

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4986563号
(P4986563)

(45) 発行日 平成24年7月25日(2012.7.25)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl.

F 1

B23K 35/30	(2006.01)	B 23 K	35/30	A
B23K 35/368	(2006.01)	B 23 K	35/368	F
B23K 9/173	(2006.01)	B 23 K	9/173	B
C22C 38/00	(2006.01)	B 23 K	9/173	E
C22C 38/14	(2006.01)	C 22 C	38/00	301 B

請求項の数 6 (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2006-271324 (P2006-271324)

(22) 出願日

平成18年10月2日 (2006.10.2)

(65) 公開番号

特開2008-87045 (P2008-87045A)

(43) 公開日

平成20年4月17日 (2008.4.17)

審査請求日

平成20年12月10日 (2008.12.10)

(73) 特許権者 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2
6号

(74) 代理人 100090158

弁理士 藤巻 正憲

(72) 発明者 石▲崎▼ 主人
神奈川県藤沢市宮前字裏河内100番1
株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内(72) 発明者 橋本 哲哉
神奈川県藤沢市宮前字裏河内100番1
株式会社神戸製鋼所藤沢事業所内(72) 発明者 横田 泰之
東京都品川区北品川5丁目9番12号 株
式会社神戸製鋼所東京本社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】エレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ及び2電極エレクトロガスアーク溶接方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

垂直に配置した1対の被溶接板を突き合わせて両者間に表面側が裏面側より幅広で垂直に延びる開先を形成し、前記被溶接板の裏面側に前記開先に固定的にあてがわれる裏面側裏当材を設置し、前記被溶接板の表面側に前記開先の長手方向に沿って前記開先に対して相対的に摺動可能な表面側裏当材を設置し、裏面側の第1電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して固定的に設置し、表面側の第2電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して往復移動可能に設置して、前記第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤにより前記開先を立向突き合わせ溶接する2電極エレクトロガスアーク溶接に使用されるフラックス入りワイヤにおいて、第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、C : 0.02乃至0.09質量%、Mn : 1.5乃至2.5質量%、Si : 0.2乃至0.6質量%、Ni : 0.6乃至1.9質量%、Mo : 0.3乃至1.2質量%、Ti : 0.10乃至0.40質量%、B : 0.005乃至0.020質量%、Mg : 0.10乃至0.50質量%を含有し、Ni + Moの総量が1.2乃至2.6質量%、MoとNiとの質量比Mo / Niが0.25乃至1.00であり、残部がFe及び不可避的不純物とスラグ生成剤であることを特徴とするエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

10

【請求項 2】

前記第1電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第1電極ワイヤの質量に対して0.3乃至1.6質量%含有し、前記第2電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第2電極ワイヤの質量に対して1.0乃至2.0質量%含有すると共に、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電

20

極ワイヤにおける前記スラグ生成剤の含有量の和が1.3乃至3.3質量%であり、前記スラグ生成剤は、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、F:0.10乃至0.70質量%であることを特徴とする請求項1に記載のエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【請求項3】

前記第2電極ワイヤは第2電極ワイヤの質量あたり、CO₂:0.04乃至0.25質量%含む炭酸塩を含有することを特徴とする請求項1又は2に記載のエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ。

【請求項4】

垂直に配置した1対の被溶接板を突き合わせて両者間に表面側が裏面側より幅広で垂直に延びる開先を形成し、前記被溶接板の裏面側に前記開先に固定的にあてがわれる裏面側裏当材を設置し、前記被溶接板の表面側に前記開先の長手方向に沿って前記開先に対して相対的に摺動可能な表面側裏当材を設置し、裏面側の第1電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して固定的に設置し、表面側の第2電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して往復移動可能に設置して、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤにより前記開先を立向突き合わせ溶接する2電極エレクトロガスアーク溶接方法において、前記第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤは、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、C:0.02乃至0.09質量%、Mn:1.5乃至2.5質量%、Si:0.2乃至0.6質量%、Ni:0.6乃至1.9質量%、Mo:0.3乃至1.2質量%、Ti:0.10乃至0.40質量%、B:0.005乃至0.020質量%、Mg:0.10乃至0.50質量%を含有し、Ni+Moの総量が1.2乃至2.6質量%、MoとNiとの質量比Mo/Niが0.25乃至1.00であり、残部がFe及び不可避的不純物とスラグ生成剤である組成を有し、裏面側の前記第1電極のワイヤ径は1.2乃至1.6mm、表面側の前記第2電極のワイヤ径は1.4乃至2.0mmであり、前記第1電極のワイヤ径は前記第2電極のワイヤ径以下であり、前記第1電極及び前記第2電極を単位時間あたりの送給量が同一になるよう送給することを特徴とする2電極エレクトロガスアーク溶接方法。

【請求項5】

前記第1電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第1電極ワイヤの質量に対して0.3乃至1.6質量%含有し、前記第2電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第2電極ワイヤの質量に対して1.0乃至2.0質量%含有すると共に、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤにおける前記スラグ生成剤の含有量の和が1.3乃至3.3質量%であり、前記スラグ生成剤は、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、F:0.10乃至0.70質量%であることを特徴とする請求項4に記載の2電極エレクトロガスアーク溶接方法。

【請求項6】

表面側の前記第2電極ワイヤは第2電極ワイヤの質量あたり、CO₂:0.04乃至0.25質量%含む炭酸塩を含有することを特徴とする請求項4又は5に記載の2電極エレクトロガスアーク溶接方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、厚鋼板の2電極立向1パス溶接が可能なエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ及び2電極エレクトロガスアーク溶接方法に関する。

【背景技術】

【0002】

エレクトロガスアーク溶接は、高能率立向溶接方法として、船舶、石油貯蔵タンク及び橋梁等の幅広い分野で適用されている。近時、中国・東アジア諸国の経済及び産業の発展が著しく、物流量の増加に伴い、コンテナ貨物の効率的な輸送を目的として、コンテナ船の大型化が急速に進んでいる。

10

20

30

40

50

【0003】

コンテナ船の大型化に伴い、船側外板及びハッチコーミング等の厚肉化が進んでおり、板厚50mm以上の鋼板が使用され、更に、板厚80mmを超える鋼板の適用も検討されている。このような厚鋼板を高能率に溶接できる施工法として、エレクトロガスアーク溶接法による大入熱1パス溶接化の要求が高まっている。

【0004】

しかしながら、このような厚鋼板の溶接を従来の1電極1パス溶接方法で行うと、溶接速度が大幅に低下するとともに、融合不良等の欠陥が発生し易くなる。この問題点を解決すべく、これらの問題を解消し、作業効率を向上させるため、2電極エレクトロガスアーク溶接方法が提案されている（例えば特許文献1乃至3）。

10

【0005】

特許文献1には、裏当材側電極として、スラグ生成率が溶着金属に対して0.5乃至2.6質量%である鋼ワイヤ又はフラックス入りワイヤを使用し、摺動銅板側電極として、スラグ生成率が溶着金属に対して2.7乃至5.5質量%であるフラックス入りワイヤを使用し、更に、裏当材側電極ワイヤ中及び摺動銅板側電極ワイヤ中のC、Si、Mn、Ti及びBの組成を規定し、両電極ワイヤ間を一定に保ちながら裏当材と摺動銅板との間で両電極ワイヤを揺動させることにより、良好な溶接作業性及び優れた溶接金属性能が得られる2電極エレクトロガスアーク溶接方法が開示されている。

【0006】

また、特許文献2に開示された技術は、35乃至90mm厚鋼板の開先を2電極立向エレクトロガスアーク溶接する際に、板厚方向に溶接電極を2本配置し、摺動銅板側電極にスラグ生成率がワイヤ溶融量に対して2.7乃至5.5質量%であるフラックス入りワイヤを使用し、裏当材側電極にスラグ生成率がワイヤ溶融量に対して2.6質量%以下であるソリッドワイヤ又はフラックス入りワイヤを使用し、摺動銅板側電極と裏当材側電極のワイヤ極間距離を10乃至38mm、更に摺動銅板側電極のワイヤ送給速度を裏当材側電極のワイヤ送給速度の1乃至1.5倍で且つ両極の平均ワイヤ送給速度を14乃至20m/分とし、両電極を揺動させ、立向1パス溶接によって溶接することで、溶接作業性に優れ、また、良好な溶込形状を得ることができるというものである。

