

(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  
2021年10月21日(21.10.2021)



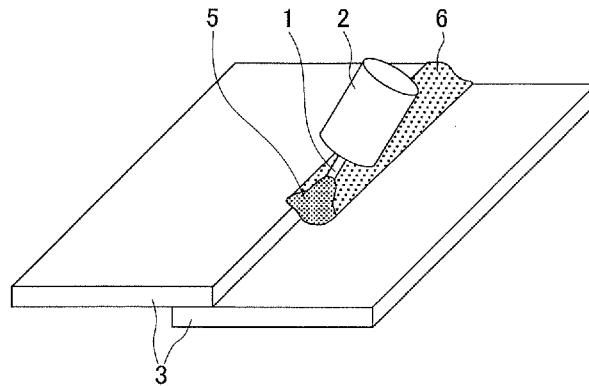
(10) 国際公開番号

WO 2021/210335 A1

- (51) 国際特許分類:  
B23K 9/173 (2006.01) B23K 9/073 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/010961
- (22) 国際出願日: 2021年3月18日(18.03.2021)
- (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 2020-072716 2020年4月15日(15.04.2020) 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: 小西 恭平(KONISHI Kyohei); 〒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). 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). 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). 村上 善明(MURAKAMI Yoshiaki); 〒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: 熊坂 晃, 外(KUMASAKA Akira et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目7

(54) Title: ARC WELDED JOINT AND ARC WELDING METHOD

(54) 発明の名称: アーク溶接継手およびアーク溶接方法



(57) Abstract: Provided are an arc welded joint and an arc welding method. An arc welded joint according to the present invention has: a slag covering area ratio  $S_{RATIO}$  (%) of 15% or less that is calculated by the equation  $S_{RATIO}=100 \times S_{SLAG}/S_{BEAD}$ , where the area of the surface of a weld bead formed by welding a steel sheet by arc welding is defined as bead surface area  $S_{BEAD}$  ( $mm^2$ ), and the area of a region, of the bead surface area  $S_{BEAD}$ , covered by slag is defined as slag surface area  $S_{SLAG}$  ( $mm^2$ ); and a bead width ratio  $W_{RATIO}$  (%) of 60% or more that is calculated by the equation  $W_{RATIO}=100 \times W_{MIN}/W_{MAX}$ , using both a maximum value  $W_{MAX}$  (mm) and a minimum value  $W_{MIN}$  (mm) of the bead width in a direction perpendicular to a weld line of the weld bead.

(57) 要約: アーク溶接継手およびアーク溶接方法を提供する。本発明のアーク溶接継手は、アーク溶接で鋼板を溶接することによって形成された溶接ビードの表面の面積をビード表面積  $S_{BEAD}$  ( $mm^2$ ) とし、そのビード表面積  $S_{BEAD}$  のうちのスラグで覆われた領域の面積をスラグ表面積  $S_{SLAG}$  ( $mm^2$ ) とし、 $S_{RATIO}=100 \times S_{SLAG}/S_{BEAD}$  で算出されるスラグ被覆面積率  $S_{RATIO}$  (%) が15%以下であり、かつ溶接ビードの溶接線に垂直な方向のビード幅の最大値  $W_{MAX}$  (mm) と最小値  $W_{MIN}$  (mm) を用いて、 $W_{RATIO}=100 \times W_{MIN}/W_{MAX}$  で算出されるビード幅比率  $W_{RATIO}$  (%) が60%以上である。

WO 2021/210335 A1

番 1 号 J F E テクノリサーチ株式会社知  
的財産事業部内 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, DJ, DK, DM, DO, DZ,  
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, 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,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

## 明 細 書

発明の名称： アーク溶接継手およびアーク溶接方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、自動車の足回り部材等に好適な耐食性に優れたアーク溶接継手、およびそれを得るためのアーク溶接方法に関するものである。

### 背景技術

[0002] 近年、自動車に対して、車体の安全性および信頼性の向上を目的とした、車体に使用する部材の高強度化および高剛性化と、燃費改善を目的とした部材の軽量化とを両立するニーズが高まっている。その結果、高強度鋼板の適用による部材鋼板の薄肉化が進められている。一方、自動車に採用される様々な部材の中でも特に足回り部材（たとえばロアアーム等）は、部材強度や剛性の観点から、ボデーに比べ厚肉の鋼板が使用される。したがって、足回り部材で使用する鋼板の高強度化を図り、さらに鋼板の薄肉化を達成すれば、車体のさらなる軽量化が可能となる。これにより、部材強度や剛性を確保しつつ、燃費の改善が実現される。

[0003] 一般に、腐食環境下で使用される部材は、耐食性を確保する目的で、溶接後に化成処理および電着塗装等の防錆処理が施される。しかし、経時に伴い、溶接部およびその近傍で錆や腐食が確認される場合がある。上記のように、電着塗装を施した部材に発生する腐食は、溶接部から発生しやすく、時間の経過とともに溶接部とその周辺の広い範囲で塗膜膨れを伴いながら拡大し、板厚方向にも進行していく。このようにして腐食が進行すると、溶接部とその近傍の板厚が減少し、その結果、溶接部の強度低下、ひいては部材の強度低下を招く。つまり、溶接部に荷重が作用する部材（たとえば自動車の足回り部材等）において腐食が発生し、かつ進展すると、部材の破壊につながる場合がある。

[0004] 電着塗装を行なう際には、まず前処理として、母材鋼板ならびに溶接金属と電着塗膜との密着性を高めるために、母材鋼板ならびに溶接金属に対して

化成処理（たとえばリン酸亜鉛処理等）を施した後、電着塗装を行なう。化成処理の一例として広く普及しているリン酸亜鉛処理とは、母材鋼板ならびに溶接金属の表面にリン酸亜鉛結晶を成長させて、電着塗装における塗膜の密着性を高める技術である。ところが、従来の技術では、電着塗装に先立って化成処理を施した部材においても、時間の経過とともに溶接部とその周辺の広い範囲で塗膜膨れが頻繁に発生する。つまり、前処理として上記の化成処理を施した後、電着塗装を行なう技術では、溶接部を起点とする腐食の発生を完全に抑制することは困難である。

[0005] そこで、めっき層（たとえば亜鉛系めっき等）を有する鋼板を使用する技術が検討されている。めっき層を有する鋼板の製造コストは、めっき処理のコストが加わるので、通常の鋼板の製造コストに比べて高額になるのは避けられないものの、めっき層による耐食性向上の効果が期待される。

[0006] しかしながら、めっき層を有する鋼板を使用した部材も、従来と同様に接合法としてアーク溶接が使用される。このため、熱源であるアークプラズマ（以下、アークという）によって高熱に曝される溶接部ではめっき層が蒸発し、非めっき部が局部的に露出する。したがって、めっき層を有する鋼板の使用に伴うコスト上昇に見合うような耐食性の大幅な向上は期待できない。

[0007] 以上に説明した通り、部材の耐食性を改善する製造技術には様々なものが開発されているが、いずれも長所と短所を併せ持っている。そして、製造コストの上昇を抑えながら耐食性の向上を図る観点から、溶接部を起点とする腐食の発生と進展を一層効果的に防止する技術が検討されている。

[0008] 溶接部から腐食が発生する起点として、

(a)溶接部（主に溶接ビードの表面）に付着したスラグ、

(b)溶接部に付着した溶接ヒューム、

(c)溶接によって高温に曝される鋼板の表面で生成した酸化物、

が従来から知られている。上記した(a)(b)の付着物や(c)の酸化物が溶接部に存在する部材を化成処理に供しても、これらの付着物や生成物を起点として、リン酸亜鉛結晶からなる化成処理層で覆われない領域が局部的に残留

する。

[0009] そして、化成処理層で覆われない領域では、電着塗装を施しても塗膜の形成が不十分になったり、塗膜の密着性が不十分となるので、耐食性が著しく低下する。その結果、腐食の発生と進展に起因する板厚の減少を引き起こす。そこで、上記した(a)(b)の付着物や(c)の酸化物の発生を防止する技術が検討されている。

[0010] たとえば、特許文献1には、アーク溶接した後、電着塗装を施す前の溶接部とその近傍に、pHが2以下で液温が30～90℃の非酸化性の酸性溶液を用いてスプレー処理もしくは浸漬処理を行なう技術が開示されている。この技術は、溶接ビードや鋼板を非酸化性の溶液で溶解することによって、上記した(a)のスラグ、(b)の溶接ヒューム、(c)の酸化物を除去するものである。

