

(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
2016年6月9日(09.06.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/088319 A1

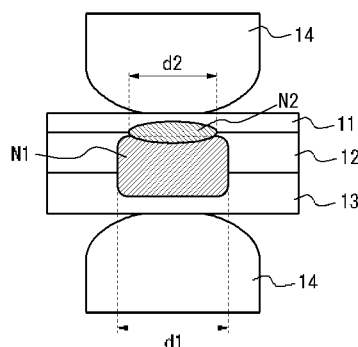
- (51) 国際特許分類:
B23K 11/20 (2006.01) B23K 11/24 (2006.01)
B23K 11/11 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/005771
- (22) 国際出願日: 2015年11月18日(18.11.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-243340 2014年12月1日(01.12.2014) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社 (JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 澤西 央海 (SAWANISHI, Chikaumi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 沖田 泰明 (OKITA, Yasuaki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 松田 広志 (MATSUDA, Hiroshi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 池田 倫正 (IKE-DA, Rinsei); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36階 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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

[続葉有]

(54) Title: RESISTANCE SPOT WELDING METHOD

(54) 発明の名称: 抵抗スポット溶接方法

FIG. 2



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a resistance spot welding method with which it is possible to obtain a nugget with an appropriate diameter without causing expulsion, regardless of the extent of disturbance such as sheet gaps or shunting, in a sheet assembly that has a high sheet thickness ratio and is obtained by superposing a thin sheet on one of two or more superposed thick sheets. The present invention comprises a main welding step in which a sheet assembly having a sheet thickness ratio of higher than 3 and obtained by superposing a thin sheet (11) on at least one of two or more superposed thick sheets (12, 13) is sandwiched by a pair of electrodes (14) and is welded by passing a current while applying pressure. In the main welding step, welding is performed by dividing the current-passage/pressurization pattern into two or more multi-stage steps, and at this time, the relationship $F1 > F2$ is satisfied, wherein the pressurization force in the first step is $F1$ and the pressurization force in the second step is $F2$.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/088319 A1



- (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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、重ね合わせた 2 枚以上の厚板の一方に薄板を重ね合わせた板厚比の大きな板組みにおいて、板隙や分流などの外乱の程度によらず、散りの発生なしに適切な径のナゲットを得ることができる抵抗スポット溶接方法を提案することを目的とする。本発明では、重ね合わせた 2 枚以上の厚板 (12, 13) の少なくとも一方に薄板 (11) を重ね合わせた板厚比: 3 超の板組みを、一対の電極 (14) によって挟み、加圧しながら通電して接合する、本溶接工程をそなえ、本溶接工程では、通電・加圧パターンを 2 段以上の多段ステップに分割して、溶接を行うものとし、その際、第 1 ステップの加圧力: F_1 と第 2 ステップの加圧力: F_2 について、 $F_1 > F_2$ の関係を満足させる構成とした。

明 細 書

発明の名称：抵抗スポット溶接方法

技術分野

[0001] 本発明は、抵抗スポット溶接方法に関する。本発明は、とくに2枚以上の厚板とその少なくとも一方に薄板を重ね合わせた板厚比の大きい3枚重ね以上の板組みにおいて、分流や板隙などの外乱によらず、散りを発生させることなく安定してナゲット径を確保することを可能ならしめようとするものである。

背景技術

[0002] 一般に、重ね合わせた鋼板同士の接合には、重ね抵抗溶接法の一つである抵抗スポット溶接法が用いられている。

この溶接法は、重ね合わせた2枚以上の鋼板を挟んでその上下から一对の電極で加圧しつつ、上下電極間に高電流の溶接電流を短時間通電して接合する方法であり、高電流の溶接電流を流すことで発生する抵抗発熱を利用して、点状の溶接部が得られる。この点状の溶接部は、ナゲットと呼ばれる、重ね合わせた鋼板に電流を流した際に鋼板の接触箇所でも鋼板が溶融し、凝固した部分である。このナゲットにより鋼板同士が点状に接合される。

[0003] 抵抗スポット溶接部の接合強度は、ナゲット径により左右される。自動車部品等の高い接合強度を必要とする場合にはとくに、所定の径以上のナゲット径を確保することが重要となってくる。

一般に、加圧力、通電時間を一定とした場合には、ナゲット径は、溶接電流の増加にしたがって徐々に増加する。しかし、溶接電流がある値以上になると鋼板間に溶融金属が飛散する散りという現象が生じる。散りの発生は、危険である上に、溶接部周辺に散りが付着して外観を悪化させ、ナゲット径や継手引張強度にばらつきを生じさせる。その結果、継手部の品質が不安定になる。

[0004] また、自動車の部品構造をみると、例えばセンターピラーでは、アウター

とインナーとの間にリインフォースメントを挟み込んだ構造が採用されている。この構造では、単純な二枚重ねの鋼板をスポット溶接する場合と異なり、3枚以上の鋼板を重ね合わせてスポット溶接することが要求される。

[0005] さらに、最近では、車体の衝突安全性の更なる向上要求にともない、リインフォースメントなどの高強度化、厚肉化が進んでいる。そのため、外側に板厚の薄いアウター（薄板）を配置し、内側に板厚の厚いインナー、リインフォースメント（厚板）を組み合わせた板組みをスポット溶接することが必要となる場合も多い。なお、ここでは、板組みされた鋼板のうち、板厚が相対的に小さい鋼板を薄板、板厚が相対的に大きい鋼板を厚板とそれぞれ記載することとする。以下も同様の記載である。