20

【0007】

また、特許文献3には、極厚の被溶接板の一方の面に摺動銅当金を当接させ、他方の面に固定式裏当材を当接させ、その開先内に、摺動銅当金側の溶接電極としてワイヤ全量に対して金属弗化物及びその他の成分組成を規定したフラックス入りワイヤを使用し、固定式裏当材側の溶接電極としてソリッドワイヤを使用し、この2本の溶接電極を板厚方向に並べて挿入して被溶接板を溶接することにより、厚鋼板を溶接する際に、良好な低温韌性及び良好な溶接作業性が得られる2電極立向エレクトロガスアーク溶接方法が開示されている。このとき、溶接時にこの2本の溶接電極を揺動させれば、この2本の溶接電極の開先壁に対する溶込の均一化を図ることができる事が記載されている。

30

【0008】

しかしながら、上述の従来技術には以下に示すような問題点がある。特許文献1乃至3に開示された2電極エレクトロガスアーク溶接方法は、いずれの方法においても、両電極の開先壁への溶込の均一化を図るために、溶接時に2電極とも摺動させることが好ましいため、両電極が被溶接板の表面側に摺動したときに被溶接板の裏面側に溶融スラグがたまり易い上、溶接長が長くなると、被溶接板の裏面側に配置される電極ワイヤの摺動の影響により、被溶接板の裏面側の電極ワイヤがアーク不安定になり、裏ビード不良及びスパッタ発生量過多等の現象が発生し易くなる。このため、被溶接板の裏面側の電極ワイヤにスラグ生成量の少ないソリッドワイヤ又はフラックス入りワイヤを使用することにより溶接作業性の改善が提案されているが、被溶接板の裏面側の電極ワイヤの組成を規定することによって裏ビード不良及びスパッタ発生量過多等を抑制することは困難である。

40

【0009】

この問題点を解決すべく、本発明者らは、被溶接板の裏面側に配置される電極ワイヤを

50

固定することで、被溶接板の裏面側の電極ワイヤの摺動による被溶接板の裏面側の溶融スラグ溜まり及びアーク不安定を抑制する方法を提案している（特許文献4）。

【0010】

【特許文献1】特開平11-197884号公報
 【特許文献2】特開平11-285826号公報
 【特許文献3】特開2002-103041号公報
 【特許文献4】特開2004-167600号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、特許文献4に開示された技術には以下に示すような問題点がある。特許文献4には、韌性の高い溶接金属を得ることができるエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ及び溶接方法が開示されており、この技術によれば、溶接作業性に優れ、得られる溶接金属の低温韌性は良好であるものの、上述の通り、エレクトロガスアーク溶接に適用する鋼板の厚肉化、更には高強度化及び高韌性化が要求される中で、入熱が500kJ/cmを超えるような場合においても、溶接金属の強度を確保し、且つ韌性に優れたエレクトロガスアーク溶接材料が必要になってきている。また、近時、更なる低温域で安定して韌性に優れる溶接材料が要求されており、特許文献4に開示された技術においてはこれらの点において不十分である。

【0012】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、入熱が500kJ/cmを超えても溶接金属の強度及び韌性が高く、溶接作業性に優れるエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ及び2電極エレクトロガス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】

【0013】

本発明に係るエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤは、垂直に配置した1対の被溶接板を突き合わせて両者間に表面側が裏面側より幅広で垂直に延びる開先を形成し、前記被溶接板の裏面側に前記開先に固定的にあてがわれる裏面側裏当材を設置し、前記被溶接板の表面側に前記開先の長手方向に沿って前記開先に対して相対的に摺動可能な表面側裏当材を設置し、裏面側の第1電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して固定的に設置し、裏面側の第2電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して往復移動可能に設置して、前記第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤにより前記開先を立向突き合わせ溶接する2電極エレクトロガスアーク溶接に使用されるフラックス入りワイヤにおいて、第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、C:0.02乃至0.09質量%、Mn:1.5乃至2.5質量%、Si:0.2乃至0.6質量%、Ni:0.6乃至1.9質量%、Mo:0.3乃至1.2質量%、Ti:0.10乃至0.40質量%、B:0.005乃至0.020質量%、Mg:0.10乃至0.50質量%を含有し、Ni+Moの総量が1.2乃至2.6質量%、MoとNiとの質量比Mo/Niが0.25乃至1.00であり、残部がFe及び不可避の不純物とスラグ生成剤であることを特徴とする。

【0014】

前記第1電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第1電極ワイヤの質量に対して0.3乃至1.6質量%含有し、前記第2電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第2電極ワイヤの質量に対して1.0乃至2.0質量%含有すると共に、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤにおける前記スラグ生成剤の含有量の和が1.3乃至3.3質量%であり、前記スラグ生成剤は、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、F:0.10乃至0.70質量%であることが好ましい。

【0015】

また、前記第2電極ワイヤは第2電極ワイヤの質量あたり、CO₂:0.04乃至0.

10

20

30

40

50

25質量%含む炭酸塩を含有していても良い。

【0016】

本発明に係る2電極エレクトロガスアーク溶接方法は、垂直に配置した1対の被溶接板を突き合わせて両者間に表面側が裏面側より幅広で垂直に延びる開先を形成し、前記被溶接板の裏面側に前記開先に固定的にあてがわれる裏面側裏当材を設置し、前記被溶接板の表面側に前記開先の長手方向に沿って前記開先に対して相対的に摺動可能な表面側裏当材を設置し、裏面側の第1電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して固定的に設置し、表面側の第2電極ワイヤを前記開先の奥行き方向に対して往復移動可能に設置して、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤにより前記開先を立向突き合わせ溶接する2電極エレクトロガスアーク溶接方法において、前記第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤは、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、C:0.02乃至0.09質量%、Mn:1.5乃至2.5質量%、Si:0.2乃至0.6質量%、Ni:0.6乃至1.9質量%、Mo:0.3乃至1.2質量%、Ti:0.10乃至0.40質量%、B:0.005乃至0.020質量%、Mg:0.10乃至0.50質量%を含有し、Ni+Moの総量が1.2乃至2.6質量%、MoとNiとの質量比Mo/Niが0.25乃至1.00であり、残部がFe及び不可避的不純物とスラグ生成剤である組成を有し、裏面側の前記第1電極のワイヤ径は1.2乃至1.6mm、表面側の前記第2電極のワイヤ径は1.4乃至2.0mmであり、前記第1電極のワイヤ径は前記第2電極のワイヤ径以下であり、前記第1電極及び前記第2電極を単位時間あたりの送給量が同一になるよう送給することを特徴とする。

10

20

【0017】

前記第1電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第1電極ワイヤの質量に対して0.3乃至1.6質量%含有し、前記第2電極ワイヤは前記スラグ生成剤を前記第2電極ワイヤの質量に対して1.0乃至2.0質量%含有すると共に、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤにおける前記スラグ生成剤の含有量の和が1.3乃至3.3質量%であり、前記スラグ生成剤は、前記第1電極ワイヤ及び前記第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値として、Fe:0.10乃至0.70質量%であることが好ましい。

【0018】

表面側の前記第2電極ワイヤは第2電極ワイヤの質量あたり、CO₂:0.04乃至0.25質量%含む炭酸塩を含有していても良い。

30

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、エレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤのC、Mn、Si、Ni、Mo、Ti、B及びMgの各成分の組成、Ni+Moの総量並びにMo/Niの比を適切に規定することにより溶接金属の強度及び韌性を向上させる。また、被溶接板の表面側に開先の長手方向に沿って開先に対して相対的に摺動可能な表面側裏当材を設置し、裏面側に開先に固定的にあてがわれる裏面側裏当材を設置し、裏面側の第1電極ワイヤを開先の奥行き方向に対して固定的に設置し、表面側の第2電極ワイヤを開先の奥行き方向に対して往復移動可能に設置して開先を立向突き合せ溶接することにより、溶融スラグの飛散を抑制する。これによって、入熱が500kJ/cmを超えるような場合であっても、強度及び韌性が高い溶接金属を得ることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照して具体的に説明する。先ず、本発明の第1実施形態について説明する。図1(a)は本実施形態に係る2電極エレクトロガスアーク溶接方法を示す模式的側面図、図1(b)は同じく模式的上面図、図2(a)及び(b)は溶接ワイヤ13の摺動を示す模式的上面図である。