[0011] しかし、特許文献1に開示された技術では、電着塗装の前に酸性溶液を洗い流す必要があるため、部材の製造工程が複雑になる。また、所望の形状に成形された部材は多様な形状の鋼板を重ね合わせて接合されたものであるから、重ね合わせた隙間に残留した酸性溶液が激しい腐食を引き起こす。さらに、酸性溶液を大量に使用するので、製造設備が腐食環境に曝されて腐食や故障を生じやすくなることに加えて、ヒュームの飛散を防止して作業員の安全を確保する必要がある。

[0012] 特許文献2には、アーク溶接において、溶接部をシールドするためのガス（以下、シールドガスという）に含有される酸化性ガス（すなわちCO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>）を低減する技術が開示されている。この技術は、溶接時のスラグの生成を抑制し、かつ溶接熱影響部の酸化を抑えるとともに、溶接ヒュームの付着も抑えるものである。

[0013] しかし、シールドガス中の酸化性ガス量を低減すればアークの安定性が損なわれて、溶接ビードが不安定になり、溶込み不良を引き起こす。このような溶接部の欠陥は接合強度の低下の原因となるため、特許文献2に開示された技術を足回り部材のように強度や剛性が求められる部材に適用するのは困

難である。

[0014] 特許文献3には、アーク溶接にて使用する溶接ワイヤのSiとMnの含有量、および使用する鋼板のSiとMnの含有量の合計量を低減することによって、スラグの生成を抑制する技術が開示されている。

[0015] しかし、スラグの生成を抑制する観点からSiとMnの含有量を低減すれば、鋼板の強度が低下するのは避けられない。つまり、特許文献3に開示された技術では、部材の強度を確保するために厚肉の鋼板を使用せざるを得ず、車体の軽量化を達成するのは困難である。

[0016] 特許文献4には、スラグや溶接ヒューム、ならびに酸化物が存在する溶接ビードであっても、化成処理で使用する処理液の成分を調整することによって、化成処理層を十分に形成する技術が開示されている。この技術は、リン酸亜鉛コロイドを含有する表面調整液を用いて表面処理を行なうことによって、化成処理層の形成を容易にする。さらに、F含有量が100質量ppm以上であるリン酸亜鉛処理液を用いて化成処理を行なうことで、スラグ、溶接ヒューム、ならびに酸化物を溶解除去して、電着塗装による塗膜の密着性を高めるものである。

[0017] しかし、特許文献4に開示された技術では、毒物指定されているフッ素を含有するリン酸亜鉛処理液を使用するので、その廃液を工場外へ排出する際には、環境基準を満たすレベルまでフッ素を低減しなければならない。したがって、部材の製造設備に加えて、大規模な廃液処理設備が必要となる。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0018] 特許文献1：特開平9-20994号公報
- 特許文献2：特開平8-33982号公報
- 特許文献3：特開平8-33997号公報
- 特許文献4：特許第5549615号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0019] 本発明は、従来の技術の問題点を解消するものであり、電着塗装を施して使用する様々な鋼製の部材（たとえば自動車の足回り部材等）に好適な耐食性に優れたアーク溶接継手、およびそれを得るためのアーク溶接方法を提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0020] 本発明者らは、上記した課題を解決するために、電着塗装を施した鋼製の部材（以下、鋼製塗装部材という）の溶接部における耐食性の劣化の原因について調査した。

[0021] 鋼製塗装部材の溶接部の耐食性劣化は、溶接部（すなわち溶接ビード部および溶接熱影響部）に付着したスラグや溶接ヒューム、ならびにアーク溶接によって高温に曝された鋼板の表面に生成した酸化物に起因するものである。一般に、鋼板を加工して製造した部材に電着塗装を施す前に、化成処理としてリン酸亜鉛処理を行なうと、リン酸亜鉛処理液のエッチング作用によって鋼板が溶解する。そして、鋼板の溶解によって水素イオンが消費されることで固液界面の局部領域でpHが上昇し、鋼板の表面にリン酸亜鉛結晶（すなわち化成処理層）が析出する。ところが、鋼板の溶接部には、スラグや溶接ヒューム、その他の酸化物が存在するので、リン酸亜鉛処理液による溶解性が低下する。その結果、リン酸亜鉛結晶が析出し難くなっている。したがって、溶接部では、化成処理層が十分に形成されないので、その後、電着塗装を施しても塗膜の密着性を確保できない。これが鋼製塗装部材の溶接部の耐食性劣化の原因である。

[0022] つまり、溶接部にリン酸亜鉛結晶を十分に析出させることができれば、電着塗装の塗膜の密着性を高めて、溶接部の耐食性を向上させることが可能となる。

[0023] そこで、本発明者らは、溶接部にリン酸亜鉛結晶を隙間なく析出させ、耐食性を向上可能とする技術について研究した。そして、溶接部の耐食性向上を図るためには、溶接部に付着するスラグを低減させることが最も効果的で

あることを見出した。しかし、高強度の鋼板ならびに溶接ワイヤを使用した部材では、成分の高合金化によってS i、M n、T i等の含有量が増加するため、溶接部におけるスラグ生成量は増加するという問題が生じる。

[0024] 鋼板ならびに溶接ワイヤに含まれるS i、M n、T i等の酸化を抑制すれば、この問題は解消できる。つまり、酸化性ガスの含有量を低減させたシールドガスを使用すれば、これらの元素の酸化が抑制され、スラグ生成量を低減できる。しかし、シールドガス中の酸化性ガスを減少させると、アーク溶接時に陰極点が激しく動き回るので、アークが不安定になる。その結果、大気巻き込みに起因する溶融池への酸素混入、あるいは溶接ビードの形状劣化という新たな問題が発生する。

一方で、鋼製塗装部材の高強度化を図るためには、S i、M n、T i等の含有量の増加は避けられない。

[0025] 本発明者らの研究によれば、アークの安定性を保ち、良好な形状の溶接ビードを得つつ、溶接ビードに付着するスラグの生成を抑制し、化成処理層を十分に析出することが、部材の耐食性改善にも有効である。さらに、  
(A)溶接ビードの止端部に付着する溶接ヒュームを低減させる、  
(B)溶接によって鋼板の表面に生成する酸化物を低減させる、および  
(C)鋼板の製造工程で表面に生成した酸化物（いわゆる黒皮）を除去することによって、化成処理層の析出を促進し、耐食性を一層向上できる。

[0026] 本発明は、このような知見に基づいてなされたものである。

すなわち、本発明は、アーク溶接で鋼板を溶接することによって形成された溶接ビードの表面の面積をビード表面積 $S_{\text{BEAD}}$  ( $\text{mm}^2$ ) とし、そのビード表面積 $S_{\text{BEAD}}$ のうちのスラグで覆われた領域の面積をスラグ表面積 $S_{\text{SLAG}}$  ( $\text{mm}^2$ ) として、(1)式で算出されるスラグ被覆面積率 $S_{\text{RATIO}}$  (%) が15%以下であり、かつ溶接ビードの溶接線に垂直な方向のビード幅の最大値 $W_{\text{MAX}}$  (mm) と最小値 $W_{\text{MIN}}$  (mm) を用いて(2)式で算出されるビード幅比率 $W_{\text{RATIO}}$  (%) が60%以上であるアーク溶接継手である。

[0027] 本発明のアーク溶接継手においては、鋼板の表面の酸化物がアーク溶接時

の陰極点形成によって除去されたクリーニング領域が溶接ビードの止端部に隣接して形成され、かつクリーニング領域の外縁部から溶接ビードの止端部までの溶接線に垂直な方向の距離（以下、「クリーニング幅」と呼称する。） $M$ （mm）の最小値 $M_{MIN}$ （mm）が0.5mm以上であることが好ましい。

[0028] また本発明は、アーク溶接で鋼板を溶接することによって形成された溶接ビードの表面の面積であるビード表面積 $S_{BEAD}$ （mm<sup>2</sup>）とビード表面積 $S_{BEAD}$ のうちのスラグで覆われた領域の面積であるスラグ表面積 $S_{SLAG}$ （mm<sup>2</sup>）を用いて（1）式で算出されるスラグ被覆面積率 $S_{RATIO}$ （%）が15%以下であり、かつ溶接ビードの溶接線に垂直な方向のビード幅の最大値 $W_{MAX}$ （mm）と最小値 $W_{MIN}$ （mm）を用いて（2）式で算出されるビード幅比率 $W_{RATIO}$ （%）が60%以上であるアーク溶接継手を製造するアーク溶接方法である。

