

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-155111

(P2015-155111A)

(43) 公開日 平成27年8月27日(2015.8.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 3 K 35/362 (2006.01)	B 2 3 K 35/362 3 1 0 B	4 E 0 8 4
B 2 3 K 35/30 (2006.01)	B 2 3 K 35/30 3 2 0 A	
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 A	
C 2 2 C 38/06 (2006.01)	C 2 2 C 38/06	

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2014-148662 (P2014-148662)	(71) 出願人	302040135
(22) 出願日	平成26年7月22日 (2014. 7. 22)		日鐵住金溶接工業株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2014-4851 (P2014-4851)		東京都江東区東陽二丁目4番2号
(32) 優先日	平成26年1月15日 (2014. 1. 15)	(74) 代理人	100120868
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 安彦 元
		(72) 発明者	鈴木 陽一郎
			東京都江東区東陽二丁目4番2号 日鐵住
			金溶接工業株式会社内
		(72) 発明者	中澤 博志
			東京都江東区東陽二丁目4番2号 日鐵住
			金溶接工業株式会社内
		(72) 発明者	横尾 友美
			東京都江東区東陽二丁目4番2号 日鐵住
			金溶接工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス

(57) 【要約】

【課題】表ビード表面に鉄粒突起が発生するのをより抑えることができ、溶接欠陥の無い健全な溶接金属を形成させ、安定したビード形状及びビード外観を得ることができ、さらに優れた機械性能の溶接金属が得られる多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスを提供する。

【解決手段】質量％で、S i O₂ : 5 ~ 2 4 %、M g O : 1 2 ~ 3 0 %、C a O : 3 ~ 1 5 %、A l₂O₃ : 5 ~ 1 7 %、C a F₂ : 7 ~ 1 9 %、Z r O₂ : 0 . 5 ~ 5 . 0 %、B₂O₃ : 0 . 1 ~ 3 . 0 %、C O₂換算値の合計 : 2 ~ 7 %、F e : 1 0 ~ 3 5 %、S i : 0 . 3 ~ 4 . 0 %、M n : 0 . 3 ~ 1 %、M o : 0 . 1 ~ 3 . 0 %、T i : 0 . 1 ~ 3 . 0 %を含有し、その他はアルカリ金属酸化物及び不可避不純物からなることを特徴とする多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量%で、

SiO_2 : 5 ~ 24 %、

MgO : 12 ~ 30 %、

CaO : 3 ~ 15 %、

Al_2O_3 : 5 ~ 17 %、

CaF_2 : 7 ~ 19 %、

ZrO_2 : 0.5 ~ 5 %、

B_2O_3 : 0.1 ~ 3 %、

CaCO_3 及び MgCO_3 の 1 種又は 2 種の CO_2 換算値の合計 : 2 ~ 7 %、

Fe : 10 ~ 35 %、

Si : 0.3 ~ 4 %、

Mn : 0.3 ~ 1 %、

Mo : 0.1 ~ 3 %、

Ti : 0.1 ~ 3 % を含有し、その他はアルカリ金属酸化物及び不可避不純物からなることを特徴とする多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス。

【請求項 2】

質量%で、

Al : 0.05 ~ 0.5 % を更に含有することを特徴とする請求項 1 記載の多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス。

【請求項 3】

質量%で、

TiO_2 : 1.5 % 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス。

【請求項 4】

Fe 成分に使用する鉄粉原材料の平均粒子径が $150 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうち何れか 1 項記載の多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、造船などの大板継ぎに用いる多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスに関し、特に安定したビード形状を得るとともに優れた機械性能の溶接金属を形成させる上で好適な多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスに関するものである。

【背景技術】

【0002】

サブマージアーク溶接は、予め粒状のフラックスを溶接線に沿って散布しておき、その中に電極ワイヤを連続的に供給し、この電極ワイヤの先端と母材との間でアークを発生させて溶接を連続的に行う方法である。このサブマージアーク溶接方法によれば、高能率で安定した溶接作業性及び溶接金属の機械性能が得られることから、造船、鉄骨、造管、橋梁、車両等の大型構造物を始めとした幅広い分野で適用されている。

【0003】

近年、エネルギー産業の発展に伴い鋼材の高強度化及び高靱性化、また構造物の大型化に伴う板厚の極厚化などが検討され、高強度又は極厚の鋼材の適用比率が年々増加している。そこで、サブマージアーク溶接においては、溶接施工における生産性の向上や安全性、耐久性の確保のため、更なる品質向上が求められているが、その中でも特に溶接の高能率化と溶接金属の高靱性化の要望が極めて大きい。

【0004】

特に造船業界においては大型のバルクキャリア、タンカー、コンテナ運搬船等の建造数が年々増加傾向にあり、これら建造における生産性の向上や安全性、耐久性の確保のため、更なる溶接の高能率化と溶接部の高靱性化の要望が極めて大きい。

【0005】

この造船の建造工程の主軸である大板継は、図1に示すフラックス銅バックング片面サブマージアーク溶接方法（以下、FCuB法という。）が多用されている。このFCuB法は、裏当銅板1に裏フラックス2を約4～7mm程度散布し、エアーホース3に空気を注入して、これを被溶接銅板4の裏側にあたる開先裏面4aに押し当てる。そして、2～4本のワイヤ5を用いて表側より表フラックス6を散布して1層溶接し、表ビードと裏ビードを同時に形成するものである。この溶接方法は、開先裏面4aに裏フラックス2が密着するためバックングの当りが良く、また裏フラックス2の下で裏当銅板1で裏ビードの余盛高さを抑制するので、大電流の溶接条件で施工しても美しく溶接欠陥の無い健全な裏ビードが得られる。このため、FCuB法は薄板から厚板まで幅広く適用されている。

10

【0006】

サブマージアーク溶接は、被覆アーク溶接やガスシールドアーク溶接に比べ、溶接入熱量が高く、母材希釈率が大きいため、溶接作業性や溶接金属の性能は、フラックスとワイヤの成分組成でほぼ決定される。サブマージアーク溶接の中でも特に上述した片面サブマージアーク溶接方法は、溶接入熱量が高く、母材希釈率が大きいことが特徴である。

【0007】

この片面サブマージアーク溶接方法には、焼成型フラックスであるボンドフラックスが主に適用されている。ボンドフラックスは、各種原材料に水ガラス等を添加して造粒し、500℃程度で焼成したものであり、溶接金属の化学成分を自由に調整でき、また鉄粉を添加することができるため溶着効率を高められるという優れた特徴がある。

20

【0008】

しかし、高速度の片面サブマージアーク溶接では、表ビード表面に鉄粒突起が発生し易く、またスラグがこびり付きやすい傾向がある。特にワイヤ電極数が3電極より4電極の方が顕著に発生する傾向があり、これは溶接速度に依存することが確認されている。即ち、ワイヤ電極数を増やすと溶接速度を上げることが可能となることから、4電極の方が速度は速くなるため、表ビード表面の鉄粒突起及びスラグこびり付きが発生し易くなる。