【0021】

図1(a)及び(b)に示すように、垂直に配置された1対の厚鋼板からなる被溶接板1が突き合わせられて両者間に表面側が裏面側より幅広で垂直に延びる開先が形成され、被

50

溶接板1の表面側に、開先の長手方向に沿って開先に対して相対的に摺動可能な表面側裏当材として摺動銅板2が、スラグ逃がし溝3を設けた状態で設置されている。摺動銅板2には、溶接部に大気が侵入しないようシールドするためのシールドガスを図1(a)に示す矢印4の方向に噴出するガス噴射口5が設けられており、また、摺動銅板2を冷却するために摺動銅板2内部に設けられた冷却水通路(図示せず)に冷却水を矢印6の方向に供給し、矢印7の方向に排出する冷却水給排口8が設けられている。また、被溶接板1の裏面側に、開先に固定的にあてがわれる裏面側裏当材として裏当材9が設置されている。また、開先内には、被溶接板1の裏面側にコンタクトチップ10によって保持された第1電極ワイヤとしての溶接ワイヤ11(裏面側電極ワイヤ)が開先の奥行き方向に対して固定的に設置され、表面側にコンタクトチップ12によって保持された第2電極ワイヤとしての溶接ワイヤ13(表面側電極ワイヤ)が開先の奥行き方向(図1に示す矢印14の方向)に対して往復移動可能に設置されている。10

【0022】

被溶接板1と溶接ワイヤ11との間及び被溶接板1と溶接ワイヤ13との間にアークを発生させ、開先を立向突合せ溶接すると、被溶接板1、溶接ワイヤ11及び溶接ワイヤ13が溶融し、溶融池15及び溶融スラグ16が形成され、溶接部に溶接金属17が形成される。

【0023】

例えば、被溶接板1の裏面側に設置された溶接ワイヤ11及び被溶接板1の表面側に設置された溶接ワイヤ13の双方が開先の奥行き方向に対して往復移動する場合、双方の溶接ワイヤが被溶接板1表面側に移動したときに、被溶接板1の裏面側に溶融スラグ16が溜まり、双方の溶接ワイヤが被溶接板1の裏面側に移動したときは、被溶接板1の表面側に設置された溶接ワイヤ13のアークによって被溶接板1の裏面側の溶融スラグ16が抑え込まれる結果、被溶接板1の裏面側に溶融スラグ16が溜まり易くなる。これにより、アークが不安定になり、融合不良を起こしたり、溶融スラグ16の飛散が激しくなったりして溶接作業性が劣化する。20

【0024】

本実施形態に係る2電極エレクトロガスアーク溶接方法においては、被溶接板1の裏面側に設置された溶接ワイヤ11が開先の奥行き方向に対して固定され、被溶接板1の表面側に設置された溶接ワイヤ13が開先の奥行き方向に対して往復移動することで、図2(a)に示すように、溶接ワイヤ13が被溶接板1の裏面側に移動したときに、被溶接材1の裏面側で発生した溶融スラグ16が摺動銅板2側(図2(a)に示す矢印18の方向)に移動し、図2(b)に示すように、溶接ワイヤ13が被溶接板1の表面側に移動したときに、この溶融スラグ16が図2(b)に示す矢印19の方向に移動し、スラグ逃がし溝3より排出される。これにより、被溶接板1の裏面側に発生した溶融スラグ16の一部は裏ビードのスラグとなるが、溶融スラグ16の多くは被溶接板1の表面側に設置された摺動銅板2に設けられたスラグ逃がし溝3より排出される。これにより、裏面側に設置された溶接ワイヤ11のアークを安定化させ、融合不良及び溶融スラグ16の飛散を抑えることができる。30

【0025】

ここで、本発明者らは、厚鋼板の2電極1パス立向突合せ溶接において、フラックス入りワイヤの成分組成及びワイヤ径について検討し、優れた溶接作業性及び良好な低温韌性が得られるエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ及び溶接方法について検討を行った。そして、本実施形態に係る2電極エレクトロガスアーク溶接方法において、入熱が500kJ/cmを超えるような場合であっても、強度及び韌性が高い溶接金属を得ることができるエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤの成分について鋭意検討した結果、C、Mn、Si、Ni、Mo、Ti、B及びMgの最適成分量を見出した。更に、韌性安定化にはNi+Moの総量及びMo/Niの比を規定することが有効であることが明らかになった。40

【0026】

10

20

30

40

50

以下、本実施形態に係るエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤにおける各成分の組成限定理由及びワイヤ径の限定理由について説明する。本実施形態に係るエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤは、鋼製外皮及びフラックスからなるものである。なお、以下の説明において、C、Mn、Si、Ni、Mo、Ti、Bの含有量は、第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値である（以下、これを単に平均値という）。

【0027】

「C：0.02乃至0.09質量%」

Cは溶接金属の強度を確保するために必要な元素である。第1電極ワイヤ（裏面側電極ワイヤ）及び第2電極ワイヤ（表面側電極ワイヤ）のC量平均値が0.02質量%未満では、溶接金属の強度が低下する。また、溶接金属の組織が粗大化し、韌性も低下する。一方、C量平均値が0.09質量%を超えると、溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下する。従って、2電極エレクトロガスアーク溶接に使用されるフラックス入りワイヤにおいて、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのC量平均値は、0.02乃至0.09質量%とする。なお、C源としては、鋼製外皮中に含有されるC、C単体、グラファイト、又は、鉄粉若しくは金属粉中に含有されるC等を使用することができる。

【0028】

「Mn：1.5乃至2.5質量%」

Mnは脱酸剤として溶接金属の酸素量を低減させ、韌性を向上させるとともに、溶接金属の強度を確保するのにも有効な元素である。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのMn量平均値が1.5質量%未満では、溶接金属の韌性が低下する。一方、Mn量平均値が2.5質量%を超えると、溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下する。従って、Mn量平均値は、1.5乃至2.5質量%とする。なお、Mn源としては、鋼製外皮中に含有されるMn、金属Mn、Fe-Mn又はFe-Si-Mn等を使用することができる。

【0029】

「Si：0.2乃至0.6質量%」

Siも脱酸剤として溶接金属の酸素量を低減させ、韌性を向上させる効果を有するものである。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのSi量平均値が0.2質量%未満では、溶接金属の韌性が低下する。一方、Si量平均値が0.6質量%を超えると、溶接金属を脱酸したことで溶融スラグとなったSiO₂の量が過剰になり、溶融スラグの粘度が高くなるため、溶融スラグの排出性が悪くなる。これにより、融合不良が発生し易くなる上、溶融スラグが飛散し、作業性が劣化する。従って、Si量平均値は、0.2乃至0.6質量%とする。なお、Si源としては、鋼製外皮中に含有されるSi、Fe-Si、Fe-Si-Mn、Fe-Si-B、Fe-Si-Mg又はREM(Rare Earth Metal)-Ca-Si等を使用することができる。

【0030】

「Ni：0.6乃至1.9質量%」

Niはオーステナイト形成元素であり、溶接金属の韌性を安定化させる効果を有する元素である。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのNi量平均値が0.6質量%未満では、溶接金属の韌性が低下する。一方、Ni量平均値が1.9質量%を超えると、入熱が500kJ/cmを超えるような場合、溶接金属がオーステナイト凝固となり、溶接金属の組織が粗大化し、韌性が低下する。従って、Ni量平均値は、0.6乃至1.9質量%とする。なお、Ni源としては、金属Ni、Fe-Ni又はNi-Mg等を使用することができる。

【0031】

「Mo：0.3乃至1.2質量%」

Moはフェライト形成元素であり、溶接金属の焼入れ性を向上させる効果を有し、入熱が500kJ/cmを超えるような場合の凝固組織微細化に有効な元素である。従って、溶接金属の韌性を向上させ、更には少量の添加で溶接金属の強度を向上させることができ

10

20

30

40

50

る。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのMo量平均値が0.3質量%未満では、凝固組織は粗大化し韌性は低下する。一方、Mo量平均値が1.2質量%を超えると強度が高くなり過ぎ、韌性が低下する。従って、Mo量平均値は、0.3乃至1.2質量%とする。なお、Mo源としては、金属Mo又はFe-Mo等を使用することができる。

【0032】

「Ti: 0.10乃至0.40質量%」

Tiは溶接金属の韌性を向上させる効果を有する元素である。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのTi量平均値が0.10質量%未満では、溶接金属の韌性が低下する。一方、Ti量平均値が0.40質量%を超えると溶接金属中のTiが過剰になり、韌性が低下する。従って、Ti量平均値は、0.10乃至0.40質量%とする。なお、Ti源としては、金属Ti又はFe-Ti等を使用することができる。

【0033】

「B: 0.005乃至0.020質量%」

Bは少量の添加で溶接金属の韌性を向上させる効果を有する元素である。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのB量平均値が0.005質量%未満では、溶接金属の韌性が低下する。一方、B量平均値が0.020質量%を超えると溶接金属中のBが過剰になり、強度が高くなり過ぎ、韌性が低下する。従って、B量平均値は、0.005乃至0.020質量%とする。なお、B源としては、Fe-B、Fe-Si-B又はB₂O₃等を使用することができる。

