を有する。この結果、図１（ｂ）に示すように、先端部は、電極中心軸６に対して非対称であり、唯一の先端２ａを有する逆三角形形状を有する。このように、第１発明では、電極中心軸６に対して非対称に一方側に偏在させた形状の先端部を備えるタングステン電極１が用いられると共に、タングステン電極１の溶接中の向きや位置関係が適切に設定される（後述）。これにより、タングステン電極１の先端２ａから発生するアークを、より鋼材側に指向させることができる。

[0043] ここで、第１発明におけるタングステン電極１の先端面２の先端角θ、すなわち、唯一の（ピンポイントである）先端２ａから上方に向かって斜め切りされている先端面２の、電極中心軸６に対する角度θは、２０°以上４０°以下の範囲にある。先端角θがこの範囲から外れて小さ過ぎても、あるいは逆に大きすぎても、タングステン電極１の先端２ａからのアークを鋼材側に指向させにくくなる。また、この角度範囲は、電極消耗を抑える必要からも必要である。先端角θがこの範囲から外れて小さ過ぎても、あるいは逆に大きすぎても、電極の消耗が大きくなる。

[0044] タングステン電極１の先端２ａは、唯一の、鋭利、鋭角な頂部形状、あるいは尖った先端形状を有する。但し、このタングステン電極１の先端２ａからのアークを鋼材側に指向させる効果が損なわれず電極が消耗しない範囲で

あれば、この先端２ａは、微細な丸みを帯びるか、微細な角部や平坦部を有する頂部形状（先端形状）を有していても良い。また、斜め切りされている先端面の角度（先端角）θは、先端面の全長に亘って同じ角度（均一な角度）でなくてもよく、２０°以上４０°以下の範囲内で順次あるいは段階的に変化しても良い。ちなみに、本発明のタングステン電極１の先端面２の斜め切りされる部分の、先端２ａからの中心軸方向の長さは、設定された先端角θと電極の直径とから計算でき、必然的に定まる。ＴＩＧ溶接で使用される通常のタングステン電極の直径１．０～４．０ｍｍφの範囲における目安としては、この長さが１．２～１１ｍｍの範囲であれば良い。

[0045] 図３（ａ）（ｂ）は比較例の電極２０を示す。この電極２０の先端部２１は、電極中心軸２２に対して２０°以上４０°以下の先端角θをもった唯一の尖った先端２１ａを有し、逆三角形の形状を有する。しかし、この比較例の電極２０の先端部２１は、鋭角な先端部形状を有しているが、電極中心軸２２に対して対称である。これは、第１発明におけるタングステン電極１の先端面２が、電極中心軸６に対して一方側のみ斜め切りされることにより電極中心軸６に対して非対称で、かつ一方側に偏在させた形状を有するのとは異なる。このため、このタングステン電極２０の溶接中の向きや位置関係と合わせても、このタングステン電極２０の先端２１ａからのアークを効果的に鋼材側に指向させるようにはできない（後述）。

[0046] （電極の溶接中の向きや位置関係）

前記した通り、タングステン電極１の先端部の一方側のみ斜め切りされた非対称な先端面２の形状だけでは、このタングステン電極先端１からのアークをアルミニウム合金材側に指向させるようにはできない。タングステン電極１の先端２ａからのアークを鋼材側に指向させるためには、図４に示すように、アルミニウム合金材１１側に対する先端面２の向きと、溶接線であるアルミニウム合金材１１の端部１１ａと唯一の先端２ａとの位置関係が重要である。

[0047] これを、図１（ａ）（ｂ）、図２、図３（ａ）（ｂ）の電極を用いたＴＩ

Ｇ溶接施工例を示す説明図である図４～８を参照して説明する。

[0048] 図４は、第１発明の例を示す。図４では、タングステン電極の尖った先端２ａが、鋼材１２の上側に重ね合わせたアルミニウム合金材１１の端部１１ａの直上、すなわち溶接線の直上に位置しており、上方から下方を向いている。そして、タングステン電極１１は同時に、アルミニウム合金材１１側に、一方側のみ斜め切りされた非対称な形状の先端面２を向けている。

[0049] これによって、タングステン電極１の先端２ａから発生するアーク３（複数の矢印で示す。以下の図も同じ）を、図示するように鋼材１２側に指向させるようにすることができる。これにより、アークの方向を鋼材側に向けて、アルミニウム合金材／ＦＣＷ／鋼材への入熱の配分を変化させることができる。このため、アルミニウム合金材１１の溶湯のアルミニウム合金材１１側への移動を抑制して、鋼材１２側へ必要量を移動させることができ、ビードの分かれを効果的に防止できる。

[0050] また、電極１を鋼材側に寄せる改良技術１や２のように、鋼材１２に対して過度な入熱がされることもなく、ＦＣＷによるフラックスの効果も発現できる。これにより、アルミニウム合金材１１と鋼材１２との接合界面に、鋼とアルミの反応層（界面反応層）を適切に薄く得ることができる。

[0051] 鋼－アルミの異種金属接合により、十分な強度を持った継手を得るためには、鋼とアルミの反応層（金属間化合物層）を薄く均一に分布させることが必要である。鋼－アルミのＴＩＧ溶接において、アルミと同時に鋼を溶融させると、脆い金属間化合物が多量に生成して、割れが発生したり、割れが発生しなかったとしても十分な接合強度が得られない。一方、溶融したアルミを冷えた鋼材側に接触させるだけでは、ごく短時間に接触部の温度が低下してしまい、酸化膜除去と濡れ性改善のために用いるフラックスの効果を十分発揮できず、必要な反応層が得られず、十分な接合強度が得られない。そのため、必要な範囲で、かつ過度とならないように、鋼材側の温度を上昇させる必要がある。

[0052] 一方、アルミニウム合金材の溶融が不十分な場合でも接合不良（板厚全体

にわたって接合できない場合）が発生する。したがって、溶接するアルミニウム合金材は溶融させる一方、鋼材は温度を上昇させるが溶融させないという、双方に必要な条件を同時に満たさねばならない。

[0053] 第１発明ではこれらの相乗効果によって、効率の良いＴＩＧ施工条件による線溶接での異種金属接合であっても、良好なビード外観と高い接合強度を有する継手が得られる。すなわち、効率の良い施工条件下のＴＩＧ溶接で、異材溶接継手の高い接合強度を得るために、互いに両立させることが難しい、ビードの分かれの防止と、界面での鋼とアルミの反応層（界面反応層）の抑制やアルミの溶け込みの確保などを両立させることができる。

[0054] これらの効果を発揮させる点で、電極１とアルミニウム合金材１１との配置（位置関係）においては、この図４のように、電極１の先端２ａをアルミニウム合金材１１の端部１１ａ（溶接線）の直上の位置に配置することが良い。また、電極１の上下方向の向きは、図４の溶接線に直角方向の向きにおいて垂直方向とすることが良い。但し、実際の溶接施工での条件の振れやずれを許容する必要があるため、この図４の溶接線に直角方向の向きでいう溶接線（端部１１ａ）からの垂直方向のずれとしては±０．５ｍｍ以内、角度のずれとしては±５°以内が推奨される。

[0055] また、後述する図９の通り、溶接方向（溶接線の方向、アルミニウム合金材１１の端部１１ａの延在方向）に対して１５°以内程度の前進角αをもって溶接施工しても、勿論良い。

[0056] さらに、第１発明では、前記した通り、タングステン電極１の一方側のみ斜め切りされた非対称な形状の先端面２が、アルミニウム合金材１１側（図４の左側）を向いている。この先端面２は、溶接方向（溶接線の方向、図４の手前から奥に向かうアルミニウム合金材１１の端部１１ａの延在方向）と平行となるように配置されている。ただ、先端面２の向け方は、必ずしも溶接線と平行でなくても良く、この先端面２の向きが溶接線（アルミニウム合金材１１の端部の延在方向）と多少は交差する方向であっても良い。この交差する角度の許容量は、タングステン電極の先端２ａから発生するアーク３

を鋼材１２側に効果的に指向させられるか否かによって定まる。

[0057] これに対して、図５、６は第１発明のタングステン電極１を用いているものの、非対称な形状の先端面２のアルミニウム合金材１１側との向きと、唯一の先端２ａの溶接線であるアルミニウム合金材１１の端部１１ａとの位置関係が、本発明の範囲から外れている。このため、図５、６のアーク３の向きで示す通り、タングステン電極の先端２ａからのアーク３が鋼材１２側に指向されていない。

[0058] すなわち、図５、６では、タングステン電極１の尖った先端２ａの位置が、図４と同じく、アルミニウム合金材１１の端部１１ａの位置、すなわち溶接線の直上にある。それにも関わらず、図５では、タングステン電極の非対称な形状の先端面２が、アルミニウム合金材１１側とは反対の鋼材１２側を向いている。また、図６では、非対称な形状の先端面２の向きが、アルミニウム合金材１１の端部１１ａの延在方向と９０°交差する方向となっている。

[0059] また、図７は、図２の従来の先端部３１を有する電極３０を用いた例であり、図８は、図３（ａ）（ｂ）の比較例の先端部２１を有する電極２０を用いた例である。これらの例では、タングステン電極の尖った先端３１ａ、２１ａの各位置が、図４と同じく、アルミニウム合金材１１の端部１１ａの位置、すなわち溶接線の直上となっている。しかしながら、これらの例では、図７、８のアーク３の向きで示す通り、このタングステン電極先端から発生するアーク３を鋼材１２側に効果的に指向させることはできなかった。