【0009】

これらの点を考慮し、良好な溶接作業性及び溶接金属機械性能が得られるサブマージアーク溶接用フラックス及び片面溶接方法が従来から提案されている。

30

【0010】

例えば特許文献1には、4電極による高速片面サブマージアーク溶接方法に関する基礎的な技術の開示がある。これは高速度の片面サブマージアーク溶接において健全な欠陥の無い溶接金属を得るためにワイヤ径、溶接電流、溶接速度、電極間の距離、フラックス及びワイヤ成分を限定し改善を図ったものである。しかし、この特許文献1記載の技術は、健全な欠陥の無い溶接金属を得ることは可能であるが、表ビード表面の鉄粒突起及びスラグこびり付きは改善できず、またフラックス中に脱酸剤、合金剤の添加が限定されていない。このため、厚板の大入熱溶接になると溶接金属の引張強度が低下し、さらに靱性が低下するため、安定した溶接作業性と良好な溶接金属機械性能は得られないという問題がある。

40

【0011】

特許文献2には、3電極以上の電極を使用した高速片面サブマージアーク溶接用フラックス及び溶接方法に関する技術の開示がある。これはフラックスの成分を限定し、さらにフラックスの粒度構成及び嵩密度を限定して、健全な表ビード及び裏ビードの改善を図ったものである。しかし粒度構成において粒径840μmを超える粒子が20重量%未満であるため、フラックス全体の粒径が細くなる。それにより溶接時のアーク状態が緻密に散布された細かいフラックスによってアークが広がり難くなりビード形状が凸になること、ガス抜けが悪くなりピット及びポックマークなどの溶接欠陥が発生するため、健全で安

50

定した表ビード及び裏ビードを得ることはできないという問題がある。

【0012】

また、特許文献3には、3電極以上の電極を使用し、ワイヤ径、溶接電流、電極間の距離、電極のトーチ角度を限定し、健全な裏ビードを得るための技術の開示がある。特許文献3記載の技術は、高速で片面サブマージアーク溶接しても健全な裏ビードを得ることは可能であるが、表ビード表面の鉄粒突起及びスラグこびり付きは改善できず、健全な表ビードを得ることはできない。

【0013】

特許文献4には、単電極による片面サブマージアーク溶接方法に関する技術の開示がある。本方法によれば溶接速度や溶接入熱を最適化することで表ビード及び裏ビードともに健全で安定したビード形状及び外観を得ることができるが、単電極溶接であるため溶接速度が遅く、溶接効率が低下し、著しく生産効率が低下するという問題がある。

【0014】

特許文献5には、多電極高速片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスに関する技術の開示がある。この開示技術では高速度の片面サブマージアーク溶接における表ビード表面の鉄粒突起及びアンダーカットの改善を図ったものである。特許文献5記載の技術によれば、フラックス組成の成分を限定し、特に鉄粒突起発生の原因として考えられる鉄粉(Fe)を5%以下とした結果、鉄粒突起の発生は減少させることができる。しかし、高速度の片面溶接においてフラックス中のFeは安定した裏ビード形状及び溶込みを得るための必須成分であり、また溶着効率の向上も期待できる成分である。このため、特許文献5記載の技術のように、添加量が5%以下では安定した裏ビード形状を得ることができず、また溶着効率も低下するため、著しく溶接作業性及び生産効率を劣化させるという問題がある。

【0015】

特許文献6にも、多電極高速片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスに関する表ビード表面の鉄粒突起及び溶接欠陥の改善を図った技術の開示がある。特許文献6記載の技術では特許文献5記載の技術と類似してフラックス組成の成分を限定し、特に鉄粒突起発生の原因として考えられる鉄粉(Fe)を5%以下、さらに溶接対象としての継手板厚を16mm以下としている。しかし、この特許文献6に開示技術では、前述したように適用継手板厚が16mm以下でもフラックス中のFe添加量が5%以下では安定した裏ビード形状を得ることができず、また溶着効率も低下するため、著しく溶接作業性及び生産効率を劣化させるという問題がある。

【0016】

また、本出願人は特許文献7において、表ビード表面の鉄粒突起及び溶接欠陥の改善と優れた機械性能の溶接金属が得られる多電極高速片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスに関する技術を提案した。特許文献7記載の技術は、フラックス組成の成分を限定し、さらにフラックスの粒度を調整したことで表ビード表面の鉄粒突起改善を図ったが、フラックス組成の成分限定とフラックス粒度の調整だけでは完全に鉄粒突起の発生を無くすことはできず、さらに厚鋼板の溶接の場合にはビード形状が凸状になるという問題もあった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0017】

【特許文献1】特開平5-337651号公報

【特許文献2】特開平6-277878号公報

【特許文献3】特開平8-99178号公報

【特許文献4】特開2004-154841号公報

【特許文献5】特開2006-272348号公報

【特許文献6】特開2007-136516号公報

【特許文献7】特開2012-218053号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

そこで本発明は、上述の問題点に鑑みて案出されたものであり、特に厚鋼板の3電極以上の多電極高速片面サブマージアーク溶接においても表ビード表面に鉄粒突起が発生するのを抑えることができ、溶接欠陥の無い健全な溶接金属を形成させ、表ビード及び裏ビードともに安定したビード形状及びビード外観を得ることができ、さらに優れた機械性能の溶接金属が得られる多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス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】

10

【0019】

本発明者らは、前記課題を解決するために、ボンドフラックスの化学組成及びFe成分に使用する鉄粉原材料の粒度などについて検討を行った。その結果、ボンドフラックスの化学組成を限定し、さらにFe成分に使用する鉄粉原材料の粒度を限定することにより、厚鋼板の3電極以上の多電極高速片面サブマージアーク溶接においても表ビード表面に鉄粒突起が発生するのを抑えることができ、溶接欠陥の無い健全な溶接金属を形成させ、表ビード及び裏ビードともに安定したビード形状及びビード外観を得ることができ、さらに優れた機械性能の溶接金属が得られることを見出した。

【0020】

すなわち、本願第1発明に係る多電極サブマージアーク溶接用ボンドフラックスは、質量%で、 SiO_2 ：5～24%、 MgO ：12～30%、 CaO ：3～15%、 Al_2O_3 ：5～17%、 CaF_2 ：7～19%、 ZrO_2 ：0.5～5%、 B_2O_3 ：0.1～3%、 CaCO_3 及び MgCO_3 の1種又は2種の CO_2 換算値の合計：2～7%、Fe：10～35%、Si：0.3～4%、Mn：0.3～1%、Mo：0.1～3%、Ti：0.1～3%を含有し、その他はアルカリ金属酸化物及び不可避不純物からなることを特徴とする。