【0034】

「Mg: 0.10乃至0.50質量%」

Mgは脱酸剤として溶接金属の酸素量を低減し韌性を向上させる効果を有する元素である。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのMg量平均値が0.10質量%未満では、溶接金属の韌性が低下する。一方、Mg量平均値が0.50質量%を超えるとアークが不安定になりスパッタが多発する。従って、Mg量平均値は、0.10乃至0.50質量%とする。なお、Mg源としては、金属Mg、Al-Mg、Fe-Si-Mg又はNi-Mg等を使用することができる。

【0035】

「Ni+Moの総量: 1.2乃至2.6質量%、Mo/Niの比: 0.25乃至1.0

0」

上述のようにNi量平均値及びMo量平均値を規定し、このフラックス入りワイヤを使用して、2電極エレクトロガスアーク溶接を行ったところ、入熱が500kJ/cmを超えるような場合、溶接金属の十分な強度及び安定した韌性を確保することができなかった。そこで、本発明者らが更に検討を加えた結果、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのNi+Moの総量及びMo量平均値/Ni量平均値の比（以下、Mo/Niの比という）を規定することが有効であることを見出した。C、Mn、Si、Ni、Mo、Ti、B及びMgの組成を限定した範囲に規定することで、溶接金属の強度及び韌性のバランスが取れるが、大入熱溶接の場合、Ni+Moの総量が溶接金属の強度及び韌性の確保に重要な働きを有することが分かった。Ni+Moの総量が1.2質量%未満では、焼入れ性が低下し、組織が粗大化し韌性が低下するうえ強度も低下する。一方で、Ni+Moの総量が2.6質量%を超えると、焼入れ性は高くなり過ぎ、強度も高くなり過ぎるため韌性が低下する。従ってNi+Moの総量は、1.2乃至2.6質量%とする。

【0036】

Moは溶接金属の焼入れ性を向上させる効果を有し、溶接金属の組織微細化に有効であるが、過度に添加すると溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下する。一方で、Niは溶接金属の韌性の安定化に有効な元素であるが、過度に添加すると溶接金属がオーステナイト凝固となり、溶接金属の韌性が低下する。そこで、上述のNi量平均値及びMo量平均値の規定範囲内で溶接金属の更なる韌性向上を図るには、オーステナイト形成元素のNiを添加することで韌性の安定化を図り、また、フェライト形成元素のMoを添加することでオーステナイト凝固を抑制し、組織の微細化を行うことが有効であることを見出し

10

20

30

40

50

た。即ち、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤのMo / Niの比を適正範囲に規定することが非常に有効であることが分かった。Mo / Niの比が0.25未満では、Moが有する溶接金属の組織微細化の効果が得られず、溶接金属の韌性が低下する。一方、Mo / Niの比が1.00を超えると、溶接金属がオーステナイト凝固し易くなり、溶接金属の韌性が低下する。従って、Mo / Niの比は、0.25乃至1.00とする。

【0037】

「裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量：0.3乃至1.6質量%、表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量：1.0乃至2.0質量%、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和：1.3乃至3.3質量%」

上述のように、本実施形態に係る2電極エレクトロガスアーク溶接方法においては、被溶接板1の裏面側に溶接ワイヤ11が開先の奥行き方向に対して固定的に設置され、表面側に溶接ワイヤ13が開先の奥行き方向に対して往復移動可能に設置されていることにより、溶融スラグ16を被溶接板1の表面側に設置された摺動銅板2の方向に移動させ易くし、これにより、溶接作業性の安定化を図っている。ここで、更に、溶接ワイヤ11(裏面側電極ワイヤ)におけるスラグ生成剤の含有量を裏面側電極ワイヤの質量に対して0.3乃至1.6質量%に規定することで、溶融スラグ量を低減させ、スラグ生成剤によるアークの安定化を図ることができ、優れた溶接作業性が得られる。裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が裏面側電極ワイヤの質量に対して0.3質量%未満では、裏ビードの形状が不安定になり、また、1.6質量%を超えると被溶接板1の裏面側にスラグがたまり易くなり、アークが不安定になり、融合不良が発生し易くなる。従って、裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量は、裏面側電極ワイヤの質量に対して、0.3乃至1.6質量%とする。

【0038】

また、被溶接板1の表面側に設置される溶接ワイヤ13は開先の奥行き方向に対して往復移動するため、優れた溶接作業性を確保するには適度な量のスラグ生成剤を含有することが必要である。一方、スラグ生成剤の含有量が過度になると、溶融スラグ16が被溶接板1の裏面側に逆流したり、アークが不安定になったりするため、融合不良が発生し易くなる。溶接ワイヤ13(表面側電極ワイヤ)におけるスラグ生成剤の含有量が表面側電極ワイヤの質量に対して1.0質量%未満では、スラグ生成量が不足し、溶融金属を抑えられず、溶接金属が溶落し易くなり、また、2.0質量%を超えると、溶融スラグ16が被溶接板1の裏面側に逆流したり、アークが不安定になったりするため、融合不良が発生し易くなる。従って、表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量は、表面側電極ワイヤの質量に対して、1.0乃至2.0質量%とする。

【0039】

また、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和が1.3質量%未満では、溶融スラグ量が不足し、溶融金属を抑えられず、溶接金属が溶落し易くなり、3.3質量%を超えると、溶融池に浮遊する溶融スラグ量が過多になり、アークが不安定になるため、融合不良が発生し易くなる。従って、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和は、1.3乃至3.3質量%とする。

【0040】

なお、スラグ生成剤としては、 SiO_2 、 K_2O 、 CaO 、 Na_2O 、 Al_2O_3 、 Li_2O 、 CaF_2 、 BaF_2 、 NaF 、 K_2SiF_6 、 SrF_2 、 AlF_3 、 MgF_2 、 LiF 、 CaCO_3 、 MgCO_3 、 BaCO_3 、 Li_2CO_3 、 Na_2CO_3 及び Sr_2CO_3 からなる群から選択された少なくとも1種の元素等を使用することができる。

【0041】

「裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和におけるF量平均値：0.10乃至0.70質量%」

スラグ生成剤に含有されるFは、溶融スラグの粘性を低くし、溶融スラグの排出性を向上させる効果を有する。裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和におけるF量平均値が0.10質量%未満では、溶融スラグの排出性が低く、

10

20

30

40

50

溶融池に浮遊する溶融スラグ量が過多になり、アーク不安定になるため、融合不良が発生し易くなる。一方、F量平均値が0.70質量%を超えると、溶融スラグの排出性が向上し過ぎ、溶融金属を抑えられず、溶接金属が溶落し易くなる。従って、スラグ生成剤量平均値におけるF量平均値は、0.10乃至0.70質量%とする。なお、F源としては、CaF₂、BaF₂、NaF、K₂SiF₆、SrF₂、AlF₃、MgF₂又はLiF等を使用することができる。

【0042】

「表面側電極ワイヤは表面側電極ワイヤ質量あたりCO₂：0.04乃至0.25質量%含む炭酸塩を含有する」

炭酸塩の分解で発生するCO₂はアークを安定的に広げる効果を有する。この炭酸塩を表面側電極ワイヤに添加することで、表面側電極ワイヤが開先の奥行き方向に対して往復移動してもアークが広がった状態で安定しているため、被溶接板の裏面側に生成されたスラグを被溶接板の表面側に設置された摺動銅板側に移動させ易くする。炭酸塩が含むCO₂量が0.04質量%未満では、その効果が得られず、融合不良が発生し易くなる。一方で、0.25質量%を超えるとガス発生量が過大になりアーク不安定になり易い。従って、表面側電極ワイヤは表面側電極ワイヤ質量あたりCO₂：0.04乃至0.25質量%含む炭酸塩を含有するものとする。なお、炭酸塩としては、CaCO₃、MgCO₃、BaCO₃、Li₂CO₃、Na₂CO₃又はSr₂CO₃等を使用することができる。また、裏面側電極ワイヤもCO₂：0.25質量%以下を含む炭酸塩を含有していても良い。

【0043】

なお、上述のエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤの残部は、Fe、B₂O₃のO、REM、P、S、Al及びCaからなる群から選択された少なくとも1種の元素及び不可避的不純物からなる組成を有しているものとする。

【0044】

次に、本発明の2電極エレクトロガスアーク溶接方法について説明する。本発明の2電極エレクトロガスアーク溶接方法においては、上述の組成の第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤを使用し、第1電極ワイヤの直径を1.2乃至1.6mm、第2電極ワイヤの直径を1.4乃至2.0mmとして、両者の単位時間あたりのワイヤ送給量が同一になるように第1電極ワイヤ及び第2電極ワイヤを送給する。