[0060] ちなみに、図３（ａ）（ｂ）の電極を用いると、電極の先端ラインと垂直な方向へのアークの広がりを抑えることができ、溶融範囲や加熱範囲を制御できる効果が期待できるとも考えられた。しかし、実際には、アーク３の広がりは抑制されたものの、アーク３のアルミニウム合金材１１側への片寄りを改善できず、早期のＦＣＷの溶融が困難であった。そのため、アルミニウム合金材１１の溶湯がアルミニウム合金材１１側に移動し、ＦＣＷの溶湯との混合が不十分となり、ビードの分かれを防止することができなかった。

[0061]（ＴＩＧ溶接施工）

本発明のＴＩＧ溶接施工は、通常の効率の良いＴＩＧ溶接装置や溶接条件が使用できる点で有利である。図９は、本発明のＴＩＧ溶接施工の一例を示す。

[0062] 図９のように、また、図４で示したように、本発明では、異材同士のＴＩＧ溶接の前提として、アルミニウム合金材１１を上側として、アルミニウム合金材１１の端部を鋼材１２の上に重ね合わせた、重ね継手が形成される。

[0063]（鋼材とアルミニウム合金材との位置関係）

ここで、ＦＣＷ（フラックス入りワイヤ）を活用したＴＩＧ溶接を用いて重ねすみ肉溶接などを行う場合には、図４、９に示すように、通常、アルミニウム合金材１１の上側に配置された電極１から下向きにアークを発生させる。このような溶接施工方向に対して、アルミニウム合金材１１（端部）を上側、鋼材１２（端部）を下側として互いに重ね合わせ、溶接する。継手におけるこのような位置関係は、鋼材１２とアルミニウム合金材１１との両方の溶接面にわたってアルミニウム溶接材料による良好なビードを形成し、高い接合強度の異種金属接合体（継手）を得るために好ましい。

[0064] この位置関係が逆である場合、すなわち、溶接施工方向に対して鋼材１２を上側、アルミニウム合金材１１を下側として互いに重ね合わせて溶接する場合には、高い接合強度が得られなくなる。このような位置関係の場合には、特に鋼材１２側の溶接面の方に、アルミニウム溶接材料によるビードが形成しにくくなるからである。これは、溶接施工方向に対してアルミニウム合金材１１側が下側になると、上側である鋼材１２側の溶接面に、アルミニウム溶湯が広がりにくくなることが原因である。この場合、同時に鋼材表面へのフラックスの供給も不十分となり、アルミ溶湯と鋼との濡れ性改善効果が小さく、結果として良好な接合ができなくなる。

[0065]（溶接施工）

図９は、本発明に係るＴＩＧ溶接の施工例を示している。前記した図４の本発明による電極の先端部形状や配置関係を除いては、図９は一般的なＴＩ

Ｇ溶接装置や施工方法の態様を示している。そして、このような汎用ＴＩＧ溶接を用いることができる点が本発明の利点である。

[0066] 図９において、ＴＩＧ溶接機は、直流の定電流特性のＴＩＧ溶接電源９により、非消耗電極であるタングステン電極１と、正極側としたアルミニウム合金材１１との間に、アーク３を発生させる。そして、アルミニウム合金材１１の端部１１ａを溶接線として、矢印方向のように、図９の左側から右側に向かって溶接を行う。ここで、本発明のような重ねすみ肉溶接（図９または図４～図１０参照）では、通常は、上側の板の端部、すなわちアルミニウム合金材１１の端部１１ａが溶接線となる。

[0067] この際、周知の通り、電極を囲むガスノズル８の下部の開口部から、Ａｒなどの不活性ガス１０が溶接部に供給される。また、溶接施工の効率と接合強度の向上のために、ＦＣＷ（フラックスコアードワイヤ）７が、図示しない供給装置から、前記溶接線に対して供給される。このようなＦＣＷ７は、溶接の効率上、また良好なビード形成のために、溶接の進行方向（前方側）から供給されることが好ましい。また、図９には、アーク３（図１（ａ）（ｂ）の電極１と図４の配置によって鋼材側に向く）により形成された溶融プール５と、ビード４が示されている。

[0068] ところで、本件第１発明では、タングステン電極の先端部を通常とは異なる形状に加工する必要があるため、現状設備に用いられている部品を交換する必要がある。そのため、現状設備に用いられている部品をそのまま用いて、ビードの分かれを発生させることなく、ＴＩＧ溶接によってアルミニウム合金材と鋼材との異種金属接合を行えるための適切な条件を見出すために、本発明者らは更に鋭意研究を重ねた。

[0069] その結果、本発明者らは、ＴＩＧ溶接を直流ＴＩＧ溶接により行い、溶接されるアルミニウム合金材と鋼材に対しタングステン電極の傾きを適切な傾きとすると共に、タングステン電極の先端部を適切な位置に配置することを見出し、本件第２発明および第３発明を完成した。本件第２発明および第３発明によれば、ビードの分かれを発生させることなく、ＴＩＧ溶接でアルミ

ニウム合金材と鋼材との異種金属接合を行うことができる。

[0070] ［第２発明］

以下、本件第２発明を添付図面に示す実施形態に基づいて更に詳細に説明する。

[0071] 本件第２発明では、例えば、図１１に示すように、まず、アルミニウム合金材１１と鋼材１２の少なくとも一部を重ね合わせる。そして、アルミニウム合金材１１側を正極として、アルミニウム合金材１１の端部１１ａと鋼材１２の表面で形成された段状部１３にフラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７を供給しながら、棒状のタングステン電極３０を用いてアーク３を発生させる。このようにして、アルミニウム合金材１１と鋼材１２のＴＩＧ溶接が行われる。

[0072] このＴＩＧ溶接を行う際、タングステン電極３０の先端部から照射されるアーク３によって単にアルミニウム合金材１１が溶融するだけでは、鋼材１２の温度が十分に上昇しない。その結果、ＦＣＷ７から供給されるフラックスが鋼材１２の表面に広がらず、アルミニウム合金の溶湯との濡れ性が改善できないため、良好なビードが形成されなくなり、結果として十分な接合強度が得られなくなる。

[0073] 一方、タングステン電極３０の先端部から照射されるアーク３によって鋼材１２が直接加熱されると、鋼材１２の表面が溶融する。その結果、アルミニウム合金材１１と鋼材１２の接合界面に非常に脆いＦｅとＡｌとの金属間化合物層が生成してしまい、十分な接合強度が得られなくなる。

[0074] 本発明者らは、これらをもとに鋭意研究を重ねた結果、アルミニウム合金材１１とＦＣＷ７の溶融を確保した上で、鋼材１２の表面も適度に加熱可能な、適切な溶接条件を見出した。

[0075] （電源）

まず、電源は、一般的にアルミニウム合金材１１の溶接に用いられている交流電源から直流電源へと変更される。すなわち、ＴＩＧ溶接は、直流ＴＩＧ溶接で行われる。直流ＴＩＧ溶接によれば、アルミニウム合金材１１の溶

融範囲を減少させることができる。

[0076] （タングステン電極の傾き）

図１１においては、あえて従来の重ねすみ肉とは逆方向にタングステン電極３０を傾けてＴＩＧ溶接が行なわれている。すなわち、タングステン電極３０をアルミニウム合金材１１の表面に垂直な方向からアルミニウム合金材１１側に向けて倒してＴＩＧ溶接が行なわれている。その結果、本発明者らは、これまでの技術常識に反し、ビードの分かれを起こすことなく安定してビード形成ができる条件があることを見出した。

[0077] タングステン電極３０を傾斜させる角度が小さすぎると、ビードの分かれの発生を防止することができない。一方、タングステン電極３０を傾斜させる角度が大きすぎると、アルミニウム合金材１１の板厚全体を溶融させることが困難となる。従って、タングステン電極３０の傾斜は、アルミニウム合金材１１の表面に垂直な方向からアルミニウム合金材１１側に５°超３５°未満傾けた状態（５°＜θ＜３５°）とする。

[0078] （タングステン電極の先端部の配置）

タングステン電極３０の先端部は、アルミニウム合金材１１の表面と平行な方向で、少なくともアルミニウム合金材１１の端部１１ａを含むアルミニウム合金材１１側（図１１では左側）に配置する必要がある。且つ、タングステン電極３０の先端部は、上方、すなわちアルミニウム合金材１１の表面と直交する垂線上に配置する必要がある。

[0079] タングステン電極３０の先端部が、アルミニウム合金材１１の端部１１ａより鋼材１２側（図１１では右側）にあると、アルミニウム合金材１１の溶融が不十分となる傾向がある。また、鋼材１２への入熱が大きくなりすぎて、アルミニウム合金材１１と鋼材１２の接合部界面に厚い金属間化合物層が形成されやすくなる。したがって、ビードが形成されたとしても、十分な継手強度が得られなくなる。

[0080] 一方、タングステン電極３０の先端部が、アルミニウム合金材１１の端部１１ａより必要以上アルミニウム合金材１１側に配置されると、ＦＣＷ７の

溶融が不十分となる。また、鋼材１２の温度上昇が不十分となってフラックスの濡れ性改善効果が発揮できず、この場合もビードが形成されても十分な継手強度が得られなくなる。