20

【0021】

また本願第2発明に係る多電極サブマージアーク溶接用ボンドフラックスは、本願第1発明において、更にAl：0.05～0.5%を更に含有することを特徴とする。

【0022】

30

また本願第3発明に係る多電極サブマージアーク溶接用ボンドフラックスは、本願第1又は本願第2発明において、 TiO_2 ：1.5%以下であることを特徴とする。

【0023】

更に本願第4発明に係る多電極サブマージアーク溶接用ボンドフラックスは、本願第1～本願第3発明において、Fe成分に使用する鉄粉原材料の平均粒子径が $150\mu\text{m}$ 以下であることも特徴とする。

【発明の効果】

【0024】

本発明を適用した多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスによれば、特に厚鋼板の3電極以上の多電極高速片面サブマージアーク溶接においても表ビード表面に鉄粒突起が発生するのをより抑えることができ、溶接欠陥の無い健全な溶接金属を形成させ、表ビード及び裏ビードともに安定したビード形状及びビード外観を得ることができ、さらに優れた機械性能の溶接金属を高効率に得ることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施例で用いたフラックス銅バックグ片面サブマージアーク溶接方法を示す断面図である。

【図2】本発明の実施例で用いた鋼板の開先形状を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

50

本発明者らは、厚さ8 mm以上の厚鋼板の多電極片面サブマージーク溶接において、良好な溶接金属の機械性能を維持し、表ビード表面に鉄粒突起が発生するのをより抑えることができ、溶接欠陥の無い優れた表ビード及び裏ビード形状を得るため、ボンドフラックスの化学組成及びFe成分に使用する鉄粉原材料の粒度などについて詳細に検討を行った。

【0027】

造船建造の大板継に適用する多電極高速片面サブマージーク溶接は、板厚が8 mmから40 mmまでと幅広く、鋼板の板厚が厚くなるほど大入熱の溶接となる。そのため、大入熱溶接においても優れた溶接金属の機械性能を得るために、ボンドフラックス中に脱酸剤、合金剤等を添加し、溶接金属の酸素量を低く抑え、焼入れ性を高める必要がある。しかし過剰に脱酸剤及び合金剤を添加すると、溶接金属の焼入れ性が過剰となり、強度が高くなって靱性が低下する。そこで、様々な板厚における溶接入熱量の変化に対応したボンドフラックスを開発するため、種々の脱酸剤及び合金剤を検討した結果、Si、Mn及びMoを適正量添加することによって、良好な溶接金属の引張強度及び靱性が得られることを見出した。

【0028】

また、Alを適量添加することによって、鋼板の板厚が厚く大入熱の溶接の場合においても良好な溶接金属の靱性が得られることも知見した。

【0029】

次に溶接作業性の改善では、現在、造船の大板継に適用する片面サブマージーク溶接の最重要課題とされている表ビード表面の鉄粒突起改善である。表ビードに鉄粒突起が発生すると、造船の塗装工程において鉄粒突起部分に塗料が大量に付着することや、鉄粒突起の形状によっては剥がれ易いものもあるため、剥離した部分は塗装が無くなり、錆びが進行し易く耐食性を著しく低下させる。よって現在の造船所では表ビード表面の鉄粒突起をグラインダーやショットブラスト等で除去しているため、生産性の低下によるコストアップが問題とされている。

【0030】

上記課題を改善するため、ボンドフラックスの化学組成について検討を行った。鉄粒突起が発生する原因は、ボンドフラックス中に添加する鉄粉(Fe)が原因であり、溶接時の溶接金属及びスラグ凝固過程においてボンドフラックス中に添加された鉄粉が半溶融状態の溶接金属表面に溶け落ちて、完全に溶け込まない状態の時に表面に残るものである。

【0031】

そこで、まずボンドフラックス中の鉄粉を除去した結果、表ビード表面の鉄粒突起はなくなったが、裏ビード形状が不安定で溶込み不良、アンダーカット等の溶接欠陥が発生し、さらに鉄粉を除去したことにより溶着効率が低下するため、溶接速度低下に伴って、生産性が著しく低下した。以上のことから、高速度の片面溶接では安定した裏ビード形状、溶込みと高い溶着効率を得るためには、ボンドフラックス中の鉄粉は必須成分であり、除去できないことが判明した。

【0032】

このため鉄粉添加型のボンドフラックスを前提としてボンドフラックス化学組成の検討を行った結果、TiO₂、SiO₂、MgO、CaO、Al₂O₃、CaF₂等のスラグ組成を最適化することによって鉄粒突起を減少することに成功した。しかし、これらのスラグ組成を最適化するだけでは完全に鉄粒突起を無くすることができず、さらにスラグ組成の検討を行った。

【0033】

その結果、TiO₂がスラグ組成に含有されると、スラグがビード表面にこびり付き易くなり、鉄粒突起の発生が助長することが分かった。そこでTiO₂を含有させないため、TiO₂を含まない原材料を極力適用することで大幅に鉄粒突起を減少することに成功した。

【0034】

しかし、 TiO_2 はアーク安定性及びビード平滑性を維持するための成分として、溶接材料では必須の成分であり、 TiO_2 を削除することで鉄粒突起は減少したが、アーク安定性が劣化し、ビード形状が乱れる傾向が認められた。また、 TiO_2 は溶接金属組織形態において Ti 酸化物等を生成して、強度および靱性の向上に有効な微細な結晶粒のアシキュラーフェライトを生成する重要な核生成サイトとなる。よって、 TiO_2 の削除によりアシキュラーフェライトを生成するための核生成サイトが無くなり、溶接金属靱性が低下する傾向が認められた。

【0035】

これらの問題を解決するため、さらにスラグ組成の検討を行ったのが、 ZrO_2 と金属 Ti の添加である。 ZrO_2 は TiO_2 と同様、アーク安定性及びビード平滑性を向上させる効果が認められ、またスラグのこびり付きは全く認められず、さらにビード趾端部のなじみが良くなり、スラグ剥離性も良好となることが認められた。

【0036】

アシキュラーフェライトを生成するための核生成は、金属 Ti を少量添加することで可能となり、溶接金属靱性は改善されることが認められた。

【0037】

以上のフラックス化学組成を最適化することで、表ビード表面の鉄粒突起が大幅に減少し、また、優れた溶接金属機械性能を得ることが可能となったが、高速度及び連続長時間の溶接では、表ビード表面の鉄粒突起を完全に無くすることはできなかった。

【0038】

そこで、本発明者らは、この鉄粒突起の更なる改善としてボンドフラックスの Fe 成分に使用する鉄粉原材料の粒度に着目し、鉄粉原材料の粒度を調整することで、完全に鉄粒突起を無くすことに成功し、良好な表ビード形状及び外観が得られることを見出した。