[0006] このような板厚比（板組みの全体厚み／板組みを構成する最も薄い鋼板の板厚）の大きな3枚重ね以上の板組みにおいて、従来のような、加圧力、溶接電流を一定の値としたままにするスポット溶接を行った場合には一番外側（電極チップと接触する側）の薄板と厚板の間に必要なサイズのナゲットが形成されにくいことが知られている。とくに板厚比が3超、さらには5以上となるような板組みでは、この傾向が強い。

[0007] これは、電極チップによる冷却によって一番外側の薄板と厚板の間では温度が上がりにくいことが原因である。

すなわち、通常、ナゲットは、電極間の中央付近から鋼板の固有抵抗による体積抵抗発熱にて形成される。しかし、ナゲットが薄板側に成長する前に、電極間中央部に近い部分に位置する厚板－厚板間で大きくナゲットが成長するので、電極による加圧では抑えきれずに散りが発生する。このため、このような板組みの場合には、散りの発生なく必要なサイズのナゲットを薄板－厚板間に得ることが困難となる。

[0008] また、一番外側に配置される薄板がアウターの場合には、強度よりも成形性が重要となるため、使用される鋼板は軟鋼となることが多い。一方、厚板は強度補強部材であり高張力鋼板が使用される場合が多い。このような板組みでは、発熱する位置は、固有抵抗の高い高張力鋼板側に偏る。それにより

、厚板－薄板（軟鋼）間にはさらにナゲットが形成されにくくなる。さらに、使用される鋼板がめっき鋼板となると、低温で溶融しためっき層が鋼板間の通電経路を拡大するため電流密度が減少し、薄板側でのナゲットの形成がさらに困難となる。

このように、上記のような板厚比の大きい3枚重ね以上の板組みでは、薄板と厚板の間に必要なサイズのナゲットが形成されにくい。よって、適正なナゲット径を得るための溶接条件の範囲が非常に狭くなる。

[0009] 加えて、溶接に際して外乱が存在する場合、例えば、溶接する点の近くにすでに溶接した点（既溶接点）がある場合や、被溶接材の表面凹凸が大きく溶接する点の近くに被溶接材の接触点が存在するなどの場合には、溶接時に既溶接点や接触点に溶接電流が分流する。このような状態では、所定の条件で溶接しても、電極直下の溶接したい位置における電流密度は低下するため、やはり必要な径のナゲットは得られなくなる。このため、この発熱量不足を補償し、必要な径のナゲットを得るには、予め高い溶接電流を設定することが必要となる。

また、表面凹凸や部材の形状などにより溶接する点の周囲が強く拘束されている場合には、鋼板間の板隙が大きくなることで鋼板同士の接触径が狭まり、やはり必要な径のナゲットが得られなかったり、散りが発生しやすくなることもある。

上述したように、板厚比の大きい3枚重ね以上の板組みでは適正なナゲット径を得るための溶接条件の範囲が非常に狭くなることから、これらの外乱の影響が顕著となる場合がある。

[0010] このような板厚比の大きい3枚重ね以上の板組みに対する抵抗スポット溶接方法として、例えば、特許文献1では、次のような技術が提案されている。すなわち、重ね合わされた2枚の厚板にさらに薄板が重ね合わされた板厚比の大きな板組みにおいて、薄板の溶接すべき位置に部分的に一般部より一段高い座面を形成するとともに、薄板に対抗する電極は、先端を球面に形成する。そして、溶接初期は低加圧力で、薄板の座面を押しつぶすようにして

、薄板とこれと隣り合う厚板とを溶接し、その後、高加圧力で2枚の厚板同士を溶接する。これにより、薄板－厚板間に必要なナゲットを形成する技術である。

[0011] また、特許文献2では、次のような技術が提案されている。すなわち、剛性の高い2枚の厚板の上に剛性の低い薄板を重ね合わせたワークを、一对の電極チップにより挟んでスポット溶接する方法において、剛性が最も小さい薄板に当接する電極チップのワークに対する加圧力を、厚板と当接する電極チップワークに対する加圧力よりも小さくすることによって、薄板－厚板間にナゲットを形成させる。これにより、ワークの溶接強度を高める技術である。

[0012] さらに、特許文献3では、次のような技術が提案されている。すなわち、板厚比の大きな被溶接体をスポット溶接する方法において、被溶接体に第1の加圧力を負荷して溶接電流を流した後、一旦通電を停止し、被溶接体を挟んだまま、上記第1の加圧力よりも大きな第2の加圧力を負荷して再び溶接電流を流す。そして望ましくは、上記第1の加圧力を負荷する工程における溶接電流の電流値を、第1段階～第3段階の3段階に変化させるとともに、第2段階の電流値を第1段階および第3段階の電流値よりも小さくする。これにより、板厚比の大きい被溶接体の接合強度を向上させるという技術である。

