

(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
2013年9月12日(12.09.2013)



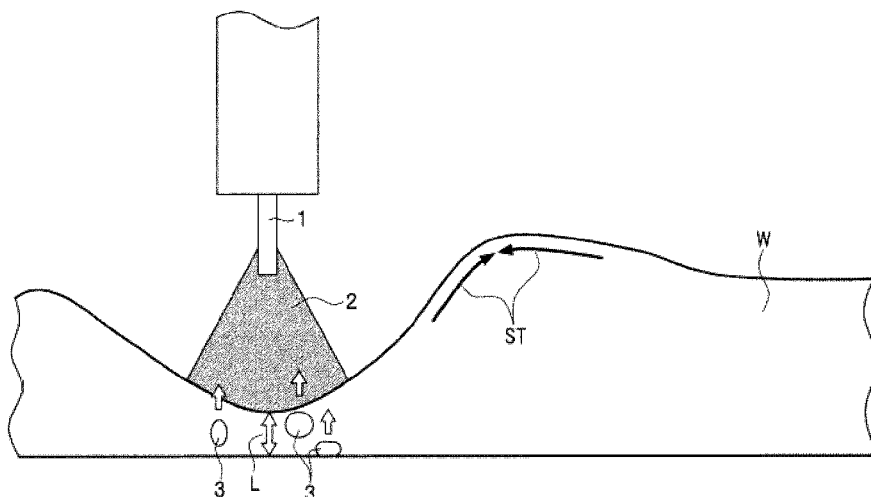
(10) 国際公開番号
WO 2013/133140 A1

- (51) 国際特許分類:
B23K 35/30 (2006.01) B23K 9/173 (2006.01)
B23K 9/073 (2006.01) B23K 9/23 (2006.01)
B23K 9/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/055567
- (22) 国際出願日: 2013年2月28日(28.02.2013)
- (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 2012-053779 2012年3月9日(09.03.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO 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). 株式会社ダイヘン(DAIHEN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5328512 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 泉谷 瞬(IZUTANI, Shun). 山崎 圭(YAMAZAKI, Kei). 鈴木 励一(SUZUKI, Reiichi). 柳 圭一郎(YANAGI, Keiichi). 上田 裕司
- (74) 代理人: 鮫島 睦, 外(SAMEJIMA, Mutsumi et al.); 〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号梅田阪急ビルオフィスタワー青山特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, 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, 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, PA, 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, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: SOLID WIRE, AND GAS-SHIELDED ARC WELDING METHOD USING SAME

(54) 発明の名称: ソリッドワイヤおよびこれを用いたガスシールドアーク溶接方法



(57) Abstract: A solid wire which is for use in gas-shielded arc welding that employs a shielding gas and which is for use in welding galvanized steel sheets. The solid wire contains C, Si, Mn, P, S, O, and Cr in respective given amounts relative to the total mass of the solid wire, the remainder comprising Fe and unavoidable impurities. The solid wire satisfies the relationships $1.0 \leq (\text{Si mass\%} + \text{Mn mass\%}) / \{100(\text{S mass\%} + \text{O mass\%})\} \leq 4.0$ and $0.50 \leq (\text{Mn mass\%} / \text{Si mass\%}) \leq 2.00$. The shielding gas is an argon gas which contains 25-40% CO₂ gas. Improvements in spattering inhibition and pore generation inhibition (performance of inhibiting the generation of pore defects such as pits or blow holes) and an excellent bead appearance are rendered possible.

(57) 要約: シールドガスを用いるガスシールドアーク溶接用であるとともに、垂鉛めっき鋼板溶接用である。前記ソリッドワイヤは、当該ソリッドワイヤ全質量に対し、C、Si、Mn、P、S、O、Cr、を所定量含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物である。ソリッドワイヤは、 $1.0 \leq (\text{Si質量\%} + \text{Mn質量\%}) / \{100(\text{S質量\%} + \text{O質量\%})\} \leq 4.0$ 、 $0.50 \leq \text{Mn質量\%} / \text{Si質量\%} \leq 2.00$ を満足する。前記シールドガスは、25~40%のCO₂ガスを含むArガスである。低スパッタ性および耐気孔性(ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生抑制性能)の向上と、優れたビード外観を実現できる。



WO 2013/133140 A1

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). 添付公開書類:
— 國際調查報告 (條約第 21 條(3))

明 細 書

発明の名称：

ソリッドワイヤおよびこれを用いたガスシールドアーク溶接方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガスシールドアーク溶接用であるとともに、亜鉛めっき鋼板溶接用のソリッドワイヤおよびこれを用いたガスシールドアーク溶接方法に関する。

背景技術

[0002] 亜鉛めっき鋼板は、比較的安価であるとともに優れた耐錆性を有することから、自動車、建築・建材、電気製品等の多くの分野で使用されている。

[0003] ここで、亜鉛めっき鋼板は、使用される分野により亜鉛めっきの目付け量（付着量）が異なるが、どのような目付け量であっても、亜鉛めっき鋼板の溶接には大抵の場合、ソリッドワイヤを用いたガスマタルアーク溶接（GMAW）が用いられており、特に、自動車分野においては、当該溶接が多用されている。

[0004] 亜鉛めっき鋼板は、上記のようなメリット（安価、耐錆性）を有する一方で、ソリッドワイヤを用いたガスマタルアーク溶接時における溶接性に関しては優れているとはいえず、ピットやブローホールといった気孔欠陥や、スパッタを多く発生させることが知られている。

[0005] このように亜鉛めっき鋼板の溶接性が優れない原因は、亜鉛の沸点が鉄の沸点よりも大幅に低い点にあると考えられる。つまり、亜鉛めっき鋼板の溶接中に鉄が溶融している状態において、亜鉛は既に気化状態となっており、蒸気（亜鉛ガス）として存在している。その結果、溶融池から発生した亜鉛ガスが、当該溶融池内に残留することにより、ピットやブローホールといった気孔欠陥を発生させてしまう。また、溶融池から噴出した亜鉛ガスが、溶接時の溶滴移行を乱し、スパッタを大量に発生させてしまう。

[0006] このような事情を考慮し、ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生

を抑制し、スパッタを低減するソリッドワイヤに関して、以下のような様々な提案がなされている。

[0007] 例えば、特許文献1には、Si、Mnの含有量を所定値以内に抑えたワイヤを用いるとともに、シールドガスとして所定量のCO₂またはO₂を含有させたArガスを用いる溶接方法が提案されている。

[0008] また、特許文献2および特許文献3には、Si、Mnの含有量を所定値以内に抑えたワイヤが提案されている。

[0009] また、特許文献4には、Si、Mnの含有量を所定値以内に抑えるとともに、Al、Tiを所定量含有させたワイヤが提案されている。

[0010] また、特許文献5には、Si、Mn、Crの含有量を所定値以内に抑えたワイヤが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開平01-143775号公報

特許文献2：特開昭63-242488号公報

特許文献3：特開平04-135088号公報

特許文献4：特開平07-80678号公報

特許文献5：特開2004-136342号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 特許文献2～特許文献5に係る技術は、いずれも、ワイヤの組成を制限しているが、当該組成のみを制限するだけでは、気孔欠陥やスパッタが多発する下進姿勢等の厳しい溶接条件では、気孔欠陥の発生の抑制およびスパッタの低減という効果を十分には発揮できない。

[0013] また、特許文献1に係る技術は、ワイヤの組成とシールドガスの組成とを制限しているが、当該組み合わせであると、気孔欠陥の発生の抑制およびスパッタの低減という効果を十分には発揮できない。加えて、特許文献1に係

る技術は、シールドガスに O_2 を混合させた場合、溶融池の表面張力が低下しすぎてしまい、気孔欠陥やスパッタを多量に発生させてしまう。

[0014] つまり、特許文献1～特許文献5に係る技術は、気孔欠陥の発生を抑制し、スパッタを低減するという点において、十分なものではなかった。

[0015] そこで、本発明は、低スパッタ性および耐気孔性（ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生抑制性能）を向上させるとともに、ビード外観を優れたものとするソリッドワイヤおよびこれを用いたガスシールドアーク溶接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

[0016] 本発明者らは、前記課題を解決するために鋭意研究を行った結果、ソリッドワイヤに含まれる各元素を所定量に制限するとともに、シールドガスとして所定量の CO_2 ガスを含むArガスを用いることにより、前記課題を解決できることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0017] すなわち、本発明に係るソリッドワイヤは、シールドガスを用いるガスシールドアーク溶接用であるとともに、亜鉛めっき鋼板溶接用のソリッドワイヤであって、前記ソリッドワイヤは、当該ソリッドワイヤ全質量に対し、C：0.15質量%以下、Si：0.40～0.90質量%、Mn：0.20～1.50質量%、P：0.0500質量%以下、S：0.0080質量%以下、O：0.0100質量%以下、Cr：1.00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り、 $1.0 \leq (Si \text{ 質量\%} + Mn \text{ 質量\%}) / \{100 (S \text{ 質量\%} + O \text{ 質量\%})\} \leq 4.0$ と、 $0.50 \leq Mn \text{ 質量\%} / Si \text{ 質量\%} \leq 2.00$ と、を満足し、前記シールドガスは、25～40%の CO_2 ガスを含むArガスであることを特徴とする。

[0018] このように、本発明に係るソリッドワイヤは、ソリッドワイヤに含まれる各元素を所定量に制限することにより、ソリッドワイヤが溶融することで形成される溶融金属の表面張力を高くすることができ、ガスシールドアーク溶接時において、溶融部の厚みL（図1参照）を薄い状態に制御することができる。したがって、母材として亜鉛めっき鋼板を用いた場合に特に問題とな

る亜鉛ガスを、溶融部の上表面から外側に放出させ易くする。その結果、溶融金属中に亜鉛ガスが留まった状態で凝固することにより発生するピットやブローホールといった気孔欠陥の発生を抑制することができる。

[0019] また、本発明に係るソリッドワイヤは、ソリッドワイヤに含まれる各元素を所定量に制限することにより、ガスシールドアーク溶接時において、ソリッドワイヤ先端に形成される溶滴の表面張力を高くして、当該溶滴の形状を安定させることができ、その結果、スパッタの発生を抑制することができる。

[0020] さらに、本発明に係るソリッドワイヤは、シールドガスとして所定量の CO_2 ガスを含むArガスを用いることにより、ガスシールドアーク溶接時においてソリッドワイヤと母材との間に発生するアーク力を大きくし、ソリッドワイヤ直下の溶接部を大きく掘り下げることができる。したがって、ガスシールドアーク溶接時において、溶融部の厚みL（図1参照）を薄い状態に制御することができ、最終的に、ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生を抑制することができる。

[0021] 加えて、本発明に係るソリッドワイヤは、ソリッドワイヤに含まれる各元素を所定量に制限するとともに、Mn質量%/Si質量%の値を所定値以下に制限することにより、ビード外観を優れたものとすることができる。

[0022] また、本発明に係るソリッドワイヤは、ワイヤ直径が、0.7~1.1mmであることが好ましい。

[0023] このように、本発明に係るソリッドワイヤは、ワイヤ直径を所定範囲に制限することにより、ガスシールドアーク溶接時において、ソリッドワイヤの先端に形成される溶滴に対してピンチ力が適切にかかり易くなり、スムーズに溶滴移行が行われることになる。その結果、溶滴の粗大化を防止することができるため、スパッタの発生の抑制という効果をさらに向上させることができる。

[0024] 本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、前記ソリッドワイヤを、25~40%の CO_2 ガスを含むArガスであるシールドガス中に送給し、当該

ソリッドワイヤに溶接電流を供給することで、当該ソリッドワイヤと母材である亜鉛めっき鋼板との間にアークを発生させて溶接を行うことを特徴とする。

[0025] このように、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、前記ソリッドワイヤを用いることにより、ソリッドワイヤが溶融することで形成される溶融金属の表面張力を高くすることができ、溶融部の厚み L （図1参照）を薄い状態に制御することができる。したがって、母材として亜鉛めっき鋼板を用いた場合に特に問題となる亜鉛ガスを、溶融部の上表面から外側に放出させ易くする。その結果、溶融金属中に亜鉛ガスが留まった状態で凝固することにより発生するピットやブローホールといった気孔欠陥の発生を抑制することができる。

[0026] また、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、前記ソリッドワイヤを用いることにより、ソリッドワイヤ先端に形成される溶滴の表面張力を高くして、当該溶滴の形状を安定させることができ、その結果、スパッタの発生を抑制することができる。

[0027] さらに、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、シールドガスとして所定量の CO_2 ガスを含むArガスを用いることにより、ソリッドワイヤと母材との間に発生するアーク力を大きくし、ソリッドワイヤ直下の溶接部を大きく掘り下げることができる。したがって、溶融部の厚み L （図1参照）を薄い状態に制御することができ、最終的に、ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生を抑制することができる。

[0028] 加えて、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、前記ソリッドワイヤを用いることにより、ビード外観を優れたものとすることができる。

[0029] また、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、前記溶接電流が、パルス電流であって、前記パルス電流は、第1ピークの通電、第2ピークの通電およびベース電流の通電を1パルス周期として繰り返すものであって、前記第1ピークの電流値が $440 \sim 500$ A、前記第1ピークの期間が $0.2 \sim 0.6$ msであり、前記第2ピークの電流値が $300 \sim 400$ A、前記第