【0039】

さらに、鋼板の板厚が厚くなると表ビードの形状が凸状となることが判明し、更なる検討を行った。その結果、 MgO 、 Al_2O_3 及び SiO_2 の量を調整することによって、厚鋼板の溶接においても表ビード形状が良好になることを見出した。

【0040】

すなわち、本発明を適用した多電極サブマージアーク溶接用ボンドフラックスは、質量%で、 SiO_2 ：5～24%、 MgO ：12～30%、 CaO ：3～15%、 Al_2O_3 ：5～17%、 CaF_2 ：7～19%、 ZrO_2 ：0.5～5%、 B_2O_3 ：0.1～3%、 $CaCO_3$ 及び $MgCO_3$ の1種又は2種の CO_2 換算値の合計：2～7%、 Fe ：10～35%、 Si ：0.3～4%、 Mn ：0.3～1%、 Mo ：0.1～3%、 Ti ：0.1～3%を含有し、その他はアルカリ金属酸化物及び不可避不純物からなる。このとき、質量%で、 Al ：0.05～0.5%を更に含有するものであってもよい。また質量%で、 TiO_2 ：1.5%以下とされていてもよいし、 Fe 成分に使用する鉄粉原材料の平均粒子径が $150\mu m$ 以下とされていてもよい。

【0041】

以下に本発明を適用した多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスのフラックス成分組成、 Fe 成分に使用する鉄粉原材料の粒度構成の限定理由について説明する。なお、各成分の含有量は、多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックス全質量に対する質量%で表わすこととし、その質量%を表わすときは単に%と記載して表わすこととする。

【0042】

(SiO_2 ：5～24%)

珪砂、ジルコンサンド、珪灰石、水ガラス（珪酸ソーダ、珪酸カリウム）などを原料とする SiO_2 は、良好な溶接ビードを形成するための重要な成分であるが、過多になると溶接金属中の酸素量が増加して靱性が劣化する。 SiO_2 が5%未満では、ビード趾端部のなじみが悪くなり、スラグ剥離性が劣化し、また特に高速度の片面溶接においてはアンダーカットも生じる。一方、 SiO_2 が24%を超えると、溶接金属の酸素量が増加して

靱性が低下する。したがって、 SiO_2 は5～24%とする。

【0043】

(MgO : 12～30%)

マグネシアクリンカー、炭酸マグネシウムなどを原料とする MgO は、スラグの耐火性及び塩基度を向上させて溶接金属の酸素量を低減する効果がある。 MgO が12%未満では、フラックスの塩基度が低くなり、溶接金属中の酸素量が増加して靱性が低下する。一方、 MgO が30%を超えると、フラックスの軟化溶融点が高くなり、ビード表面の波目が粗くなり、スラグ剥離性及びビード外観が不良となる。したがって、 MgO は12～30%とする。

【0044】

(CaO : 3～15%)

珪灰石、炭酸カルシウムなどを原料とする CaO は、スラグの融点及び流動性を調整するために重要な成分である。 CaO が3%未満では、ビード趾端部のなじみが悪くビード外観が不良となり、高速度の片面溶接ではアンダーカットも生じる。一方、 CaO が15%を超えると、スラグ流動性が不良となり、ビード高さが不均一でスラグ剥離性も不良になる。したがって、 CaO は3～15%とする。

【0045】

(Al_2O_3 : 5～17%)

アルミナを主原料とする Al_2O_3 は、高速度の片面溶接で良好なスラグ剥離性及びビード外観を得るためには極めて重要な成分である。また、アーク安定性を良好にする効果もある。 Al_2O_3 が5%未満ではその効果が得られない。一方、 Al_2O_3 が17%を超えると、凸ビードとなりスラグ剥離性も不良になる。したがって、 Al_2O_3 は5～17%とする。

【0046】

(CaF_2 : 7～19%)

蛍石を原料とする CaF_2 は、靱性改善に効果があるが、融点が低いため過多になるとビードの平滑性が損なわれる。 CaF_2 が7%未満では、靱性改善の効果がなく、19%を超えるとビード外観が不良となる。したがって、 CaF_2 は7～19%とする。

【0047】

(ZrO_2 : 0.5～5%)

ジルコンサンド、酸化ジルコンなどを原料とする ZrO_2 は、高速度の片面溶接でアーク安定性及び良好なビード形状・外観、スラグ剥離性を得るためには極めて重要な成分である。 ZrO_2 が0.5%未満では、その効果が得られない。一方、 ZrO_2 が5%を超えると、溶接金属の酸素量が増加して靱性が劣化する。したがって、 ZrO_2 は0.5～5%とする。

【0048】

(B_2O_3 : 0.1～3%)

酸化硼素、硼砂などを原料とする B_2O_3 は、靱性向上に効果がある。 B_2O_3 が0.1%未満では靱性向上の効果が得られず、3%を超えると溶接金属が硬化し、かえって靱性が低下する。したがって、 B_2O_3 は0.1～3%とする。

【0049】

(CaCO_3 及び MgCO_3 の1種又は2種の CO_2 換算値の合計: 2～7%)

CaCO_3 (炭酸カルシウム) や MgCO_3 (炭酸マグネシウム) からの CO_2 は、アークを安定にするとともに溶接金属の靱性向上に重要な元素であり、溶接中に CaCO_3 や MgCO_3 が分解して CO 又は CO_2 ガスがアークを安定にするとともにアーク雰囲気中の窒素分圧を下げ、溶接金属の窒素量を低減する効果がある。 CaCO_3 及び MgCO_3 の1種又は2種の CO_2 換算値の合計が2%未満では、アークが不安定で特に表ビードの形状及び外観が不良となり、また溶接金属の窒素が高くなり靱性が低下する。一方、 CaCO_3 及び MgCO_3 の1種又は2種の CO_2 換算値の合計が7%を超えると、 CO 又は CO_2 ガスが過剰となってビード表面にポックマークが生じる。したがって、 CaCO_3 及び Mg

10

20

30

40

50

CO_3 の1種又は2種の CO_2 換算値の合計は2～7%とする。

【0050】

(Fe: 10～35%)

鉄粉およびFe-Si、Fe-MnやFe-Moなどの鉄合金を原料とするFeは、溶着効率の向上及びアークの集中性に効果がある。Feが10%未満では、溶着効率が低下し、アークの集中性が劣るため裏ビードのビード形状が不安定になる。一方、Feが35%を超えると、ビード表面に鉄粒突起が発生してスラグがこびり付き、スラグ剥離性も不良になる。したがって、Feは10～35%とする。

【0051】

(Fe成分に使用する鉄粉原材料の平均粒子径: 150 μm 以下)