[0081] 従って、タングステン電極３０の先端部は、アルミニウム合金材１１の表面と平行な方向で、アルミニウム合金材１１の端部１１ａから０ｍｍ以上３．５ｍｍ未満アルミニウム合金材１１側の範囲（ｘ＝０ｍｍ以上３．５ｍｍ未満）で、且つ、そのアルミニウム合金材１１の表面位置から垂直に離れた位置（アルミニウム合金材１１の表面と直交する垂線上）に配置する必要がある。尚、ここで、「アルミニウム合金材１１側」は、アルミニウム合金材１１の端部１１ａを起点としてアルミニウム合金材１１の中央寄りを意味する。

[0082] またこのように、タングステン電極３０の先端部は、アルミニウム合金材１１の表面位置から垂直に離れた位置に配置する必要があるが、少なくとも２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置（ｚ＝２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満）に配置する必要がある。尚、この位置は、アルミニウム合金材１１の板厚、タングステン電極３０の傾斜角度、タングステン電極３０の先端部の水平方向位置、更に溶接条件（電流電圧、溶接速度、ＦＣＷ供給速度）の影響も受ける。

[0083] ［第３発明］

次に、本件第３発明を添付図面に示す実施形態に基づいて更に詳細に説明する。

[0084] 本発明では、例えば図１３に示すように、まず、アルミニウム合金材１１と鋼材１２の少なくとも一部を重ね合わせる。そして、アルミニウム合金材１１側を正極として、アルミニウム合金材１１の端部１１ａと鋼材１２の表面で形成された段状部１３にフラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７を供給しながら、棒状のタングステン電極３０を用いてアーク３を発生させる。このようにして、アルミニウム合金材１１と鋼材１２のＴＩＧ溶接が行われる。

[0085] 図１２に示すように、二枚の金属板１１，１２を重ね合わせ、上側の金属板１１の端部１１ａと下側の金属板１２の表面で形成された段状部１３を狙ってトーチ（電極３０）を傾けて溶接する重ねすみ肉溶接は、鋼材同士、アルミニウム合金材同士等、同じ種類の金属板同士の溶接では一般に行われている方法である。この時のトーチ（電極３０）の傾斜角度θは、上側の金属板１１と下側の金属板１２への溶け込みが適正となるような範囲を適宜選択している。例えば、自動車を始めとした輸送用車両を構成する金属板１１，１２の接合では１パスのすみ肉溶接が行われるが、トーチ（電極３０）の傾斜角度θが大きくなりすぎると、下側の金属板１２への溶け込みが小さくなってしまう。例えば、アルミニウム合金材同士の重ねすみ肉溶接の場合、トーチ（電極）の傾斜角度θは５°～１５°である。

[0086] 一方、タングステン電極３０を用いたＴＩＧ溶接によりアルミニウム合金材１１と鋼材１２をすみ肉溶接する異種金属接合では、アルミニウム合金材１１と溶接材料であるＦＣＷ７の溶融を確保しながら、鋼材１２の表面も適度に加熱するような溶接条件が必要であって、鋼材同士、アルミニウム合金材同士等、同じ種類の金属板同士の溶接とは必然的に条件が異なってくる。

このようにアルミニウム合金材１１と鋼材１２を重ねすみ肉溶接する異種金属接合では、同じ種類の金属板同士の溶接とは、適正な重ねすみ肉溶接を行うための、タングステン電極３０の傾斜角度、また、タングステン電極３０からアーク３を照射するときの狙い位置（タングステン電極３０の中心軸の延長線がアルミニウム合金材１１の表面と交わる位置）が異なってくると考えられる。

[0087] そこで、本発明者らは、ＴＩＧ溶接におけるタングステン電極３０の傾斜角度と、タングステン電極３０からアーク３を照射するときの狙い位置を種々変更する溶接試験を実施し、鋭意研究を重ねた。その結果、本発明者らは、良好なビード４が形成できる適切な溶接条件を見出した。

[0088] （タングステン電極の傾き）

タングステン電極３０を、鋼材１２に垂直な方向から鋼材１２側に向けて

傾斜させると、タングステン電極３０から照射されるアーク３が、相対的にアルミニウム合金材１１側に向かう。これにより、ＦＣＷ７の溶湯をアルミニウム合金材１１側に押しやる作用が発生する。その結果、アルミニウム合金材１１の溶湯とＦＣＷ７の溶湯が一体化し、ビードの分かれ防止効果を得ることができる。その効果は、タングステン電極３０の傾斜が３０°以上になると徐々に表れ始める。また、ＦＣＷ７が早期に溶融するため、フラックスの濡れ性改善効果も発現しやすくなる。その効果はタングステン電極３０の傾斜が３５°以上になると発現し、引張せん断強度も得られやすくなると考えられる。

[0089] 以上説明したビードの分かれ防止効果と濡れ性改善効果は、タングステン電極３０から照射されるアーク３をできる限りアルミニウム合金材１１側に向けることで発現する。また、この効果は、タングステン電極３０の傾斜角度をできる限り大きくとれば、より顕著に発現する。しかしながら、タングステン電極３０の傾斜角度を大きくとりすぎると、タングステン電極３０が鋼材１２の表面に接触してしまうため、傾斜角度の大きさには限界がある。このようなことを考慮して、タングステン電極３０は、鋼材１２に垂直な方向から鋼材１２側に向けて３５°以上６０°未満傾けた状態（３５°≦θ＜６０°）とする。

[0090] （タングステン電極からのアークの狙い位置）

同じ種類の金属板同士の溶接で一般的に行われているように、タングステン電極３０からアーク３を照射するときの狙い位置を、アルミニウム合金材１１の端部１１ａと鋼材１２の表面で形成された段状部１３とすると、鋼材１２への入熱が大きくなりすぎる。この場合、鋼材１２が溶融してしまう。また、この場合には、鋼材１２の溶融に至らなくても、厚い金属間化合物が生成してしまう。これらの理由により、連続ビードが形成できても割れが発生したり、十分な継手強度が得られなくなったりする。尚、当該「狙い位置」は、タングステン電極３０の中心軸の延長線がアルミニウム合金材１１の表面と交わる位置を意味する。

[0091] 本発明者らは、タングステン電極３０からアーク３を照射するときの狙い位置を、同じ種類の金属板同士の溶接で一般的に行われている段状部１３ではなく、よりアルミニウム合金材１１側、すなわちアルミニウム合金材１１の表面とすることが有効であることを見出した。具体的には、タングステン電極３０からアーク３を照射するときの狙い位置を、アルミニウム合金材１１の端部１１ａから前記アルミニウム合金材１１側へ、１．０ｍｍ以上３．０ｍｍ未満の範囲（１．０ｍｍ≦ｘ＜３．０ｍｍ）の位置とする。尚、「アルミニウム合金材１１側」は、アルミニウム合金材１１の端部１１ａを起点としてアルミニウム合金材１１の中央寄りの位置を意味する。

[0092] （タングステン電極の先端部の配置）

タングステン電極３０の先端部は、アルミニウム合金材１１の表面から垂直に離れた位置（アルミニウム合金材１１の表面と直交する垂線上）に配置する必要があり、少なくとも２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置（２．０ｍｍ≦ｚ＜４．５ｍｍ）に配置する必要がある。尚、この位置は、アルミニウム合金材１１の板厚、タングステン電極３０の傾斜角度、タングステン電極３０からのアーク３の狙い位置、更に溶接条件（電流電圧、溶接速度、ＦＣＷ供給速度）の影響も受ける。

[0093] （電源）

まず、電源は、一般的にアルミニウム合金材１１の溶接に用いられている交流電源から直流電源へと変更される。すなわち、ＴＩＧ溶接は、直流ＴＩＧ溶接で行われる。直流ＴＩＧ溶接によれば、アルミニウム合金材１１の溶融範囲を減少させることができる。

[0094] （その他の条件）

以上説明した条件が本件第１～第３発明それぞれの必須条件であるが、ＦＣＷ７は溶接進行方向から供給することが好ましい。また、タングステン電極３０には、１５°以内程度の前進角αを設けても良い。ＦＣＷ７を溶接進行方向から供給した場合、アルミニウム合金材１１の溶融プールの前側でＦＣＷ７が溶融を開始するため、両者の溶融混合が容易であり、良好なビード

４を形成することができる。進行方向と逆からＦＣＷ７が供給されると、アルミニウム合金材１１の溶融プールの後ろ側でＦＣＷ７が溶融する。そのため、両者の溶融混合が困難となり、良好なビード４の形成が難しくなる。

[0095] 尚、本発明の異種金属接合方法では、アルミニウム合金材１１、鋼材１２、フラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７の材料などは、特に限定されない。しかしながら、これらの材料として、以下に説明する材料を用いることが推奨できる。

[0096] （アルミニウム合金材）

被溶接材であるアルミニウム合金材１１としては、強度や成形、または耐食性など適用する車体構造などの要求特性に応じて、ＪＩＳまたはＡＡ規格で規定される３０００系、５０００系、６０００系、７０００系などのアルミニウム合金が使用可能である。但し、自動車などの車体軽量化の要求に対するアルミニウム合金材１１の薄肉化という観点からは、これらアルミニウム合金の中でも、特に高強度で且つ成形性にも優れたアルミニウム合金を用いることが好ましい。