2ピークの期間が0.2～0.6msであり、前記第1ピークから前記第2ピークに移行する期間が0.2～0.6msであることが好ましい。

[0030] このように、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、溶接電流として2つのピークを有する所定のパルス電流を用いることにより、シールドガス中のCO₂ガスの含有割合が多くても、カット等の溶接欠陥を生じさせることなく、スパッタの発生を抑制する効果を向上させることができる。

[0031] また、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、1パルス周期が密に連続する第1期間と、1パルス周期が疎に連続する第2期間と、を交互に繰り返すパルス電流を前記溶接電流として用いるガスシールドアーク溶接方法であって、前記第1期間と前記第2期間とを、5～30Hzの周波数で繰り返すことが好ましい。

[0032] このように、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、溶接電流として、第1期間と第2期間とを所定の周波数で交互に繰り返すパルス電流を用いることにより、溶融部を振動させることができ、溶融部に内包されている亜鉛ガスを外側に放出させ易くなる。その結果、溶融金属中に亜鉛ガスが留まった状態で凝固することにより発生するピットやブローホールといった気孔欠陥の発生を抑制することができる。

発明の効果

[0033] 本発明に係るソリッドワイヤは、ソリッドワイヤに含まれる各元素を所定量に制限することにより、ピットやブローホールといった気孔欠陥、およびスパッタの発生を抑制できるとともに、ビード外観を優れたものとすることができる。

[0034] また、本発明に係るソリッドワイヤは、シールドガスとして所定量のCO₂ガスを含むArガスを用いることにより、ソリッドワイヤと母材との間に発生するアーク力を大きくすることができ、その結果、ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生をさらに抑制することができる。

[0035] つまり、本発明に係るソリッドワイヤは、低スパッタ性および耐気孔性（ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生抑制性能）を向上させると

もに、ビード外観を優れたものとすることができる。

[0036] 本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、前記ソリッドワイヤを用いることにより、ピットやブローホールといった気孔欠陥、およびスパッタの発生を抑制することができるとともに、ビード外観を優れたものとすることができる。

[0037] また、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、シールドガスとして所定量のCO₂ガスを含むArガスを用いることにより、ソリッドワイヤと母材との間に発生するアーク力を大きくすることができ、その結果、ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生をさらに抑制することができる。

[0038] つまり、本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、低スパッタ性および耐気孔性（ピットやブローホールといった気孔欠陥の発生抑制性能）を向上させるとともに、ビード外観を優れたものとすることができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]本発明に係るソリッドワイヤを用いてガスシールドアーク溶接を行っている状態を示す模式図である。

[図2]本発明に係るガスシールドアーク溶接で用いる2つのピークを有するパルス電流の波形図であり、(a)～(d)は波形図中の所定時点における溶滴の状態を示す模式図である。

[図3]本発明に係るガスシールドアーク溶接で用いる2つのパルス期間を有するパルス電流／電圧の波形図であり、(a)はパルス電流の波形図、(b)は電圧の波形図である。

[図4]本発明に係る実施例においてガスシールドアーク溶接時に使用した母材である。

[図5]本発明に係る実施例においてガスシールドアーク溶接時に行ったワイヤの移動を説明する模式図であり、(a)は水平姿勢を説明する模式図であり、(b)は下進姿勢を説明する模式図である。

[図6]本発明に係る実施例においてガスシールドアーク溶接時に使用したパルス電流の波形図である。

発明を実施するための形態

[0040] 以下、適宜図面を参照して、本発明に係るソリッドワイヤおよびこれを用いたガスシールドアーク溶接方法を実施するための形態（実施形態）について説明する。

[0041] [気孔欠陥およびスパッタの発生を抑制するメカニズム]

まず、亜鉛めっき鋼板のガスシールドアーク溶接時において、気孔欠陥およびスパッタの発生を抑制するメカニズムについて、図1を用いて簡単に説明する。

[0042] (気孔欠陥について)

ガスシールドアーク溶接とは、ソリッドワイヤ1と母材Wの溶融部（以下、溶融池ともいう）との間にアーク2を発生させて行う溶接である。ここで、母材Wが亜鉛めっき鋼板である場合、アーク2の熱により、沸点の低い亜鉛めっきが亜鉛ガス3となり、この亜鉛ガス3が溶融部の下部から上部へと浮上する。

[0043] この亜鉛ガス3が、溶融部の上表面から外側に放出されれば問題はないが、溶融部の中に留まり、その状態のまま凝固してしまうと、略球状の空洞であるブローホールが形成されることとなってしまう。また、亜鉛ガス3が母材Wの表面付近で凝固してしまうと、小さな窪み穴であるピットが形成されることとなってしまう。

[0044] 本発明は、溶融部の厚みLを薄い状態に制御することにより、溶融部の下部から発生する亜鉛ガス3を溶融部の上表面から外側に放出させ易くし、亜鉛ガス3が溶融部中に留まる可能性を低減させることで、最終的に気孔欠陥の発生を抑制するという考えに基づくものである。

[0045] そして、本発明は、(i) 溶融金属の表面張力STを高くすることにより、溶融部の周辺に図1のような盛り上がった状態で溶融金属を保持して、溶融部への溶融金属の流入を防止する手段と、(ii) アーク力を大きくすることで、ソリッドワイヤ1直下の溶融部を大きく掘り下げる手段と、を組み合わせることで、母材Wの溶融部の厚みLを薄い状態に制御する。つまり、本

発明は、前記 (i)、(ii) により、母材Wの溶融部の厚みLを薄い状態に制御することで、気孔欠陥の発生を抑制することができる。

[0046] なお、詳細については後記するが、前記 (i) については、主に、ソリッドワイヤの組成を制限することで制御し、前記 (ii) については、主に、シールドガスのCO₂含有割合を大きな範囲に制限することで制御する。

[0047] さらに、(iii) 亜鉛ガス3が溶融部から抜け易くなるように溶融部（溶融池）を振動させるという手段を組み合わせることで、気孔欠陥の発生の抑制という効果をさらに向上させることができる。

[0048] なお、詳細については後記するが、前記 (iii) については、主に、第1期間と第2期間とを所定の周波数で交互に繰り返すパルス電流を溶接電流として用いることで制御する。

[0049] (スパッタについて)

本発明は、前記 (ii) を制御するためにシールドガスのCO₂含有割合を大きい範囲に制限しているが、CO₂含有割合が大きくなると、ソリッドワイヤ先端に形成される溶滴を持ち上げる力も大きくなってしまふ。その結果、通常では、溶滴の形状が変化し、1mm以上の大きなスパッタを発生させることとなってしまふ。しかし、前記 (i) により、溶滴（溶融金属）の表面張力STを高くすることで、溶滴の形状が変化し難くなる。その結果、本発明は、前記 (i) により、スパッタの発生を抑制することができる。

[0050] なお、前記 (i) については、前記のとおり、主に、ソリッドワイヤの組成を制限することで制御することができる。

[0051] さらに、(iv) ソリッドワイヤの直径を所定以下に制限する手段を組み合わせることにより、ソリッドワイヤ先端の溶滴にピンチ力を適切に作用させスムーズに溶滴移行をさせることで、溶滴の粗大化を防止することができるため、スパッタの発生の抑制という効果をさらに向上させることができる。

[0052] またさらに、(v) ピンチ力がソリッドワイヤ先端に形成される溶滴の全体に作用するように、2つのピークを有するパルス電流を溶接電流として用いる手段を組み合わせることにより、スパッタの発生の抑制という効果をさ

らに向上させることができる。

[0053] なお、詳細については後記するが、前記 (iv) については、ソリッドワイヤの直径を制限することで制御することができ、前記 (v) については、2つのピークを有する所定のパルス電流を溶接電流として用いることで制御することができる。

[0054] [ソリッドワイヤ]

本発明に係るソリッドワイヤ（以下、単に、ワイヤともいう）は、シールドガスを用いるガスシールドアーク溶接用であるとともに、亜鉛めっき鋼板溶接用のソリッドワイヤである。

[0055] そして、本発明に係るソリッドワイヤは、所定量のC、Si、Mn、P、S、O、Cr、を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物で構成されるとともに、Si、Mn、S、Oの含有量が所定の関係を満たすことを特徴とする。

[0056] 以下、本発明に係るソリッドワイヤの各元素の含有量を限定した理由について説明するが、この含有量は、ソリッドワイヤ全質量に対する含有量である。

[0057] (C : 0.15質量%以下)

Cは、強度を向上させる元素である。Cは、0.15質量%を超えて過剰に存在するとスパッタが多発する原因にもなるため、Cの含有量は少ない程好ましく、フリーでも問題は無い。したがって、Cの含有量は、0.15質量%以下（0質量%も含む）とする。

[0058] (Si : 0.40~0.90質量%)

Siは、有効な脱酸剤であり、溶接金属の脱酸においては不可欠な元素である。Siの含有量が0.40質量%未満であると脱酸効果が損なわれ、表面張力が低下し、ピットやブローホールといった気孔欠陥が発生しやすくなる。一方、Siは、含有量が低くなるほどワイヤの電気抵抗が低くなるという特徴を持ち、ワイヤの電気抵抗が低くなるほどワイヤは熔融し難くなる（電気抵抗熱が低くなる）ため、必要な溶接電流は大きくなり、その結果、ア

ーク力が高くなることにより、ピット、ブローホール等の気孔欠陥を抑制することができる。また、Siの含有量が0.90質量%を超えるとビード表面に発生するスラグ量が多くなってしまふ。したがって、Siの含有量は、0.40~0.90質量%とする。

[0059] (Mn 0.20~1.50質量%)

Mnは、Siと同じく有効な脱酸剤であり、Sと結合し易い元素である。Mnの含有量が0.20質量%未満であると、脱酸、脱硫効果が損なわれ、表面張力が低下し、ピットやブローホールといった気孔欠陥が発生しやすくなる。一方、Mnの含有量が1.50質量%を超えると、ビード表面に剥離し難い薄い酸化膜を発生させてしまふ。したがって、Mnの含有量は、0.20~1.50質量%とする。

[0060] (P : 0.0500質量%以下)

Pは、一般的に不純物として混入する元素であり、溶接割れの観点から出来るだけ含有量は少ない方が好ましい。一方で、亜鉛めっき鋼板の溶接において、Pは亜鉛の融点以上の温度で亜鉛と安定な化合物(P-Zn系等)を形成するため、耐気孔性を向上させる効果を有する。しかし、Pの含有量が0.0500質量%を超えると、割れを発生させてしまふ。したがって、Pの含有量は、0.0500質量%以下(0質量%も含む)とする。

[0061] (S : 0.0080質量%以下)

Sは、少量の添加で溶融金属の表面張力を低下させる元素であり、含有量は極力少ないほうが好ましい。詳細には、Sの含有量が0.0080質量%を超えると、溶融金属の表面張力が過剰に低下し、ピット、ブローホールが発生し易くなる。

したがって、Sの含有量は、0.0080質量%以下(0質量%も含む)とする。

[0062] (O : 0.0100質量%以下)

Oは、Sと同様に少量の添加で溶融金属の表面張力を低下させる元素であり、含有量は極力少ないほうが好ましい。詳細には、Oの含有量が0.01

O質量%を超えると、溶融金属の表面張力が過剰に低下し、ピット、ブローホールが発生し易くなる。したがって、Oの含有量は、0.0100質量%以下（O質量%も含む）とする。

[0063] (Cr: 1.00質量%以下)

Crは、Feに添加すると粘性を増加させる元素である。そして、ワイヤの粘性が増加するとアーク直下に溶接金属が流入し過ぎるのを防止することができる。ただし、Crの含有量が1.00質量%を超えると粘性が過剰に高くなり、ビード形状が凸型となり、ビード外観が粗悪となる。なお、Crの含有量が0.10~0.60質量%であると、耐気孔性をより適切に向上させることができる。したがって、Crの含有量は、1.00質量%以下であり、好ましくは、0.10~0.60質量%である。

[0064] $(1.0 \leq (Si \text{ 質量}\% + Mn \text{ 質量}\%) / \{100 (S \text{ 質量}\% + O \text{ 質量}\%)\} \leq 4.0)$

前記のとおり、気孔欠陥の発生を抑制するためには、溶融金属の表面張力を高くする必要があり、この溶融金属の表面張力はソリッドワイヤの化学組成に依存する。

[0065] ここで、ソリッドワイヤを形成する元素の中で大きく表面張力を低下させる元素は、酸素（O）および硫黄（S）である。すなわち、O、Sの元素の添加をなるべく抑える必要がある。また、O、Sといった元素はSi、Mnと結合し易く、酸化物、硫化物を生成させることで、O、Sの表面の吸着を防ぎ表面張力を高く保つこともできる。よって、本発明では、Si、Mn、S、Oの含有量の関係について規定しており、以下の式（1）を満たすO、S、Si、Mnの含有量が最適である。

[0066] [数1]

$$1.0 \leq (Si \text{ 質量}\% + Mn \text{ 質量}\%) / \{100 (S \text{ 質量}\% + O \text{ 質量}\%)\} \leq 4.0 \cdots (1)$$

[0067] 上記パラメーターが1.0未満となる場合は、表面張力が低下しすぎることによって、ピットやブローホールといった気孔欠陥が多く発生する。一方、上記パラメーターが4.0を超えるとスラグ量が多くなり、かつ表面張力

が過剰に高くなることによってビード形状が凸状になり、ビード外観が悪化する。したがって、 $1.0 \leq (Si \text{質量}\% + Mn \text{質量}\%) / \{100 (Si \text{質量}\% + O \text{質量}\%)\} \leq 4.0$ とする。なお、前記式(1)を含む本発明の式中の「元素質量%」とは、ソリッドワイヤ全質量に対する当該元素の質量%のことである。