先行技術文献

特許文献

- [0013] 特許文献1：特開2003-071569号公報
特許文献2：特開2003-251469号公報
特許文献3：特開2004-358500号公報
特許文献4：特開平11-33743号公報
特許文献5：特開2008-290099号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0014] しかし、特許文献1に記載の抵抗スポット溶接方法では、たしかにナゲットは形成されるものの、薄板の溶接する部分に予め一般部より一段高い座面をプレスなどで形成する工程が必要となるという問題がある。
- [0015] また、特許文献2に記載の抵抗スポット溶接方法では、剛性が最も小さい薄板に当接する電極チップのワークに対する加圧力を、厚板と当接する電極チップのワークに対する加圧力よりも小さくすることによって、薄板－厚板間にもナゲットを形成させている。しかし、薄板と当接する電極チップのワークに対する加圧力が小さいため、薄板と電極チップとの接触面積が小さくなる。その結果、電極により加圧される範囲が狭くなって、厚板－厚板間に大きなナゲットを形成しようとするると散りが発生しやすくなる。加えて、ワークを電極で挟んだ後、電極が取り付けられている溶接ガン本体を強制的に動かすことにより加圧力に違いを生じさせているため、ワークに大きな歪が生じる可能性もある。
- [0016] さらに、特許文献3に記載の抵抗スポット溶接方法では、初期に加圧力が低い状態で通電する必要がある。そのとき鋼板間に板隙が存在すると、鋼板間の接触面積が著しく狭くなり、実施工上困難な場合が多い。
- [0017] 加えて、特許文献1～3に共通する課題として、板厚比が大きい板組みでは適正なナゲット径が得られる溶接条件の範囲が非常に狭くなる。このため、例えば、板隙や既溶接点といった外乱が存在する場合には、板隙の大きさや周囲の既溶接点との距離などに応じて適切な溶接条件を導き出し、全ての溶接点毎に適切な溶接条件を設定する必要がある。これらを試験等によって導き出すには、多くの時間とコストが必要になる。
- [0018] 本発明は、上記の事情に鑑み開発されたものである。すなわち、本発明は、重ね合わせた2枚以上の厚板の一方に薄板を重ね合わせた板厚比の大きな板組みにおいて、板隙や分流などの外乱の程度によらず、散りの発生なしに適切な径のナゲットを得ることができる抵抗スポット溶接方法を提案することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0019] さて、発明者らは、上記の目的を達成すべく、鋭意検討を重ねた。

上述したように、重ね合わせた2枚以上の厚板の一方に薄板を重ね合わせた板厚比の大きい板組みに対する抵抗スポット溶接において、散りが発生したり、適正なナゲット径の確保が困難となる原因は、とくに薄板－厚板間に適正なナゲット径が得られる条件範囲が非常に狭く、また、板隙や分流などの外乱によってその条件範囲が変動しやすいことにある。そのような観点から検討を行った結果、発明者らは以下の知見を得た。

[0020] (1) 散りの発生なしに薄板－厚板間に適正なナゲット径を得るには、通電パターンを2段以上の多段ステップに分割し、第1ステップの加圧力をF1、第2ステップの加圧力をF2としたとき、

$$F1 > F2$$

の関係を満足させることが重要である。

上記の関係を満足させることで、第1ステップにおいて厚板同士の界面に先に溶融部が形成され、これにより、薄板－厚板間の通電径を確保しやすくなる。その結果、第2ステップにおいて薄板－厚板間に溶融部を形成させる際の散りの発生が抑制される。

また、第2ステップの加圧力を第1ステップの加圧力よりも低減することで、第1ステップのときよりも薄板－厚板間および薄板－電極間の接触面積を小さくし、これにより、電流密度を高め、ひいては薄板－厚板間で所望とするナゲット径を得るのに十分な発熱を促すことが可能となる。

[0021] (2) 加えて、薄板－厚板間に適正なナゲット径を得る条件範囲が外乱によって大きく変動する場合には、次のような適応制御溶接を行うことが有効である。

すなわち、本溶接に先立ち、テスト溶接を行い、テスト溶接における被溶接物の板厚と通電時間とから、ステップ毎に、その被溶接物を良好に溶接することができる単位体積当たりの累積発熱量を計算する。そして、本溶接において、この計算された単位体積・単位時間当たりの発熱量を発生させる溶

接電流または電圧に調整する処理を行うことにより、条件範囲の変動に追従させる適応制御溶接を行うことが有効である。

本発明は、上記の知見に基づき、さらに検討を加えて完成されたものである。

[0022] すなわち、本発明の要旨構成は次のとおりである。

1. 重ね合わせた2枚以上の厚板の少なくとも一方に薄板を重ね合わせた板厚比：3超の板組みを、一对の電極によって挟み、加圧しながら通電して接合する、本溶接工程をそなえ、

上記本溶接工程では、通電・加圧パターンを2段以上の多段ステップに分割して、溶接を行うものとし、その際、第1ステップの加圧力：F1と第2ステップの加圧力：F2とが、

$$F1 > F2$$

の関係を満足する、抵抗スポット溶接方法。

[0023] 2. 前記本溶接工程に先立ち、ステップ毎に、定電流制御により通電して適正なナゲットを形成する場合の電極間の電気特性から算出される、単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化および単位体積当たりの累積発熱量を目標値として記憶させる、テスト溶接を行う、テスト溶接工程を、さらにそなえ、

前記本溶接工程では、上記目標値として記憶させた単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化曲線を基準として溶接を開始し、いずれかのステップにおいて、前記本溶接の単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化量が基準である上記時間変化曲線から外れた場合に、その差を当該ステップの残りの通電時間内で補償すべく、前記本溶接工程の単位体積当たりの累積発熱量が上記目標値として記憶させた単位体積当たりの累積発熱量と一致するように、通電量を制御する適応制御溶接を行う、前記1に記載の抵抗スポット溶接方法。

[0024] 3. 前記本溶接工程における第1ステップの電流値：I1と、前記第2ステップの電流値：I2とが、

$$I1 < I2$$

の関係を満足する、前記1に記載の抵抗スポット溶接方法。

[0025] 4. 前記テスト溶接工程における第1ステップの電流値： I_1 、第2ステップの電流値： I_2 とが、

$$I_1 < I_2$$

の関係を満足する、前記2に記載の抵抗スポット溶接方法。

[0026] 5. 前記本溶接工程における第1ステップと第2ステップの通電の間に、5cycle以上の冷却時間を設ける、前記1～4のいずれかに記載の抵抗スポット溶接方法。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、板厚比の大きい3枚重ね以上の板組みにおいて、分流や板隙などの外乱の有無に関わらず、散りの発生なしに良好なナゲットを得ることができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の抵抗スポット溶接方法における、第1ステップでのナゲットの形成状況の一例を模式的に示す図である。