[0097] また、成分組成中のＳｉとＭｇの質量比（Ｓｉ／Ｍｇ）が１以上で、Ｍｇ含有量に対しＳｉが過剰に含有されている６Ｎ０１、６０１６、６１１１、６０２２などのＳｉ過剰型の６０００系アルミニウム合金を用いることが特に好ましい。これらの６０００系アルミニウム合金で形成されたアルミニウム合金材１１を用いた溶接後の継手は、１６０～１８０℃の極低温で１０～５０分程度の極短時間の人工時効処理を施すことにより、溶接熱影響によって一旦低下した強度や伸びを回復できるという特徴も有する。

[0098] これらアルミニウム合金材１１は、冷間圧延や熱間押出後に、溶体化処理および焼き入れ処理（質別記号Ｔ４）やその後の時効処理（質別記号Ｔ６）、過時効処理（質別記号Ｔ７）を施されて、溶接母材として用いられる。因みに、アルミニウム合金材１１は、必ずしも全体が板状の冷延板でなくても良く、少なくとも鋼材１２との重ね部が板状であれば良い。また、種々の形状の押出形材も用いることができ、更には、所定形状に成形加工した車体用

部材や部品が用いられても良い。このアルミニウム合金材１１の板状の部位の厚さは、１～３ｍｍであることが好ましい。アルミニウム合金材１１の厚さが薄すぎる場合、自動車部材としての必要な強度や剛性を確保できなくなる。一方、アルミニウム合金材１１の厚さが厚すぎる場合は、溶接を行うことが困難になる。

[0099] （鋼材）

被溶接材である鋼材１２としては、軟鋼、高張力鋼（High Tensile Strength Steel Sheets）、ステンレス鋼の冷延鋼板など、種々の鋼板または形鋼を用いることができる。また、鋼材１２は、これらの素材を所定形状に成形加工した車体用の部材、部品などであってもよい。尚、自動車などの車体軽量化の要求に対する鋼材１２の薄肉化という観点からは、Ｓｉ、Ｍｎなどを含む公知の成分組成と４５０ＭＰａ以上の引張強度を有する高張力鋼板などの高張力鋼材を用いることが好ましい。

[0100] また、自動車部材として用いられることを想定すると、冷延鋼板などの鋼材１２の、溶接される部分の厚さは、０．３～３．０ｍｍであることが好ましい。アルミニウム合金材１１の場合と同様に、鋼材１２の厚さが薄すぎる場合、自動車部材としての必要な強度や剛性を確保できなくなる一方、鋼材１２の厚さが厚すぎる場合は、溶接を行うことが困難になる。

[0101] 尚、鋼材１２は、溶接の効率のため、また良好なビード形成のために、その表面に亜鉛系やアルミニウム系の被覆層が形成されていることが好ましいが、裸の鋼材１２のままであっても構わない。被覆層は、溶融めっき又は溶射等の手段により形成することができる。

[0102] （フラックスコアードワイヤ）

フラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７としては、アルミニウム合金材１１と鋼材１２との異種金属接合用として従来から市販されているものなどを用いることができる。このようなＦＣＷ７は、溶融溶接の効率化のために開発された周知のものであり、例えばＳｉを含有するＡ４０４７やＡ４０４３などの規格アルミニウム合金製の管状の外皮（フープとも言う）に、心材と

してフラックスが充填されたものである。

[0103] このＦＣＷ７の線径は、高効率の全自動溶接用、または半自動溶接用として汎用されているものと同様、０．８～１．６ｍｍφ程度の細径であることが好ましい。また、フラックスとしては、アルミニウム合金材１１と鋼材との異材同士を接合するための通称「ノコロック」と称されるフッ素化合物系の組成からなるフラックスを用いることが好ましい。このフラックスは、フッ素化合物に加えて、酸化物（酸化アルミニウム等）やアルミニウム合金粉末を適宜混合した周知のフラックスである。

実施例

[0104] 以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明する。本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

[0105] ［第１発明］

以下に本件第１発明の実施例を説明する。図９の溶接施工態様において、タングステン電極の先端部形状とアルミニウム合金材１１側との向き（配置、位置関係）を、図４～８のように種々変更した。そして、アルミニウム合金板の端部を鋼板端部上に重ねてＴＩＧ溶接することにより、種々の異材溶接接合継手が作成された。表１は、ビード外観、継手の引張せん断強度（接合強度）を各々評価した結果を示す。

[0106] 本発明例で使用したタングステン電極１（図１（ａ）（ｂ））は、径が３．２ｍｍφの市販のタングステン電極の先端を加工することにより作製された。先端面２は、電極中心軸６に対して３０°の先端角θで斜め切りされることにより形成される。電極中心軸６方向における先端面２の先端２ａからの長さは５．６ｍｍである。図２の従来のタングステン電極３０は、径が３．２ｍｍφの市販のタングステン電極であり、先端部３１が、電極中心軸３２に対して１５°の先端角を有する対称な円錐形状である。先端３１ａからの電極中心軸３２方向の長さは６．０ｍｍである。比較例のタングステン電

極２０（図３（ａ）（ｂ））は、径が３．２ｍｍφの市販のタングステン電極を加工することにより作製された。比較例のタングステン電極２０は対称な先端部形状を有し、先端部２１の中心軸２２に対する先端角は１５°である。タングステン電極２０の先端２１ａからの電極中心軸２２方向の長さは６．０ｍｍである。

[0107] これら各例とも、共通する溶接施工条件は以下の通りである。

フラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７としては、粉末フラックスとして５質量％のＫ－ＡＩ－Ｆ系（ノコロックフラックス）を含有し、皮材（フープ）が１．２５質量％のＳｉを添加したアルミニウム合金であり、線径がφ１．２ｍｍの市販のＦＣＷが用いられる。

[0108] 溶接条件は直流ＴＩＧ溶接であり、電流は８０～１２０Ａ、溶接速度は３０～４０ｃｍ／ｍｉｎ、フィラー供給速度は６～９ｍ／ｍｉｎ、シールドガスはＡｒで２０Ｌ／ｍｉｎ、である。また、タングステン電極１（先端２ａ）の位置は、アルミニウム合金材１１の端部１１ａの直上であり、電極１（先端２ａ）の高さは、アルミニウム合金材１１の表面より１．６ｍｍ上方である。電極１の前進角αは１０°であり、ビード長が２００ｍｍとなるように溶接した。

[0109] アルミニウム合金材１１としては、厚さ１．２ｍｍまたは２．０ｍｍの６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板が用いられる。鋼材１２としては、厚さ１．４ｍｍの９８０ＭＰａ級ハイテンであるＧＡ鋼板が用いられる。

[0110] （ビードの外観）

ビード４の外観の評価において、合格（◎）は、図９のように、ビード４が鋼材１２の溶接面とアルミニウム合金材１１の溶接面との両方にわたって連続して良好に形成されている、濡れ性が良好な状態である。また、これとの比較で、鋼材１２の溶接面側のビードの大きさが比較的小さいが、ビード４が連続しており、濡れ性が適正な状態が○であり、ビード４が連続しているが、鋼材１２の溶接面側のビードの大きさが小さすぎ、濡れ性が不良な状

態が△である。そして、ビード４が断続的であり、図１０のようなビードの分かれが生じている状態が×である。

[0111]（継手の引張せん断強度（引張破断強度））

ＴＩＧ溶接後の異材重ねすみ肉継手から、板幅２０ｍｍの短冊状試験片を２本ずつ切り出して引張試験を行うことにより、引張破断強度が測定される。この結果得られた２つの引張破断強度の平均値から、母材であるＡ６０２２アルミニウム合金冷延板の引張破断強度に対する割合である継手効率が算出される。この継手効率を、本例と同じ溶接条件で製作されたＡ６０２２アルミニウム合金板同士のＴＩＧ溶接重ねすみ肉継手の継手効率（このアルミ同士の継手の、母材であるＡ６０２２アルミニウム合金冷延板の引張破断強度に対する割合）と比較することで、引張せん断強度が評価される。この６０２２アルミニウム合金板同士のレーザ溶接継手の単位溶接線当たりの継手効率は６０％以上である。そのため、ＴＩＧ溶接した異材重ねすみ肉継手の継手効率が６０％以上であれば○、４０％～６０％未満であれば△、４０％未満であれば×と評価される。

[0112]

[表1]

表１

区分	アルミニウム合金材（板厚）	鋼材（板厚）	電極形状（対応図）	電極配置（対応図）	ビード外観	引張せん断強度	総合評価
比較例１	６０２２（1.2mm）	ＧＡ９８０（1.4mm）	従来（図２）	従来（図７）	×	×	×
発明例１	６０２２（1.2mm）	ＧＡ９８０（1.4mm）	本発明（図１）	本発明（図４）	◎	○	○
比較例２	６０２２（1.2mm）	ＧＡ９８０（1.4mm）	本発明（図１）	比較例（図５）	△	△	△
比較例３	６０２２（1.2mm）	ＧＡ９８０（1.4mm）	本発明（図１）	比較例（図６）	×	×	×
比較例４	６０２２（2.0mm）	ＧＡ９８０（1.4mm）	従来（図２）	従来（図７）	×	×	×
発明例２	６０２２（2.0mm）	ＧＡ９８０（1.4mm）	本発明（図１）	本発明（図４）	○	○	○
比較例５	６０２２（2.0mm）	ＧＡ９８０（1.4mm）	比較例（図３）	比較例（図８）	×	×	×