【0045】

「裏面側第1電極ワイヤのワイヤ径（以下、裏面側ワイヤ径という）；1.2乃至1.6mm、表面側第2電極ワイヤのワイヤ径（以下、表面側ワイヤ径という）；1.4乃至2.0mm、且つ裏面側ワイヤ径 表面側ワイヤ径」

アークは、溶接ワイヤのワイヤ径が大きくなるほど広がり、溶融スラグを流動させるには有効であるが、ワイヤ径が過度に大きいと溶融池が不安定になり、スパッタが増加する。被溶接板の裏面側は開先幅が狭いため、ワイヤ径が過度に大きいと、母材（被溶接板）の溶込が多くなり、溶接金属が母材（被溶接板）の影響を受け易い上、裏ビードの余盛も過多になってしまふ。従って、被溶接板の裏面側においてはアークの広がりが適度に小さい方が好ましく、裏面側ワイヤ径は1.2乃至1.6mmとする。一方、被溶接板の表面側においては、ワイヤ径が小さいと溶融スラグの排出性が悪くなり、アークが不安定になる。従って、表面側ワイヤ径は1.4乃至2.0mmとする。また、溶接作業性のバランスを考慮すると、裏面側ワイヤ径が表面側ワイヤ径よりも大きいと、被溶接板の裏面側に溶融スラグが溜まり易くなり、アークが不安定になる。従って、裏面側ワイヤ径 表面側ワイヤ径とする。

【0046】

なお、2本の溶接ワイヤの全質量の平均値とは、ワイヤ径にかかわらず、各ワイヤの成分値を使用し、2本の溶接ワイヤの平均値を計算したものである。また、本発明に係るエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤのフラックス充填率は20乃至30質量%とした。

10

20

30

40

50

【0047】

本発明に係る2電極エレクトロガスアーク溶接方法においては、母材（被溶接板）の影響も少なからず受けるため、母材（被溶接板）に適用する鋼板は、一般構造用圧延鋼材、溶接構造用圧延鋼材、溶接構造用高降伏点鋼板、建築構造用圧延鋼及び船舶用に使用される鋼板のうち、下記表1に示す範囲（質量%）のものが好ましい。

【0048】

【表1】

C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Ti	B
0.01乃至 0.20	≤0.55	0.60乃至 1.70	≤0.04	≤0.04	≤1.5	≤0.5	≤0.1	≤0.005

10

【実施例】

【0049】

以下、本発明の実施例の効果について、本発明の範囲から外れる比較例と比較して説明する。図3は本発明の実施例及び比較例において使用した溶接方法を示す模式的上面図である。図3において、図1及び図2と同一構成物には同一符号を付して、その詳細な説明は省略する。

【0050】

供試鋼板（被溶接板1）として、降伏強度：390N/mm²以上、板厚：80mm、幅：500mm、長さ：1000mmであり、下記表2に示す組成を有するものを使用し、表面側ワイヤ径及び裏面側ワイヤ径を共に1.6mmとして表3に示す組成（質量%）を有するものを使用し、図3、表4及び表5に示す条件で以下に示す溶接方法によって本発明に係るエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ及び比較例のフラックス入りワイヤを使用して1パス立向突合せ溶接を実施し、溶接中に作業性の確認を行った。また、溶接後、UT検査（Ultrasonic Testing；超音波探傷検査）を行い、融合不良の有無を確認した。ここで、表3に示すスラグ生成剤としては、SiO₂、K₂O、CaO、Na₂O、Al₂O₃、Li₂O、CaF₂、BaF₂、NaF、K₂SiF₆、SrF₂、AlF₃、MgF₂、LiF、CaCO₃、MgCO₃、BaCO₃、Li₂CO₃、Na₂CO₃及びSr₂CO₃からなる群から選択された少なくとも1種の元素等を使用することができる。また、残部は、Fe、B₂O₃のO、REM、P、S、Al及びCaからなる群から選択された少なくとも1種の元素及び不可避的不純物である。

20

【0051】

本発明のエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤは、鋼製外皮にフラックスを充填して構成される。Feは、この鋼製外皮中のFe、フラックス中に含有される鉄粉からのFe及びFe合金（Fe-Mn, Fe-Si等）に含有されるFeを合計したものであるが、このFeの含有量は少なくともワイヤ全質量あたり、90%以上である。

30

【0052】

【表2】

C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Ti	B
0.07	0.20	1.36	0.015	0.009	1.2	0.1	0.02	0.0010

40

【0053】

【表3】

ワイヤ	C	Si	Mn	Ni	Mo	Ti	B	Mg	スラグ 生成剤	F	CO ₂	残部
A	0.04	0.4	1.9	0.7	0.6	0.23	0.011	0.22	1.4	0.54	0.09	95.1
B	0.06	0.3	2.2	0.1	1.1	0.25	0.018	0.15	0.8	0.21	0.00	95.2
C	0.03	0.2	1.7	2.5	0.5	0.19	0.014	0.30	1.4	0.66	0.08	93.9
D	0.01	0.2	2.7	0.3	0.4	0.25	0.015	0.27	1.0	0.08	0.07	95.0
E	0.01	0.7	1.2	1.5	1.1	0.33	0.011	0.37	1.7	0.47	0.09	93.6
F	0.14	0.3	2.1	2.9	0.9	0.35	0.017	0.33	1.1	0.42	0.11	92.4
G	0.04	0.0	1.9	3.1	0.7	0.45	0.000	0.00	1.9	0.66	0.24	92.8
H	0.07	0.7	2.5	1.7	0.4	0.03	0.025	0.41	1.3	0.35	0.05	93.3
I	0.06	0.5	1.1	0.6	0.8	0.53	0.000	0.22	0.8	0.29	0.08	95.8
J	0.06	0.4	2.2	1.5	0.5	0.31	0.015	0.03	1.7	0.70	0.09	94.1
K	0.07	0.2	1.3	0.4	0.0	0.27	0.008	0.09	1.2	0.41	0.08	97.0
L	0.05	0.3	2.1	1.1	1.5	0.15	0.009	0.22	1.0	0.21	0.05	93.8
M	0.05	0.4	2.5	2.2	0.2	0.22	0.007	0.14	1.1	0.34	0.15	93.7
N	0.04	0.3	1.9	0.6	0.4	0.22	0.010	0.61	0.8	0.42	0.04	95.6
O	0.02	0.3	2.7	0.6	0.1	0.17	0.015	0.27	1.5	0.17	0.07	94.6
P	0.04	0.3	1.8	1.2	0.6	0.23	0.008	0.15	0.3	0.01	0.03	95.4
Q	0.05	0.4	2.8	0.7	0.7	0.02	0.014	0.18	1.8	0.93	0.08	94.3
R	0.04	0.5	1.8	2.1	0.1	0.18	0.003	0.30	1.4	0.50	0.12	94.2
S	0.02	0.3	1.5	1.3	0.5	0.22	0.005	0.11	0.6	0.20	0.00	95.6
T	0.04	0.0	1.9	3.1	0.7	0.45	0.000	0.00	1.9	0.66	0.26	92.8
U	0.04	0.3	1.8	1.2	0.6	0.23	0.008	0.15	0.2	0.08	0.00	95.6
V	0.04	0.2	1.9	1.5	1.0	0.45	0.015	0.35	2.1	0.69	0.24	93.4
W	0.05	0.3	2.1	1.5	1.0	0.25	0.025	0.35	1.4	0.45	0.13	93.6

【0054】

図3に示すように、1対の被溶接板1の開先は、被溶接板1の表面側が裏面側よりも幅広のV字形とし、開先の角度は20°とした。また、被溶接板1の裏面側において、1対の被溶接板1間の距離は8mmとした。そして、この被溶接板1の表面側に開先の長手方向に沿って開先に対して相対的に摺動可能な摺動銅板(図示せず)を設置し、裏面側に開先に固定的にあてがわれる裏当材(図示せず)を設置し、開先内に表3に示す組成を有するワイヤA乃至Vから選択された2本の1.6mmの溶接ワイヤ11及び13を、被溶接板1の裏面側においては被溶接板1の裏面から30mmの位置に設置し、また、被溶接板1の表面側においては、裏面側に設置した溶接ワイヤ11に接触せず、また、開先内で板厚方向に25乃至30mm摺動できる位置に設置し、裏面側の溶接ワイヤ11を開先の奥行き方向に対して固定した状態で表面側の溶接ワイヤ13を被溶接板1の裏面側において2秒間、被溶接板1の表面側において3秒間停止させながら開先の奥行き方向に対して往復移動させ、開先を1パス立向突合せ溶接した。