[0068] $(0.50 \leq Mn \text{質量}\% / Si \text{質量}\% \leq 2.00)$

Si、Mnの含有量が、前記式(1)の範囲を満たしても、Mn質量%/Si質量%比が十分に高くないと有用な脱酸速度が得られない。詳細には、Mn質量量%/Si質量%の値が0.50未満であると、十分な脱酸作用が得られないため、酸素が過剰となり、溶融金属の表面張力が低下し、その結果、ピットやブローホールといった気孔欠陥が発生し易くなる。一方、Mn質量量%/Si質量%の値が2.00を超えると、Mnの含有比率が大きくなることで、ビード表面に剥離し難いMn酸化物が生成し、その結果、ビード外観が粗悪となる。したがって、Mn質量%/Si質量%比を以下の式(2)の範囲に設定する。

[0069] [数2]

$$0.50 \leq Mn \text{質量}\% / Si \text{質量}\% \leq 2.00 \dots (2)$$

[0070] (Feおよび不可避的不純物)

ソリッドワイヤの残部は、Feおよび不可避的不純物からなり、当該不可避的不純物としては、Cu、Mo、Al、Ti、Nb、Zr、N等が挙げられ、本発明の効果を妨げない範囲で含有することが許容される。詳細には以下の通りである。

[0071] Cu、Moは、強度を上昇させる元素であり、強度調整が必要な場合は添加しても良い。Cuは、3.00質量%を超えるとワイヤの伸線時において断線してしまうため、Cuの含有量は3.00質量%以下とする。Moは、5.00質量%を超えると強度過剰により、溶接割れが発生するため、Moの含有量は5.00質量%以下とする。

[0072] また、Al、Ti、Nb、Zrは、強脱酸元素であり、溶融金属の酸素量

を低減し、表面張力を低下させることが可能であるため、ワイヤ中の酸素量が高い場合は効果的である。しかし、それぞれ、0.500質量%を超えて添加するとスラグが多量に発生する。よって、Al、Ti、Nb、Zrの含有量は、それぞれ0.500質量%以下とする。

[0073] Nは、一般的に不純物として混入する元素であり、Nの含有量が多いほど、強度の過剰増加や気孔欠陥が発生する。これらの発生を防止するため、Nの含有量は、0.0200質量%以下とする。

[0074] (ソリッドワイヤの直径)

ソリッドワイヤの直径は、小さいほどピンチ力がかかり易く、溶滴移行がスムーズとなる。しかし、直径が0.7mm未満であると、アーク力の低下により、ピットやブローホールといった気孔欠陥が発生し易くなる。一方、直径が1.1mmを超えると、ソリッドワイヤ先端の溶滴が粗大化するため、1mm以上の径を呈する大きなスパッタが発生し易くなる。したがって、ソリッドワイヤの直径は、0.7~1.1mmであることが好ましい。なお、より好ましくは、0.8~1.0mmである。

[0075] [シールドガス]

本発明に係るシールドガスは、25~40%のCO₂ガスを含むArガスである。つまり、本発明に係るシールドガスは、25~40%のCO₂ガスと、残部がArガスと、からなるAr-CO₂ガスである。

[0076] 通常、ガスシールドアーク溶接に使用されるAr-CO₂ガスは、CO₂ガスの含有量が20%のものである。これは、Ar-CO₂ガスのCO₂含有比率が大きくなるとスパッタが多量に発生してしまうからであり、CO₂ガスの含有量が20%を超えるものはほとんど使用されていなかった。しかし、耐気孔性を考慮すると、従来のCO₂含有比率のAr-CO₂ガスでは、アーク力が小さく、ピットやブローホールといった気孔欠陥が発生する可能性が高くなってしまうため、好ましくない。

[0077] そこで、本発明では、各元素の含有量を所定量に制限した前記ソリッドワイヤを用いることにより、CO₂ガスを40%まで含有したAr-CO₂ガス

であっても、スパッタの発生を抑制しつつ、安定した溶接を可能とし、かつ、 CO_2 が有するアーク緊縮の特性によりアークを集中させ、アーク力を高める（耐気孔性を向上させる）ことも可能とした。ただし、 CO_2 ガスの含有量が40%を超えると、スパッタの発生を抑制することができなくなる。一方、 CO_2 ガスの含有量が25%未満であると、十分なアーク力を得られない。したがって、シールドガスであるArガス（Ar- CO_2 ガス）の CO_2 含有比率は、25～40%である。

[0078] [母材]

溶接対象となる母材は、亜鉛めっき鋼板である。そして、亜鉛めっき鋼板は、鋼板の表面に亜鉛めっき皮膜が形成された板材であって、鋼板の組成、厚さ等については特に限定されない。また、母材表面に対する亜鉛めっきの目付け量についても特に限定されない。

[0079] [ガスシールドアーク溶接方法]

次に、ガスシールドアーク溶接方法を説明する。

[0080] 本発明に係るガスシールドアーク溶接方法は、ソリッドワイヤを、Arガス（Ar- CO_2 ガス）であるシールドガス中に送給し、当該ソリッドワイヤに溶接電流を供給することで、当該ソリッドワイヤと母材である亜鉛めっき鋼板との間にアークを発生させて溶接を行うことを特徴とする。

[0081] (2つのピークを有するパルス電流)

本発明に係るガスシールドアーク溶接方法で用いる溶接電流は、パルス電流であることが好ましい。そして、パルス電流は、第1ピークの通電、第2ピークの通電およびベース電流の通電を1パルス周期として繰り返すものであることが好ましい。

[0082] 詳細には、図2に示すように、パルス電流10は、ピーク立上り期間 T_{up} と、第1ピークの期間 T_{p1} と、移行期間 T_{sf} と、第2ピークの期間 T_{p2} と、ピーク立下り期間 T_{dn} と、ベース期間 T_b と、を1パルス周期 T_f として繰り返すものである。

[0083] まず、前記のようなパルス電流を溶接電流として用いる理由について簡単

に説明する。

[0084] 本発明では、シールドガスとしてCO₂含有比率の高いArガス（つまり、Arの含有比率の低いガス）を使用することを特徴とするが、Arの含有比率の低いガスを用いると、パルス電流溶接時にアークがスプレーアーク化し難くなり、スパッタが発生し易くなってしまふ。具体的には、アークの発生位置がソリッドワイヤ側面の低い位置（ソリッドワイヤ先端から近い位置）となるため、ソリッドワイヤ先端に形成される溶滴をピンチ力により十分に絞ることができず、適切なスプレーアークを発生させ難くなってしまふ。

[0085] 一般的には、シールドガス中のArガスの含有比率が低い場合、パルス電流の電流値を大きくすることによりスプレーアーク化を図ろうとする。しかし、通常の矩形波や台形波を呈するパルス電流（図2の20参照）では、単に電流値を大きくすると、パルス面積が過大となつてしまひ、高速溶接に適用するとビード端にカット等の溶接欠陥が発生し易くなる。

[0086] そこで、本発明は、前記のようなパルス電流を溶接電流として用いることで、第1ピークの期間T_{p1}のパルス電流により、アークの発生位置をソリッドワイヤ側面の高い位置（ソリッドワイヤ先端から遠い位置）とし、ソリッドワイヤ先端に形成される溶滴全体に適切にピンチ力を作用させることとした。また、本発明は、パルス電流に第2ピークの期間T_{p2}を設けることにより、1周期のパルス面積が過大となることを回避し、カット等の溶接欠陥の発生を回避することとした。

[0087] （第1ピーク）

第1ピークの期間T_{p1}において、ソリッドワイヤ先端に形成される溶滴全体に適切にピンチ力を作用させるためには、アークは、ワイヤ先端（ワイヤ液化開始部）よりも基端側の位置、つまり、ワイヤ側面の高い位置（ソリッドワイヤ先端から遠い位置）から発生させる必要がある。ここで、パルス電流の第1ピークの電流値I_{p1}が440A未満であると、ワイヤ側面の十分に高い位置からアークが発生しない。一方、第1ピークの電流値I_{p1}が500Aを超えると、ワイヤ側面を過剰に溶融させてしまふ。したがって、

第1ピークの電流値 I_{p1} は、440～500 Aが好ましい。

[0088] また、第1ピークの期間 T_{p1} は、ピンチ力によりワイヤ先端に形成された溶滴の上部側面を絞るのに必要な期間であるため、0.2 ms未満になるとピンチ力で溶滴を絞る時間が確保できず、一方、0.6 msを超えると、液滴が過剰に伸びすぎ、スパッタの発生を引き起こす短絡（ショート）が生じ易くなる。したがって、第1ピークの期間 T_{p1} は、0.2～0.6 msが好ましい。

[0089] （第2ピーク）

第2ピークの期間 T_{p2} において、ワイヤ先端に形成された溶滴のうち中下部の溶滴をアークで包み、ピンチ力で適切に切り離すこととなる。ここで、第2ピークの電流値 I_{p2} が300 A未満であると、スプレーアークになり難く、ワイヤ先端に形成された溶滴の最下部からアークが発生する状態となってしまう、良好な溶滴移行が行われなくなる。一方、400 Aを超えると、第1ピークの電流値と差異がなくなり、電流値全体（平均電流値）が高くなる、つまり、パルス面積が過大となってしまう、高速溶接に適用するとビード端にカット等の溶接欠陥が発生し易くなる。したがって、第2ピークの電流値 I_{p2} は、300～400 Aであることが好ましい。

[0090] また、第2ピークの期間 T_{p2} は、0.2 ms未満であると、ピンチ力で溶滴を絞る時間が確保できず、一方、0.6 msを超えると、液滴が過剰に伸びすぎ、スパッタの発生を引き起こす短絡（ショート）が生じ易くなる。したがって、第2ピークの期間 T_{p2} は、0.2～0.6 msであることが好ましい。

[0091] 第1ピークから第2ピークへの移行期間 T_{sf} については、パルス面積が過大となり過ぎないように、第1ピークの期間 T_{p1} と同じ0.2～0.6 msであることが好ましい。

[0092] ベースの電流値 I_b および期間 T_b については、特に制限されないが、電流値 I_b については、20～80 A、期間 T_b については、0.5～20 msが好ましい。

[0093] また、ピーク立上り期間 T_{up} 、ピーク立下り期間 T_{dn} についても、特に制限されないが、期間 T_{up} は0.4～0.8ms、期間 T_{dn} は0.4～1.2msが好ましい。

[0094] なお、前記のパルス電流を使用した場合のソリッドワイヤ1先端に形成される溶滴の状態を、図2を用いて以下に説明する。

[0095] 第1ピークの期間 T_{p1} では、ソリッドワイヤ1先端に形成された溶滴4全体にピンチ力が作用する（図2（a）参照）。そして、第2ピークの期間 T_{p2} では、ソリッドワイヤ1先端に形成された溶滴4のうち中下部の溶滴4がアークで包まれ、ピンチ力で切り離されようとしており（図2（b）参照）、第2ピークの期間 T_{p2} 後のピーク立下り期間 T_{dn} では、ソリッドワイヤ1先端に形成された溶滴4から球状を呈する溶滴5が切り離されている（図2（c）参照）。その後、ベース期間 T_b では、切り離された溶滴5が溶接部に移行することとなる。（図2（d）参照）。

[0096] （2つのパルス期間を有するパルス電流）

パルス電流は、図3（a）に示すように、1パルス周期が密に連続する第1期間 P_1 と、1パルス周期が疎に連続する第2期間 P_2 と、を所定の周波数で交互に繰り返すものであることが好ましい。言い換えると、パルス電流は、1パルス周期が所定期間であるパルス波が密に連続する第1期間 P_1 と、1パルス周期が前記所定期間よりも長いパルス波が疎に連続する第2期間 P_2 と、を所定の周波数で交互に繰り返すものであることが好ましい。

[0097] まず、前記のようなパルス電流を溶接電流として用いる理由について簡単に説明する。

[0098] ソリッドワイヤ直下の溶融部の垂鉛めっきをアーク熱で積極的に蒸発させるには、アーク力を大きくする大きな電流を溶接電流として用いればよい。しかし、溶接電流の電流値は、ワイヤ送給速度と略比例関係にあり、当該ワイヤ送給速度は溶接速度とビード断面とによって決まる溶着量との関係で設定する必要があるため、単純に溶接電流の電流値のみを自由に大きく設定することはできない。

[0099] そこで、本発明では、前記のようなパルス電流を溶接電流として用いることで、平均的な溶接電流の大きさは変えずに、第1期間P1の溶接電流を大きく、第2期間P2の溶接電流を小さくすることが可能となる。したがって、第1期間P1で、大きなアーク力により、ソリッドワイヤ直下の溶融金属を押し分け、溶融部をより深く掘り進めることができる。加えて、第1期間P1の溶接電流と第2期間P2の溶接電流とを交互に繰り返すことにより、周期的に凝固過程の溶融金属を振動させることができ、その振動により溶融部に内包されている亜鉛ガス3を外側に放出することができる。

[0100] (第1期間と第2期間)

第1期間P1と第2期間P2とを繰り返す周波数が5Hz未満であると、1パルス周期が疎に連続する第2期間P2が長くなるため、当該期間において適切に亜鉛めっきの蒸発を促し難くなる。また、ビード外観に不均一な波目がついてしまう。

[0101] 一方、この周波数が30Hzを超えると、切り替え周期が早すぎることにより、1パルス周期が密に連続する第1期間P1が短く、適切に亜鉛めっきの蒸発を促進し難くなる。また、凝固過程の溶融金属を十分に振動させることができず、その結果、溶接金属に内包される気泡を溶融金属外側に放出させる効果が小さくなってしまう。