[0113] 表１から明らかな通り、発明例１、２においては、効率の良い施工条件でのＴＩＧ溶接によっても、良好なビード外観と高い接合強度を有する異種金属接合継手が得られている。すなわち、発明例１、２は、効率の良い施工条

件下のＴＩＧ溶接で、互いに両立させることが難しい、ビードの分かれと、界面での鋼とアルミの反応層（界面反応層）の抑制やアルミの溶け込みの確保などを両立させることができている。

[0114] 一方、表１の比較例１～５においては、表１にも示す通り、電極形状や配置が本発明の条件から外れている。このため、総じて、効率の良い施工条件下のＴＩＧ溶接で、ビードの分かれと、界面での鋼とアルミの反応層の抑制やアルミの溶け込みの確保などが両立できず、高い接合強度を得ることができていない。このうち、特に、本発明の図１（ａ）（ｂ）の電極形状（電極１）を用いている比較例２、３が高い接合強度を得ることができていない原因は、この電極１の斜め切りされた先端部（先端面）２が、アルミニウム合金材１１側に向いていない点にある。このため、比較例２、３においては、アーク３の向きは図５、６のような向きとなり、このタングステン電極１の先端２ａからのアーク３が鋼材１２側に指向されない。

[0115] したがって、これら実施例の結果から、本件第１発明で規定された各要件の意義が裏付けられる。

[0116] ［第２発明］

以下に本件第２発明の実施例を説明する。第２発明の実施例においては、図９に類似した構成で溶接試験が実施される。すなわち、まず、アルミニウム合金材１１の一端部を鋼材１２の一端部の上に重ね合わせる。そして、アルミニウム合金材１１側を正極として、アルミニウム合金材１１の端部１１ａと鋼材１２の表面で形成された段状部１３にフラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７を供給しながら、棒状のタングステン電極３０を用いてＴＩＧ溶接が行われる。

[0117] アルミニウム合金材１１としては、厚さ１．２ｍｍまたは２．０ｍｍの６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板が用いられる。鋼材１２としては、厚さ１．４ｍｍの１４７０ＭＰａ級冷延板、厚さ１．４ｍｍの９８０ＭＰａ級冷延板、または厚さ１．２ｍｍの９８０ＭＰａ級ＧＡ鋼板が用いられる。

[0118] また、フラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７は、Ｃｓ系フラックスを１０質量％含有し、１．２５質量％のＳｉを添加したアルミニウム合金の皮材を有する。ＦＣＷ７の線径はφ１．２ｍｍである。

[0119] 溶接は直流ＴＩＧ溶接で行なわれる。溶接条件について、電流は８０～１２０Ａ、溶接速度は３０ｃｍ／ｍｉｎ、フィラー供給速度は６～１０ｍ／ｍｉｎ、シールドガスはＡｒガス、シールドガス供給速度は２０Ｌ／ｍｉｎである。また、タングステン電極３０の前進角αは１０°～１５°であり、ビード４の長さが２００ｍｍとなるように溶接が行なわれる。

[0120] 試験結果は、形成されたビード４の外観と引張りせん断強度（接合強度）とで評価される。

[0121] ビード４の外観については、ビード４がアルミニウム合金材１１の溶接面と鋼材１２の溶接面の両方にわたり連続して良好に形成されており、濡れ性が良好と判断できるものが「○」で示され、合格と評価される。ビード４が連続して形成されてはいるものの濡れ性が不良と判断できるものは「△」、明らかにビードの分かれが発生しているものは「×」でそれぞれ示され、不合格と評価される。

[0122] また、ＴＩＧ溶接後の異種金属接合継手から、溶接部を含む板幅２０ｍｍの短冊状試験片を２本ずつ切り出して引張試験を行うことにより、引張破断強度が測定される。この結果得られた２つの引張破断強度の平均値から、母材である６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板の引張破断強度に対する割合である継手効率が算出される。この継手効率を、一般的なアルミニウム合金用溶接ワイヤを用いてＴＩＧ溶接により製作した６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板同士の重ねすみ肉溶接継手の継手効率と比較することで、引張せん断強度（接合強度）が評価される。

[0123] ６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板同士の重ねすみ肉溶接継手の単位溶接線当たりの継手効率は、６０％以上である。したがって、アルミニウム合金冷延板同士の場合と少なくとも同レベルである、ＴＩＧ溶接された異材重ねすみ肉溶接継手の継手効率が６０％以上のものが「○」で示さ

れ、合格と評価される。継手効率が４０％～６０％未満のものは「△」、４０％未満のものは「×」で示され、それぞれ不合格と評価される。表２は、以上の試験結果を示す。

[0124] [表2]

表２

区分	アルミニウム合金材（板厚）	鋼材（板厚）	電極角度θ（deg）	水平位置x（mm）	高さz（mm）	ビード外観	引張せん断強度
比較例１１	6022（1.2mm）	1470MPa冷延（1.4mm）	0	0.0	3.2	×	×
比較例１２			0	3.0	4.0	×	×
比較例１３			5	2.0	3.2	△	×
発明例１１			10	2.0	3.2	○	○
発明例１２			10	2.0	4.0	○	○
比較例１４			20	1.0	1.6	△	×
発明例１３			20	1.0	2.0	○	○
発明例１４			20	3.0	4.0	○	○
比較例１５			20	3.0	4.5	○	△
比較例１６			20	3.5	4.0	○	△
発明例１５			25	0.0	3.2	○	○
発明例１６			25	1.0	3.2	○	○
発明例１７			30	1.0	3.2	○	○
比較例１７			35	1.0	3.2	△	×
発明例１８		980MPa冷延（1.4mm）	20	3.0	4.0	○	○
発明例１９		980MPaGA（1.2mm）	20	1.0	2.5	○	○
比較例１８	6022（2.0mm）	1470MPa冷延（1.4mm）	0	0.0	3.2	×	×
比較例１９			0	1.0	3.2	×	×
発明例２０			15	1.0	3.2	○	○
発明例２１			25	0.0	3.2	○	○
発明例２２			25	1.0	3.2	○	○
発明例２３		980MPaGA（1.2mm）	25	1.0	3.2	○	○

[0125] タングステン電極のアルミニウム合金材側に向けた傾斜角度（電極角度）θは、５°超３５°未満（５°＜θ＜３５°）である。タングステン電極の先端部の水平位置は、アルミニウム合金材の端部１１ａから０ｍｍ以上３．５ｍｍ未満内側寄りの範囲（０ｍｍ≦ｘ＜３．５ｍｍ）である。タングステン電極の先端部の高さは、アルミニウム合金材の表面位置から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満上方に離した位置（２．０ｍｍ≦ｚ＜４．５ｍｍ）である。これら全ての要件を満足する発明例１１～２３は、ビードの外観、引張りせん断強度は共に「○」であり、優れた外観並びに接合強度が得られている。すなわち、ＴＩＧ溶接において互いに両立させることが難しいビードの分かれの発生防止と、界面での金属間化合物層（または反応層）の生成の抑制や、アルミニウム合金の溶け込みの確保などを両立させることができている。

[0126] 一方、比較例１１～１３、１７～１９は、タングステン電極のアルミニウム合金材側に向けた傾斜角度θに関する要件を満足しない。また、比較例１６は、タングステン電極の先端部の水平位置に関する要件を満足せず、比較例１４，１５は、タングステン電極の先端部の高さに関する要件を満足していない。したがって、これらの比較例は、ビードの外観、引張りせん断強度のうち少なくとも一方が「△」または「×」であるために不合格という結果になった。

[0127] ［第３発明］

以下に本件第３発明の実施例を説明する。第３発明の実施例においては、図９に類似した構成で溶接試験が実施される。すなわち、まず、アルミニウム合金材１１の一端部を鋼材１２の一端部の上に重ね合わせる。そして、アルミニウム合金材１１側を正極として、アルミニウム合金材１１の端部１１ａと鋼材１２の表面で形成された段状部１３にフラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７を供給しながら、棒状のタングステン電極３０を用いてＴＩＧ溶接が行われる。

[0128] アルミニウム合金材１１としては、厚さ１．２ｍｍまたは２．０ｍｍの６

０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板が用いられる。鋼材１２としては、厚さ１．４ｍｍの９８０ＭＰａ級冷延板、厚さ１．４ｍｍの１４７０ＭＰａ級冷延板、または厚さ１．４ｍｍの９８０ＭＰａ級ＧＡ鋼板が用いられる。

[0129] また、フラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）７は、Ｃｓ系フラックスを１０質量％含有し、１．２５質量％のＳｉを添加したアルミニウム合金の皮材を有する。ＦＣＷ７の線径はφ１．２ｍｍである。

[0130] 溶接は直流ＴＩＧ溶接で行なわれる。溶接条件について、電流は８０～１２０Ａ、溶接速度は３０ｃｍ／ｍｉｎとし、フィラー供給速度は６～１０ｍ／ｍｉｎ、シールドガスはＡｒガス、シールドガス供給速度は２０Ｌ／ｍｉｎである。また、タングステン電極３０の前進角αは５°～１５°であり、ビード４の長さが２００ｍｍとなるように溶接が行なわれる。