[0029] 本発明のアーク溶接方法においては、一般的なCO<sub>2</sub>溶接やMAG溶接と同様の逆極性でアーク溶接を行ない、電子放出の起点となる陰極点の形成によって、鋼板表面の酸化物が除去されたクリーニング領域を溶接ビードの止端部に隣接して形成し、かつクリーニング幅 $M$ （mm）の最小値 $M_{MIN}$ （mm）を0.5mm以上とすることが好ましい。さらに、シールドガスとしてArガスを用いることが好ましい。

[0030] さらに、鋼板と溶接ワイヤが断続的に短絡し、その短絡の平均短絡周波数 $F_{AVE}$ （Hz）が20～300Hzであり、かつ短絡の最大短絡周期 $T_{CYC}$ （s）が1.5s以下であることが好ましい。さらに、アーク溶接において溶接電流としてパルス電流を使用し、パルス電流のピーク電流 $I_{PEAK}$ （A）、ベース電流 $I_{BASE}$ （A）、ピーク期間 $t_{PEAK}$ （ms）、立ち上がり期間 $t_{UP}$ （ms）、立ち下がり期間 $t_{DOWN}$ （ms）、および鋼板とコンタクトチップとの距離 $L$ （mm）を用いて（3）式で算出される $X$ （A・s/m）の値が $50 \leq X \leq 250$ を満たすことが好ましい。本発明のアーク溶接方法においては、溶接ワイヤとしてソリッドワイヤを使用しても良い。

$$S_{\text{RATIO}} = 100 \times S_{\text{SLAG}} / S_{\text{BEAD}} \quad \dots (1)$$

$$W_{\text{RATIO}} = 100 \times W_{\text{MIN}} / W_{\text{MAX}} \quad \dots (2)$$

$$X = (I_{\text{PEAK}} \times t_{\text{PEAK}} / L) + (I_{\text{PEAK}} + I_{\text{BASE}}) \times (t_{\text{UP}} + t_{\text{DOWN}}) / (2 \times L) \quad \dots (3)$$

なお、上記のクリーニング領域は、鋼板をマイナス極、溶接ワイヤをプラス極（いわゆる逆極性）としてアーク溶接を行なうことによって、電子放出の起点となる陰極点が鋼板に形成され、その電子放出に起因して鋼板の表面の酸化物が除去される現象（いわゆるクリーニング）が生じる領域である。さらに、Xの単位（A・s/m）中の「s」はセカンド（秒）であり、 $t_{\text{PEAK}}$ 、 $t_{\text{UP}}$ 、 $t_{\text{DOWN}}$ の単位（ms）は、ミリセカンド（=1/1000秒）である。

### 発明の効果

[0031] 本発明によれば、足回り部材等の各種部材の溶接部の耐食性を向上することができ、高強度の鋼板を用いた部材や腐食性の強い環境で使用する部材の防錆性能を高めることができる。本発明によれば、たとえば、引張強さが440MPa以上である高強度の鋼板（たとえば440MPa級、590MPa級、980MPa級の鋼板）を用いて各種部材を製造し、かつその耐食性の向上を図ることができるので、産業上格段の効果を奏する。また、高強度の鋼板を用いることによって、部材の薄肉化を図ることもできる。

### 図面の簡単な説明

[0032] [図1]図1は、本発明を重ね隅肉溶接に適用する例を模式的に示す斜視図である。

[図2]図2は、図1の重ね隅肉溶接で形成される溶接ビードの例を模式的に示す斜視図である。

[図3]図3（a）および図3（b）は、図1中の溶接ワイヤとその近辺を拡大して示す断面図であり、短絡移行の様子を示す概略図である。

[図4]図4は、溶接電流として供給するパルス電流波形を示すグラフである。

[図5]図5は、図1の重ね隅肉溶接で形成される溶接ビードにおける止端部お

よび始末端部を模式的に示す斜視図である。

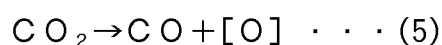
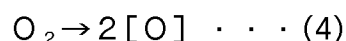
### 発明を実施するための形態

[0033] 以下では、図1～5を参照して、本発明を重ね隅肉溶接に適用する例について説明する。ただし、本発明は重ね隅肉溶接に限らず、様々な溶接技術（たとえば突合せ溶接等）にも適用できる。

なお、本発明は、少なくとも2枚の鋼板のアーケ溶接を対象とし、図1には、一例として2枚の鋼板を溶接する図を示す。

[0034] 本発明では、例えば図1に示されるように、溶接トーチ2の中心部を通して溶接トーチ2から鋼板（母材）3（詳しくは、例えば母材である鋼板3を2枚重ねて形成した段差のすみ部からなる溶接線）へ連続的に送給される溶接ワイヤ1と鋼板3を電極として、溶接電源（図示せず）から溶接電圧が印加される。溶接トーチ2内から供給されるシールドガス（図示せず）の一部が電離し、プラズマ化することで溶接ワイヤ1と鋼板3の間にアーケ5が形成される。また、シールドガスの内、電離を生じず溶接トーチ2から鋼板3へと流れる分は、アーケ5および鋼板3が溶融し形成される溶融池（図1では図示せず）を外気から遮断する役割を持つ。アーケ5の熱によって、溶接ワイヤ1の先端部が溶融して溶滴となり、該溶滴が、電磁力や重力等によって溶融池へと輸送される。この現象が、溶接トーチ2または鋼板3の移動に伴って連続的に生じることで、溶接線の後方では溶融池が凝固し、溶接ビード6が形成される。これにより、2枚の鋼板の接合が達成される。

[0035] 図1に示すように、2枚の鋼板3を重ね合わせて、アーケ溶接で重ね隅肉溶接を行なう際に、シールドガスに混入する $O_2$ もしくは $CO_2$ がアーケ5によって加熱されて、(4)式もしくは(5)式に示す反応が進行する。



このような分解反応で生成した酸素は溶融メタル7や溶融池8に溶解（図3(a)および図3(b)参照）し、冷却されて溶接金属として凝固する際に、気泡となって溶接金属内に残留する。また、酸素と鉄の酸化反応が進行

して、溶接金属の機械的性能を劣化させる場合がある。

[0036] この問題を解消するために、溶接ワイヤ1や鋼板3にSi、Mn、Ti等の非鉄元素を脱酸剤として添加したものが使用される。つまり、(4)式もしくは(5)式の反応で生成した酸素を $SiO_2$ 、 $MnO$ 、 $TiO_2$ 等からなるスラグとして排出することによって、酸素と鉄の反応を抑制する。

[0037] 溶融池8の表面に排出されたスラグは、その後の冷却過程において凝集し、溶接ビード6の表面と止端部9(すなわち溶接ビード部)(図5を参照)に付着して凝固する。このようにして溶接ビード部にスラグが付着したアーク溶接継手を化成処理に供しても、化成処理層が十分に形成されない。しかもスラグは絶縁体であるから、電着塗装の塗膜の均一な形成も困難である。したがって、脱酸剤を添加した溶接ワイヤ1や鋼板3を用いて、溶接金属の機械的性能の劣化を防止しつつ、スラグの生成を抑制する必要がある。

ここで、図5を用いて、溶接ビードにおける止端部9および始末端部10を説明する。図5に示すように、本発明において「ビード始末端部」とは、ビード始端部とビード終端部の領域である。「ビード始端部」とは、ビード始端(溶接開始位置)から溶接線上をビード終端(溶接終了位置)方向へ15mm以内の領域を指し、「ビード終端部」とは、ビード終端から溶接線上をビード始端方向へ15mm以内の領域を指す。本発明において「ビードの止端部」とは、溶接ビードの溶接線に垂直な方向の溶接金属と未溶融の母材鋼板との境界を指す。

[0038] そこで、本発明では、Arガスを主成分とするシールドガスを使用することによって $O_2$ や $CO_2$ の混入量を低減させ、その結果、スラグの生成を抑制する。具体的には、溶接ビード6の表面の面積をビード表面積 $S_{BEAD}$ ( $mm^2$ )とし、そのビード表面積 $S_{BEAD}$ のうちのスラグで覆われた領域の面積をスラグ表面積 $S_{SLAG}$ ( $mm^2$ )として、(1)式で算出されるスラグ被覆面積率 $S_{RATIO}$ (%)を15%以下とする。さらに、スラグの生成量が減少すると溶接ビード6の表面におけるスラグの凝集が抑制されるため、スラグ被覆面積率 $S_{RATIO}$ は好ましくは9%以下とし、一層好ましくは5%以下とする。