[0102] したがって、パルス電流は、第1期間P1と第2期間P2とを、5~30Hzの周波数で繰り返すものであることが好ましい。言い換えると、パルス電流は、第1期間P1と第2期間P2とを1つのサイクルとして、当該サイクルを5~30Hzの周波数で繰り返すものであることが好ましい。

[0103] なお、第1期間P1と第2期間P2との電圧については、図3(b)に示すように変動することとなる。

[0104] 1パルス周期の長さについては特に制限されないが、第1期間P1における1パルス周期は、2~25msであることが好ましく、第2期間P2における1パルス周期は、2~25msであることが好ましい。

[0105] なお、パルス電流は、1パルス周期が密に連続する第1期間P1と、1パ

ルス周期が疎に連続する第2期間P2と、を所定の周波数で交互に繰り返すものであるとともに、第1期間P1と第2期間P2とにおける1パルス周期が、前記した第1ピークの通電、第2ピークの通電およびベース電流の通電から構成されるものであってもよい。

実施例

[0106] 次に、本発明の要件を満たす実施例とそうでない比較例とを例示して、本発明に係るソリッドワイヤおよびこれを用いたガスシールドアーク溶接方法について説明する。

[0107] (ソリッドワイヤ、シールドガス)

ソリッドワイヤは、表1に示す組成 (w i r e No. W1~W42) のものを使用した。

[0108]

[表1]

wire No.	ワイヤ全質量に対する化学組成 (%)														Si+Mn 100(S+O)	Mn/Si
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Al	Ti	Nb	Zr	Mo	N	O		
W1	0.03	0.62	1.12	0.0022	0.0042	0.28	0.21	0.005	0.011	0.007	0.005	0.004	0.0038	0.0042	2.1	1.8
W2	0.04	0.71	1.15	0.0024	0.0046	0.02	0.23	0.005	0.008	0.006	0.005	0.003	0.0041	0.0052	1.9	1.6
W3	0.03	0.72	1.34	0.0042	0.0076	0.06	0.22	0.004	0.009	0.007	0.005	0.005	0.0039	0.0049	1.6	1.9
W4	0.02	0.57	1.15	0.0023	0.0013	0.05	0.21	0.005	0.009	0.006	0.006	0.006	0.0047	0.0049	2.8	2.0
W5	0.03	0.61	1.11	0.0037	0.0042	0.92	0.22	0.006	0.007	0.008	0.006	0.006	0.0041	0.0054	1.8	1.8
W6	0.15	0.60	1.05	0.0014	0.0038	0.12	0.22	0.005	0.006	0.005	0.005	0.008	0.0039	0.0048	1.9	1.8
W7	0.01	0.88	1.12	0.0028	0.0046	0.08	0.21	0.005	0.005	0.004	0.005	0.008	0.0052	0.0049	2.1	1.3
W8	0.03	0.44	0.89	0.0033	0.0044	0.08	0.22	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.0054	0.0048	1.4	2.0
W9	0.03	0.58	1.17	0.0046	0.0072	0.07	0.24	0.008	0.006	0.008	0.006	0.009	0.0046	0.0092	1.1	2.0
W10	0.04	0.75	1.42	0.0047	0.0056	0.08	0.21	0.006	0.007	0.008	0.006	0.008	0.0051	0.0057	1.9	1.9
W11	0.04	0.45	0.24	0.0027	0.0046	0.08	0.22	0.004	0.008	0.007	0.004	0.004	0.0061	0.0021	1.0	0.5
W12	0.04	0.61	1.21	0.0032	0.0048	0.07	2.89	0.009	0.009	0.006	0.006	0.007	0.0073	0.0061	1.7	2.0
W13	0.03	0.68	1.18	0.0048	0.0047	0.07	0.02	0.006	0.007	0.008	0.007	0.008	0.0062	0.0052	1.9	1.7
W14	0.03	0.58	1.11	0.0024	0.0077	0.06	0.22	0.472	0.008	0.008	0.007	0.006	0.0077	0.0031	1.6	1.9
W15	0.04	0.62	1.24	0.0024	0.0052	0.08	0.27	0.120	0.487	0.007	0.006	0.006	0.0081	0.0052	1.8	2.0
W16	0.04	0.72	1.29	0.0057	0.0042	0.11	0.21	0.006	0.210	0.477	0.007	0.007	0.0163	0.0042	2.4	1.8
W17	0.03	0.58	1.18	0.0037	0.0049	0.09	0.21	0.006	0.012	0.009	0.496	0.005	0.0082	0.0052	1.7	2.0
W18	0.04	0.66	1.22	0.0482	0.0043	0.07	0.23	0.008	0.008	0.011	0.006	0.006	0.0056	0.0048	2.1	1.8
W19	0.03	0.64	1.29	0.0033	0.0063	0.12	0.21	0.008	0.007	0.007	0.006	0.0092	0.0047	0.0055	1.8	2.0
W20	0.03	0.52	1.03	0.0031	0.0032	0.42	0.22	0.007	0.004	0.006	0.008	0.011	0.0052	0.0037	2.2	2.0
W21	0.06	0.55	1.03	0.0049	0.0021	0.07	0.21	0.006	0.008	0.007	0.008	0.008	0.0062	0.0039	2.6	1.9
W22	0.06	0.56	1.05	0.0140	0.0020	0.07	0.21	0.008	0.005	0.009	0.006	0.007	0.0058	0.0042	2.6	1.9
W23	0.06	0.62	1.06	0.0260	0.0021	0.08	0.22	0.008	0.006	0.007	0.006	0.007	0.0062	0.0049	2.4	1.7
W24	0.07	0.82	0.62	0.0170	0.0020	0.07	0.22	0.009	0.007	0.491	0.007	0.007	0.0072	0.0034	2.7	0.8
W25	0.14	0.68	1.04	0.0020	0.0020	0.06	0.22	0.008	0.007	0.008	0.007	0.008	0.0058	0.0036	3.1	1.5
W26	0.07	0.55	1.06	0.0140	0.0030	0.07	0.21	0.008	0.300	0.009	0.007	0.008	0.0061	0.0018	3.4	1.9
W27	0.08	0.55	1.12	0.0072	0.0140	0.05	0.21	0.005	0.041	0.008	0.009	0.004	0.0037	0.0057	0.8	2.0
W28	0.06	0.89	0.24	0.0043	0.0020	0.05	0.21	0.005	0.008	0.008	0.008	0.004	0.0034	0.0052	1.6	0.3
W29	0.05	0.05	1.05	0.0063	0.0023	0.05	0.22	0.006	0.004	0.007	0.007	0.005	0.0048	0.0061	1.3	21.0
W30	0.06	0.05	2.09	0.0021	0.0033	0.06	0.21	0.008	0.007	0.009	0.007	0.008	0.0068	0.0038	3.0	41.8
W31	0.02	0.91	1.36	0.0050	0.0570	0.01	0.21	0.005	0.008	0.008	0.007	0.007	0.0059	0.0051	0.4	1.5
W32	0.05	0.55	0.57	0.0049	0.0096	0.02	0.22	0.006	0.008	0.008	0.008	0.008	0.0061	0.0054	0.7	1.0
W33	0.06	0.32	1.22	0.0055	0.0072	1.21	0.22	0.007	0.007	0.008	0.008	0.007	0.0057	0.0035	1.4	3.8
W34	0.05	0.35	1.32	0.0043	0.0078	0.04	3.25	0.008	0.006	0.007	0.008	0.006	0.0053	0.0042	1.4	3.8
W35	0.06	0.84	0.35	0.0142	0.0265	0.05	0.21	0.120	0.008	0.008	0.009	0.008	0.0063	0.0043	0.4	0.4
W36	0.06	0.47	0.19	0.0053	0.0098	0.03	0.22	0.122	0.072	0.008	0.008	0.007	0.0062	0.0039	0.5	0.4
W37	0.03	0.62	1.22	0.0038	0.0143	0.03	0.22	0.005	0.210	0.008	0.672	0.008	0.0064	0.0051	0.9	2.0
W38	0.04	0.61	0.94	0.0052	0.0172	0.04	0.22	0.005	0.220	0.007	0.008	5.440	0.0067	0.0039	0.7	1.5
W39	0.06	1.22	2.23	0.0058	0.0039	0.03	0.23	0.006	0.310	0.010	0.007	0.009	0.0059	0.0045	2.6	1.8
W40	0.06	0.81	1.44	0.0690	0.0034	0.03	0.22	0.005	0.007	0.006	0.006	0.007	0.0068	0.0039	3.1	1.8
W41	2.23	1.88	2.23	0.0052	0.0035	0.04	0.21	0.007	0.008	0.007	0.006	0.005	0.0054	0.0039	5.6	1.2
W42	0.06	0.72	1.21	0.0049	0.0038	0.03	0.21	0.005	0.005	0.008	0.005	0.007	0.0044	0.0123	0.9	1.7

[0109] 表1の試験No. 13 (wire No. W13) を除き、ソリッドワイヤの表面にはCuめっき (ワイヤ全質量に対してCuが0.20質量%とな

る量)が施されていた。なお、後掲の表2A~5のwire No. と表1のwire No. とは対応している。また、使用したシールドガスの組成を表2A~5に示す。

[0110] (母材)

母材は、JIS G 3302に準拠したSGCC (溶融亜鉛めっき鋼板) であって、亜鉛めっきの目付け量が 45 g/m^2 のものを用いた。そして、図4に示すように、2枚の溶融亜鉛めっき鋼板 ($300\text{ mm} \times 55\text{ mm} \times 2.3\text{ mm}$) を 25 mm だけずらして重ね、溶接ギャップ 0 mm として、スポット溶接で接着 (仮着け) し、気孔欠陥が発生し易い条件を作った。

[0111] (アーク溶接条件)

図4に示すように、スポット溶接で接着された2枚の前記母材の隅部6に対して重ね溶接 (250 mm) を行うという方法で溶接を行った。そして、図4に示すようなビード7を形成させた。なお、表2A~5に記載の試験No. 1~201については、図5 (b) に示す下進姿勢 (水平面に対し 30°) であるとともに、トーチ角度が母材面に対して垂直となる状態で溶接を行った。

[0112] 表2A~3に記載の試験No. 1~85について、平均電流-電圧、母材-チップ間距離、流量 (シールドガス)、溶接速度、ワイヤ送給速度の詳細な条件は以下の通りである。

[0113] ワイヤ径 $0.6\sim 0.7\text{ mm}$ のソリッドワイヤを使用する場合は、平均電流-電圧 $200\sim 220\text{ A}-29\sim 30\text{ V}$ 、母材-チップ間距離： 15 mm 、流量： $25\text{ リットル}/\text{min}$ 、溶接速度： $100\text{ cm}/\text{min}$ 、ワイヤ送給速度： $1500\text{ cm}/\text{min}$ という条件で溶接を行った。

[0114] ワイヤ径 $0.8\sim 1.0\text{ mm}$ のソリッドワイヤを使用する場合は、平均電流-電圧 $210\sim 230\text{ A}-27\sim 29\text{ V}$ 、母材-チップ間距離： 15 mm 、流量： $25\text{ リットル}/\text{min}$ 、溶接速度： $100\text{ cm}/\text{min}$ 、ワイヤ送給速度： $1100\text{ cm}/\text{min}$ という条件で溶接を行った。

[0115] ワイヤ径 $1.2\sim 1.4\text{ mm}$ のソリッドワイヤを使用する場合は、平均電

流—電圧 220～240 A—23～25 V、母材—チップ間距離：15 mm、流量：25 リットル／min、溶接速度：100 cm／min、ワイヤ送給速度：700 cm／min という条件で溶接を行った。

[0116] ワイヤ径 1.6 mm のソリッドワイヤを使用する場合は、平均電流—電圧 230～250 A—21～23 V、母材—チップ間距離：15 mm、流量：25 リットル／min、溶接速度：100 cm／min、ワイヤ送給速度：500 cm／min という条件で溶接を行った。

[0117] また、溶接電流として用いたパルス電流のパルス波形は、具体的には、図 6 に示す波形であった。なお、シールドガスの CO₂ ガス含有比率が 25～40% の場合は上記の電圧よりも 1 V 高くし、40% を超える場合は 2 V 高くして溶接を行った。

[0118] 表 4 A, 4 B に記載の試験 No. 86～165 について、ベース電流値、電圧、母材—チップ間距離、流量（シールドガス）、溶接速度、ワイヤ送給速度の詳細な条件は以下の通りである。

[0119] ワイヤ径 1.0 mm のソリッドワイヤを使用する場合は、ベース電流—電圧：40 A—26～28 V、母材—チップ間距離：15 mm、流量：25 リットル／min、溶接速度：100 cm／min、ワイヤ送給速度：1000 cm／min という条件で溶接を行った。

[0120] ワイヤ径 0.7 mm のソリッドワイヤを使用する場合は、ベース電流—電圧：40 A—25～27 V、母材—チップ間距離：12 mm、流量：25 リットル／min、溶接速度：100 cm／min、ワイヤ送給速度：2000 cm／min という条件で溶接を行った。

[0121] また、シールドガスの CO₂ ガス含有比率が 40% の場合は上記の電圧よりも 1 V 高くして溶接を行った。

[0122] 表 5 に記載の試験 No. 166～201 について、第 1 期間—第 2 期間の電圧、母材—チップ間距離、流量（シールドガス）、溶接速度、ワイヤ送給速度の詳細な条件は以下の通りである。