[0131] 試験結果は、形成されたビード４の外観と引張せん断強度（継手効率）とで評価される。

[0132] ビード４の外観については、ビード４がアルミニウム合金材１１の溶接面と鋼材１２の溶接面の両方にわたり連続して良好に形成されており、濡れ性が良好と判断できるものが「○」で示され、合格と評価される。ビード４が連続して形成されてはいるものの、濡れ性が不良と判断できるものは「△」、明らかにビードの分かれが発生しているものは「×」でそれぞれ示され、不合格と評価される。

[0133] また、ＴＩＧ溶接後の異種金属接合継手から、溶接部を含む板幅２０ｍｍの短冊状試験片を２本ずつ切り出して引張試験を行うことにより、引張破断強度が測定される。この結果得られた２つの引張破断強度の平均値から、母材である６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板の引張破断強度に対する割合である継手効率が算出される。この継手効率を、一般的なアルミニウム合金用溶接ワイヤを用いてＴＩＧ溶接により製作した６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板同士の重ねすみ肉溶接継手の継手効率と比較することで、引張せん断強度（接合強度）が評価される。

[0134] ６０００系（６０２２）アルミニウム合金冷延板同士の重ねすみ肉溶接継手の単位溶接線当たりの継手効率は、６０％以上である。したがって、アルミニウム合金冷延板同士の場合と少なくとも同レベルである、ＴＩＧ溶接された異材重ねすみ肉溶接継手の継手効率が６０％以上のものが「○」で示され、合格と評価される。継手効率が４０％～６０％未満のものは「△」、４０％未満のものは「×」で示され、それぞれ不合格と評価される。表３は、以上の試験結果を示す。

[0135]

[表3]

表３

区分	アルミニウム合金材(板厚)	鋼材(板厚)	電極角度θ(deg)	狙い位置x(mm)	高さz(mm)	ビード外観	引張せん断強度
比較例３１	6022(2.0mm)	980MPa冷延(1.4mm)	0	0.0	3.2	×	×
比較例３２			0	2.2	3.2	×	×
比較例３３			20	0.0	1.6	△	×
比較例３４			20	2.2	3.2	△	△
比較例３５			30	2.2	3.2	○	△
比較例３６			45	1.6	1.6	△	×
発明例３１			45	2.2	3.2	○	○
発明例３２			55	1.4	2.4	○	○
発明例３３		1470MPa冷延(1.4mm)	45	2.4	2.4	○	○
発明例３４			45	2.2	3.2	○	○
発明例３５			45	2.0	4.0	○	○
発明例３６			55	1.4	2.4	○	○
比較例３７		980MPaGA(1.4mm)	20	0.0	1.6	△	×
比較例３８			30	2.2	3.2	○	△
発明例３７			45	2.2	3.2	○	○
発明例３８			55	1.4	2.4	○	○
比較例３９	6022(1.2mm)	980MPa冷延(1.4mm)	0	0.0	3.2	×	×
比較例４０			20	0.0	1.6	△	×
発明例３９			45	2.2	3.2	○	○
発明例４０		1470MPa冷延(1.4mm)	45	2.2	3.2	○	○

[0136] タングステン電極の鋼材側に向けた傾斜角度（電極角度）θは、３５°以上６０°未満（３５°≦θ＜６０°）とする。タングステン電極からのアークの狙い位置は、アルミニウム合金材の端部１１ａから１．０ｍｍ以上３．０ｍｍ未満内側寄りの範囲（１．０ｍｍ≦ｘ＜３．０ｍｍ）に配置される。タングステン電極の先端部は、アルミニウム合金材の表面位置から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満上方に離した位置（２．０ｍｍ≦ｚ＜４．５ｍｍ）となる高さに配置される。これら全ての要件を満足する発明例３１～４０においては、ビードの外観、引張りせん断強度が共に「○」であり、優れた外観並びに接合強度が得られている。すなわち、ＴＩＧ溶接において、ビードの分かれの発生防止と、界面での金属間化合物層（または反応層）の生成の抑制やアルミニウム合金の溶け込みの確保などを、両立させることができている。

[0137] 一方、比較例３１～３５、３６～４０は、タングステン電極の鋼材側に向けた傾斜角度（電極角度）θに関する要件（３５°≦θ＜６０°）を満足していない。また、比較例３１，３３，３７，３９，４０は、タングステン電極からのアークの狙い位置ｘに関する要件（１．０ｍｍ≦ｘ＜３．０ｍｍ）を満足していない。また、比較例３３，３６，３７，４０は、タングステン電極の先端部の高さｚに関する要件（２．０ｍｍ≦ｚ＜４．５ｍｍ）を満足していない。その結果、これらの比較例は、ビードの外観、引張りせん断強度のうち少なくとも一方が「△」または「×」で不合格という結果になった。

[0138] 以上、本発明の実施形態および実施例について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々に変更して実施することが可能である。本出願は２０１１年３月７日出願の日本特許出願（特願２０１１－０４９２４９）、２０１１年９月２７日出願の日本特許出願（特願２０１１－２１０４５９）および２０１１年９月２７日出願の日本特許出願（特願２０１１－２１０４６０）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0139] 本発明の異種金属接合方法によれば、アルミニウム合金材と鋼材との異種金属接合にＴＩＧ溶接を適用する際、「ビードの分かれ」が防止でき、高い接合強度を有する異材溶接継手（異種金属接合部）が得られる。このため、本発明の異種金属接合方法は、自動車、鉄道車両などの輸送分野、機械部品、建築構造物等における各種、異材構造部材の溶接方法として有用に適用できる。

符号の説明

[0140] １、３０…タングステン電極

２…先端面

２ａ…先端

３…アーク

４、４ａ、４ｂ…ビード

７…フラックスコアードワイヤ（ＦＣＷ）

１１…アルミニウム合金材

１１ａ…端部

１２…鋼材

１３…段状部

請求の範囲

［請求項1］ アルミニウム合金材と鋼材の少なくとも一部を重ね合わせ、前記アルミニウム合金材側を正極として、前記アルミニウム合金材の端部と前記鋼材の表面とで形成された段状部にフラックスコアードワイヤを供給しながら、棒状のタングステン電極を用いた直流ＴＩＧ溶接により前記アルミニウム合金材と前記鋼材とをすみ肉溶接する異種金属接合方法であって、

前記タングステン電極は、前記タングステン電極の中心軸に対して非対称な形状の先端部を備え、

前記先端部は、前記中心軸に対して２０°以上４０°以下の角度で形成された先端面を有し、

溶接中、前記タングステン電極の先端が前記鋼材側を向くように、且つ、前記先端面が前記アルミニウム合金材側に向かうように、前記タングステン電極を前記アルミニウム合金材の上方側から溶接線に向けることにより、前記タングステン電極の前記先端から発生するアークが前記鋼材側に指向されることを特徴とする異種金属接合方法。

［請求項2］ 前記タングステン電極の前記先端の位置が、前記アルミニウム合金材の溶接線の直上である請求項１に記載の異種金属接合方法。

［請求項3］ アルミニウム合金材と鋼材の少なくとも一部を重ね合わせ、前記アルミニウム合金材側を正極として、前記アルミニウム合金材の端部と前記鋼材の表面とで形成された段状部にフラックスコアードワイヤを供給しながら、棒状のタングステン電極を用いた直流ＴＩＧ溶接により前記アルミニウム合金材と前記鋼材とをすみ肉溶接する異種金属接合方法であって、

溶接中、前記タングステン電極を、前記アルミニウム合金材に垂直な方向から前記アルミニウム合金材側に５°超３５°未満の角度で傾けた状態で、前記タングステン電極の先端部を、前記アルミニウム合金材に平行な方向で前記アルミニウム合金材の端部から前記アルミニ

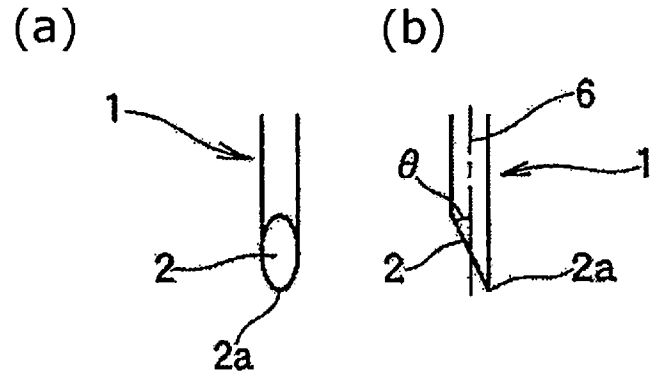
ウム合金材側へ０ｍｍ以上３．５ｍｍ未満の範囲の位置、且つ、前記アルミニウム合金材の表面から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置に配置することを特徴とする異種金属接合方法。

［請求項4］ アルミニウム合金材と鋼材の少なくとも一部を重ね合わせ、前記アルミニウム合金材側を正極として、前記アルミニウム合金材の端部と前記鋼材の表面とで形成された段状部にフラックスコアードワイヤを供給しながら、棒状のタングステン電極を用いた直流ＴＩＧ溶接により前記アルミニウム合金材と前記鋼材とをすみ肉溶接する異種金属接合方法であって、