【0055】

【表4】

溶接方法	立向自動2電極1パス溶接
溶接装置	2電極SEGAR C
裏当て材	固形耐火材
ワイヤ突出し長さ	30乃至35mm
シールドガス	100%CO ₂ 40L/min

【0056】

10

20

30

40

50

【表5】

電極	溶接電流(A)	アーク電圧(V)	溶接速度(cm/min)	入熱量(kJ/cm)
表面側	400	4.3乃至4.4		
裏面側	400	4.2乃至4.3	3.2乃至3.3	628乃至653

【0057】

下記表6乃至表11に評価結果を示す。なお、供試鋼板（被溶接板1）の長さ：1000mmのうち、溶接が安定していないと考えられる溶接開始側及びクレータ側の各100mmは検査対象外とした（有効長：800mm、なお、途中で溶接金属が溶落したものは短くなる。）。有効長において融合不良が認められないものを、融合不良の長さが有効長の2%未満のものを、融合不良の長さが有効長の2%を超えるものを×とした。また、溶接金属の引張試験片は、板厚中央部より採取し、直径10mm、標点間距離50mmのサイズで試験し、570N/mm²以上のものを十分強度が得られていると判断し、判定をとした。衝撃試験については、JIS Z 3128に規定されている方法により-40における衝撃値を測定し、その値が41J以上のものを衝撃性能が良好であると判断し、判定をとした。

【0058】

【表6】

		表面側 ワイヤ	裏面側 ワイヤ	2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値(質量%)							
実 施 例	1	C	D	C	Si	Mn	Ni	Mo	Ti	B	Mg
		2	F	A	0.09	0.35	2.00	1.80	0.75	0.29	0.014
	3	H	I	0.07	0.60	1.80	1.15	0.60	0.28	0.013	0.32
	4	E	P	0.03	0.50	1.50	1.35	0.85	0.28	0.010	0.26
	5	J	D	0.04	0.30	2.45	0.90	0.45	0.28	0.015	0.15
	6	Q	N	0.05	0.35	2.35	0.65	0.55	0.12	0.012	0.40
	7	J	O	0.04	0.35	2.45	1.05	0.30	0.24	0.015	0.15
	8	L	P	0.05	0.30	1.95	1.15	1.05	0.19	0.009	0.19
	9	L	O	0.04	0.30	2.40	0.85	0.80	0.16	0.012	0.25
	10	R	B	0.05	0.40	2.00	1.10	0.60	0.22	0.011	0.23
	11	W	I	0.06	0.40	1.60	1.05	0.90	0.39	0.013	0.29
	12	J	H	0.07	0.55	2.35	1.60	0.45	0.17	0.020	0.22
	13	G	A	0.04	0.20	1.90	1.90	0.65	0.34	0.006	0.11
	14	E	N	0.03	0.50	1.55	1.05	0.75	0.28	0.011	0.49
	15	C	B	0.05	0.25	1.95	1.30	0.80	0.22	0.016	0.23
	16	C	S	0.03	0.25	1.60	1.90	0.50	0.21	0.010	0.21

【0059】

20

30

【表7】

	電極ワイヤ組成(質量%)								
	スラグ生成剤			F	CO ₂		Ni+Mo	Mo/Ni	
	表面側	裏面側	和		表面側	裏面側			
実施例	1	1.4	1.0	2.40	0.37	0.08	0.07	1.85	0.32
	2	1.1	1.4	2.50	0.48	0.11	0.09	2.55	0.42
	3	1.3	0.8	2.10	0.32	0.05	0.08	1.75	0.52
	4	1.7	0.3	2.00	0.24	0.09	0.03	2.20	0.63
	5	1.7	1.0	2.70	0.39	0.09	0.07	1.35	0.50
	6	1.8	0.8	2.60	0.68	0.08	0.04	1.20	0.85
	7	1.7	1.5	3.20	0.44	0.09	0.07	1.35	0.29
	8	1.0	0.3	1.30	0.11	0.05	0.03	2.20	0.91
	9	1.0	1.5	2.50	0.19	0.05	0.07	1.65	0.94
	10	1.4	0.8	2.20	0.36	0.12	0.00	1.70	0.55
	11	1.4	0.8	2.20	0.37	0.13	0.08	1.95	0.86
	12	1.7	1.3	3.00	0.53	0.09	0.05	2.05	0.28
	13	1.9	1.4	3.30	0.60	0.24	0.09	2.55	0.34
	14	1.7	0.8	2.50	0.45	0.09	0.04	1.80	0.71
	15	1.4	0.8	2.20	0.44	0.08	0.00	2.10	0.62
	16	1.4	0.6	2.00	0.43	0.08	0.00	2.40	0.26

10

20

【0060】

【表8】

		引張強さ(N/mm ²) /判定	衝撃値 -40°C (J) /判定	融合状態	備考
実施例	1	608/○	67/○	◎	
	2	735/○	51/○	◎	
	3	689/○	84/○	◎	
	4	656/○	62/○	◎	
	5	666/○	95/○	◎	
	6	656/○	67/○	◎	
	7	650/○	73/○	◎	
	8	688/○	112/○	◎	
	9	676/○	103/○	◎	
	10	655/○	116/○	◎	
	11	685/○	67/○	◎	
	12	687/○	93/○	◎	
	13	666/○	80/○	◎	
	14	615/○	94/○	◎	
	15	679/○	108/○	◎	
	16	582/○	55/○	◎	

30

40

【0061】

【表9】

	表面側 ワイヤ	裏面側 ワイヤ	2電極ワイヤの各組成における含有量の平均値(質量%)								
			C	Si	Mn	Ni	Mo	Ti	B	Mg	
実 施 例	17	E	U	0.03	0.50	1.50	1.35	0.85	0.28	0.010	0.26
	18	V	P	0.04	0.25	1.85	1.35	0.80	0.34	0.012	0.25
	19	O	J	0.04	0.35	2.45	1.05	0.30	0.24	0.015	0.15
	20	N	I	0.05	0.40	1.50	0.60	0.60	0.38	0.005	0.42
	21	L	U	0.05	0.30	1.95	1.15	1.05	0.19	0.009	0.19
	22	V	R	0.04	0.35	1.85	1.80	0.55	0.32	0.009	0.33
	23	O	P	0.03	0.30	2.25	0.90	0.35	0.20	0.012	0.21
	24	Q	A	0.05	0.40	2.35	0.70	0.65	0.13	0.013	0.20
	25	P	L	0.05	0.30	1.95	1.15	1.05	0.19	0.009	0.19
	26	T	A	0.04	0.20	1.90	1.90	0.65	0.34	0.006	0.11
比較 例	27	E	D	0.01	0.45	1.95	0.90	0.75	0.29	0.013	0.32
	28	F	B	0.10	0.30	2.15	1.50	1.00	0.30	0.018	0.24
	29	G	D	0.03	0.10	2.30	1.70	0.55	0.35	0.008	0.14
	30	E	H	0.04	0.70	1.85	1.60	0.75	0.18	0.018	0.39
	31	C	I	0.05	0.35	1.40	1.55	0.65	0.36	0.007	0.26
	32	H	D	0.04	0.45	2.60	1.00	0.40	0.14	0.020	0.34
	33	D	I	0.04	0.35	1.90	0.45	0.60	0.39	0.008	0.25
	34	J	C	0.05	0.30	1.95	2.00	0.50	0.25	0.015	0.17
	35	K	H	0.07	0.45	1.90	1.05	0.20	0.15	0.017	0.25
	36	E	L	0.03	0.50	1.65	1.30	1.30	0.24	0.010	0.30
	37	H	L	0.06	0.50	2.30	1.40	0.95	0.09	0.017	0.32
	38	J	I	0.06	0.45	1.65	1.05	0.65	0.42	0.008	0.13
	39	M	I	0.06	0.45	1.80	1.40	0.50	0.38	0.004	0.18
	40	H	B	0.07	0.50	2.35	0.90	0.75	0.14	0.022	0.28
	41	J	B	0.06	0.35	2.20	0.80	0.80	0.28	0.017	0.09
	42	H	N	0.06	0.50	2.20	1.15	0.40	0.13	0.018	0.51
	43	O	I	0.04	0.40	1.90	0.60	0.45	0.35	0.008	0.25
	44	C	L	0.04	0.25	1.90	1.80	1.00	0.17	0.012	0.26
	45	M	P	0.05	0.35	2.15	1.70	0.40	0.23	0.008	0.15
	46	A	L	0.05	0.35	2.00	0.90	1.05	0.19	0.010	0.22