[0123] ワイヤ径 1.0 mm のソリッドワイヤを使用する場合は、第 1 期間—第 2

期間の電圧：28V－26V、母材－チップ間距離：15mm、流量：25リットル／min、溶接速度：100cm／min、ワイヤ送給速度：1000cm／minという条件で溶接を行った。

[0124] ワイヤ径0.7mmのソリッドワイヤを使用する場合は、第1期間－第2期間の電圧：27V－25V、母材－チップ間距離：12mm、流量：25リットル／min、溶接速度：100cm／min、ワイヤ送給速度：2000cm／minという条件で溶接を行った。

[0125] また、シールドガスのCO₂ガス含有比率が40%の場合は上記の電圧よりも1V高くして溶接を行った。

[0126] (ピットの測定方法と評価基準)

ピットの測定は目視で行い、250mmのビード中のピット個数を測定し、2回の測定値の平均の値を算出し、当該値で評価を行った。

[0127] 標準ガス(Ar+20%CO₂ガス)の場合のピット数が5.5個／250mm(表2Bの試験No.53参照)であることから、5.0個以下(0個は含まない)の場合を、耐気孔性の向上効果があるとして、良好(○)と評価し、0個の場合を、極めて良好(◎)と評価した。なお、5.0個を超える場合を、不良(×)と評価した。

[0128] (ブローホールの測定方法と評価基準)

ブローホールの測定は放射線透過試験(RT:JIS Z 3104参照)に準拠した方法で行い、250mm中のビード中のブローホール個数を測定し、2回の測定値の平均の値を算出し、当該値で評価を行った。

[0129] 標準ガス(Ar+20%CO₂ガス)の場合のブローホール数が31.0個／250mm(表2Bの試験No.53参照)であることから、20.0個を超えても30.0個以下であれば一定の耐気孔性の向上効果がある(従来よりも少し効果が確認できる)として、比較的良好(△)と評価し、20.0個以下(0個は含まない)の場合を、耐気孔性の向上効果があるとして、良好(○)と評価し、0個の場合を、極めて良好(◎)と評価した。

[0130] なお、30.0個を超える場合を、不良(×)と評価した。

[0131] (スパッタ量の測定方法と評価基準)

発生したスパッタの測定は、各例とも共通して、銅板で作成した高さ300mm×横300mm×縦450mmの箱中で溶接を行い、1分間に発生したスパッタ全てを箱内から採取し、集めたスパッタの全質量を測定してスパッタ量(g/min)とした。

[0132] スパッタ量は1.80g/minを超えると目に見えてスパッタが多く飛散するため、1.50g/minを超えても1.80g/min以下であればある一定のスパッタ抑制効果があるとして、比較的良好(△)と評価し、1.50g/min以下を良好(○)と評価し、その半分の値である0.75g/min以下を極めて良好(◎)と評価した。なお、1.80g/minを超える場合を、不良(×)と評価した。

[0133] (スラグ被覆率の測定方法と評価基準)

スラグ被覆率はビード外観(ビード250mm分)をデジタルカメラにて撮影し、その画像を2値化することにより、スラグと金属面を分け、その面積から測定した。被覆率が15%を超える場合はビード外観が粗悪なものとなるため、不良(×)と評価し、15%以下の場合を良好(○)と評価した。

[0134] (ビード外観の確認方法と評価基準)

ビード外観の確認は目視で行い、ビード表面において、蛇行、ハンピング、アンダカット等の溶接欠陥、スラグ被覆の存在の有無を確認した。前記のような溶接欠陥・スラグ被覆がビード表面に存在する場合を不良(×)と評価し、存在しない場合を良好(○)と評価した。なお、スラグ被覆の有無の基準については前記基準(15%を超える場合を有と評価)による。

[0135] 各ソリッドワイヤを用いて、所定の溶接条件で溶接を行った結果を表2A～5に示す。なお、表中の下線は本発明の要件を満たさないことを示す。また、表中のAr+数値CO₂とは、数値%のCO₂ガスと、残部がArガスと、からなるAr-CO₂ガスを示す。そして、表中のウェーブ周波数とは、第1期間(1パルス周期が密に連続する期間)と第2期間(1パルス周期が疎

に連続する期間) とを1つのサイクルとして、当該サイクルを繰り返す周波数を示す。

[0136]

[表2A]

試験No.	wire No.	線形(mm)	シールドガス	ビット数 (個/250mm)		ブローホール数 (個/250mm)		スハッタ(g/min)		スラッグ被覆率(%)		ビード外観	実施例
				0.5	1.0	6	12.0	0.99	1.12	23	34		
1	W1	1.2	Ar+25CO ₂	0.5	0	6	0	0.99	0	23	0	○	実施例
2	W2	1.2	Ar+25CO ₂	1.0	0	12.0	0	1.12	0	34	0	○	実施例
3	W3	1.2	Ar+25CO ₂	3.0	0	18.0	0	1.37	0	47	0	○	実施例
4	W4	1.2	Ar+25CO ₂	0.5	0	7.0	0	0.96	0	52	0	○	実施例
5	W5	1.2	Ar+25CO ₂	0.5	0	12.0	0	1.14	0	68	0	○	実施例
6	W6	1.2	Ar+25CO ₂	1.0	0	13.0	0	1.42	0	38	0	○	実施例
7	W7	1.2	Ar+25CO ₂	2.5	0	16.0	0	1.13	0	62	0	○	実施例
8	W8	1.2	Ar+25CO ₂	0.0	◎	8.0	0	1.02	0	69	0	○	実施例
9	W9	1.2	Ar+25CO ₂	4.0	0	16.0	0	1.23	0	67	0	○	実施例
10	W10	1.2	Ar+25CO ₂	1.0	0	9.5	0	1.31	0	85	0	○	実施例
11	W11	1.2	Ar+25CO ₂	2.0	0	10.0	0	1.09	0	34	0	○	実施例
12	W12	1.2	Ar+25CO ₂	2.5	0	12.0	0	1.11	0	48	0	○	実施例
13	W13	1.2	Ar+25CO ₂	2.0	0	11.0	0	0.92	0	51	0	○	実施例
14	W14	1.2	Ar+25CO ₂	1.0	0	9.0	0	1.45	0	97	0	○	実施例
15	W15	1.2	Ar+25CO ₂	1.5	0	7.0	0	1.22	0	112	0	○	実施例
16	W16	1.2	Ar+25CO ₂	4.0	0	7.0	0	1.31	0	85	0	○	実施例
17	W17	1.2	Ar+25CO ₂	3.0	0	8.5	0	1.21	0	10.5	0	○	実施例
18	W18	1.2	Ar+25CO ₂	1.5	0	7.0	0	1.33	0	62	0	○	実施例
19	W19	1.2	Ar+25CO ₂	1.0	0	11.0	0	1.22	0	57	0	○	実施例
20	W20	1.2	Ar+25CO ₂	0	◎	8.0	0	1.24	0	72	0	○	実施例
21	W21	1.2	Ar+25CO ₂	2.5	0	16.0	0	1.32	0	48	0	○	実施例
22	W22	1.2	Ar+25CO ₂	1.5	0	12.0	0	1.22	0	42	0	○	実施例
23	W23	1.2	Ar+25CO ₂	2.0	0	11.5	0	1.21	0	38	0	○	実施例
24	W24	1.2	Ar+25CO ₂	5.0	0	12.0	0	1.28	0	41	0	○	実施例
25	W25	1.2	Ar+25CO ₂	2.5	0	8.0	0	1.28	0	48	0	○	実施例
26	W26	1.2	Ar+25CO ₂	3.0	0	9.0	0	1.38	0	38	0	○	実施例
27	W1	1.2	Ar+30CO ₂	0	◎	2.0	0	1.22	0	39	0	○	実施例
28	W1	1.2	Ar+35CO ₂	0	◎	1.5	0	1.28	0	42	0	○	実施例
29	W1	1.2	Ar+40CO ₂	0	◎	2.0	0	1.47	0	48	0	○	実施例
30	W2	1.2	Ar+35CO ₂	0	◎	2.0	0	1.36	0	47	0	○	実施例
31	W3	1.2	Ar+35CO ₂	0	◎	3.0	0	1.22	0	58	0	○	実施例
32	W4	1.2	Ar+35CO ₂	0	◎	2.0	0	1.38	0	42	0	○	実施例

[0137] [表2B]

試験No.	wire No.	線形(mm)	シールドガス	ビット数 (個/250mm)		ブローホール数 (個/250mm)		スハッタ(g/min)		スラグ被覆率(%)		ビード外観
				120	435	380	430	1.42	1.42	5.6	5.6	
33	W27	1.2	Ar+25CO ₂	120	x	x	x	1.42	1.42	5.6	○	比較例
34	W28	1.2	Ar+25CO ₂	50	○	○	x	1.38	1.38	5.9	○	比較例
35	W29	1.2	Ar+25CO ₂	30	○	○	○	1.41	1.41	21.5	x	比較例
36	W30	1.2	Ar+25CO ₂	40	○	○	○	1.27	1.27	24.4	x	比較例
37	W31	1.2	Ar+25CO ₂	435	x	x	x	2.88	2.88	8.2	○	比較例
38	W32	1.2	Ar+25CO ₂	140	x	x	x	1.36	1.36	7.6	○	比較例
39	W33	1.2	Ar+25CO ₂	40	○	○	○	1.42	1.42	15.8	x	比較例
40	W34	1.2	Ar+25CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	比較例
41	W35	1.2	Ar+25CO ₂	240	x	x	x	1.39	1.39	8.5	○	比較例
42	W36	1.2	Ar+25CO ₂	150	x	x	x	1.43	1.43	7.4	○	比較例
43	W37	1.2	Ar+25CO ₂	90	x	x	x	1.88	1.88	16.8	x	比較例
44	W38	1.2	Ar+25CO ₂	140	x	x	x	1.32	1.32	6.9	○	比較例
45	W39	1.2	Ar+25CO ₂	20	○	○	○	1.38	1.38	15.4	x	比較例
46	W40	1.2	Ar+25CO ₂	1.5	○	○	○	1.28	1.28	5.8	○	比較例
47	W41	1.2	Ar+25CO ₂	2.5	○	○	○	1.92	1.92	24.5	x	比較例
48	W42	1.2	Ar+25CO ₂	90	x	x	x	1.22	1.22	19.2	x	比較例
49	W27	1.2	Ar+35CO ₂	60	x	x	x	1.49	1.49	6.2	○	比較例
50	W27	1.2	Ar+45CO ₂	2.5	○	○	○	2.02	2.02	8.9	○	比較例
51	W27	1.2	Ar+20CO ₂	120	x	x	x	1.28	1.28	4.3	○	比較例
52	W2	1.2	Ar+10CO ₂	190	x	x	x	0.87	0.87	4.2	○	比較例
53	W2	1.2	Ar+20CO ₂	5.5	x	x	x	0.98	0.98	4.2	○	比較例
54	W2	1.2	Ar+45CO ₂	0.0	◎	◎	◎	1.82	1.82	9.2	○	比較例
55	W2	1.2	Ar+50CO ₂	0.0	◎	◎	◎	2.12	2.12	9.8	○	比較例
56	W2	1.2	Ar+60CO ₂	0.0	◎	◎	◎	1.98	1.98	10.3	○	比較例
57	W2	1.2	100%CO ₂	0.0	◎	◎	◎	2.21	2.21	14.4	○	比較例

[0138] [表3]

試験No.	wire No.	線径 (mm)	シールドガス	ビット数 (個/250mm)		ブローホール数 (個/250mm)		スハッタ (g/min)		スラグ被覆率 (%)		ビード外観	
				1.0	◎	10.5	◎	0.62	◎	3.1	◎		
58	W1	1.0	Ar+25CO ₂	1.0	◎	10.5	◎	0.62	◎	3.1	◎	◎	実施例
59	W1	1.0	Ar+30CO ₂	0	◎	9.0	◎	0.53	◎	3.3	◎	◎	実施例
60	W1	1.0	Ar+35CO ₂	0	◎	7.5	◎	0.72	◎	3.2	◎	◎	実施例
61	W1	1.0	Ar+40CO ₂	0	◎	5.0	◎	0.73	◎	3.7	◎	◎	実施例
62	W1	0.9	Ar+25CO ₂	1.0	◎	11.5	◎	0.58	◎	3.8	◎	◎	実施例
63	W1	0.9	Ar+30CO ₂	0	◎	8.5	◎	0.64	◎	3.4	◎	◎	実施例
64	W1	0.9	Ar+40CO ₂	0	◎	7.0	◎	0.65	◎	4.2	◎	◎	実施例
65	W1	0.8	Ar+25CO ₂	2.0	◎	13.0	◎	0.52	◎	2.8	◎	◎	実施例
66	W1	0.8	Ar+30CO ₂	1.0	◎	10.5	◎	0.55	◎	3.8	◎	◎	実施例
67	W1	0.8	Ar+40CO ₂	0	◎	9.0	◎	0.68	◎	3.6	◎	◎	実施例
68	W1	0.7	Ar+25CO ₂	2.5	◎	17.5	◎	0.71	◎	3.7	◎	◎	実施例
69	W1	0.7	Ar+30CO ₂	2.0	◎	12.0	◎	0.66	◎	3.8	◎	◎	実施例
70	W1	0.7	Ar+40CO ₂	1.0	◎	10.5	◎	0.69	◎	4.0	◎	◎	実施例
71	W1	1.4	Ar+25CO ₂	0.5	◎	5.0	◎	1.59	△	3.9	◎	◎	実施例
72	W1	1.4	Ar+30CO ₂	0	◎	4.5	◎	1.63	△	3.8	◎	◎	実施例
73	W1	1.4	Ar+40CO ₂	0	◎	3.0	◎	1.79	△	4.1	◎	◎	実施例
74	W1	1.6	Ar+25CO ₂	0	◎	4.5	◎	1.71	△	3.2	◎	◎	実施例
75	W1	1.6	Ar+30CO ₂	0	◎	4.0	◎	1.77	△	3.8	◎	◎	実施例
76	W1	1.6	Ar+40CO ₂	0	◎	2.0	◎	1.80	△	3.7	◎	◎	実施例
77	W1	0.6	Ar+25CO ₂	4.0	◎	24.0	△	0.51	◎	4.9	◎	◎	実施例
78	W1	0.6	Ar+30CO ₂	4.5	◎	22.5	△	0.55	◎	4.2	◎	◎	実施例
79	W1	0.6	Ar+40CO ₂	3.5	◎	20.5	△	0.64	◎	4.2	◎	◎	実施例
80	W27	1.0	Ar+25CO ₂	13.5	×	32.5	×	0.74	◎	3.9	◎	◎	比較例
81	W27	1.0	Ar+30CO ₂	10.0	×	28.0	△	0.83	◎	4.4	◎	◎	比較例
82	W27	1.0	Ar+40CO ₂	8.5	×	24.5	△	0.81	◎	4.8	◎	◎	比較例
83	W27	0.8	Ar+25CO ₂	14.0	×	30.5	×	0.68	◎	4.2	◎	◎	比較例
84	W27	0.8	Ar+30CO ₂	11.5	×	29.5	△	0.64	◎	3.8	◎	◎	比較例
85	W27	0.8	Ar+40CO ₂	9.0	×	26.5	△	0.74	◎	5.4	◎	◎	比較例