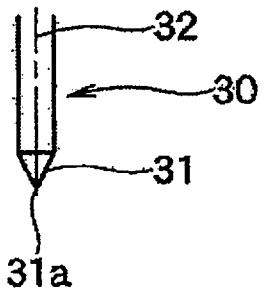
溶接中、前記タングステン電極を前記鋼材に垂直な方向から前記鋼材側に３５°以上６０°未満傾けた状態で、前記タングステン電極の先端部を前記アルミニウム合金材の表面から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置に配置して、前記タングステン電極の中心軸の延長線が前記アルミニウム合金材の表面と交わる位置を前記アルミニウム合金材の端部から前記アルミニウム合金材側へ１．０ｍｍ以上３．０ｍｍ未満の範囲に配置することを特徴とする異種金属接合方法。

［請求項5］ 前記フラックスコアードワイヤを溶接進行方向から供給する請求項１～４のいずれか１項に記載の異種金属接合方法。

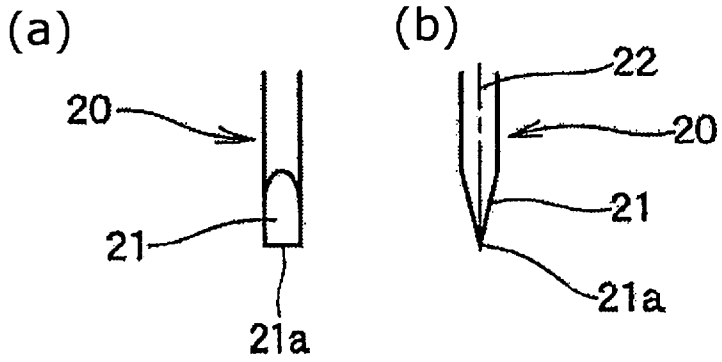
[図1]


(a)
(b)
1
2
2a
6
θ
1
2
2a

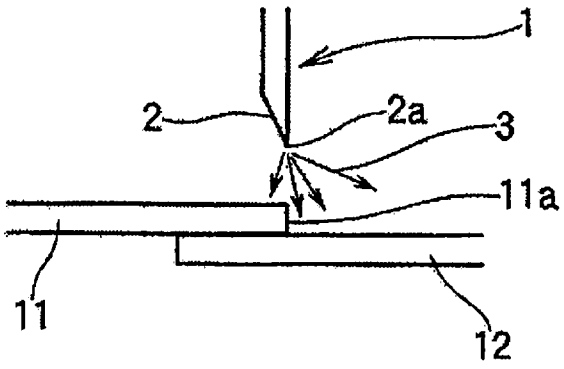
[図2]


32
30
31
31a

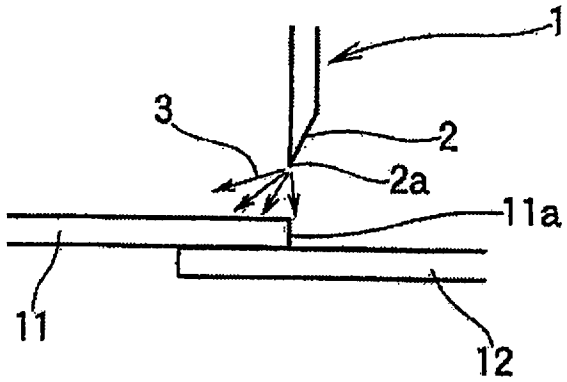
[図3]


(a)
(b)
20
21
21a
22
20
21
21a

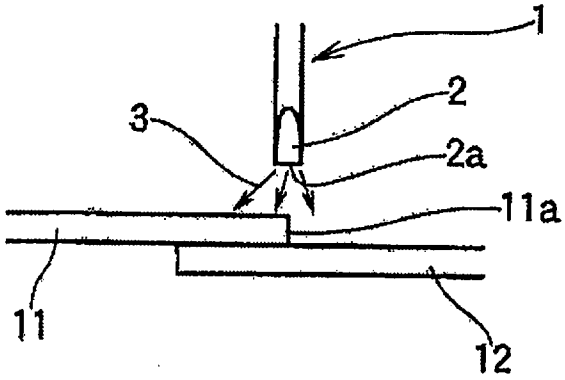
[図4]


1
2
2a
3
11a
11
12

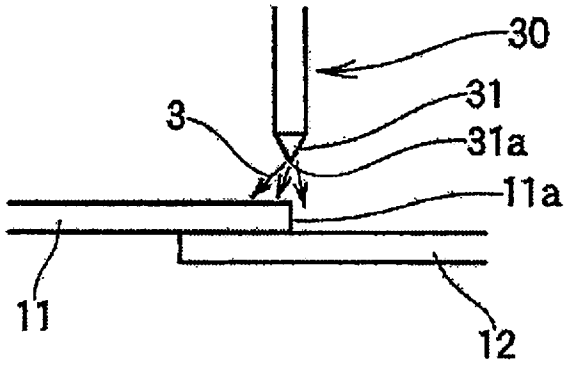
[図5]


1
3
2
2a
11a
11
12

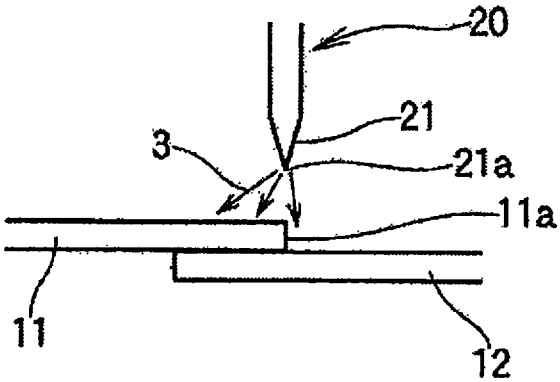
[図6]


1
2
3
2a
11a
11
12

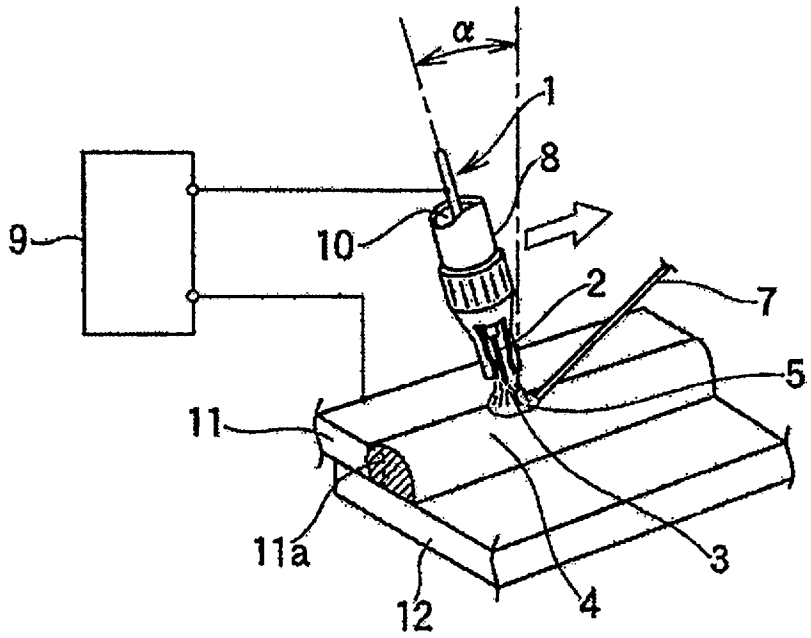
[図7]


30
31
3
31a
11a
11
12

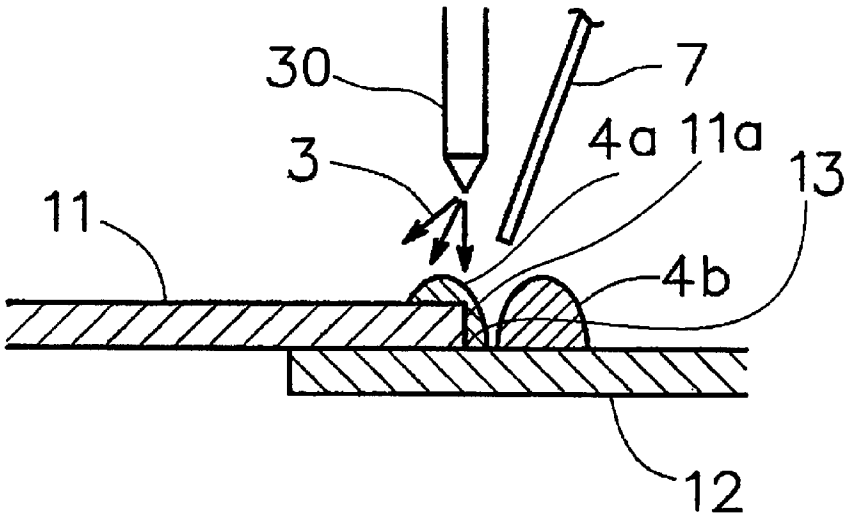
[図8]