[図2]本発明の抵抗スポット溶接方法における、第2ステップでのナゲットの形成状況の一例を模式的に示す図である。

[図3]本発明の抵抗スポット溶接方法における、第2ステップでのナゲットの形成状況の一例を模式的に示す図である。

[図4]本発明の実施例において、板隙のある板組みに対して溶接を行う場合を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明を具体的に説明する。

本発明は、重ね合わせた2枚以上の厚板の少なくとも一方に薄板を重ね合わせた板組みを、一对の電極によって挟み、加圧しながら通電して接合する本溶接工程をそなえる、抵抗スポット溶接方法である。本発明は、とくに、散りの発生なく必要なサイズのナゲットを薄板－厚板間に得ることが困難であった板厚比（板組みの全体厚み／板組みを構成する最も薄い鋼板（金属板）の板厚）が3超、さらには5以上とした板組みを対象とするものである。

なお、板厚比の上限は特に限定されるものではないが、通常12までである。

[0030] なお、本発明の抵抗スポット溶接方法で使用可能な溶接装置としては、上下一対の電極を備え、溶接中に加圧力および溶接電流をそれぞれ任意に制御可能であればよい。加圧機構（エアシリンダやサーボモータ等）、形式（定置式、ロボットガン等）、電極形状等はとくに限定されない。

また、本発明でいう薄板とは、板組みに用いられる鋼板のうち、板厚が相対的に小さい鋼板を意味し、厚板とは、板厚が相対的に大きい鋼板を意味する。なお、通常、薄板の板厚は、最も板厚の大きい鋼板（厚板）の3/4以下の板厚となる。

[0031] 本発明の抵抗スポット溶接方法の本溶接工程では、通電・加圧パターンを2段以上の多段ステップに分割して、溶接を行う。

以下、図1に示すような、2枚の鋼板（厚板）12、13を重ね合わせ、さらにこれらの厚板12、13の一方に薄板11を重ね合わせた板組みに対して、通電・加圧パターンを2段ステップに分割して抵抗スポット溶接を行う場合を例として、本発明の抵抗スポット溶接方法を説明する。なお、図中、符号14は電極である。

[0032] 本溶接工程では、所望の溶接位置で板組みを上下一対の電極で挟み、加圧および通電を開始する。

ここで、第1ステップの溶接では、散りが発生しないように加圧力および溶接電流を設定し、厚板12－厚板13間を溶融させて、ナゲットN1を形成する。このように、厚板12－厚板13間に先にナゲットを形成することにより、各板間、とくに薄板11－厚板12間の通電径が確保されやすくなる。このため、第2ステップ以降の通電において、薄板11－厚板12間で散りの発生が抑制される。

[0033] そして、このような第1ステップの溶接（通電）の後に、図2に示すような薄板11－厚板12間にナゲットN2を形成する第2ステップの溶接を行う。この際、第1ステップの加圧力F1（kN）と第2ステップの加圧力F2（kN）

) について、

$$F_1 > F_2$$

の関係を満足させることが重要である。

上記の関係を満足させることで、第1ステップにおいて先に厚板12と厚板13の界面に溶融部が形成され、薄板11-厚板12間の通電径を確保しやすくなる。

また、第2ステップの加圧力を第1ステップの加圧力よりも低減させることで、第1ステップのときよりも薄板11-厚板12間および薄板11-電極14間の接触面積を小さくし、これにより、電流密度を高め、ひいては第2ステップにおいて、図2に示すような薄板11-厚板12間に適正な径のナゲットを得るのに十分な発熱を促すことが可能となる。

[0034] さらに、加圧力 F_2 は、板組みを構成する複数の鋼板のうち、最も薄い鋼板の板厚を t_m (mm) (図1および2では薄板11の板厚となる) としたとき、

$$0.5 t_m \leq F_2 \leq 8 t_m$$

の関係を満足させることが好ましい。

というのは、加圧力 F_2 (kN) が $8 t_m$ 超では、接触面積が拡大しすぎて発熱が小さくなり、薄板11-厚板12間に適正な径のナゲットを形成することが困難となる。一方、加圧力 F_2 (kN) が $0.5 t_m$ 未満となる場合には、電極14と薄板11との間での接触抵抗が大きくなり、スパークが発生しやすくなるとともに、薄板11-厚板12間で散りが発生しやすくなるからである。より好ましくは $0.6 t_m \leq F_2 \leq 7 t_m$ の範囲である。

[0035] また、適正な条件範囲が分流や板隙などの外乱によって変化しやすい場合には、上記の本溶接工程に先立ち、テスト溶接工程を行うことが好適である。そして、テスト溶接工程における被溶接物の板厚と通電時間とから、本溶接工程におけるステップ毎に、その被溶接物を良好に溶接することができる単位体積当たりの累積発熱量を計算する。そして、本溶接工程において、上記のようにして計算された単位体積・単位時間当たりの発熱量を発生させる

溶接電流または電圧に調整する、適応制御溶接を行うことが好ましい。

以下、このテスト溶接工程および適応制御溶接について説明する。

[0036] まず、テスト溶接については、被溶接材と同じ鋼種、厚みの溶接試験を、既溶接点への分流や板隙のない状態で、定電流制御にて種々の条件で行い、テスト溶接における最適条件を見つける。