[0039] なお、非導電性であるスラグの生成量が低下するほど、化成処理および電着塗装性が良好となるため、スラグ被覆面積率  $S_{RATIO}$  は小さいほど好ましく、下限は特に規定しない。スラグ被覆面積率  $S_{RATIO}$  は、0.1%以上とすることが好ましい。

$$S_{RATIO} = 100 \times S_{SLAG} / S_{BEAD} \dots (1)$$

スラグが溶接ビード6上で不均一に分布するのを防止するためには、溶接ビード6の形状を安定させる必要がある。

[0040] そこで、本発明では、溶接ビード6の溶接方向に平行な線（以下、溶接線という）に垂直な方向のビード幅（図2参照）の最大値  $W_{MAX}$  (mm) と最小値  $W_{MIN}$  (mm) を用いて（2）式で算出されるビード幅比率  $W_{RATIO}$  (%) を60%以上とする。ビード幅のばらつきを小さくする（すなわち  $W_{MAX}$  と  $W_{MIN}$  の差を小さくする）ことによって、溶接ビード6の形状が安定する。その結果、溶接ビード部への入熱を一定に保つことができる。つまり、表面性状が均一な溶接ビード6を形成することが可能となるので、化成処理による均一な化成処理層ならびに電着塗装による均一な塗膜を得ることができる。さらに、 $W_{MAX}$  と  $W_{MIN}$  の差が小さくなることで、化成処理および電着塗装における処理液の  $W_{MIN}$  となる箇所への局所的な溜まりが抑制されるため、ビード幅比率  $W_{RATIO}$  は、好ましくは70%以上とし、一層好ましくは80%以上とする。

[0041] なお、ビード幅比率  $W_{RATIO}$  の上限は特に規定しない。好ましくは100%以下とする。

$$W_{RATIO} = 100 \times W_{MIN} / W_{MAX} \dots (2)$$

アーク溶接は、溶接ワイヤ1を陽極とし、鋼板3を陰極として行なうこと（いわゆる逆極性）が好ましい。逆極性とすることによって、鋼板3に電子放出の起点となる陰極点が形成されて、鋼板3の表面の酸化物（たとえば鋼板3の製造工程で生成する黒皮、溶接時の入熱によって生成した酸化物等）が除去された領域4（いわゆるクリーニング領域）が出現する。

[0042] クリーニング領域4の外縁部から溶接ビード6の止端部までの溶接線に垂

直な方向の距離、すなわちクリーニング幅 $M$ （図2参照）が小さすぎると、溶接ビード6の止端部の近辺に酸化物が残存する。これにより、化成処理による化成処理層ならびに電着塗装による塗膜が不均一になり、溶接ビード部の腐食が進行し易くなる。したがって、クリーニング幅 $M$ （mm）の最小値 $M_{MIN}$ （mm）は、0.5mm以上であることが好ましい。一層好ましくは、2.0mm以上である。さらに好ましくは、4.0mm以上である。

[0043] 一方、溶接による熱的な影響を受けない鋼板原質部では、クリーニング作用による化成処理および電着塗装性の改善は期待できないとともに、陰極点の形成領域が広がるとアーク放電自体が不安定となる。このため、クリーニング幅 $M$ （mm）の最大値 $M_{MAX}$ （mm）は、8.0mm以下であることが好ましい。

[0044] 逆極性でアーク溶接を行なうことによって、溶接ワイヤ1が陽極、鋼板3が陰極となる。そして、溶接トーチ2の中心部を通して鋼板3へ連続的に供給される溶接ワイヤ1から溶接電圧が印加され、溶接トーチ2内から供給されるシールドガスの一部が電離してプラズマ化する。これによって、溶接ワイヤ1と鋼板3の間にアーク5が形成される。シールドガスの残部（すなわち電離せずに溶接トーチ2から鋼板3へ流れるガス）は、アーク5、溶融メタル7、溶融池8を外気から遮断する（図3参照）。これによって、酸素の混入（すなわちスラグの生成）および窒素の混入（すなわちブローホールの生成）を防止する役割を持つ。

[0045] 溶接ワイヤ1の先端部は、アーク5の熱によって溶融して溶融メタル7となり、その溶滴が電磁力や重力によって溶融池8へ輸送される。このとき、溶融メタル7が溶融池8から分離した状態（図3（a）参照）と、溶融メタル7が溶融池8に接触して電氣的に短絡した状態（図3（b）参照）とを規則的に繰り返す。そして、溶接ワイヤ1を溶接線の方に移動させながら、この現象を連続的に生じさせることで、溶接線の後方で溶融池8が凝固して、溶接ビード6が形成される。

[0046] シールドガスにArガスを用いたアーク溶接では、溶融メタル7や溶融池

8に混入する酸素が極めて少ないので、スラグの生成を防止する効果は得られる。しかし、陰極点が激しく変動することから、溶接ビード6が蛇行し易い、あるいは波打った形状となり易いという欠点がある。ここで、上記Arガスの組成は、Arが体積分率で99.0%以上であるものをいう。上記ArガスからなるシールドガスをArシールドガスともいう。

[0047] この欠点を解消するために、本発明では、アーク溶接における溶接ワイヤ1と鋼板3が短絡する周期（以下、短絡周期という）ならびに短絡する周波数（以下、短絡周波数という）を限定する。具体的には、短絡周期の最大値 $T_{CYC}$  (s)を1.5s以下とし、かつ短絡周波数の平均値（平均短絡周波数） $F_{AVE}$  (Hz)を20~300Hzとすることが好ましい。

[0048] このように短絡周期の最大値ならびに平均短絡周波数を限定し、安定した溶滴移行を実現することで、スラグ生成の抑制と安定したアーク放電を両立し、スラグ被覆面積率 $S_{RATIO}$ 及びビード幅比率 $W_{RATIO}$ が上述した範囲内となる溶接ビード6を得ることができる。

[0049] 溶接ワイヤ1の先端から生じる溶滴は、体積が大き過ぎても小さ過ぎても溶融池8が不安定になる。具体的には、平均短絡周波数 $F_{AVE}$ が20Hz未満の場合には、大粒の溶滴が溶融池8へ移動したり、短絡移行以外の溶滴移行形態（たとえばストリーミング移行等）が不規則に混在することとなる。また、平均短絡周波数 $F_{AVE}$ が300Hzを超える場合には、溶滴は小粒ではあるものの短絡に伴うアークの再点弧が過多となる。このような理由から、いずれの場合も溶融池8の乱れが生じ、溶接ビードの蛇行および波打ちをなくすのは困難である。つまり、平均短絡周波数 $F_{AVE}$ を20~300Hzとすることによって、1回の短絡で溶融池8へ輸送される溶滴の体積を、溶接ワイヤ1と同一径の球体と同じ程度とすることが可能となる。その結果、溶滴の移動を安定させることができる。

[0050] 平均短絡周波数 $F_{AVE}$ は、1回の短絡で溶融池8へ輸送される溶滴の体積のムラをなくし、溶接ビードの均一度を向上させるため、35Hz以上が一層好ましく、50Hz以上がさらに一層好ましい。また、平均短絡周波数 $F_{AVE}$

が大きいと、体積の小さい溶滴が短絡および再点弧時に大量のスパッタとして飛散する場合があるため、 $250\text{ Hz}$ 以下が一層好ましく、 $200\text{ Hz}$ 以下がさらに一層好ましい。

[0051] また、最大短絡周期 $T_{CYC}$ が $1.5\text{ s}$ を超えると、溶滴移行が不安定化して、ビード幅や溶込み深さが不安定になる。つまり、最大短絡周期 $T_{CYC}$ を $1.5\text{ s}$ 以下とすることによって、良好な形状を有する溶接ビード6を得ることができる。最大短絡周期 $T_{CYC}$ は、アーク溶接継手を得るために行なう溶接パスの短絡周期の中の最大値を指す。つまり溶接パスの各々の短絡周期が、いずれも $1.5\text{ s}$ を超えないことを意味する。