20
21
3
21a
11a
11
12

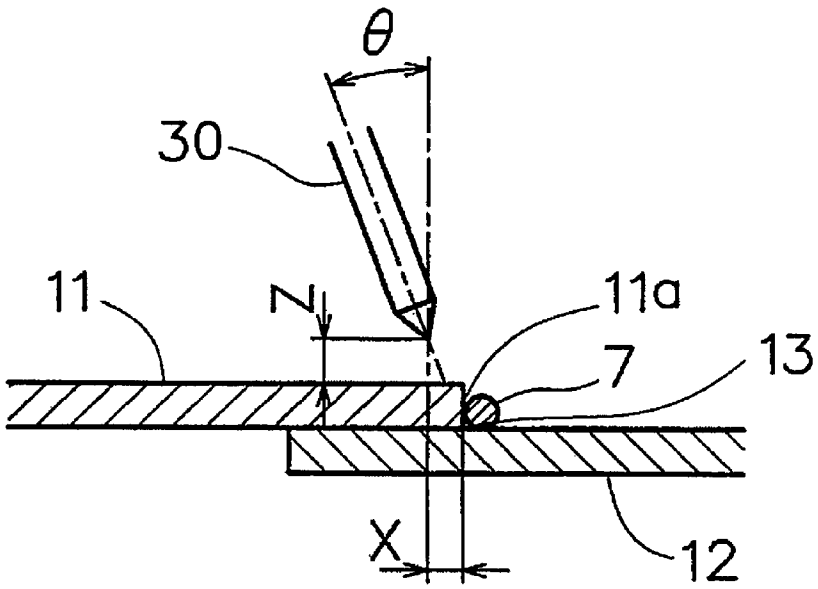
[図9]



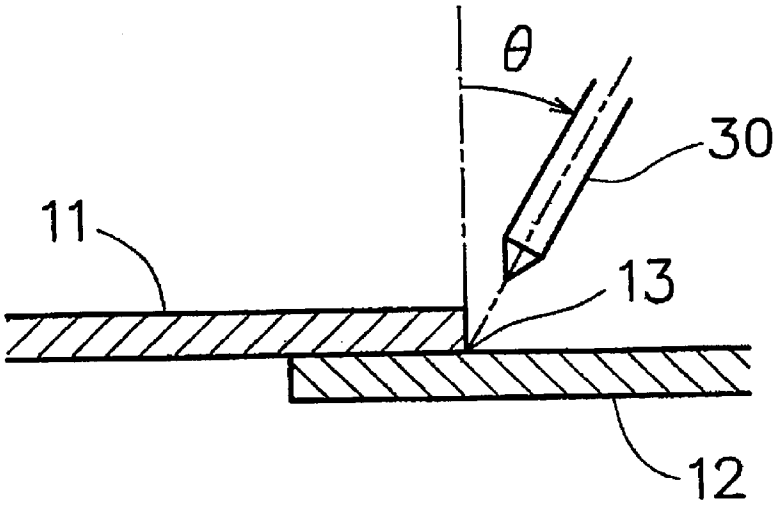
[図10]



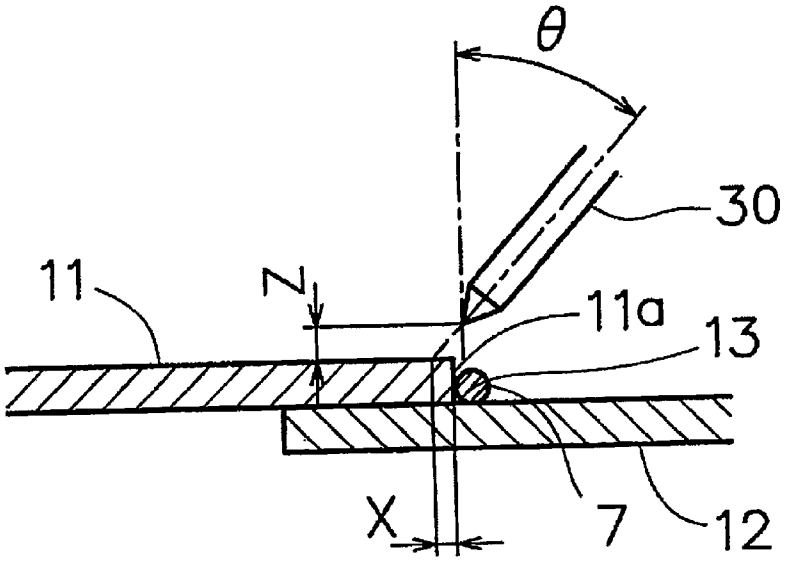
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/055143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K9/23(2006.01)i, *B23K9/02*(2006.01)i, *B23K9/167*(2006.01)i, *B23K35/02*(2006.01)i, *B23K103/20*(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)
B23K9/23, B23K9/02, B23K9/167, B23K35/02, B23K103/20

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2011-36918 A (Kobe Steel, Ltd.), 24 February 2011 (24.02.2011), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 2010-201448 A (Kobe Steel, Ltd.), 16 September 2010 (16.09.2010), entire text (Family: none)	1-5
A	JP 46-23133 B1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 01 July 1971 (01.07.1971), entire text (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ 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	Date of mailing of the international search report
25 May, 2012 (25.05.12)	05 June, 2012 (05.06.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/055143

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

The invention described in claim 1, the invention described in claim 3 and the invention described in claim 4 share a common technical feature "a bonding method comprising superimposing an aluminum alloy material and a steel material on each other and performing the fillet welding of the resulting product by direct current TIG welding while supplying a flux cored wire".

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in the document 1.

Further, there is no other same or corresponding special technical feature between these inventions.

Accordingly, the following three inventions (invention groups) are involved in claims.

(Invention 1) the inventions of claims 1, 2 and 5

The method, in which a tungsten electrode having an asymmetric tip shape is used.

(Invention 2) the invention of claim 3

The method, in which the tip of a bar-shaped tungsten electrode is placed at a position 0 mm or more and less than 3.5 mm away from the end part of the aluminum alloy material along the aluminum alloy material when observed in a direction parallel to the aluminum alloy material and a position 2.0 mm or more and less than 4.5 mm away from the surface of the aluminum alloy material when observed in the vertical direction, while tilting the tungsten electrode at an angle of 5° to 35° exclusive toward the aluminum alloy material side.

(Invention 3) the invention of claim 4

The method, in which the tip of a bar-shaped tungsten electrode is placed at a position 2.0 mm or more and less than 4.5 mm away from the surface of the aluminum alloy material when observed in the vertical direction while tilting the tungsten electrode at an angle of 35° or more and less than 60° toward the steel material side, so that a position at which an extended line of the center axis of the tungsten electrode intersects with the surface of the aluminum alloy material is located at a position 1.0 mm or more and less than 3.0 mm away from the end part of the aluminum alloy material along the aluminum alloy material.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０５５１４３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B23K9/23(2006.01)i, B23K9/02(2006.01)i, B23K9/167(2006.01)i, B23K35/02(2006.01)i, B23K103/20(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.　B23K9/23, B23K9/02, B23K9/167, B23K35/02, B23K103/20

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	１９７１－２０１２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１２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 2011-36918 A (株式会社神戸製鋼所) 2011.02.24, 全文 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2010-201448 A (株式会社神戸製鋼所) 2010.09.16, 全文 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 46-23133 B1 (松下電器産業株式会社) 1971.07.01, 全文 (ファミリーなし)	1-5

☐　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 ２５．０５．２０１２	国際調査報告の発送日 ０５．０６．２０１２
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　３Ｐ　９３４６ 福島　和幸 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６４

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１２／０５５１４３

第Ⅱ欄　請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第１ページの２の続き）

法第8条第3項（ＰＣＴ17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

１．☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、

２．☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

３．☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってＰＣＴ規則6.4(a)の第２文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

１．☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

２．☑ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

３．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。

４．☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

第Ⅲ欄の続き

請求項1に係る発明、請求項3に係る発明、請求項4に係る発明は、それぞれ［アルミニウム合金材と鋼材を重ね合わせ、フラックスコアードワイヤを供給しながら、直流ＴＩＧ溶接によりすみ肉溶接する接合方法］という共通の技術的特徴を有している。しかしながら、当該技術的特徴は、文献1の開示内容に照らして、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は、特別な技術的特徴であるとはいえない。また、これらの発明の間には、ほかに同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。そして、請求の範囲には以下に示す3の発明（群）が含まれる。

（発明1）請求項1,2,5に係る発明

非対称な先端形状を備えたタングステン電極を用いる方法。

（発明2）請求項3に係る発明

棒状のタングステン電極を、アルミニウム合金材側に５°超３５°未満の角度で傾けた状態で、前記タングステン電極の先端部を、前記アルミニウム合金材に平行な方向で前記アルミニウム合金材の端部から前記アルミニウム合金材側へ０ｍｍ以上３．５ｍｍ未満の範囲の位置、且つ、前記アルミニウム合金材の表面から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置に配置する方法。

（発明3）請求項4に係る発明

棒状のタングステン電極を、鋼材側に３５°以上６０°未満傾けた状態で、前記タングステン電極の先端部をアルミニウム合金材の表面から２．０ｍｍ以上４．５ｍｍ未満垂直に離れた位置に配置して、前記タングステン電極の中心軸の延長線が前記アルミニウム合金材の表面と交わる位置を前記アルミニウム合金材の端部から前記アルミニウム合金材側へ１．０ｍｍ以上３．０ｍｍ未満の範囲に配置する方法。