10

Fe成分に使用する鉄粉原材料の粒度は、高速度及び連続長時間の溶接において、ビード表面の鉄粒突起を完全に無くするための重要な因子である。ビード表面に鉄粒突起を発生させないためには、溶接時の早い段階で鉄粉が溶融金属に溶解落ちるようにする必要がある。フラックス全体の粒度を最適な構成に限定することで、ある程度改善が図れるが、適用する鉄粉原材料の粒度がより細粒のものを適用することが好ましく、その平均粒子径が150 μm 以下であることが望ましい。但し、本発明では、鉄粉原材料の平均粒子径が150 μm 以下であることは必須とならず、これを超えるものであっても所期の効果を奏するものである。

【0052】

(Si: 0.3～4%)

20

金属Si、Fe-Si、Fe-Si-Mnなどを原料とするSiは、脱酸元素であり、溶接金属の酸素量を低減する。Siが0.3%未満では、脱酸効果が得られず、靱性が低下する。一方、Siが4%を超えると、溶接金属に過剰に歩留って強度が高くなり靱性が低下する。したがって、Siは0.3～4%とする。

【0053】

(Mn: 0.3～1%)

30

金属Mn、Fe-Mn、Fe-Si-Mnなどを原料とするMnは、Siと同様に脱酸元素であり、溶接金属の酸素量を低減する。Mnが0.3%未満では、脱酸効果が得られず、靱性が低下する。一方、Mnが1%を超えると、溶接金属に過剰に歩留って強度が高くなり靱性が低下する。したがって、Mnは0.3～1%とする。

【0054】

(Mo: 0.1～3%)

金属Mo、Fe-Moを原料とするMoは、溶接金属の焼入れ性増大元素として重要な成分である。Moが0.1%未満では、溶接金属の強度が低くなり靱性向上にも効果がない。一方、Moが3%を超えると、溶接金属の焼入れ性が過大となり、強度が高くなり靱性が低下する。したがって、Moは0.1～3%とする。

【0055】

(Ti: 0.1～3%)

40

金属Ti、Fe-Tiなどを原料とするTiは、溶接金属の組織形態においてTi酸化物等を生じ、強度および靱性の向上に有効な微細な結晶粒のアシキュラーフェライトを生成する重要な核生成サイトとなる。Tiが0.1%未満では、靱性向上に有効なアシキュラーフェライトを生成することができず、靱性が低下する。一方、Tiが3%を超えると、溶接金属の強度が高くなり靱性が低下する。したがって、Tiは0.1～3%とする。

【0056】

(Al: 0.05～0.5%)

Alは、強脱酸剤であり溶接対象鋼板の板厚が厚く大入熱の溶接において、溶接金属の靱性を確保できる。Alが0.05%未満であると、大入熱の溶接時に靱性を確保する効果が得られない。一方、Alが0.5%を超えると、酸化物として過度に溶接金属に残留して溶接金属の靱性を低下する。したがって、Alは0.05～0.5%とされることが

50

望ましい。但し、本発明においては、Alの含有量が0.05～0.5%とされていることは必須ではなく、これから逸脱するものであっても所期の効果を奏するものである。

【0057】

(TiO₂: 1.5%以下)

TiO₂は、アーク安定性及びビード平滑性を維持するための有効な成分であるが、スラグがビード表面にこびり付き易くなり、鉄粒突起の発生が助長される成分でもある。よって、各原料中の不純物としてのTiO₂の含有量は極力低いことが好ましく、その含有量は1.5%以下であることが望ましい。但し、本発明では、このTiO₂の含有量が1.5%以下であることは必須とならず、これを超えるものであっても所期の効果を奏するものである。

10

【0058】

その他は、水ガラスからのK₂O及びNa₂Oなどのアルカリ金属酸化物: 5%以下及びP、S等の不可避不純物であり、P及びSは共に低融点の化合物を生成して靱性を低下させるので、できるだけ低いことが好ましい。

【0059】

なお、本発明の多電極片面サブマージアーク溶接用ボンドフラックスを用いた片面溶接は、安定したアーク、ワイヤ送給性、溶着効率向上を可能とした溶接をするために、組合せるワイヤ径は4.0～6.4mmとし、3電極以上の多電極片面サブマージアーク溶接に適用する。

【実施例1】

20

【0060】

以下、実施例により本発明の効果をさらに詳細に説明する。

【0061】

表1に示す各種フラックス成分及びFe成分に適用する鉄粉原材料の粒度を調整したボンドフラックスと表2に示す化学組成の裏フラックス、表3に示す化学組成のワイヤを用いて、表4に示す化学組成の板厚25mmの鋼板記号Aを図2に示すように開先角度50°、ルートフェイス5mmの開先形状に加工し、表5に示す条件No. 1 (3電極) 又は条件No. 2 (4電極) による溶接条件にて、図1に示すFCuB片面サブマージアーク溶接試験を実施した。

【0062】

30

このFCuB片面サブマージアーク溶接試験では、裏当銅板に表2に示す組成からなる裏フラックスを約4～7mm程度散布し、エアーホース3に空気を吸入して、これを被溶接銅板4の裏側にあたる開先裏面4aに押し当てる。そして、2～4本のワイヤ5を用いて表側より表フラックス6を散布して1層溶接し、表ビードと裏ビードを同時に形成するものである。