そして、ステップ毎に、上記の条件で溶接を行ったときの溶接中における、電極間の電気特性から算出される単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化および単位体積当たりの累積発熱量を目標値として記憶させて、テスト溶接とする。

なお、本発明において電極間の電気特性とは、電極間抵抗あるいは電極間電圧を意味する。

[0037] そして、上記のテスト溶接後、本溶接工程において適応制御溶接を行う。

この適応制御溶接では、上記のテスト溶接で得られたステップ毎の単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化曲線を基準として溶接を開始し、単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化量が基準である時間変化曲線に沿っている場合には、そのまま溶接を行って溶接を終了する。

ただし、単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化量が基準である時間変化曲線から外れた場合には、その差を、通電量を制御する適応制御溶接を行って、本溶接工程における単位体積当たりの累積発熱量が目標値として記憶させた単位体積当たりの累積発熱量と一致するように、当該ステップの残りの通電時間内で補償するのである。これにより、分流や板隙などの外乱の影響が大きい状態においても必要な累積発熱量を確保して、適正なナゲット径を得ることができる。

[0038] 本発明において、単位体積当たりの発熱量の算出方法については特に制限はないが、特許文献4にその一例が開示されており、本発明でもこの方法を採用することができる。この方法による単位体積当たりの累積発熱量 Q の算出要領は次のとおりである。

被溶接材の合計厚みを t 、被溶接材の電気抵抗率を r 、電極間電圧を V 、

溶接電流を I とし、電極と被溶接材が接触する面積を S とする。この場合、溶接電流は横断面積が S で、厚み t の柱状部分を通して抵抗発熱を発生させる。この柱状部分における単位体積・単位時間当たりの発熱量 q は次式 (1) で求められる。

$$q = (V \cdot I) / (S \cdot t) \quad \text{--- (1)}$$

また、この柱状部分の電気抵抗 R は、次式 (2) で求められる。

$$R = (r \cdot t) / S \quad \text{--- (2)}$$

(2) 式を S について解いてこれを (1) 式に代入すると、発熱量 q は次式 (3)

$$\begin{aligned} q &= (V \cdot I \cdot R) / (r \cdot t^2) \\ &= (V^2) / (r \cdot t^2) \quad \text{--- (3)} \end{aligned}$$

となる。

[0039] 上掲式 (3) から明らかなように、単位体積・単位時間当たりの発熱量 q は、電極間電圧 V と被溶接物の合計厚み t と被溶接物の電気抵抗率 r から算出でき、電極と被溶接物が接触する面積 S による影響を受けない。なお、(3) 式は電極間電圧 V から発熱量を計算しているが、電極間電流 I から発熱量 q を計算することもでき、このときにも電極と被溶接物が接触する面積 S を用いる必要がない。そして、単位体積・単位時間当たりの発熱量 q を通電期間にわたって累積すれば、溶接に加えられる単位体積当たりの累積発熱量 Q が得られる。(3) 式から明らかなように、この単位体積当たりの累積発熱量 Q もまた電極と被溶接材が接触する面積 S を用いないで算出することができる。

以上、特許文献 4 に記載の方法によって、累積発熱量 Q を算出する場合について説明したが、その他の算出式を用いても良いのは言うまでもない。

[0040] また、板厚比の大きい板組みや、板隙や分流の影響が大きい施工状態において、本溶接工程で定電流制御を行う場合には、本溶接工程における第 1 ステップの電流値を I_1 、第 2 ステップの電流値を I_2 としたとき、

$$I_1 < I_2$$

の関係を満足させることが好ましい。

これにより、第2ステップにおける薄板11-厚板12間における発熱・溶融をより積極的に促すことが可能となる。

なお、上記した適応制御溶接を行う場合には、前記テスト溶接における第1ステップの電流値を I_1 、第2ステップの電流値を I_2 としたとき、

$$I_1 < I_2$$

の関係を満足させることが好ましい。

[0041] さらに、適正な条件範囲の狭い板組みや施工状態において、第2ステップでの散りが非常に発生しやすい場合は、本溶接工程における第1ステップと第2ステップの通電の間に、冷却時間（以下、 T_c ともいう）を設けることが好ましい。

これは、第1ステップにおいて、厚板12-厚板13間を溶融させた後に温度を低下させることで、第2ステップの厚板12-厚板13間におけるナゲット成長を防ぎ、散り抑制が可能となるためである。

[0042] また、上記の冷却時間は、5cycle（以降、時間の単位は全て50Hzにおけるcycle数とする）以上とすることが好ましい。

ここで、第2ステップにおいて薄板11-厚板12間における発熱・溶融が促されるのは、薄板11-厚板12間の電流密度の増加によるものであることは前述したとおりである。すなわち、第2ステップの加圧力 F_2 (kN) を第1ステップの加圧力 F_1 (kN) よりも小さくすることによって、第2ステップでの薄板11-厚板12間の電流密度が高まり、薄板11-厚板12間における発熱・溶融が促される。

しかし、冷却時間が5cycle未満の場合は、厚板12-厚板13間の温度が高い状態で第2ステップの通電が始まる。このため、第2ステップの加圧力 F_2 (kN) を第1ステップの加圧力 F_1 (kN) よりも小さくして如何に薄板11-厚板12間の電流密度を増加させたとしても、第2ステップ中に厚板12-厚板13間の再溶融が促される場合がある。その結果、薄板11-厚板12間に所望のナゲット径が得られないだけでなく、厚板12-厚板13間での散りも発生しやす