[0052] このようにして平均短絡周波数 $F_{AVE}$ および最大短絡周期 $T_{CYC}$ を限定することによって、Arシールドガスを使用したアーク溶接において、規則的に安定した溶滴の移動が可能となる。なお、上述した平均短絡周波数 $F_{AVE}$ を $20\text{ Hz}$ 以上とするため、最大短絡周期 $T_{CYC}$ は $1.0\text{ s}$ 以下が一層好ましい。より好ましくは、 $0.2\text{ s}$ 以下である。また、最大短絡周期 $T_{CYC}$ は、平均短絡周波数 $F_{AVE}$ が $300\text{ Hz}$ 以下となる範囲であればよく、 $0.004\text{ s}$ 以上であることが好ましい。

[0053] 平均短絡周波数 $F_{AVE}$ は、アーク溶接継手を得るために行なう溶接パスの短絡周波数の平均値を指す。つまり、溶接パスのアーク電圧の推移を測定機器（たとえばオシロスコープ等）で測定して、そのアーク電圧がゼロになる回数を計測し、その溶接に要した時間（s）で回数を除した値（回/s = Hz）である。

[0054] なお、溶接条件の好ましい範囲としては、例えば、溶接電流： $150\sim 300\text{ A}$ 、アーク電圧： $20\sim 35\text{ V}$ 、Arガス流量： $15\sim 25\text{ Liter / 分}$ 、鋼板3とコンタクトチップとの距離L（以下、CTWDという）： $5\sim 30\text{ mm}$ が挙げられる。なお、溶接電流とアーク電圧は、溶接パスにおける平均値である。

[0055] さらに、平均短絡周波数および最大短絡周期を上記の範囲にする手法は、特に限定しない。例えば、図4に示すようなパルス電流による電流波形制御

を付与し、ピーク電流を  $I_{PEAK}(A)$ 、ベース電流を  $I_{BASE}(A)$ 、ピーク期間を  $t_{PEAK}(ms)$ 、立ち上がり期間を  $t_{UP}(ms)$ 、立ち下がり期間を  $t_{DOWN}(ms)$ 、CTWDを  $L(mm)$ としたとき、下記の式(3)で算出される  $X(A \cdot s/m)$ の値が  $50 \leq X \leq 250$ を満たすことで、本発明の効果をより有効に得ることができる。

$$X = (I_{PEAK} \times t_{PEAK} / L) + (I_{PEAK} + I_{BASE}) \times (t_{UP} + t_{DOWN}) / (2 \times L) \quad \dots (3)$$

(3)式で算出される  $X(A \cdot s/m)$ の値が小さすぎると、アーク5のふらつきや溶滴移行の不安定化が発生する場合がある。一方、 $X$ の値が大きすぎると、溶接ワイヤ1が溶融池8へ突っ込んだり、成長した溶滴が短絡時に飛散して、ビード形状の劣化やスパッタ付着などを生じる場合がある。したがって、 $X$ の値は、 $50 \leq X \leq 250$ を満たすことが好ましい。より好ましくは  $60 \leq X \leq 230$ である。 $X$ の値は、一層好ましくは80以上であり、一層好ましくは200以下である。なお、 $X$ の単位  $(A \cdot s/m)$ 中の「s」はセカンド(秒)であり、 $t_{PEAK}$ 、 $t_{UP}$ 、 $t_{DOWN}$ の単位  $(ms)$ は、ミリセカンド(=1/1000秒)である。

[0056] また、鋼板3とコンタクトチップとの距離  $L$ の値が小さすぎると、溶接トーチ2の損耗が激しく溶接が不安定化し、過大であるとアーク5のふらつきが発生する。したがって、 $L$ の値は5~30mmが好ましい。より好ましくは8~20mmである。

[0057]  $I_{PEAK}$ の値は、過小であると十分な入熱が確保できずビード形状の劣化を生じ、過大であると溶落ちを引き起こしたり、スパッタの増加を招くため、250~600Aが好ましい。 $I_{PEAK}$ は、より好ましくは400A以上であり、より好ましくは500A以下である。

[0058]  $I_{BASE}$ の値は、過小であるとアークが不安定化し、過大であると溶落ちを引き起こすため、30~120Aが好ましい。 $I_{BASE}$ は、より好ましくは40A以上であり、より好ましくは100A以下である。

[0059]  $t_{PEAK}$ の値は、過小であると入熱を十分に確保できず、過大であると溶落

ちを引き起こすため、0.1～5.0msが好ましい。t<sub>PEAK</sub>は、より好ましくは1.0ms以上であり、より好ましくは4.5ms以下である。

[0060] t<sub>UP</sub>およびt<sub>DOWN</sub>は、過小であるとアークのふらつきを誘発し、過大であるとビード形状の劣化を招くため、それぞれ0.1～3.0msが好ましい。t<sub>UP</sub>ならびにt<sub>DOWN</sub>は、それぞれ、より好ましくは0.5ms以上であり、より好ましくは2.5ms以下である。

[0061] Xの値を算出するための(3)式では使用しないが、パルス電流のベース期間をt<sub>BASE</sub>(ms)として、t<sub>BASE</sub>が過小であると溶滴が小さすぎ、過大であると溶滴が大きくなりすぎるため、いずれの場合でも溶接が不安定化する。よって、t<sub>BASE</sub>は0.1～10.0msが好ましい。より好ましくは1.0ms以上であり、より好ましくは8.0ms以下である。

[0062] なお、本発明では、パルス電流の毎周期に1短絡を起こさせる必要はなく、1～数パルスで1短絡を起こさせればよい。また、1～数パルスで1短絡を生じさせることができるのであれば、パルス電流のパルス周波数は、特に限定しない。

[0063] 本発明で、パルス電流を導入する狙いは、(1)ベース期間において低電流とすることでアークのふらつきを抑制しながら溶滴の安定成長を促進すること、(2)ピーク期間から立ち下がり期間にかけて、電磁力やArシールドガスのせん断力によって、成長した溶滴をワイヤから離脱させるのではなく、成長した溶滴を溶融池へと押し下げることで、短絡を促進すること、にある。

[0064] 本発明は、酸素の供給や特別な元素の添加を必要としない。このため、溶接ワイヤとして、フラックス入りワイヤに比べてより安価であるソリッドワイヤを使用することで、プロセスの低コスト化を実現できる。

なお、本発明に好適に用いることができるソリッドワイヤは、C:0.020～0.250質量%、Si:0.05～1.50質量%、Mn:0.50～3.0質量%、P:0.020質量%以下、S:0.03質量%以下を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物であるワイヤ組成を有する。ソリッ

ドワイヤの直径は0.4 mm～2.0 mmが好ましい。

## 実施例

[0065] 本発明のアーク溶接継手およびアーク溶接方法について、実施例により詳細に説明する。

表1に示す成分を有する2枚の鋼板（いずれも板厚2.6 mm）を用いて重ね隅肉溶接（図1参照）を行ない、アーク溶接継手を作製した。その溶接条件は表2に示す通りであった。表2中にワイヤ記号として示す溶接ワイヤ（いずれも直径1.2 mm）の成分は表4に示す通りであった。なお、表1、4に示す以外の成分は不可避的不純物であった。

作製したアーク溶接継手に対して、アルカリ脱脂、表面調整、およびリン酸亜鉛系の化成処理を施し、溶接部以外の母材平板部の膜厚が15 μmとなる条件でカチオン電着塗装を行った後、SAE J2334の腐食試験を60サイクルまで実施した。

[0066] なおビード表面積 $S_{\text{BEAD}}$ とスラグ表面積 $S_{\text{SLAG}}$ は、溶接ビード6のビード始末端部10（各々長さ15 mm）を除いた領域の表面を真上から撮影し、溶接ビードおよびスラグの上面からの投影面積を測定して算出した。溶接ビード6の長さが130 mm未満であった場合は、ビード始末端部10を除く全長の表面を撮影した。溶接ビード6の長さが130 mm以上であった場合は、ビード始末端部10を除いて任意の部位（長さ100 mm）の表面を撮影した。算出したビード表面積 $S_{\text{BEAD}}$ およびスラグ表面積 $S_{\text{SLAG}}$ の値と、上記（1）式とを用いて、スラグ被覆面積率 $S_{\text{RATIO}}$ を求めた。求めたスラグ被覆面積率 $S_{\text{RATIO}}$ を表3に示した。