【0063】

なお、表1に示すボンドフラックスは水ガラスを固着剤として造粒した後、400～550℃で2時間焼成し、1.4×0.15mmに整粒した。

【0064】

また、表3に示すワイヤは原線を縮径、焼鈍、酸洗、銅めっきして素線とし、それらの素線を4.8mm及び6.4mm径まで伸線して用いた。

40

【0065】

【表 1】

区分	フラックス 記号	フラックス成分（質量%）																鉄粉原材料 平均粒子径 （μm）
		SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	ZrO ₂	B ₂ O ₃	CO ₂ 分		Fe	Si	Mn	Mo	Ti	TiO ₂	*2 その他	
									*1種類	量								
本発明例	F1	10.8	29.6	5.1	11.8	9.5	1.2	0.8	Ca	3.6	21.3	1.8	0.5	0.4	0.1	0.1	3.4	95
	F2	13.3	20.6	3.3	15.4	14.3	4.2	1.6	Ca	2.2	18.4	0.7	0.8	0.6	1.5	0.2	2.9	80
	F3	5.1	17.7	12.5	16.6	10.8	2.5	0.9	Ca,Mg	4.1	20.5	3.8	0.4	0.3	0.8	0.8	3.2	155
	F4	17.5	12.4	9.6	13.2	11.5	4.6	2.4	Mg	2.8	17.6	0.8	0.9	1.7	1.1	0.6	3.3	105
	F5	6.9	18.5	14.6	6.3	8.1	0.6	1.1	Ca,Mg	6.5	30.2	0.7	0.6	2.1	0.6	0.3	2.9	130
	F6	23.7	17.7	10.5	14.5	7.4	1.3	1.4	Ca	4.3	10.9	0.3	0.7	1.5	2.1	1.1	2.6	120
	F7	12.3	17.9	7.2	5.2	8.3	2.1	2.7	Ca	2.8	34.2	2.5	0.8	0.5	0.4	0.4	2.6	160
	F8	17.7	20.3	9.2	11.1	12.7	0.5	0.4	Ca,Mg	4.1	14.7	3.1	0.3	0.4	2.8	0.3	2.4	100
	F9	13.5	21.5	8.4	8.2	11.3	2.5	0.12	Ca	3.3	22.6	1.1	0.7	2.7	1.8	0.5	1.78	90
	F10	11.5	18.1	7.5	6.4	18.3	1.7	0.9	Mg	2.9	24.7	0.9	0.5	0.1	2.1	1.6	2.8	95
比較例	F11	4.3	23.6	7.8	9.6	9.8	2.8	1.8	Ca	4.1	23.8	1.7	0.4	2.1	3.7	0.7	3.8	85
	F12	25.1	12.7	8.3	7.7	8.2	1.1	2.1	Ca	3.5	21.4	1.8	0.9	1.2	0.9	2.2	2.9	100
	F13	14.6	11.2	12.2	12.6	14.6	2.8	0.6	Mg	2.6	19.6	2.5	0.7	0.7	1.2	1.2	2.9	165
	F14	10.3	30.6	9.9	7.3	13.8	0.9	0.7	Ca,Mg	4.4	15.2	0.1	0.8	0.4	2.3	0.5	2.8	105
	F15	20.5	18.6	2.2	11.1	9.1	1.3	2.2	Ca	2.9	22.6	4.5	0.6	0.6	0.6	0.3	2.9	90
	F16	13.2	18.8	15.8	6.9	10.7	4.2	1.3	Ca	3.6	18.4	0.8	0.2	1.8	0.8	0.5	3.0	85
	F17	19.1	19.4	6.6	4.3	11.1	3.3	0.9	Ca	4.2	20.3	1.9	1.4	2.3	1.9	0.9	2.4	110
	F18	10.4	20.1	7.3	17.7	10.6	0.8	1.7	Mg	3.8	22.5	0.5	0.4	0.04	0.2	1.1	2.86	105
	F19	21.5	23.9	10.8	10.7	6.1	2.8	2.1	Ca,Mg	4.5	8.9	2.4	0.5	1.5	1.1	0.3	2.9	110
	F20	9.6	17.8	7.5	7.8	19.9	4.1	0.8	Ca	2.8	19.6	1.5	0.8	3.6	0.5	0.7	3.0	90
	F21	18.4	16.4	12.1	10.6	11.3	0.4	1.6	Ca	4.2	20.4	0.5	0.4	0.8	0.03	0.1	2.77	95
	F22	17.5	20.6	8.7	8.2	8.9	5.7	1.3	Ca	1.2	19.6	2.2	0.7	1.7	0.9	0.5	2.3	115
	F23	13.3	18.1	9.8	9.3	12.3	0.7	0.04	Ca,Mg	7.7	20.5	1.8	0.5	1.2	0.7	1.2	2.86	100
	F24	7.7	17.3	5.9	6.5	8.5	1.5	3.6	Ca	3.6	36.4	2.4	0.6	0.9	1.6	0.6	2.9	90

*1: CaはCaCO₃、MgはMgCO₃を示す。

*2: その他は、アルカリ金属酸化物および不可避不純物

【0066】

【表 2】

裏フラックス成分 (質量%)							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	CaF ₂	Si	Mn	その他
21	11	38	15	7	3	0.7	2.3

* その他は、CO₂、アルカリ金属酸化物および不可避不純物

【0067】

【表 3】

区分	ワイヤ成分 (質量%)					
	C	Si	Mn	P	S	その他 *
ワイヤ	0.06	0.02	2.04	0.010	0.005	bal.

* その他は、Feおよび不可避不純物

【0068】

【表 4】

鋼板 記号	板厚 (mm)	鋼板化学成分 (質量%)					
		C	Si	Mn	P	S	Al
A	25	0.13	0.24	1.13	0.014	0.006	0.015
B	40	0.10	0.21	1.35	0.012	0.002	0.032

【0069】

【表 5】

条件 No.	電極数	電極	電源極性	ワイヤ径 (mm)	溶接電流 (A)	アーク電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	溶接入熱 (kJ/cm)	電極間距離 (mm)	トーチ角度 (°)	ワイヤ突き出し長さ (mm)
1	3電極	L	AC	4.8	1450	36	56	158	35 120	-15	35
		T1	AC	4.8	1250	40				0	45
		T2	AC	6.4	1000	45				5	55
2	4電極	L	AC	4.8	1700	36	90	139	30 200 30	-15	30
		T1	AC	6.4	1400	40				0	40
		T2	AC	6.4	1150	40				-5	50
		T3	AC	6.4	1000	45				10	50
3	4電極	L	AC	4.8	1700	36	46	302	30 180 30	-15	35
		T1	AC	6.4	1400	40				0	45
		T2	AC	6.4	1400	40				-5	55
		T3	AC	6.4	1300	45				10	55

【0070】

各試作ボンドフラックスの評価は、条件No. 1又は条件No. 2による片面サブマージアーク溶接時のアーク安定性、溶接後のスラグ剥離性、アンダーカットの有無、表ビード表面の鉄粒突起及びスラグこびり付きの有無、ビード外観・形状を調査し、さらに溶接金属の引張強度、靱性及び溶接金属酸素量を調査した。

【0071】

溶接金属の機械性能評価は、溶接試験体の鋼板板厚の中央を中心にシャルピー衝撃試験片（JIS Z 2242 Vノッチ試験片）及び引張試験片（JIS Z 2241 10号）を採取して、機械試験を実施した。靱性の評価は、-20℃におけるシャルピー衝撃試験により行い、各々繰返し数3本の平均により評価した。なお、シャルピー衝撃試験の吸収エネルギーは80J以上を良好とした。引張強さの評価は490～690MPaを良好とした。これらの調査結果を表6にまとめて示す。