くなる。この点、冷却時間を5cycle以上とすれば、より確実に、厚板12－厚板13間のナゲットの過大成長を防ぎつつ、薄板11－厚板12間における発熱・溶融を促すことが可能となる。より好ましくは5cycle超、さらに好ましくは7cycle以上である。

ただし、冷却時間が100cycleを超えると、施工時間が増大しすぎるという問題が生じるだけでなく、第2ステップで溶融させたい薄板11－厚板12間の発熱効率も低下してしまう。このため、冷却時間の上限は100cycleとすることが好ましい。

[0043] また、本溶接工程における第1ステップおよび第2ステップの好適通電時間T1、T2は、通常、それぞれ5～50cycle程度、1～20cycle程度である。

[0044] なお、本発明の抵抗スポット溶接方法は、被溶接材料となる鋼板については特に制限されず、軟鋼から超高張力鋼板までの各種強度を有する鋼板およびめっき鋼板、アルミ合金などの軽金属板の溶接にも適用でき、重ね合わせた2枚以上の厚板の両方に薄板を重ね合わせた4枚以上の金属板からなる板組みにも適用できる。

[0045] また、ナゲット形成のための第1ステップおよび第2ステップの通電の後、溶接部の熱処理のために、第3ステップ以降の通電を加えても何らは問題ない。

さらに、第1ステップにおいて、散りの発生しない範囲であれば、薄板11－厚板12間の一部が溶融しても良い。加えて、第2ステップでは、図2のように薄板11－厚板12間を均一に溶融させても良いし、図3のように中心部は未溶融のまま、外周部のみをリング状に溶融させても良い。

[0046] なお、特許文献5には、「重ね合わせた2枚以上の厚板の一方に薄板を重ね合わせた板組みのワークを一对の電極によって挟み加圧力を与えながら抵抗スポット溶接をするにあたり、固定されたワークに対して、薄板と接する側の電極を溶接ガンの固定電極とし、厚板と接する側の電極を可動電極として、溶接を2段の工程とし、第1の工程で低加圧・高電流で溶接を行い、第

2の工程で第1の工程における加圧力よりも大きな加圧力で溶接することを特徴とする抵抗スポット溶接方法。」が開示されている。

ここで、特許文献5の溶接方法は、上述したように、薄板と接する側の電極を固定電極、厚板と接する側の電極を可動電極とし、これにより生じる現象を利用して、溶接初期に低加圧力高電流で、その後高加圧力にて溶接することによって、薄板－厚板間および厚板－厚板間それぞれに適正な径のナゲットを形成するものである。一方、本発明の溶接方法では、重ね合わせた厚板の一方のみに薄板を重ね合わせた板組みを溶接する場合、常法にしたがい薄板と接する側の電極を可動電極、厚板と接する側の電極を固定電極とするものである。よって、本発明の溶接方法と特許文献5の溶接方法は異なる溶接方法と言える。

実施例

[0047] 表1および図1～4に示すような3枚重ねの鋼板の板組みについて、表2に示す条件で抵抗スポット溶接を行い、継手を作製した。

ここで、表2の制御モードが「定電流」の場合は、表に示した溶接条件で定電流制御によって溶接した際の結果を示している。一方、制御モードが「適応制御」の場合は、表に示した溶接条件で板隙などの外乱が無い状態でテスト溶接を行い、単位体積当たりの瞬間発熱量の時間変化を記憶させた後、テスト溶接で得られた単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化曲線を基準として電流値を追従させる適応制御溶接を行った際の結果を示している。

また、一部の継手を作成するに当たっては、図4に示すように、厚板12－厚板13間にスペーサ15（スペーサ間距離60mm）を挿入し、上下からクランプすることで（図示せず）、種々の板隙厚さとなる板隙を設けた。

なお、溶接機にはインバータ直流抵抗スポット溶接機を用い、電極にはDR形先端径6mmのクロム銅電極を用いた。また、ここでは、薄板と接する側の電極を可動電極とし、厚板と接する側の電極を固定電極とした。

[0048] 得られた各継手について、溶接部を切断し断面をエッチング後、光学顕微鏡により観察し、厚板間のナゲット径d1および薄板－厚板間のナゲット径

d 2 (mm) をそれぞれ計測し、ナゲット径 d 1、d 2 がいずれも $4\sqrt{t}$ 以上 (t : 隣り合う 2 枚の鋼板のうち薄い方の鋼板の板厚 (mm)) であり、かつ散りが発生しなかった場合を○と評価した。また、ナゲット径 d 1、d 2 が $4\sqrt{t}$ 未満あるいは散りが発生した場合を×と評価した。

[0049] [表1]

表1

板組No.	図中、符号11の 鋼板(薄板)	図中、符号12の 鋼板(厚板)	図中、符号13の 鋼板(厚板)	板厚比
A	270MPa級冷延鋼板 (板厚0.7mm)	590MPa級冷延鋼板 (板厚1.4mm)	590MPa級冷延鋼板 (板厚1.4mm)	5.0
B	270MPa級冷延鋼板 (板厚0.7mm)	980MPa級冷延鋼板 (板厚2.0mm)	980MPa級冷延鋼板 (板厚2.0mm)	6.7
C	270MPa級GA鋼板 (板厚0.7mm)	780MPa級GA鋼板 (板厚1.6mm)	780MPa級GA鋼板 (板厚1.6mm)	5.6
D	270MPa級GA鋼板 (板厚0.65mm)	1180MPa級GA鋼板 (板厚1.6mm)	980MPa級GA鋼板 (板厚1.8mm)	6.2
E	270MPa級冷延鋼板 (板厚0.7mm)	1470MPa級冷延鋼板 (板厚1.6mm)	980MPa級GA鋼板 (板厚1.6mm)	5.6
F	270MPa級GA鋼板 (板厚0.8mm)	980MPa級冷延鋼板 (板厚1.8mm)	980MPa級GA鋼板 (板厚1.8mm)	5.5
G	270MPa級冷延鋼板 (板厚0.6mm)	1180MPa級冷延鋼板 (板厚1.6mm)	1180MPa級冷延鋼板 (板厚1.6mm)	6.3
H	440MPa級GA鋼板 (板厚0.7mm)	980MPa級冷延鋼板 (板厚1.8mm)	980MPa級GA鋼板 (板厚1.8mm)	6.1