【0062】

10

20

30

【表10】

		電極ワイヤ組成(質量%)							
		スラグ生成剤			F	CO ₂		Ni+Mo	Mo/Ni
		表面側	裏面側	和		表面側	裏面側		
実施例	17	1.7	0.2	1.90	0.28	0.09	0.00	2.20	0.63
	18	2.1	0.3	2.40	0.35	0.24	0.03	2.15	0.59
	19	1.5	1.7	3.20	0.44	0.07	0.09	1.35	0.29
	20	0.8	0.8	1.60	0.36	0.04	0.08	1.20	1.00
	21	1.0	0.2	1.20	0.15	0.05	0.00	2.20	0.91
	22	2.1	1.4	3.50	0.60	0.24	0.12	2.35	0.31
	23	1.5	0.3	1.80	0.09	0.07	0.03	1.25	0.39
	24	1.8	1.4	3.20	0.74	0.08	0.09	1.35	0.93
	25	0.3	1.0	1.30	0.11	0.03	0.05	2.20	0.91
	26	1.9	1.4	3.30	0.60	0.26	0.09	2.55	0.34
比較例	27	1.7	1.0	2.70	0.28	0.09	0.07	1.65	0.83
	28	1.1	0.8	1.90	0.32	0.11	0.00	2.50	0.67
	29	1.9	1.0	2.90	0.37	0.24	0.07	2.25	0.32
	30	1.7	1.3	3.00	0.41	0.09	0.05	2.35	0.47
	31	1.4	0.8	2.20	0.48	0.08	0.08	2.20	0.42
	32	1.3	1.0	2.30	0.22	0.05	0.07	1.40	0.40
	33	1.0	0.8	1.80	0.32	0.07	0.08	1.05	1.33
	34	1.7	1.4	3.10	0.68	0.09	0.08	2.50	0.25
	35	1.2	1.3	2.50	0.38	0.08	0.05	1.25	0.19
	36	1.7	1.0	2.70	0.34	0.09	0.05	2.60	1.00
	37	1.3	1.0	2.30	0.28	0.05	0.05	2.35	0.68
	38	1.7	0.8	2.50	0.50	0.09	0.08	1.70	0.62
	39	1.1	0.8	1.90	0.32	0.15	0.08	1.90	0.36
	40	1.3	0.8	2.10	0.28	0.05	0.00	1.65	0.83
	41	1.7	0.8	2.50	0.46	0.09	0.00	1.60	1.00
	42	1.3	0.8	2.10	0.39	0.05	0.04	1.55	0.35
	43	1.5	0.8	2.30	0.23	0.07	0.08	1.05	0.75
	44	1.4	1.0	2.40	0.44	0.08	0.05	2.80	0.56
	45	1.1	0.3	1.40	0.18	0.15	0.03	2.10	0.24
	46	1.4	1.0	2.40	0.38	0.09	0.05	1.95	1.17

【0063】

10

20

30

【表 1 1】

		引張強さ (N/mm ²) /判定	衝撃値 -40°C (J) /判定	融合状態	備考
実施例	17	636/○	86/○	◎	裏ビードが若干不安定
	18	680/○	105/○	○	
	19	630/○	80/○	○	
	20	622/○	64/○	◎	突出し長さ調整
	21	688/○	75/○	◎	突出し長さ調整 裏ビードが若干不安定
	22	650/○	102/○	○	
	23	588/○	52/○	○	
	24	659/○	93/○	◎	突出し長さ調整
	25	688/○	86/○	○	
	26	666/○	75/○	◎	アーク若干不安定
比較例	27	560/×	35/×	◎	
	28	783/○	18/×	◎	
	29	650/○	37/×	◎	
	30	682/○	48/○	×	アーク不安定
	31	636/○	33/×	◎	
	32	753/○	22/×	◎	
	33	628/○	31/×	◎	
	34	655/○	35/×	◎	
	35	609/○	39/×	◎	
	36	744/○	15/×	◎	
	37	704/○	34/×	◎	
	38	684/○	25/×	◎	
	39	662/○	30/×	◎	
	40	751/○	17/×	◎	
30	41	727/○	36/×	◎	
	42	645/○	95/○	◎	スパッタ多発
	43	554/×	38/×	◎	
	44	746/○	20/×	◎	
	45	639/○	35/×	◎	
	46	689/○	36/×	◎	

【0064】

上記表 6 乃至 8 に示すように、実施例 1 乃至 16 においては、溶接金属の強度が十分に得られ、衝撃値も良好で且つ溶接作業性も実用上問題なく良好であった。また、上記表 9 乃至 11 に示すように、実施例 17 乃至 26 においても、引っ張り強さ、衝撃値及び融合状態において良好な結果を得られた。

【0065】

上記表 9 乃至 11 に示すように、実施例 17 では、裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が裏面側電極ワイヤの質量に対して 0.3 質量% 未満であり、裏ビードが若干不安定であったが、引っ張り強さ、衝撃値及び融合状態において良好な結果を得られた。実施例 18 では、表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が表面側電極ワイヤの質量に対して 2.0 質量% を超えており、融合不良が発生し易くなつたが、融合不良の長さが有効長の 2% 未満であり、判定は である。実施例 19 では、裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が裏面側電極ワイヤの質量に対して 1.6 質量% を超えており、融合不良が発生し易くなつたが、融合不良の長さが有効長の 2% 未満であり、判定は である。実施例 20 では、表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が表面側電極ワイヤの質量に対して 1.0 質量% 未満であり、溶接金属が溶落し易くなつたため、突

10

20

30

40

50

出し長さの調整、即ち、突出し長さを短くすることで溶融池を揺動銅板上方にあげることにより、溶接金属の溶落を防止する必要があったが、引っ張り強さ、衝撃値及び融合状態において良好な結果を得られた。なお、ワイヤ突出し長さを短くすると、溶接速度が遅くなり、溶接速度が遅くなると、同じワイヤ送給量に対して、溶融池面が上昇する。また、実施例21では、裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が裏面側電極ワイヤの質量に対して0.3質量%未満、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和が1.3質量%未満であり、溶接金属が溶落し易くなつたため、実施例20と同様に突出し長さの調整を行う必要があり、また、裏ビードが若干不安定であつたが、引っ張り強さ、衝撃値及び融合状態において良好な結果を得られた。実施例22では、表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が表面側電極ワイヤの質量に対して2.0質量%を超える、また、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和が3.3質量%を超えており、融合不良が発生し易くなつたが、融合不良の長さが有効長の2%未満であり、判定はである。10

【0066】

また、実施例23では、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和におけるF含有量平均値が0.10質量%未満であり、融合不良が発生し易くなつたが、融合不良の長さが有効長の2%未満であり、判定はである。実施例24では、裏面側電極ワイヤ及び表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和におけるF含有量平均値が0.70質量%を超えており、溶接金属が溶落し易くなつたため、実施例20と同様に突出し長さの調整を行う必要があつたが、引っ張り強さ、衝撃値及び融合状態において良好な結果を得られた。実施例25では、表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量が表面側電極ワイヤの質量に対して1.0質量%未満で且つ表面側電極ワイヤが含有するCO₂量平均値が0.04質量%未満であり、融合不良が発生し易くなつたが、融合不良の長さが有効長の2%未満であり、判定はである。実施例26では、表面側電極ワイヤが含有するCO₂量平均値が0.25質量%を超えており、アークが若干不安定になつたが、引っ張り強さ、衝撃値及び融合状態において良好な結果を得られた。20

【0067】

比較例27では、C量平均値が0.02質量%未満であり、溶接金属の強度が不足し、また、韌性が低下した。一方、比較例28では、C量平均値が0.09質量%を超えており、溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下した。30

【0068】

比較例29では、Si量平均値が0.2質量%未満であり、溶接金属の韌性が低下した。一方、比較例30では、Si量平均値が0.6質量%を超えており、溶融スラグとなつたSiO₂量が過剰になつたため、溶融スラグの排出性が悪化し、アークが不安定になつた結果、融合不良が発生した。

【0069】

比較例31では、Mn量平均値が1.5質量%未満であり、溶接金属の韌性が低下した。一方、比較例32では、Mn量平均値が2.5質量%を超えており、溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下した。

【0070】

比較例33では、Ni量平均値が0.6質量%未満、Ni+Moの総量が1.2質量%未満で且つMo/Niの比が1.00を超えており、溶接金属の韌性が低下した。一方、比較例34では、Ni量平均値が1.9質量%を超えており、溶接金属の韌性が低下した。40

【0071】

比較例35では、Mo量平均値が0.3質量%未満且つMo/Niの比が0.25未満であり、溶接金属の韌性が低下した。一方、比較例36では、Mo量平均値が1.2質量%を超えており、溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下した。