【0072】

【表 6】

区分	フラックス 記号	電極数	溶接作業性							溶接金属機械性能			総合 評価
			アーク 安定性	スラグ 剥離性	アンダー カット	表ビード			裏ビード	引張強さ (MPa)	吸収 エネルギー vE-20 (J)	溶接金属 酸素量 (ppm)	
						鉄粒突起	スラグ こびり付き	形状・外観					
本 発 明 例	F1	4電極	安定	良好	無	無	無	良好	良好	555	94	307	○
	F2	4電極	安定	良好	無	無	無	良好	良好	632	102	324	○
	F3	4電極	安定	良好	無	少し有	無	良好	良好	625	88	323	○
	F4	3電極	安定	良好	無	無	無	良好	良好	656	91	295	○
	F5	3電極	安定	良好	無	無	無	良好	良好	641	89	274	○
	F6	3電極	安定	良好	無	無	無	良好	良好	667	85	252	○
	F7	4電極	安定	良好	無	少し有	無	良好	良好	598	96	341	○
	F8	4電極	安定	良好	無	無	無	良好	良好	674	105	266	○
	F9	4電極	安定	良好	無	無	無	良好	良好	682	97	339	○
	F10	4電極	安定	良好	無	少し有	少し有	良好	良好	613	88	283	○
比 較 例	F11	4電極	安定	不良	有	無	無	良好	良好	706	71	257	×
	F12	4電極	安定	良好	無	少し有	少し有	良好	良好	654	62	425	×
	F13	3電極	安定	良好	無	少し有	無	良好	良好	647	65	408	×
	F14	3電極	安定	不良	無	無	無	不良	良好	652	63	415	×
	F15	4電極	安定	良好	有	無	無	不良	良好	702	59	319	×
	F16	4電極	安定	不良	無	無	無	不良	良好	648	71	422	×
	F17	4電極	不安定	不良	無	無	無	不良	良好	713	57	292	×
	F18	4電極	安定	不良	無	無	無	不良	良好	485	67	305	×
	F19	4電極	安定	良好	無	無	無	不良	不良	682	74	343	×
	F20	3電極	安定	良好	無	無	無	不良	良好	709	59	275	×
	F21	3電極	不安定	不良	無	無	無	不良	良好	526	66	351	×
	F22	3電極	不安定	良好	無	無	無	不良	良好	645	55	409	×
	F23	4電極	安定	良好	無	無	無	不良	良好	652	73	323	×
	F24	4電極	安定	不良	無	有	有	良好	良好	705	56	308	×

【0073】

表1及び表6中のフラックス記号F1～F10が本発明例、フラックス記号F11～F24は比較例である。本発明例であるフラックス記号F1、F2、F4～F6、F8及びF9は、フラックス成分及び鉄粉原材料の平均粒子径が適正であるので、3電極または4電極による片面サブマージアーク溶接ともにアーク安定性及びスラグ剥離性が良好で表ビード表面の鉄粒突起及びスラグこびり付きは無く表ビード及び裏ビード共にビード形状・外観が良好で、溶接金属の機械性能も優れており、極めて満足な結果であった。なお、フラックス記号F3及びF7は、鉄粉原材料の平均粒子径が大きいので鉄粉の突起が少し生じた。また、フラックス記号F10は、 TiO_2 が多いので表ビード表面に鉄粒突起及びこびり付きが少し生じたが実用上は問題が無い範囲であった。

10

【0074】

比較例中フラックス記号F11は、 SiO_2 が少ないので、ビード止端部のなじみが悪くスラグ剥離性が不良でアンダーカットも発生した。また、 Ti が多いので、溶接金属の引張強さが高くなり吸収エネルギーが低値であった。

【0075】

フラックス記号F12は、 SiO_2 が多いので、溶接金属の酸素量が多く吸収エネルギーが低値であった。また、 TiO_2 が多いので、スラグがビード表面に少しこびり付き、鉄粒突起も少し発生した。

【0076】

フラックス記号F13は、 MgO が少ないので、溶接金属の酸素量が多く吸収エネルギーが低値であった。また、鉄粉原材料の平均粒子径が大きいので、表ビードに鉄粒突起が少し発生した。

20

【0077】

フラックス記号F14は、 MgO が多いので、ビード表面の波目が粗くなりスラグ剥離性及びビード外観が劣化した。また、 Si が少ないので、溶接金属の酸素量が多く吸収エネルギーが低値であった。

【0078】

フラックス記号F15は、 CaO が少ないので、ビード止端部のなじみが悪くビード外観が不良でアンダーカットも生じた。また、 Si が多いので、溶接金属の引張強さが高くなり吸収エネルギーが低値であった。フラックス記号F16は、 CaO が多いので、ビード外観及びスラグ剥離性が不良であった。また、 Mn が少ないので、溶接金属の酸素量が多く吸収エネルギーが低値であった。

30

【0079】

フラックス記号F17は、 Al_2O_3 が少ないので、アークが不安定となり、スラグ剥離性及びビード外観が不良であった。また、 Mn が多いので、溶接金属の引張強さが高くなり吸収エネルギーが低値であった。

【0080】

フラックス記号F18は、 Al_2O_3 が多いので、ビード形状及びスラグ剥離性が不良であった。また、 Mo が少ないので、溶接金属の引張強さ及び吸収エネルギーが低値であった。

40

【0081】

フラックス記号F19は、 CaF_2 が少ないので、溶接金属の吸収エネルギーが低値であった。また、 Fe が少ないので、溶着量が少なく表ビード形状が不良で、アークの集中性が劣るため裏ビードのビード形状も不安定であった。フラックス記号F20は、 CaF_2 が多いので、ビード形状が不良であった。また、 Mo が多いので、溶接金属の引張強さが高く吸収エネルギーが低値であった。

【0082】

フラックス記号F21は、 ZrO_2 が少ないので、アークが不安定でビード形状・外観及びスラグ剥離性が不良であった。また、 Ti が少ないので、溶接金属の吸収エネルギーが低値であった。

50

【0083】

フラックス記号 F 2 2 は、Z r O₂が多いので、溶接金属の酸素量が多く吸収エネルギーが低値であった。また、C a C O₃及びM g C O₃の 1 種又は 2 種の C O₂換算値の合計が少ないので、アークが不安定でビード形状・外観が不良であった。

【0084】

フラックス記号 F 2 3 は、B₂O₃が少ないので、溶接金属の吸収エネルギーが低値であった。また、C a C O₃及びM g C O₃の 1 種又は 2 種の C O₂換算値の合計が多いので、ビード表面にポックマークが生じ、表ビードの形状・外観が不良であった。

【0085】

フラックス記号 F 2 4 は、B₂O₃が多いので、溶接金属の引張強さが高く吸収エネルギーが低値であった。また、F e が多いので、ビード表面に鉄粒突起が発生し、スラグがこびり付き、スラグ剥離性も不良であった。

10

【実施例 2】

【0086】

表 7 に示す各種フラックス成分及び F e 成分に適用する鉄粉原材料の粒度を調整したボンドフラックスと表 2 に示す化学組成の裏フラックス、表 3 に示す化学組成のワイヤを用いて、表 4 に示す化学組成の板厚 4 0 m m の鋼板記号 B を図 2 に示すように開先角度 5 0 °、ルートフェイス 5 m m の開先形状に加工し、表 5 に示す条件 N o. 3 (4 電極) による溶接条件にて、図 1 に示す F C u B 片面サブマージアーク溶接試験を実施した。F C u B 片面サブマージアーク溶接試験方法の詳細は実施例 1 と同様である。