[0050]

[表2]

表2

継手 No.	板組 No.	第1ステップ			冷却時間 T _c (cycles)	第2ステップ			制御モード	板隙厚さ	評価	備考
		加圧力 F1 (kN)	溶接電流 I1(又はI1')	通電時間 T1 (cycles)		加圧力 F2 (kN)	溶接電流 I2(又はI2')	通電時間 T2 (cycles)				
1	A	4	6	16	10	3.5	7.5	6	定電流	板隙無し	○	本発明例
2	A	4	6	16	10	3.5	7.5	6	定電流	0.5mm	○	本発明例
3	B	5	7	20	50	1	10.5	5	適応制御	板隙無し	○	本発明例
4	B	5	7	20	50	1	10.5	5	適応制御	0.5mm	○	本発明例
5	B	5	7	20	50	1	10.5	5	適応制御	1mm	○	本発明例
6	C	4.5	6.5	15	15	1.5	10	4	適応制御	板隙無し	○	本発明例
7	C	4.5	6.5	15	15	1.5	10	4	適応制御	0.5mm	○	本発明例
8	D	4.5	6	21	10	3.5	7	5	定電流	板隙無し	○	本発明例
9	D	4.5	6	21	10	3.5	7	5	適応制御	0.5mm	○	本発明例
10	E	4	5.5	20	6	3	7.5	4	定電流	板隙無し	○	本発明例
11	E	4	5.5	20	6	3	7.5	4	適応制御	0.3mm	○	本発明例
12	F	6	6	22	20	2	8.5	5	定電流	板隙無し	○	本発明例
13	F	6	6	22	20	2	8.5	5	適応制御	0.7mm	○	本発明例
14	G	3.5	5.5	18	40	1.5	10	5	定電流	板隙無し	○	本発明例
15	G	3.5	5.5	18	40	1.5	10	5	適応制御	0.5mm	○	本発明例
16	H	5	6	21	35	4	11	3	定電流	板隙無し	○	本発明例
17	H	5	6	21	35	4	11	3	適応制御	1mm	○	本発明例
18	B	5	7	20	—	—	—	—	定電流	板隙無し	×	ナゲット不十分
19	B	5	10	20	—	—	—	—	定電流	1mm	×	散り発生
20	B	5	7	20	—	—	—	—	適応制御	1mm	×	ナゲット不十分

*制御モードが「適応制御」の場合の溶接電流の値は、テスト溶接における溶接電流の値である。

[0051] 本発明はいずれも散りの発生はなく、 $4\sqrt{t}$ 以上の径を有するナゲットが厚板間および薄板－厚板間で得られた。

一方、本発明の範囲を外れる比較例ではいずれも、散りが発生するか、あるいは十分なナゲットが形成されなかった。

符号の説明

- [0052] 11：鋼板（薄板）
12, 13：鋼板（厚板）
14：電極
15：スペーサ

請求の範囲

[請求項1] 重ね合わせた2枚以上の厚板の少なくとも一方に薄板を重ね合わせた板厚比：3超の板組みを、一对の電極によって挟み、加圧しながら通電して接合する、本溶接工程をそなえ、

上記本溶接工程では、通電・加圧パターンを2段以上の多段ステップに分割して、溶接を行うものとし、その際、第1ステップの加圧力： F_1 と第2ステップの加圧力： F_2 とが、

$$F_1 > F_2$$

の関係を満足する、抵抗スポット溶接方法。

[請求項2] 前記本溶接工程に先立ち、ステップ毎に、定電流制御により通電して適正なナゲットを形成する場合の電極間の電気特性から算出される、単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化および単位体積当たりの累積発熱量を目標値として記憶させる、テスト溶接を行う、テスト溶接工程を、さらにそなえ、

前記本溶接工程では、上記目標値として記憶させた単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化曲線を基準として溶接を開始し、いずれかのステップにおいて、前記本溶接の単位体積当たりの瞬時発熱量の時間変化量が基準である上記時間変化曲線から外れた場合に、その差を当該ステップの残りの通電時間内で補償すべく、前記本溶接工程の単位体積当たりの累積発熱量が上記目標値として記憶させた単位体積当たりの累積発熱量と一致するように、通電量を制御する適応制御溶接を行う、請求項1に記載の抵抗スポット溶接方法。