[0067] 同様に、ビード幅の最大値 $W_{\text{MAX}}$ と最小値 $W_{\text{MIN}}$ は、溶接ビード6のビード始末端部10（各々長さ15 mm）を除いた領域の表面を撮影し、得られた写真を解析して測定した。溶接ビード6の長さが130 mm未満であった場合は、ビード始末端部10を除く全長の表面を撮影した。溶接ビード6の長さが130 mm以上であった場合は、ビード始末端部10を除いて任意の部位（長さ100 mm）の表面を撮影した。測定したビード幅の最大値 $W_{\text{MAX}}$ お

よび最小値 $W_{MIN}$ の各値と、上記(2)式とを用いて、ビード幅比率 $W_{RATIO}$ を求めた。求めたビード幅比率 $W_{RATIO}$ を表3に示した。

[0068] またクリーニング幅の最大値 $M_{MAX}$ と最小値 $M_{MIN}$ も同様に、溶接ビード6のビード始末端部10(各々長さ15mm)を除いた領域の表面を撮影し、得られた写真を解析して測定した。溶接ビード6の長さが130mm未満であった場合は、ビード始末端部10を除く全長の表面を撮影した。溶接ビード6の長さが130mm以上であった場合は、ビード始末端部10を除いて任意の部位(長さ100mm)の表面を撮影した。測定したクリーニング幅の最大値 $M_{MAX}$ および最小値 $M_{MIN}$ の各値を表3に示した。

[0069] 表3に示す「耐食性」の評価は、次のように行った。

まず、腐食試験後のアーク溶接継手を浸漬用剥離剤に浸漬して電着塗装を剥離した後、ISO8407に準拠して腐食生成物を除去した。次いで、溶接ビード6のビード始末端部10(各々長さ15mm)を含む場合は、ビード始末端部10を除いた領域の表面を撮影し、得られた写真を解析してビード止端部9からの最大腐食幅 $H_{MAX}$ を測定した。耐食性の評価は、以下の基準により行い、記号A~C、Fをそれぞれ付与した。

なお、表3に示す、「記号A」は、「ビード止端部からの最大腐食幅 $H_{MAX}$ が3.0mm未満」の場合である。「記号B」は、「ビード止端部からの最大腐食幅 $H_{MAX}$ が3.0mm以上4.5mm未満」の場合である。「記号C」は、「ビード止端部からの最大腐食幅 $H_{MAX}$ が4.5mm以上6.0mm未満」の場合である。「記号F」は、「ビード止端部からの最大腐食幅 $H_{MAX}$ が6.0mm以上」の場合である。記号Aが最も優れ、続いてB、Cの順に優れ、記号Fが劣ることを示す。

ここでは、図5に示すように、「ビード始末端部」とは、ビード始端(溶接開始位置)から溶接線上をビード終端(溶接終了位置)方向へ15mm以内の領域、ビード終端から溶接線上をビード始端方向へ15mm以内の領域を指す。「ビード止端部」とは、溶接ビードの溶接線に垂直な方向の溶接金属と未溶融の母材鋼板との境界を指す。

評価した結果を表3に示した。

[0070] [表1]

鋼板の 引張強度	鋼板の成分(質量%)				
	C	Si	Mn	P	S
980MPa	0.060	0.71	1.80	0.006	0.001
440MPa	0.055	0.02	1.35	0.011	0.001

[0071]

[表2]

No.	溶接電流	アーク電圧	溶接速度	L	シールドガス	鋼板の引張強度	ワイヤ記号	溶滴移行形態	F <sub>AVE</sub>	T <sub>CYC</sub>	ハルス	I <sub>PEAK</sub>	I <sub>BASE</sub>	t <sub>PEAK</sub>	t <sub>UP</sub>	t <sub>DOWN</sub>	t <sub>BASE</sub>	X*1	備考
	A	V	cm/min	mm		MPa			Hz	s		A	A	ms	ms	ms	ms	A·s/m	
1	160	22.0	70	15	Ar-20%CO <sub>2</sub>	980	W1	スプレー	—	—	有	450	50	1.5	1.0	1.0	5.6	78.3	比較例
2	157	21.6	70	15	Ar-20%CO <sub>2</sub>	980	W1	短絡	53	0.05	無	—	—	—	—	—	—	—	比較例
3	245	19.6	90	10	100%Ar	440	W1	短絡	23	0.48	無	—	—	—	—	—	—	—	比較例
4	268	23.8	70	15	100%Ar	980	W1	短絡	43	1.59	無	—	—	—	—	—	—	—	比較例
5	189	22.8	70	15	Ar-5%CO <sub>2</sub>	980	W1	スプレー	—	—	有	450	50	1.5	1.0	1.0	3.7	78.3	本発明例
6	171	20.3	50	10	Ar-5%CO <sub>2</sub>	980	W2	短絡	91	0.01	無	—	—	—	—	—	—	—	本発明例
7	190	22.8	70	15	Ar-5%CO <sub>2</sub>	440	W2	スプレー	—	—	有	450	50	1.5	1.0	1.0	3.6	78.3	本発明例
8	197	23.0	70	15	Ar-3%CO <sub>2</sub>	980	W1	スプレー	—	—	有	450	50	1.5	1.0	1.0	3.3	78.3	本発明例
9	254	21.9	120	15	Ar-3%CO <sub>2</sub>	980	W2	スプレー	—	—	有	500	50	2.0	0.8	0.8	2.6	96.0	本発明例
10	219	22.0	70	10	Ar-3%CO <sub>2</sub>	440	W2	スプレー	—	—	有	450	50	1.5	1.0	1.0	2.4	117.5	本発明例
11	220	21.5	70	10	Ar-1%CO <sub>2</sub>	980	W1	スプレー	—	—	有	450	50	1.5	1.0	1.0	2.4	117.5	本発明例
12	209	22.1	50	10	Ar-1%CO <sub>2</sub>	980	W1	スプレー	—	—	有	500	50	1.5	1.0	1.0	3.1	130.0	本発明例
13	237	27.1	70	10	100%Ar	980	W1	短絡	47	0.06	有	450	50	1.5	1.0	1.0	1.9	117.5	本発明例
14	295	25.6	70	10	100%Ar	980	W1	短絡	70	0.04	有	450	50	1.5	1.0	1.0	0.6	117.5	本発明例
15	226	25.4	70	10	100%Ar	980	W1	短絡	87	0.01	有	550	50	2.0	1.0	1.0	4.5	170.0	本発明例
16	213	20.8	70	15	100%Ar	980	W1	短絡	91	0.01	有	450	80	1.5	1.0	1.0	2.6	78.3	本発明例
17	235	21.0	70	10	100%Ar	980	W2	短絡	88	0.01	有	450	50	3.0	2.0	2.0	3.8	235.0	本発明例

極性=直流逆極性  
 ガス流量=15L/min

\*1.  $X = (I_{PEAK} \times t_{PEAK} / L) + (I_{PEAK} + I_{BASE}) \times (t_{UP} + t_{DOWN}) / (2 \times L)$

[0072]

[表3]

No.	S <sub>RATIO</sub>	W <sub>RATIO</sub>	M <sub>MAX</sub>	M <sub>MIN</sub>	H <sub>MAX</sub>	評価 *2	備考
	%	%	mm	mm	mm		
1	36.1	89	0.1	0.1	8.5	F	比較例
2	20.1	92	0.1	0.1	8.1	F	比較例
3	1.7	56	6.5	2.9	6.3	F	比較例
4	1.0	40	9.3	3.0	6.9	F	比較例
5	12.0	90	0.1	0.1	4.8	C	本発明例
6	14.6	85	0.2	0.2	5.6	C	本発明例
7	8.5	96	1.1	1.0	4.1	B	本発明例
8	8.3	90	0.6	0.5	4.4	B	本発明例
9	6.1	82	0.6	0.6	3.6	B	本発明例
10	2.5	91	1.8	1.4	2.9	A	本発明例
11	1.3	87	2.5	2.0	2.7	A	本発明例
12	1.9	90	2.4	2.2	2.7	A	本発明例
13	1.0	73	5.5	4.0	2.0	A	本発明例
14	1.0	82	6.1	4.1	0.5	A	本発明例
15	1.0	64	6.5	4.0	2.5	A	本発明例
16	1.0	66	7.8	6.7	2.4	A	本発明例
17	1.0	85	5.6	3.2	1.9	A	本発明例