20

【0087】

【表 7】

区分	フラックス 記号	フラックス 成 分 (質量%)																	鉄粉原材料 平均粒子径 (μm)
		SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	ZrO ₂	B ₂ O ₃	CO ₂ 分		Fe	Si	Mn	Mo	Ti	Al	TiO ₂	*2 その他	
									*1種類	量									
本発明例	F25	17.4	19.8	9.8	10.4	9.2	0.7	0.4	Ca	3.5	20.4	1.8	0.5	1.2	0.7	0.06	0.4	3.74	95
	F26	7.5	24.1	4.5	13.1	16.3	0.9	0.6	Ca,Mg	4.2	18.6	2.4	0.8	0.4	2.2	0.25	0.5	3.65	85
	F27	19.8	14.6	11.4	7.7	13.4	3.8	1.1	Ca	2.9	18.3	0.8	0.9	0.6	1.5	0.48	0.3	2.42	120
	F28	17.3	12.7	10.8	11.2	10.7	3.7	0.9	Mg	3.1	22.8	1.2	0.7	1.1	1.1	0.31	0.2	2.19	115
比較例	F29	10.9	16.3	7.9	8.8	13.6	4.1	1.3	Ca	3.5	22.6	3.0	0.6	2.1	0.9	—	0.6	3.80	95
	F30	12.7	20.8	9.2	11.5	10.2	1.5	1.5	Ca	4.1	18.4	2.8	0.6	1.5	0.5	0.62	0.5	3.58	110
	F31	15.8	18.5	10.3	10.4	10.2	1.2	0.8	Ca,Mg	4.3	18.5	1.9	0.7	0.9	0.9	0.02	1.7	3.88	85
	F32	21.4	16.4	11.6	9.5	8.6	1.8	2.0	Ca	3.5	15.6	0.9	0.9	2.5	1.3	0.68	0.2	3.12	175

30

*1: CaはCaCO₃、MgはMgCO₃を示す。

*2: その他は、アルカリ金属酸化物および不可避不純物

【0088】

各試作ボンドフラックスの評価は、条件 N o. 3 による片面サブマージアーク溶接時のアーク安定性、溶接後のスラグ剥離性、アンダーカットの有無、表ビード表面の鉄粒突起及びスラグこびり付きの有無、ビード外観・形状を調査し、さらに溶接金属の引張強度、靱性及び溶接金属酸素量を調査した。

【0089】

溶接金属の機械性能評価は、溶接試験体の鋼板板厚の中央を中心にシャルピー衝撃試験片 (J I S Z 2 2 4 2 V ノッチ試験片) 及び引張試験片 (J I S Z 2 2 4 1 1 0 号) を採取して、機械試験を実施した。靱性の評価は、- 2 0 °C におけるシャルピー衝撃試験により行い、各々繰返し数 3 本の平均により評価した。なお、シャルピー衝撃試験の吸収エネルギーは 8 0 J 以上を良好とした。引張強さの評価は 4 9 0 ~ 6 9 0 M P a を良好とした。これらの調査結果を表 8 にまとめて示す。

40

【0090】

【表 8】

区分	フラックス 記号	溶接作業性							溶接金属機械性能			総合 評価
		アーク 安定性	スラグ 剥離性	アンダー カット	表ビード			裏ビード	引張強さ (MPa)	吸収 エネルギー vE-20 (J)	溶接金属 酸素量 (ppm)	
					鉄粒突起	スラグ こびり付き	形状・外観					
本発 明例	F25	安定	良好	無	無	無	良好	良好	632	93	244	○
	F26	安定	良好	無	無	無	良好	良好	657	96	221	○
	F27	安定	良好	無	無	無	良好	良好	641	85	263	○
	F28	安定	良好	無	無	無	良好	良好	639	92	236	○
比較 例	F29	安定	良好	無	無	無	良好	良好	654	73	292	×
	F30	安定	良好	無	無	無	良好	良好	644	69	277	×
	F31	安定	良好	無	少し有	少し有	良好	良好	635	68	312	×
	F32	安定	良好	無	少し有	無	良好	良好	667	65	345	×

10

【0091】

表7及び表8中のフラックス記号F25～F28が本発明例、フラックス記号F29～F32は比較例である。本発明例であるフラックス記号F25～F28は、フラックス成分及び鉄粉原材料の平均粒径が適正であるので、大入熱の4電極による片面サブマージアーク溶接でアーク安定性及びスラグ剥離性が良好で表ビード表面の鉄粒突起及びスラグこびり付きは無く表ビード及び裏ビード共にビード形状・外観が良好で、溶接金属の機械性能も優れており、極めて満足な結果であった。

【0092】

比較例中フラックス記号F29は、Alを含有していないので、溶接金属の吸収エネルギーが低値であった。

20

【0093】

フラックス記号F30は、Alが多いので、溶接金属の吸収エネルギーが低値であった。

【0094】

フラックス記号F31は、TiO₂が多いので、スラグがビード表面に少しこびり付き、鉄粒突起も少し発生した。また、Alが少ないので、溶接金属の吸収エネルギーが低値であった。

【0095】

フラックス記号F32は、鉄粉原材料の平均粒子径が大きいので、表ビードに鉄粒突起が少し発生した。また、Alが多いので、溶接金属の吸収エネルギーが低値であった。

30

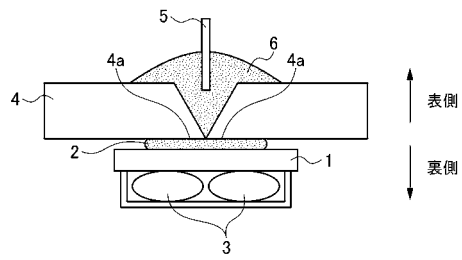
【符号の説明】

【0096】

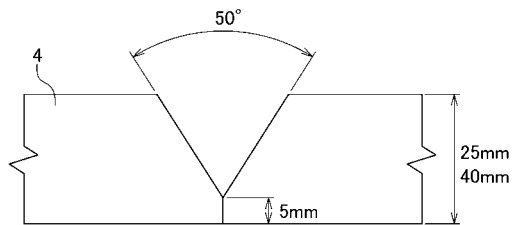
- 1 裏当銅板
- 2 裏フラックス
- 3 エアーホース
- 4 被溶接銅板
- 4 a 開先裏面
- 5 ワイヤ
- 6 表フラックス

40

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4E084 AA02 AA03 AA04 AA07 AA08 AA11 AA12 AA20 AA26 AA27
BA02 BA03 BA04 BA09 BA10 BA11 CA01 CA03 CA17 CA23
CA25 CA26 CA29 DA18 DA19 FA09