[0139] [表4A]

試験No.	wire No.	線径 (mm)	シールドガス	第1ピーク		第2ピーク		第1ピーク 電流時間 (ms)	第2ピーク 電流時間 (ms)	第1第2 移行時間 (ms)	ビット数 (個/250mm)		フローホール数 (個/250mm)		スバッタ (g/min)		スラグ被覆率 (%)	ビット外観	
				電流 (A)	電流時間 (ms)	電流 (A)	電流時間 (ms)				ビット数 (個/250mm)	フローホール数 (個/250mm)	スバッタ (g/min)	スバッタ (g/min)					
86	W1	1.0	Ar+25CO ₂	500	0.4	350	0.6	0.3	0.3	0.3	1.5	2.5	0	0.65	0.65	3.2	○	○	実施例
87	W1	1.0	Ar+25CO ₂	440	0.4	350	0.6	0.3	0.3	0.3	2.0	3.0	0	0.64	0.64	3.4	○	○	実施例
88	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.6	350	0.6	0.3	0.3	0.3	2.5	3.0	0	0.64	0.64	4.1	○	○	実施例
89	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.2	350	0.6	0.3	0.3	0.3	1.0	2.0	0	0.66	0.66	3.5	○	○	実施例
90	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	400	0.6	0.3	0.3	0.3	3.0	4.5	0	0.74	0.74	4.2	○	○	実施例
91	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	300	0.6	0.3	0.3	0.3	0	1.0	0	0.71	0.71	3.5	○	○	実施例
92	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.3	0.3	0.3	0	1.0	0	0.55	0.55	3.3	○	○	実施例
93	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.2	0.3	0.3	0.3	0	2.5	0	0.65	0.65	4.3	○	○	実施例
94	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.6	0.6	0.6	1.0	1.0	0	0.63	0.63	4.2	○	○	実施例
95	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.2	0.2	0.2	1.0	2.5	0	0.74	0.74	5.6	○	○	実施例
96	W1	1.0	Ar+40CO ₂	480	0.4	350	0.6	0.3	0.3	0.3	1.0	5.0	0	0.62	0.62	3.1	○	○	実施例
97	W1	1.0	Ar+40CO ₂	440	0.4	350	0.6	0.3	0.3	0.3	0	1.5	0	0.64	0.64	4.2	○	○	実施例
98	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.6	350	0.6	0.3	0.3	0.3	0	4.0	0	0.65	0.65	3.8	○	○	実施例
99	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.2	350	0.6	0.3	0.3	0.3	1.0	1.0	0	0.69	0.69	3.9	○	○	実施例
100	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	390	0.6	0.3	0.3	0.3	2.0	2.0	0	0.67	0.67	3.2	○	○	実施例
101	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	300	0.6	0.3	0.3	0.3	0	4.0	0	0.62	0.62	4.1	○	○	実施例
102	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.3	0.3	0.3	0	2.5	0	0.53	0.53	2.9	○	○	実施例
103	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.2	0.3	0.3	0.3	0	3.5	0	0.65	0.65	3.4	○	○	実施例
104	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.6	0.6	0.6	0	3.0	0	0.69	0.69	4.3	○	○	実施例
105	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.2	0.2	0.2	0	4.0	0	0.67	0.67	4.8	○	○	実施例
106	W1	0.7	Ar+25CO ₂	460	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	3.5	8.0	0	0.42	0.42	3.4	○	○	実施例
107	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	4.0	3.5	0	0.65	0.65	5.1	○	○	実施例
108	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	3.0	4.0	0	0.55	0.55	4.8	○	○	実施例
109	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.2	300	0.3	0.2	0.2	0.2	4.5	5.5	0	0.41	0.41	3.6	○	○	実施例
110	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	360	0.3	0.2	0.2	0.2	4.0	6.0	0	0.42	0.42	3.1	○	○	実施例
111	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	3.5	5.5	0	0.55	0.55	4.5	○	○	実施例
112	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	3.0	6.5	0	0.48	0.48	5.1	○	○	実施例
113	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0	2.0	0	0.69	0.69	4.1	○	○	実施例
114	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.3	0.3	0.3	2.5	2.5	0	0.56	0.56	3.8	○	○	実施例
115	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	4.5	4.5	0	0.58	0.58	3.6	○	○	実施例
116	W1	0.7	Ar+40CO ₂	470	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	2.5	2.5	0	0.67	0.67	3.2	○	○	実施例
117	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	1.5	3.0	0	0.57	0.57	2.7	○	○	実施例
118	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	1.0	2.0	0	0.48	0.48	5.1	○	○	実施例
119	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.2	300	0.3	0.2	0.2	0.2	2.0	6.0	0	0.51	0.51	4.7	○	○	実施例
120	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	330	0.3	0.2	0.2	0.2	4.0	2.5	0	0.46	0.46	4.2	○	○	実施例
121	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	2.0	3.0	0	0.55	0.55	4.4	○	○	実施例
122	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	2.5	3.5	0	0.47	0.47	5.0	○	○	実施例
123	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	4.0	0	0.56	0.56	3.6	○	○	実施例
124	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.3	0.3	0.3	3.0	2.5	0	0.58	0.58	3.7	○	○	実施例
125	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.2	0.2	0.2	1.0	2.0	0	0.61	0.61	3.5	○	○	実施例

[0140] [表4B]

試験No.	wire No.	線径 (mm)	シールドガス	第1ピーク 電流 (A)	第1ピーク 電流時間 (ms)	第2ピーク 電流 (A)	第2ピーク 電流時間 (ms)	第1第2 移行時間 (ms)	ビット数 (個/250mm)	プロローホール数 (個/250mm)	スパッタ (g/min)	スラグ被覆率 (%)		ビット外観	
												1.0	4.5		
126	W1	1.0	Ar+25CO ₂	510	0.4	350	0.6	0.3	1.0	10.5	1.51	△	4.5	○	実施例
127	W1	1.0	Ar+25CO ₂	430	0.4	350	0.6	0.3	2.0	12.0	1.56	△	3.8	○	実施例
128	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.7	350	0.6	0.3	1.0	10.5	0.68	◎	3.5	○	実施例
129	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.1	350	0.6	0.3	1.5	8.5	1.59	△	4.5	○	実施例
130	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	410	0.6	0.3	2.0	15.0	0.62	◎	4.8	○	実施例
131	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	290	0.6	0.3	1.0	15.5	1.65	△	4.6	○	実施例
132	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.7	0.3	1.5	8.5	0.72	◎	5.4	○	実施例
133	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.1	0.3	2.0	9.0	1.66	△	5.1	○	実施例
134	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.7	1.0	10.5	0.64	◎	4.2	○	実施例
135	W1	1.0	Ar+25CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.1	1.0	15.5	1.68	△	3.8	○	実施例
136	W1	1.0	Ar+40CO ₂	510	0.4	350	0.6	0.3	0	5.0	1.52	△	3.4	○	実施例
137	W1	1.0	Ar+40CO ₂	430	0.4	350	0.6	0.3	0	7.0	1.57	△	4.5	○	実施例
138	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.7	350	0.6	0.3	0	6.5	0.77	○	5.1	○	実施例
139	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.1	350	0.6	0.3	0	8.5	1.69	△	5.8	○	実施例
140	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	410	0.6	0.3	1.0	8.0	0.76	○	4.3	○	実施例
141	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	290	0.6	0.3	0	6.5	1.67	△	4.5	○	実施例
142	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.7	0.3	1.0	7.0	0.77	○	3.9	○	実施例
143	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.1	0.3	0	8.5	1.77	△	3.8	○	実施例
144	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.7	0	4.5	0.79	○	4.5	○	実施例
145	W1	1.0	Ar+40CO ₂	450	0.4	350	0.6	0.1	0	6.5	1.69	△	4.7	○	実施例
146	W1	0.7	Ar+25CO ₂	510	0.3	300	0.3	0.2	2.5	17.5	1.59	△	5.7	○	実施例
147	W1	0.7	Ar+25CO ₂	430	0.3	300	0.3	0.2	2.0	15.5	1.68	△	4.5	○	実施例
148	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.7	300	0.3	0.2	1.5	18.5	0.65	◎	3.9	○	実施例
149	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.1	300	0.3	0.2	2.0	16.0	1.62	△	4.2	○	実施例
150	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	410	0.3	0.2	2.5	13.0	0.68	◎	4.5	○	実施例
151	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	290	0.3	0.2	2.0	12.5	1.63	△	4.7	○	実施例
152	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.7	0.2	2.5	14.5	0.61	◎	5.1	○	実施例
153	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.1	0.2	1.5	15.5	1.70	△	5.0	○	実施例
154	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.7	1.0	15.0	0.64	◎	4.5	○	実施例
155	W1	0.7	Ar+25CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.1	2.0	17.5	1.65	△	3.7	○	実施例
156	W1	0.7	Ar+40CO ₂	510	0.3	300	0.3	0.2	1.0	10.5	0.85	○	3.9	○	実施例
157	W1	0.7	Ar+40CO ₂	430	0.3	300	0.3	0.2	1.5	12.5	1.55	△	4.5	○	実施例
158	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.7	300	0.3	0.2	2.5	13.0	0.61	◎	5.0	○	実施例
159	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.1	300	0.3	0.2	1.0	18.0	1.62	△	5.0	○	実施例
160	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	410	0.3	0.2	1.5	15.5	0.63	◎	5.1	○	実施例
161	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	290	0.3	0.2	2.5	16.0	1.63	△	3.9	○	実施例
162	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.7	0.2	2.0	12.5	0.69	◎	4.8	○	実施例
163	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.1	0.2	1.5	13.0	1.64	△	3.8	○	実施例
164	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.7	2.5	14.5	0.63	◎	3.4	○	実施例
165	W1	0.7	Ar+40CO ₂	440	0.3	300	0.3	0.1	2.0	15.5	1.63	△	5.1	○	実施例

[0141] [表5]