\*2. 評価

Aは、「ビード止端部からの最大腐食幅H<sub>MAX</sub>が3.0mm未満」の場合である。

Bは、「ビード止端部からの最大腐食幅H<sub>MAX</sub>が3.0mm以上4.5mm未満」の場合である。

Cは、「ビード止端部からの最大腐食幅H<sub>MAX</sub>が4.5mm以上6.0mm未満」の場合である。

Fは、「ビード止端部からの最大腐食幅H<sub>MAX</sub>が6.0mm以上」の場合である。

[0073] [表4]

ワイヤ 記号	溶接ワイヤの成分(質量%)				
	C	Si	Mn	P	S
W1	0.068	0.57	1.06	0.006	0.006
W2	0.054	0.90	1.37	0.005	0.015

[0074] 表2～表3から明らかなように、本発明例として示す溶接No.5～15は、S<sub>RATIO</sub>が15%以下であり、かつW<sub>RATIO</sub>が60%以上であるから、耐食性に優れたアーク溶接継手が得られた。

[0075] これら本発明例のうちの溶接No.7～15は、M<sub>MIN</sub>が0.5mm以上であるから、より耐食性に優れたアーク溶接継手が得られた。

[0076] これに対して、比較例である溶接No.1、2はS<sub>RATIO</sub>が15%を超えたため、溶接No.3、4はW<sub>RATIO</sub>が60%を下回るため、化成処理性および

電着塗装性が劣化し、その結果、アーク溶接継手の耐食性も劣化した。

[0077] また、本発明例である溶接No. 5～15のデータによれば、超ハイテン用の溶接ワイヤ（表4中のワイヤ記号W1）と軟鋼用の溶接ワイヤ（表4中のワイヤ記号W2）のいずれを用いても耐食性に優れたアーク溶接継手が得られることが確認できた。

### 符号の説明

- [0078]
- 1 溶接ワイヤ
  - 2 溶接トーチ
  - 3 鋼板（母材）
  - 4 クリーニング領域
  - 5 アーク
  - 6 溶接ビード
  - 7 溶融メタル（溶滴）
  - 8 溶融池
  - 9 ビード止端部
  - 10 ビード始末端部

## 請求の範囲

[請求項1] アーク溶接で鋼板を溶接することによって形成された溶接ビードの表面の面積をビード表面積  $S_{\text{BEAD}}$  ( $\text{mm}^2$ ) とし、前記ビード表面積  $S_{\text{BEAD}}$  のうちのスラグで覆われた領域の面積をスラグ表面積  $S_{\text{SLAG}}$  ( $\text{mm}^2$ ) とし、(1) 式で算出されるスラグ被覆面積率  $S_{\text{RATIO}}$  (%) が 15% 以下であり、

かつ前記溶接ビードの溶接線に垂直な方向のビード幅の最大値  $W_{\text{MAX}}$  (mm) と最小値  $W_{\text{MIN}}$  (mm) を用いて、(2) 式で算出されるビード幅比率  $W_{\text{RATIO}}$  (%) が 60% 以上である、アーク溶接継手。

$$S_{\text{RATIO}} = 100 \times S_{\text{SLAG}} / S_{\text{BEAD}} \quad \dots (1)$$

$$W_{\text{RATIO}} = 100 \times W_{\text{MIN}} / W_{\text{MAX}} \quad \dots (2)$$

[請求項2] 前記鋼板の表面の酸化物が前記アーク溶接によって除去されたクリーニング領域が、前記溶接ビードの止端部に隣接して形成され、かつ前記クリーニング領域の外縁部から前記溶接ビードの止端部までの前記溶接線に垂直な方向の距離  $M$  の最小値  $M_{\text{MIN}}$  (mm) が 0.5 mm 以上である、請求項 1 に記載のアーク溶接継手。

[請求項3] アーク溶接で鋼板を溶接することによって形成された溶接ビードの表面の面積であるビード表面積  $S_{\text{BEAD}}$  ( $\text{mm}^2$ ) と前記ビード表面積  $S_{\text{BEAD}}$  のうちのスラグで覆われた領域の面積であるスラグ表面積  $S_{\text{SLAG}}$  ( $\text{mm}^2$ ) とを用いて (1) 式で算出されるスラグ被覆面積率  $S_{\text{RATIO}}$  (%) が 15% 以下であり、

かつ前記溶接ビードの溶接線に垂直な方向のビード幅の最大値  $W_{\text{MAX}}$  (mm) と最小値  $W_{\text{MIN}}$  (mm) を用いて (2) 式で算出されるビード幅比率  $W_{\text{RATIO}}$  (%) が 60% 以上であるアーク溶接継手を製造する、アーク溶接方法。

$$S_{\text{RATIO}} = 100 \times S_{\text{SLAG}} / S_{\text{BEAD}} \quad \dots (1)$$

$$W_{\text{RATIO}} = 100 \times W_{\text{MIN}} / W_{\text{MAX}} \quad \dots (2)$$

[請求項4] 前記アーク溶接を逆極性で行ない、電子放出の起点となる陰極点の

形成によって、前記鋼板表面の酸化物が除去されたクリーニング領域を前記溶接ビードの止端部に隣接して形成し、かつ前記クリーニング領域の外縁部から前記溶接ビードの止端部までの前記溶接線に垂直な方向の距離Mの最小値 $M_{MIN}$  (mm)を0.5 mm以上とする、請求項3に記載のアーカ溶接方法。

[請求項5] 前記アーカ溶接において、シールドガスとしてArガスを使用する、請求項3または4に記載のアーカ溶接方法。

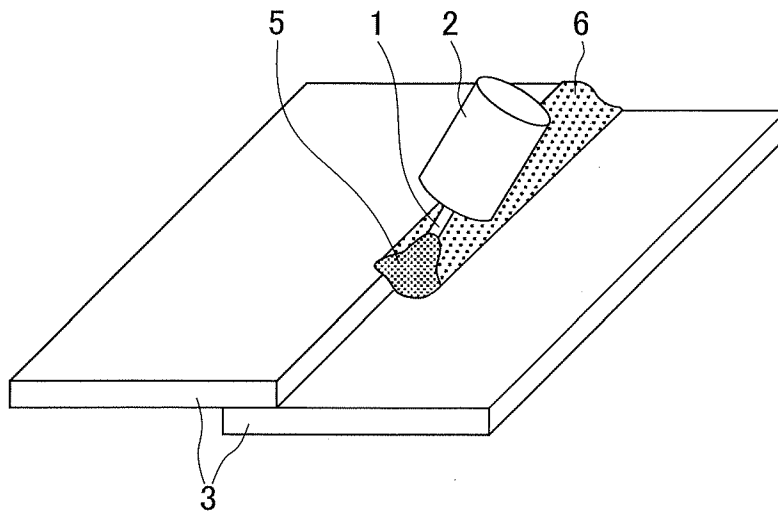
[請求項6] 前記鋼板と溶接ワイヤが断続的に短絡し、該短絡の平均短絡周波数 $F_{AVE}$  (Hz)が20~300 Hzであり、かつ前記短絡の最大短絡周期 $T_{CYC}$  (s)が1.5 s以下である、請求項3~5のいずれか一項に記載のアーカ溶接方法。

[請求項7] 前記アーカ溶接において溶接電流としてパルス電流を使用し、該パルス電流のピーク電流 $I_{PEAK}$  (A)、ベース電流 $I_{BASE}$  (A)、ピーク期間 $t_{PEAK}$  (ms)、立ち上がり期間 $t_{UP}$  (ms)、立ち下がり期間 $t_{DOWN}$  (ms)、および前記鋼板とコンタクトチップとの距離L (mm)を用いて(3)式で算出される $X$  (A・s/m)の値が $50 \leq X \leq 250$ を満たす、請求項3~6のいずれか一項に記載のアーカ溶接方法。