[請求項3] 前記本溶接工程における第1ステップの電流値： I_1 と、前記第2ステップの電流値： I_2 とが、

$$I_1 < I_2$$

の関係を満足する、請求項1に記載の抵抗スポット溶接方法。

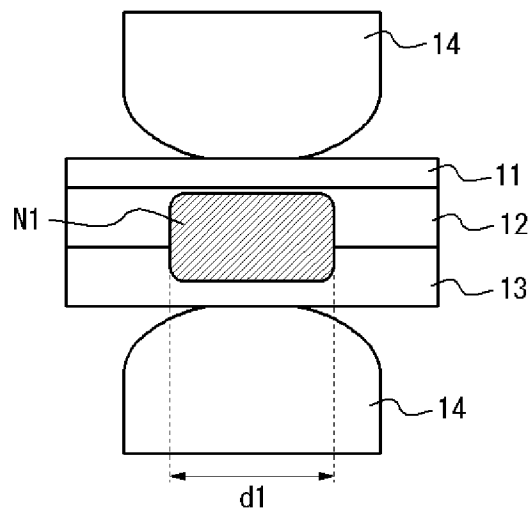
[請求項4] 前記テスト溶接工程における第1ステップの電流値： I_1' 、第2ステップの電流値： I_2' とが、

$$I_1 \leq I_2$$

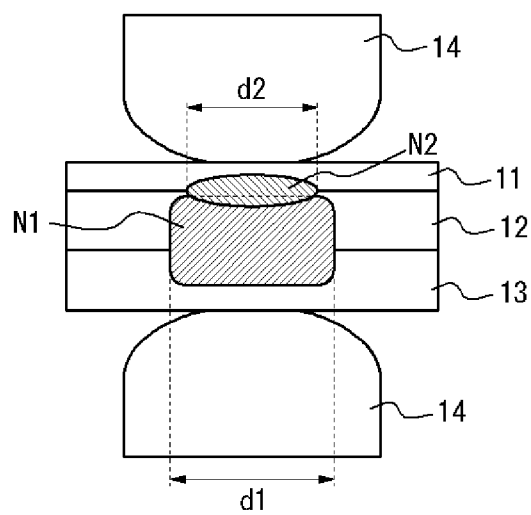
の関係を満足する、請求項2に記載の抵抗スポット溶接方法。

[請求項5] 前記本溶接工程における第1ステップと第2ステップの通電の間に、5cycle以上の冷却時間を設ける、請求項1～4のいずれかに記載の抵抗スポット溶接方法。

[図1]

FIG. 1

[図2]

FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/005771

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K11/20(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B23K11/24(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)
B23K11/20, B23K11/11, B23K11/24

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	WO 2014/045431 A1 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 27 March 2014 (27.03.2014), paragraphs [0054] to [0131]; fig. 2, 4 & US 2015/0174690 A1 paragraphs [0124] to [0236]; fig. 2, 4 & KR 10-2015-0023936 A & CN 104661784 A	1, 3 2, 4-5
Y	WO 2014/136507 A1 (JFE Steel Corp.), 12 September 2014 (12.09.2014), claims & KR 10-2015-0119945 A	2, 4-5

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 10 February 2016 (10.02.16)	Date of mailing of the international search report 23 February 2016 (23.02.16)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/005771

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2014/156290 A1 (JFE Steel Corp.), 02 October 2014 (02.10.2014), claims & JP 5582277 B & CN 105073326 A & KR 10-2015-0121262 A	2, 4-5
X Y	JP 2014-200797 A (Toyota Motor Corp.), 27 October 2014 (27.10.2014), paragraphs [0031] to [0039]; fig. 5 to 6 (Family: none)	1, 3 2, 4-5
X Y A	CN 103111741 A (Shanghai Jiao Tong University), 22 May 2013 (22.05.2013), paragraphs [0015] to [0026]; fig. 2 (Family: none)	1 2 3-5
X Y A	WO 2007/077393 A2 (ALCAN TECHNOLOGY & MANAGEMENT), 12 July 2007 (12.07.2007), page 5, line 34 to page 8, line 23; page 9; fig. 3 & EP 1973686 A & FR 2895925 A	1 2 3-5
E, X	WO 2015/170687 A1 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 12 November 2015 (12.11.2015), paragraphs [0051] to [0063], [0067], [0069]; fig. 5, 7 to 9 (Family: none)	1, 3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B23K11/20(2006.01)i, B23K11/11(2006.01)i, B23K11/24(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. B23K11/20, B23K11/11, B23K11/24

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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
X Y	WO 2014/045431 A1（新日鐵住金株式会社） 2014.03.27, 段落0054-0131、図2、図4 & US 2015/0174690 A1, 段落0124-0236、図2、4 & KR 10-2015-0023936 A & CN 104661784 A	1, 3 2, 4-5
Y	WO 2014/136507 A1（JFEスチール株式会社） 2014.09.12, 特許請求の範囲 & KR 10-2015-0119945 A	2, 4-5

☑ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 10.02.2016	国際調査報告の発送日 23.02.2016
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） 山崎 孔徳 電話番号 03-3581-1101 内線 3364

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2014/156290 A1 (J F E スチール株式会社) 2014. 10. 02, 特許請求の範囲 & JP 5582277 B & CN 105073326 A & KR 10-2015-0121262 A	2, 4-5
X	JP 2014-200797 A (トヨタ自動車株式会社)	1, 3
Y	2014. 10. 27, 段落 0031-0039、図 5-6 (ファミリーなし)	2, 4-5
X	CN 103111741 A (上海交通大学)	1
Y	2013. 05. 22, 段落 0015-0026、図 2	2
A	(ファミリーなし)	3-5
X	WO 2007/077393 A2 (ALCAN TECHNOLOGY & MANAGEMENT)	1
Y	2007. 07. 12, 第 5 頁第 3 4 行-第 8 頁第 2 3 行、第 9 頁、図 3	2
A	& EP 1973686 A & FR 2895925 A	3-5
E, X	WO 2015/170687 A1 (新日鐵住金株式会社) 2015. 11. 12, 段落 0051-0063、0067、0069、図 5、 7-9 (ファミリーなし)	1, 3