【0072】

比較例37では、Ti量平均値が0.10質量%未満であり、溶接金属の韌性が低下し50

た。一方、比較例 3 8 では、 Ti 量平均値が 0.40 質量%を超えており、溶接金属の韌性が低下した。

【0073】

比較例 3 9 では、 B 量平均値が 0.005 質量%未満であり、溶接金属の韌性が低下した。一方、比較例 4 0 では、 B 量平均値が 0.020 質量%を超えており、溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下した。

【0074】

比較例 4 1 では、 Mg 量平均値が 0.1 質量%未満であり、溶接金属の韌性が低下した。一方、比較例 4 2 では、 Mg 量平均値が 0.5 質量%を超えており、アークが不安定になりスパッタが多発した。

10

【0075】

比較例 4 3 では、 $Ni + Mo$ の総量が 1.2 質量%未満であり、溶接金属の強度が不足し、また、韌性が低下した。一方、比較例 4 4 では、 $Ni + Mo$ の総量が 2.6 質量%を超えており、溶接金属の強度が高くなり過ぎ、韌性が低下した。

【0076】

比較例 4 5 では、 Mo / Ni の比が 0.25 未満であり、溶接金属の韌性が低下した。一方、比較例 4 6 では、 Mo / Ni の比が 1.0 を超えており、溶接金属の韌性が低下した。

【0077】

これにより、上述のように、 C 、 Mn 、 Si 、 Ni 、 Mo 、 Ti 、 B 及び Mg の各成分の組成、 $Ni + Mo$ の総量並びに Mo / Ni の比を適切に規定された本発明に係るエレクトロガスアーク溶接用フラックス入りワイヤを使用し、上述の 2 電極エレクトロガスアーク溶接方法によって 1 パス立向溶接を行うことで、入熱が 500 kJ/cm を超えるような場合であっても、強度及び韌性が高い溶接金属を得られることが分かった。

20

【0078】

更に、表面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量、裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量、表面側電極ワイヤ及び裏面側電極ワイヤにおけるスラグ生成剤の含有量の和及び表面側電極ワイヤが含有する炭酸塩が含む CO_2 量を適切に規定することで、更に溶接作業性が向上し、強度及び韌性が高い溶接金属を得られることが分かった。

【0079】

30

次に、本発明に係る 2 電極エレクトロガスアーク溶接方法の実施例の効果について、上記表 3 に示す組成を有するワイヤ B 及びワイヤ R を使用し、下記表 1 2 に示す溶接条件で、上述の供試鋼板（被溶接板 1）を使用し、図 3 に示す上述の溶接方法によって 1 パス立向突合せ溶接を行い、溶接作業性に及ぼすワイヤ径の影響を確認した。この評価結果を下記表 1 3 に示す。

【0080】

【表 1 2】

		電極	ワイヤ	ワイヤ径 (mm)	溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	入熱量 (kJ/cm)	
方法の実施例	47	表面側	R	2.0	450	45	3.3	681	
		裏面側	B	1.6	400	43			
48	表面側	R	2.0	450	45	3.2	616	10	
		裏面側	B	1.2	300	42			
49	表面側	R	1.6	400	44	3.3	633		
		裏面側	B	1.6	400	43			
50	表面側	R	1.6	400	44	3.3	594		
		裏面側	B	1.4	350	43			
51	表面側	R	1.6	400	44	3.3	549		
		裏面側	B	1.2	300	42			
52	表面側	R	1.4	350	44	3.2	571		
		裏面側	B	1.4	350	43			
53	表面側	R	1.4	350	44	3.1	542		
		裏面側	B	1.2	300	42			
方法の比較例	54	表面側	R	2.0	450	45	3.4	715	20
		裏面側	B	2.0	450	45			
55	表面側	R	1.6	400	44	3.3	688		
		裏面側	B	2.0	450	45			
56	表面側	R	1.4	350	44	3.2	611		
		裏面側	B	1.6	400	43			
57	表面側	R	1.2	300	43	3.1	494		
		裏面側	B	1.2	300	42			

【0081】

【表13】

		電極	ワイヤ	ワイヤ径 (mm)	溶接作業性
方法の実施例	47	表面側	R	2.0	良好
		裏面側	B	1.6	
48	表面側	R	2.0	良好	
		裏面側	B	1.2	
49	表面側	R	1.6	良好	
		裏面側	B	1.6	
50	表面側	R	1.6	良好	
		裏面側	B	1.4	
51	表面側	R	1.6	良好	
		裏面側	B	1.2	
52	表面側	R	1.4	良好	
		裏面側	B	1.4	
53	表面側	R	1.4	良好	
		裏面側	B	1.2	
方法の比較例	54	表面側	R	2.0	裏ビード余盛過多
		裏面側	B	2.0	
55	表面側	R	1.6	裏ビード余盛過多	
		裏面側	B	2.0	
56	表面側	R	1.4	アーク不安定	
		裏面側	B	1.6	
57	表面側	R	1.2	アーク不安定	
		裏面側	B	1.2	

10

20

30

40

【0082】

実施例47乃至53及び比較例54乃至57は、いずれも著しい溶接作業性の劣化はなく、適用可能であったが、比較例54では、裏面側ワイヤ径が1.6mmを超えており、裏ビードの余盛が高くなかった。また、比較例54では、裏面側ワイヤ径が1.6mmを超えており、更に、裏面側ワイヤ径が表面側ワイヤ径よりも大きいため、これも裏ビードの余盛が高くなかった。また、比較例56では、裏面側ワイヤ径が表面側ワイヤ径よりも大きく、アークが不安定であった。また、比較例57では、表面側ワイヤ径が1.4mmよりも小さく、溶融スラグの排出性が悪くなり、アーク不安定になった。

【0083】

これにより、上述のように、裏面側電極ワイヤとしてワイヤ径が1.2乃至1.6mmの電極ワイヤを設置し、表面側電極ワイヤとしてワイヤ径が1.4乃至2.0mmで且つ裏面側電極ワイヤのワイヤ径と等しいか又はそれよりも大きい電極ワイヤを設置し、上述の2電極エレクトロガスアーク溶接方法によって1パス立向溶接を行うことで、入熱が500kJ/cmを超えるような場合であっても、溶接作業性に優れていることが分かった。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】(a)は本発明の第1実施形態に係る2電極エレクトロガスアーク溶接方法を示す模式的側面図、(b)は同じく模式的上面図である。

【図2】(a)及び(b)は溶接ワイヤ13の摺動を示す模式的上面図である。

【図3】本発明の実施例及び比較例において使用した溶接方法を示す模式的上面図である。

【符号の説明】

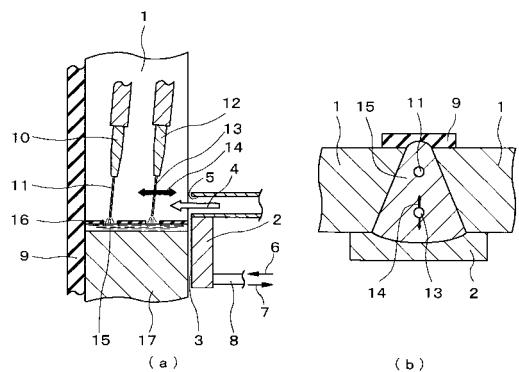
【0085】

50

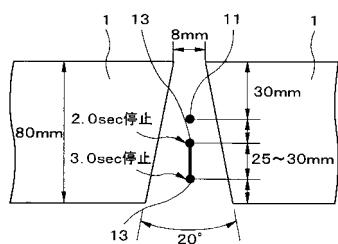
1 ; 被溶接板
 2 ; 摺動銅板
 3 ; スラグ逃がし溝
 4、6、7、14、18、19 ; 矢印
 5 ; ガス噴射口
 8 ; 冷却水給排口
 9 ; 裏当材
 10、12 ; コンタクトチップ
 11、13 ; 溶接ワイヤ
 15 ; 溶融池
 16 ; 溶融スラグ
 17 ; 溶接金属

10

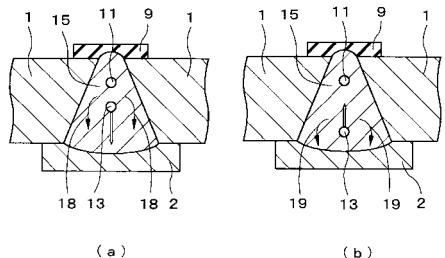
【図1】



【図3】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 22C 38/14

審査官 長谷山 健

(56)参考文献 特開2005-329460 (JP, A)
特開平11-010391 (JP, A)
特開平11-197884 (JP, A)
特開2005-305498 (JP, A)
特開2000-094185 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 23K 35/30
B 23K 9/173
B 23K 35/368
C 22C 38/00
C 22C 38/14