試験No.	wire No.	線径 (mm)	シールドガス	ウェーブ周波数 (Hz)	ビット数 (個/250mm)	ブローホール数 (個/250mm)	スハッタ(g/min)	スラグ被覆率(%)	ビード外観
166	W1	1.0	Ar+25CO ₂	5	0	1.5	◎ 0.56	◎ 3.2	◎
167	W1	1.0	Ar+25CO ₂	10	0	1.0	◎ 0.56	◎ 3.7	◎
168	W1	1.0	Ar+25CO ₂	15	0	0.5	◎ 0.54	◎ 3.6	◎
169	W1	1.0	Ar+25CO ₂	20	0	1.0	◎ 0.55	◎ 4.0	◎
170	W1	1.0	Ar+25CO ₂	25	0	1.0	◎ 0.64	◎ 4.1	◎
171	W1	1.0	Ar+25CO ₂	30	0	1.5	◎ 0.50	◎ 3.5	◎
172	W1	1.0	Ar+40CO ₂	5	0	0.5	◎ 0.65	◎ 3.7	◎
173	W1	1.0	Ar+40CO ₂	10	0	1.5	◎ 0.64	◎ 3.9	◎
174	W1	1.0	Ar+40CO ₂	15	0	1.0	◎ 0.66	◎ 4.1	◎
175	W1	1.0	Ar+40CO ₂	20	0	1.0	◎ 0.51	◎ 3.2	◎
176	W1	1.0	Ar+40CO ₂	25	0	0.5	◎ 0.54	◎ 3.1	◎
177	W1	1.0	Ar+40CO ₂	30	0	1.5	◎ 0.58	◎ 3.4	◎
178	W1	0.7	Ar+25CO ₂	5	0	2.0	◎ 0.60	◎ 5.1	◎
179	W1	0.7	Ar+25CO ₂	10	0	1.5	◎ 0.54	◎ 5.7	◎
180	W1	0.7	Ar+25CO ₂	15	0	1.0	◎ 0.55	◎ 4.7	◎
181	W1	0.7	Ar+25CO ₂	20	0	2.0	◎ 0.56	◎ 4.6	◎
182	W1	0.7	Ar+25CO ₂	25	0	1.0	◎ 0.55	◎ 5.0	◎
183	W1	0.7	Ar+25CO ₂	30	0	1.0	◎ 0.53	◎ 5.3	◎
184	W1	0.7	Ar+40CO ₂	5	0	2.0	◎ 0.55	◎ 5.5	◎
185	W1	0.7	Ar+40CO ₂	10	0	1.5	◎ 0.52	◎ 5.7	◎
186	W1	0.7	Ar+40CO ₂	15	0	0.5	◎ 0.57	◎ 4.9	◎
187	W1	0.7	Ar+40CO ₂	20	0	1.5	◎ 0.59	◎ 4.2	◎
188	W1	0.7	Ar+40CO ₂	25	0	1.0	◎ 0.54	◎ 5.3	◎
189	W1	0.7	Ar+40CO ₂	30	0	0.5	◎ 0.57	◎ 5.5	◎
190	W1	1.0	Ar+25CO ₂	1	2.5	△ 25.0	◎ 0.85	◎ 3.8	◎
191	W1	1.0	Ar+25CO ₂	3	3.0	△ 20.2	◎ 0.64	◎ 3.4	◎
192	W1	1.0	Ar+25CO ₂	40	0	2.0	◎ 0.76	◎ 3.8	◎
193	W1	1.0	Ar+40CO ₂	1	2.0	△ 27.5	◎ 0.78	◎ 4.1	◎
194	W1	1.0	Ar+40CO ₂	3	4.0	△ 22.0	◎ 0.71	◎ 3.9	◎
195	W1	1.0	Ar+40CO ₂	40	0	2.5	◎ 0.77	◎ 3.8	◎
196	W1	0.7	Ar+25CO ₂	1	1.5	△ 21.5	◎ 0.86	◎ 4.5	◎
197	W1	0.7	Ar+25CO ₂	3	1.0	△ 26.0	◎ 0.54	◎ 4.2	◎
198	W1	0.7	Ar+25CO ₂	40	2.5	△ 2.5	◎ 0.53	◎ 4.1	◎
199	W1	0.7	Ar+40CO ₂	1	1.0	△ 21.5	◎ 0.82	◎ 4.0	◎
200	W1	0.7	Ar+40CO ₂	3	2.5	△ 22.0	◎ 0.56	◎ 4.1	◎
201	W1	0.7	Ar+40CO ₂	40	2.0	△ 2.0	◎ 0.55	◎ 4.8	◎

- [0142] 表2 A, 2 Bは、ソリッドワイヤの組成とシールドガスの組成とを変化させた場合の結果である。
- [0143] 表2 Aの試験No. 1~32は本発明の実施例となる。いずれの場合もピット数、ブローホール数、およびスパッタ量が低減されているとともに、スラグ被覆率も抑えられ、かつ、ビード外観も良好であった。
- [0144] また、試験No. 13 (wire No. W13)は銅めっきを施していないものであるが、めっきを施した他のワイヤと同様の効果が得られることがわかった。また、試験No. 27~32は、シールドガスのCO₂含有割合を従来のもの(Ar-20%CO₂)と比較して大きく増加させたものであるが、極めて良好な耐気孔性が得られることがわかった。
- [0145] 一方、表2 Bの試験No. 33~57は本発明の比較例となる。
- [0146] 試験No. 33~49は、シールドガスのCO₂含有割合が本発明の規定の範囲に該当していた。しかし、試験No. 33は、Sの含有量が多かったため、表面張力が低くなり、ピットおよびブローホールが多く発生した。
- [0147] 試験No. 34は、Mn/Siの比率が小さかったため、脱酸効果が低下し、表面張力が低くなり、ブローホールが多く発生した。
- [0148] 試験No. 35、36は、Mn/Siの比率が大きかったため、スラグ被覆率が高くなり、ビード外観が粗悪となった。
- [0149] 試験No. 37、38は、Sの含有量が多かったため、ピットおよびブローホールが多く発生するとともに、試験No. 37はスパッタが増加した。
- [0150] 試験No. 39は、Crの含有量が多かったため、粘性が上昇し、凸型のビードとなってしまった。
- [0151] 試験No. 40は、Siの含有量が多く、Cuの含有量も多かったため、過剰強度によりワイヤ伸線中に断線した。
- [0152] 試験No. 41~43は、Sの含有量が多かったことから、ピットおよびブローホールが多く発生するとともに、試験No. 43は、スパッタが増加し、かつビード外観が粗悪となった。
- [0153] 試験No. 44は、Sの含有量が多く、Moの含有量も多かったため、ビ

ード表面に割れが発生するとともに、ピットおよびブローホールが多く発生した。

[0154] 試験No. 45は、Si、Mn、Sの含有量が本発明の規定する範囲に該当しなかったため、スラグ被覆率が高くなり、ビード外観が粗悪となった。

[0155] 試験No. 46は、Pの含有量が多かったため、ビード表面に割れが発生した。

[0156] 試験No. 47は、Si、Mnの含有量が多かったためスラグ被覆率が高くなり、Cの含有量が多かったためスパッタが増加した。

[0157] 試験No. 48、49は、Sの含有量が多かったため、ピットおよびブローホールが多く発生するとともに、試験No. 48は、スラグ被覆率が高くなり、ビード外観が粗悪となった。

[0158] 試験No. 51～53は、シールドガスのCO₂含有割合が少なかったため、ピットおよびブローホールが多く発生した。

[0159] 試験No. 50、54～57は、シールドガスのCO₂含有割合が多かったため、スパッタが多く発生した。

[0160] 表3は、ソリッドワイヤの直径とソリッドワイヤの組成とシールドガスの組成とを変えた場合の結果となる。

[0161] 表3中の試験No. 58～79は本発明の実施例となる。いずれの場合もピット数、ブローホール数、およびスパッタ量が低減されているとともに、スラグ被覆率も抑えられ、かつ、ビード外観も良好であった。

[0162] 特に、試験No. 58～70は、ワイヤの直径が0.7～1.1mmの範囲であったことから、スパッタ抑制効果が極めて良好という結果となるとともに、ブローホール抑制効果も良好という結果となった。

[0163] なお、試験No. 71～76は、ワイヤの直径が大きかったことから、スパッタ抑制効果が比較的良好という結果にとどまることとなった。

[0164] また、試験No. 77～79は、ワイヤの直径が小さかったことから、ブローホール抑制効果が比較的良好という結果にとどまることとなった。

[0165] 一方、表3中の試験No. 80～85は本発明の比較例となる。

- [0166] 試験N o. 80～85は、Sの含有量が多かったため、表面張力が低くなり、ピットおよびブローホールが多く発生した。
- [0167] 表4 A, 4 Bは、パルス電流の波形とソリッドワイヤの直径とシールドガスの組成とを変えた場合の結果である。
- [0168] 表4 A, 4 B中の試験N o. 86～165は本発明の実施例となる。いずれの場合もピット数、ブローホール数、およびスパッタ量が低減されているとともに、スラグ被覆率も抑えられ、かつ、ビード外観も良好であった。
- [0169] 特に、試験N o. 86～125は、本発明の規定する第1ピークの電流値および期間、第2ピークの電流値および期間、ならびに移行期間の条件を満たすパルス電流を用いていたことから、スパッタ抑制効果が極めて良好という結果となるとともに、ピットおよびブローホール抑制効果についても良好以上の結果となった。
- [0170] 一方、試験N o. 126～165は、本発明の規定する第1ピークの電流値および期間、第2ピークの電流値および期間、ならびに移行期間のいずれかの条件を満たさないパルス電流を用いていたことから、試験N o. 86～125と比較すると、ピット抑制効果、ブローホール抑制効果、スパッタ抑制効果のうち、いずれかの効果が若干劣るという結果となった。
- [0171] 例えば、試験N o. 126～135、139、143、146～165については、ブローホール抑制効果は良好という結果であったが、8.5個/250mm以上となっており、試験N o. 86～125と比較すると、ブローホール抑制効果が若干劣るという結果となった。
- [0172] また、試験N o. 126、127、129、131、133、135～147、149、151、153、155～157、159、161、163、165については、スパッタ抑制効果は良好または比較的良好という結果にとどまり、試験N o. 86～125と比較すると、スパッタ抑制効果が若干劣るという結果となった。
- [0173] 表5は、パルス電流のパルス周波数とソリッドワイヤの直径とシールドガスの組成とを変えた場合の結果である。

- [0174] 表5中の試験No. 166~201は本発明の実施例となる。いずれの場合もピット数、ブローホール数、およびスパッタ量が低減されているとともに、スラグ被覆率も抑えられ、かつ、ビード外観も良好であった。
- [0175] 特に、試験No. 166~189は、第1期間と第2期間とを、本発明の規定する所定の周波数で繰り返すパルス電流を用いていたことから、ピット抑制効果およびスパッタ抑制効果が極めて良好という結果となるとともに、ブローホール抑制効果についても良好という結果となった。
- [0176] 一方、試験No. 190~201は、第1期間と第2期間とを、本発明の規定する所定の周波数で繰り返すという条件を満たさないパルス電流を用いていたことから、試験No. 166~189と比較すると、ピット抑制効果、ブローホール抑制効果、スパッタ抑制効果のうち、いずれかの効果が若干劣るという結果となった。
- [0177] 例えば、試験No. 190、191、193、194、196~201については、ピット抑制効果が良好という結果にとどまり、試験No. 166~189と比較すると、ピット抑制効果が若干劣るという結果となった。
- [0178] また、試験No. 190、191、193、194、196、197、199、200については、ブローホール抑制効果が比較的良好という結果にとどまり、試験No. 166~189と比較すると、ブローホール抑制効果が若干劣るという結果となった。
- [0179] また、試験No. 190、192、193、195、196、199については、スパッタ抑制効果が良好という結果にとどまり、試験No. 166~189と比較すると、スパッタ抑制効果が若干劣るという結果となった。
- [0180] 以上、本発明に係るソリッドワイヤおよびこれを用いたガスシールドアーク溶接方法について、発明を実施する形態および実施例により詳細に説明したが、本発明の趣旨はこれらの説明に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて広く解釈されなければならない。

符号の説明

- [0181] 1 ソリッドワイヤ（ワイヤ）

- 2 アーク
- 3 亜鉛ガス
- 4 ソリッドワイヤ先端に形成された溶滴（溶滴、溶融金属）
- 5 球状を呈する溶滴（溶滴、溶融金属）
- 6 隅部
- 7 ビード
- 10 パルス電流（本発明）
- 20 パルス電流（従来）
- W 母材（亜鉛めっき鋼板）
- ST 表面張力
- Tup ピーク立上り期間
- Tp1 第1ピークの期間
- Tsf 移行期間
- Tp2 第2ピークの期間
- Tdn ピーク立下り期間
- Tb ベース期間
- Tf 1パルス周期
- P1 第1期間
- P2 第2期間

請求の範囲

- [請求項1] シールドガスを用いるガスシールドアーク溶接用であるとともに、
亜鉛めっき鋼板溶接用のソリッドワイヤであって、
前記ソリッドワイヤは、当該ソリッドワイヤ全質量に対し、
C : 0.15質量%以下、
Si : 0.40~0.90質量%、
Mn : 0.20~1.50質量%、
P : 0.0500質量%以下、
S : 0.0080質量%以下、
O : 0.0100質量%以下、
Cr : 1.00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り、
前記ソリッドワイヤは、
 $1.0 \leq (Si \text{ 質量\%} + Mn \text{ 質量\%}) / \{100 (S \text{ 質量\%} + O \text{ 質量\%})\} \leq 4.0$
 $0.50 \leq Mn \text{ 質量\%} / Si \text{ 質量\%} \leq 2.00$
を満足し、かつ
前記シールドガスは、25~40%のCO₂ガスを含むArガスであることを特徴とするソリッドワイヤ。
- [請求項2] ワイヤ直径が、0.7~1.1mmであることを特徴とする請求項1に記載のソリッドワイヤ。
- [請求項3] 請求項1または請求項2に記載のソリッドワイヤを、25~40%のCO₂ガスを含むArガスであるシールドガス中に送給し、当該ソリッドワイヤに溶接電流を供給することで、当該ソリッドワイヤと母材である亜鉛めっき鋼板との間にアークを発生させて溶接を行うことを特徴とするガスシールドアーク溶接方法。
- [請求項4] 前記溶接電流は、パルス電流であって、
前記パルス電流は、第1ピークの通電、第2ピークの通電およびベ