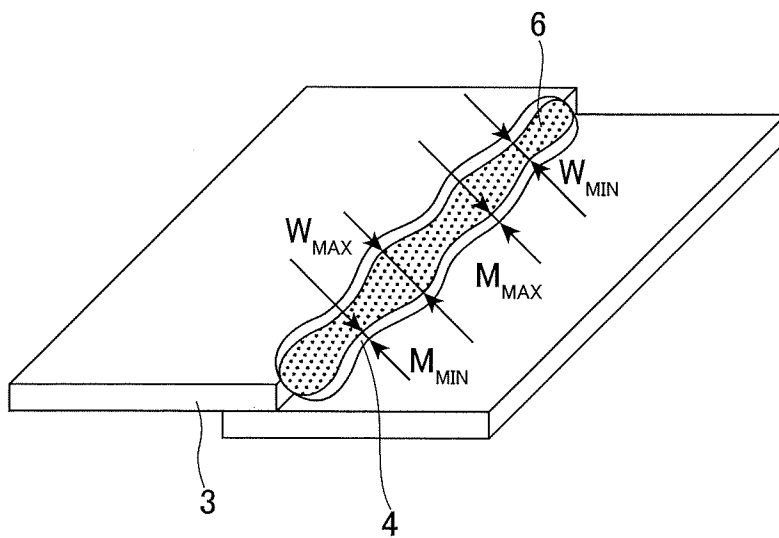
$$X = (I_{PEAK} \times t_{PEAK} / L) + (I_{PEAK} + I_{BASE}) \times (t_{UP} + t_{DOWN}) / (2 \times L) \quad \dots (3)$$

[請求項8] 前記アーカ溶接において溶接ワイヤとしてソリッドワイヤを使用する、請求項3~7のいずれか一項に記載のアーカ溶接方法。

[図1]

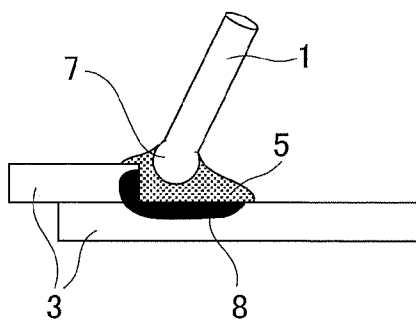


[図2]

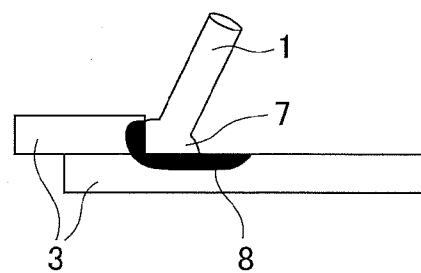


[図3]

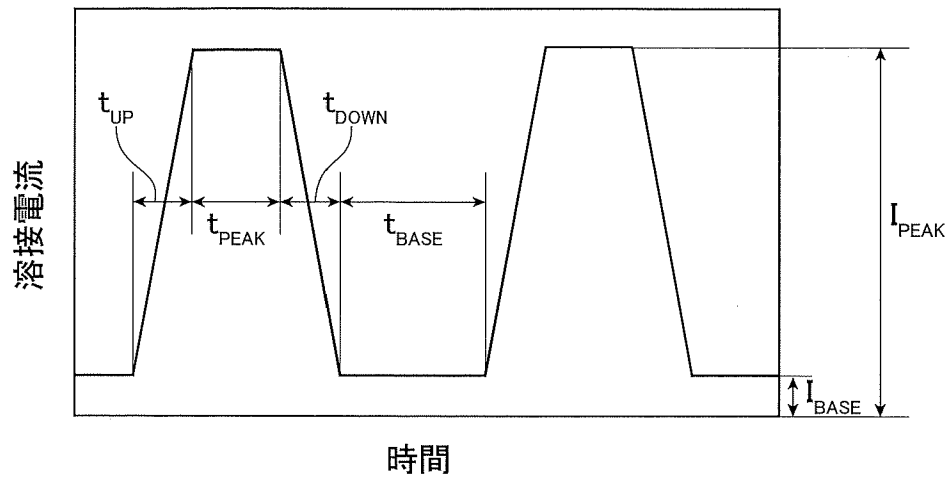
(a)



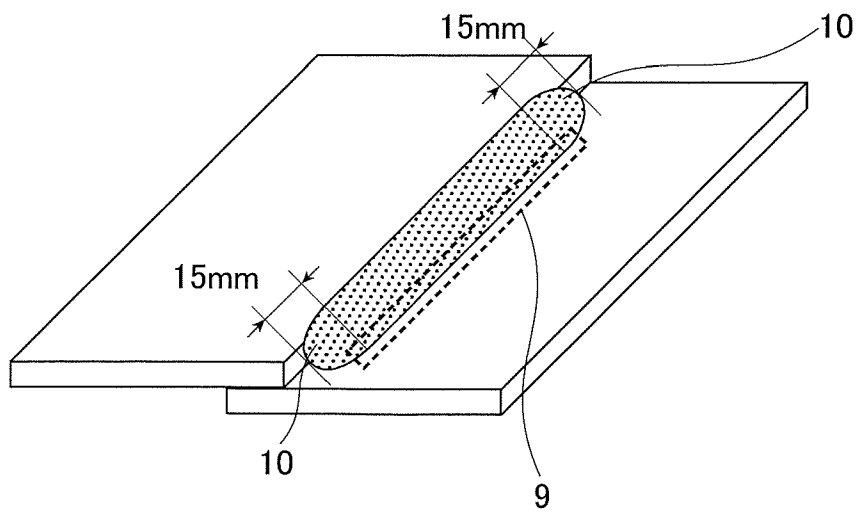
(b)



[図4]



[図5]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/010961

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B23K9/173 (2006.01) i, B23K9/073 (2006.01) i  
 FI: B23K9/173A, B23K9/073545

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)

Int.Cl. B23K9/00-9/32

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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	WO 2014/126246 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 21 August 2014 (2014-08-21), paragraphs [0025], [0082]-[0090], fig. 6	1, 3, 8
Y	paragraphs [0004], [0025], [0082]-[0090], fig. 6	2, 4-8
Y	JP 62-248568 A (NIPPON STEEL CORPORATION) 29 October 1987 (1987-10-29), specification, page 1, left column, lines 15-19	2, 4-8
Y	JP 2009-255125 A (KOBE STEEL, LTD.) 05 November 2009 (2009-11-05), paragraphs [0001]-[0008], fig. 4	5-8
Y	JP 2018-24019 A (SIEMENS ENERGY, INC.) 15 February 2018 (2018-02-15), paragraphs [0013]-[0022], [0027], fig. 3, 5-7	6-8

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

14 May 2021

Date of mailing of the international search report

01 June 2021

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**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/JP2021/010961

WO 2014/126246 A1	21 August 2014	US 2016/0008906 A1 paragraphs [0007], [0113]-[0122], table 2, fig. 6 CN 104981319 A KR 10-2015-0108930 A
JP 62-248568 A	29 October 1987	(Family: none)
JP 2009-255125 A	05 November 2009	US 2009/0261085 A1 paragraphs [0002]-[0005], fig. 4 CN 101559544 A
JP 2018-24019 A	15 February 2018	US 2018/0021871 A1 paragraphs [0022]-[0031], [0036], fig. 3, 5-7 DE 102017208924 A FR 3054150 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23K 9/173(2006.01)i; B23K 9/073(2006.01)i FI: B23K9/173 A; B23K9/073 545		
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）） B23K9/00 - 9/32 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 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021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	WO 2014/126246 A1（新日鐵住金株式会社）21.08.2014（2014 - 08 - 21） 段落0025、0082 - 0090、図6	1,3,8
Y	段落0004、0025、0082 - 0090、図6	2,4-8
Y	JP 62-248568 A（新日本製鐵株式会社）29.10.1987（1987 - 10 - 29） 明細書第1ページ左欄第15 - 19行	2,4-8
Y	JP 2009-255125 A（株式会社神戸製鋼所）05.11.2009（2009 - 11 - 05） 段落0001 - 0008、図4	5-8
Y	JP 2018-24019 A（シーメンス エナジー インコーポレイテッド）15.02.2018 （2018 - 02 - 15） 段落0013 - 0022、0027、図3、5 - 7	6-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、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 14.05.2021	国際調査報告の発送日 01.06.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 正木 裕也 3P 1958 電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/010961

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2014/126246	A1	21.08.2014	US 2016/0008906 A1 段落0007、0113- 0122、表2、図6 CN 104981319 A KR 10-2015-0108930 A	
JP	62-248568	A	29.10.1987	(ファミリーなし)	
JP	2009-255125	A	05.11.2009	US 2009/0261085 A1 段落0002-0005、 図4 CN 101559544 A	
JP	2018-24019	A	15.02.2018	US 2018/0021871 A1 段落0022-0031、 0036、図3、5-7 DE 102017208924 A FR 3054150 A	