ース電流の通電を1パルス周期として繰り返すものであって、

前記第1ピークの電流値が440～500A、前記第1ピークの期間が0.2～0.6msであり、

前記第2ピークの電流値が300～400A、前記第2ピークの期間が0.2～0.6msであり、

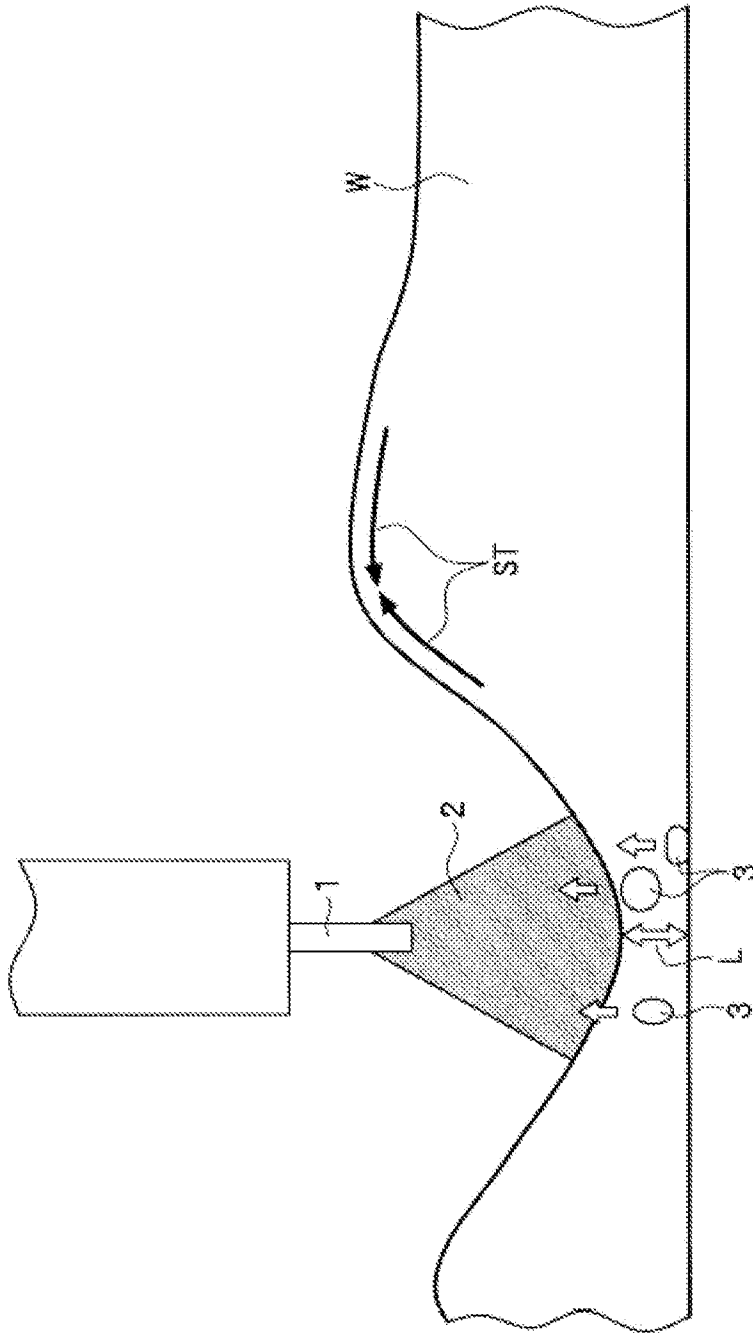
前記第1ピークから前記第2ピークに移行する期間が0.2～0.6msであることを特徴とする請求項3に記載のガスシールドアーク溶接方法。

[請求項5]

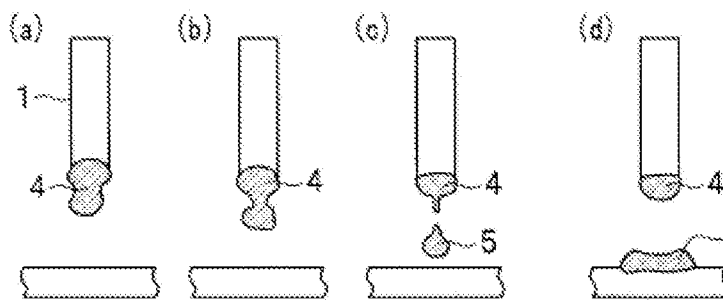
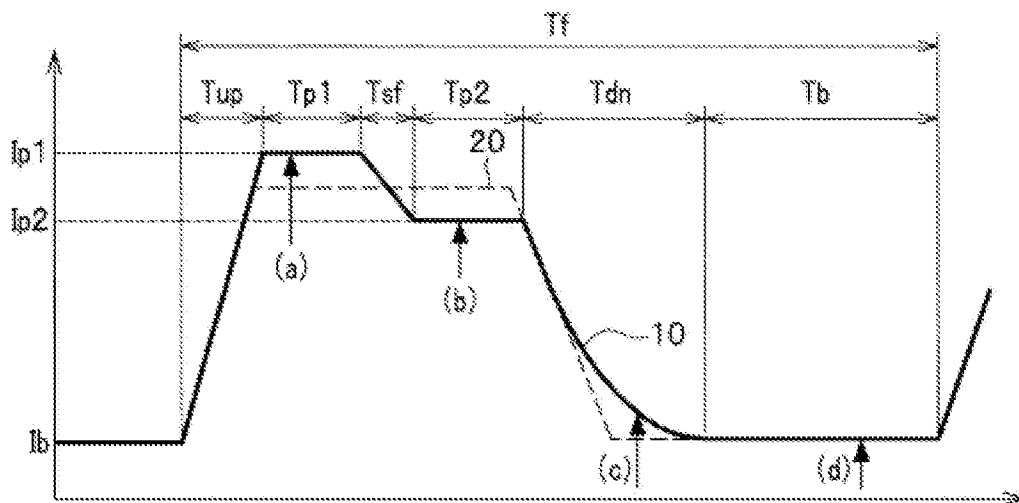
1パルス周期が密に連続する第1期間と、1パルス周期が疎に連続する第2期間と、を交互に繰り返すパルス電流を前記溶接電流として用い、

前記第1期間と前記第2期間とを、5～30Hzの周波数で繰り返すことを特徴とする請求項3または請求項4に記載のガスシールドアーク溶接方法。

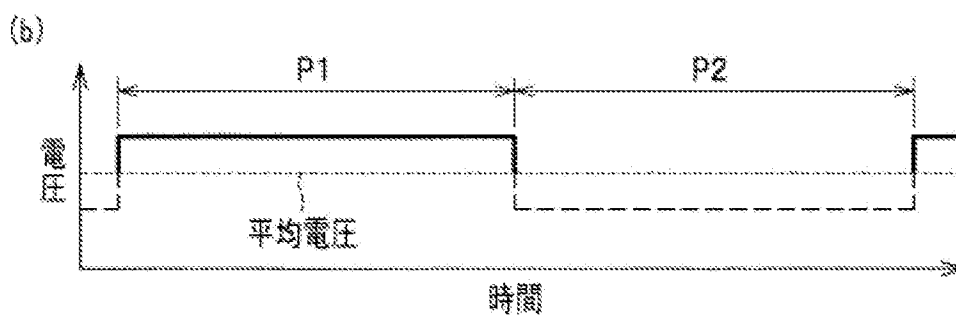
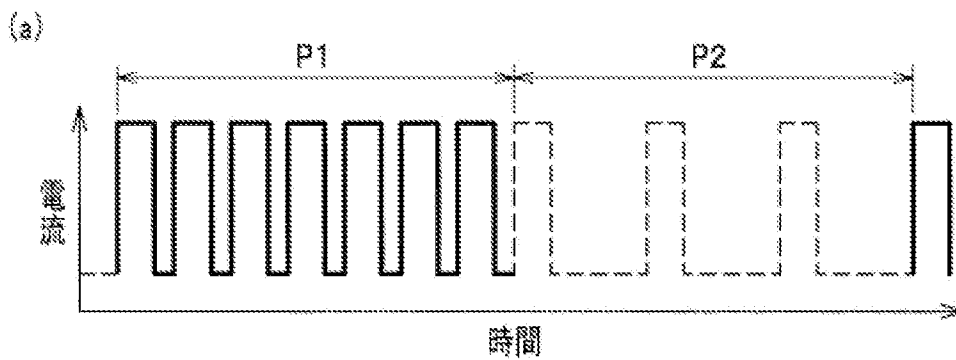
[図1]



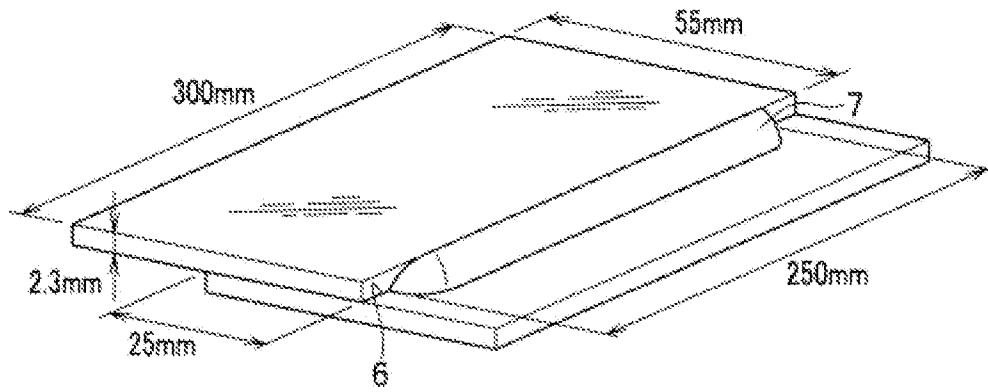
[図2]



[図3]

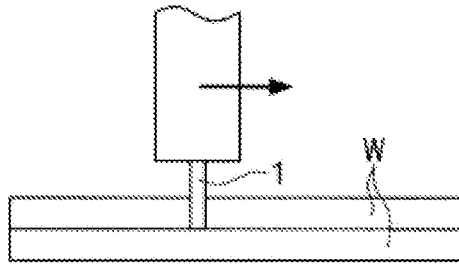


[図4]

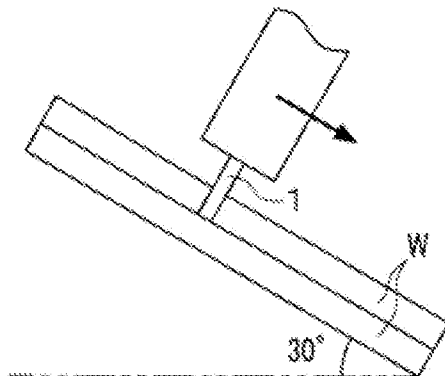


[図5]

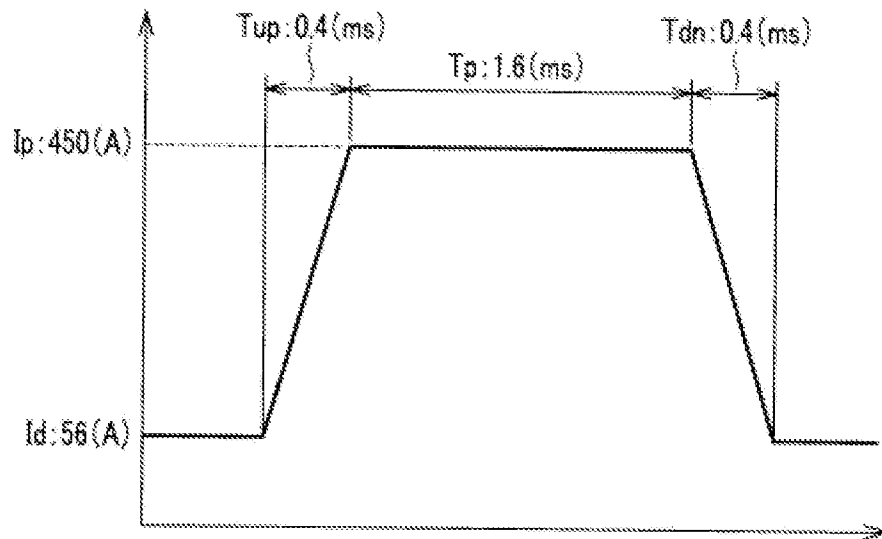
(a)



(b)



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055567

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B23K35/30(2006.01)i, B23K9/073(2006.01)i, B23K9/16(2006.01)i, B23K9/173(2006.01)i, B23K9/23(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)

B23K35/30, B23K9/073, B23K9/16, B23K9/173, B23K9/23

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 2004-136342 A (JFE Steel Corp.), 13 May 2004 (13.05.2004), claims; paragraph [0001]; tables 1, 2 (Family: none)	1-5
A	JP 7-232294 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 05 September 1995 (05.09.1995), claims; tables 1, 2 (Family: none)	1-5
A	JP 6-210490 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 02 August 1994 (02.08.1994), claims; paragraphs [0034] to [0035]; tables 1, 2 (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
01 May, 2013 (01.05.13)

Date of mailing of the international search report
14 May, 2013 (14.05.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/055567

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-200581 A (Nippon Steel Corp.), 10 August 1993 (10.08.1993), claims (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. B23K35/30(2006.01)i, B23K9/073(2006.01)i, B23K9/16(2006.01)i, B23K9/173(2006.01)i, B23K9/23(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. B23K35/30, B23K9/073, B23K9/16, B23K9/173, B23K9/23

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 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013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 2004-136342 A (JFEスチール株式会社) 2004.05.13, 特許請求の範囲, [0001], 表1, 表2 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 7-232294 A (住友金属工業株式会社) 1995.09.05, 特許請求の範囲, 表1, 表2 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 6-210490 A (住友金属工業株式会社) 1994.08.02, 特許請求の範囲, [0034] - [0035], 表1, 表2 (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。

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

国際調査を完了した日 01.05.2013	国際調査報告の発送日 14.05.2013
--------------------------	--------------------------

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) 鈴木 毅	4 K	9 1 5 4
	電話番号 03-3581-1101 内線 3435		

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
A	JP 5-200581 A (新日本製鐵株式会社) 1993.08.10, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1 - 5