

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6255284号
(P6255284)

(45) 発行日 平成29年12月27日(2017.12.27)

(24) 登録日 平成29年12月8日(2017.12.8)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 3 K 35/30 (2006.01) B 2 3 K 35/30 3 2 0 A

請求項の数 2 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-46502 (P2014-46502)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成26年3月10日 (2014.3.10)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2015-167995 (P2015-167995A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成27年9月28日 (2015.9.28)	(74) 代理人	110001807
審査請求日	平成28年9月1日 (2016.9.1)		特許業務法人磯野国際特許商標事務所
		(74) 代理人	100064414
			弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(74) 代理人	100123249
			弁理士 富田 哲雄
		(72) 発明者	谷口 元一
			神奈川県藤沢市宮前100番1 株式会社神戸製鋼所 藤沢事業所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスメタルアーク溶接用ソリッドワイヤ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

C : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 1 0 0 質量%、Si : 0 . 2 0 ~ 1 . 0 0 質量%、Mn : 1 . 0 0 ~ 2 . 0 0 質量%、P : 0 . 0 2 5 質量%以下、S : 0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 2 5 質量%、Cu : 0 . 3 5 質量%以下、Ni : 4 . 0 0 ~ 5 . 0 0 質量%、Mo : 0 . 1 0 ~ 0 . 5 0 質量%、Ti : 0 . 0 2 5 ~ 0 . 0 7 5 質量%を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなることを特徴とするガスメタルアーク溶接用ソリッドワイヤ。

【請求項2】

C : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 0 5 0 質量%、Si : 0 . 2 0 ~ 0 . 5 0 質量%、Mn : 1 . 1 0 ~ 1 . 4 0 質量%、P : 0 . 0 1 0 質量%以下、S : 0 . 0 0 3 ~ 0 . 0 1 0 質量%、Cu : 0 . 3 5 質量%以下、Ni : 4 . 0 0 ~ 4 . 5 0 質量%、Mo : 0 . 1 0 ~ 0 . 3 0 質量%、Ti : 0 . 0 5 0 ~ 0 . 0 7 5 質量%を含有し、残部がFeおよび不可避免的不純物からなることを特徴とするガスメタルアーク溶接用ソリッドワイヤ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、Mn - Mo - Ni 鋼やNi 鋼の溶接に用いられるガスメタルアーク溶接用ソリッドワイヤに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、主としてエネルギープラントやケミカルプラント、エネルギー原料貯蔵設備内の圧力容器や格納容器等に用いられるMn-Mo-Ni鋼やNi鋼において、ガスマタルアーク溶接が行われている。そして、このようなガスマタルアーク溶接を行うための種々のガスマタルアーク溶接用ソリッドワイヤが開示されている。

【0003】

例えば、特許文献1には、パルスアーク溶接において、ピーク電流 I_p 、ベース電流 I_b 、溶融速度比率MRが $I_p = 900\text{ A}$ 、 $I_b = 30\text{ A}$ 、 $1.2 < MR < 1.5$ の範囲となる条件で溶接することを特徴とするガスシールドパルスアーク溶接方法が開示されている。

また、このガスシールドパルスアーク溶接方法に用いるワイヤとして、ワイヤの化学成分がワイヤ全重量に対して、重量%で、C:0.02~0.20%、Si:0.2~2.0%、Mn:0.2~3.0%、P:0.05%以下、S:0.05%以下、Cu:1.5%以下を含有し、不可避成分を0.1%以下、且つ残部が実質的にFeよりなるガスシールドアーク溶接用ワイヤが開示されている。

さらには、ワイヤの化学成分がワイヤ全重量に対して、さらに重量%で、Ni:0.10~5.00%、Cr:0.10~3.00%、Mo:0.05~2.00%、Ti:0.02~0.50%、B:0.0010~0.0300%からなる群から選択された少なくとも1種の元素を含有し、不可避成分を0.1%以下、且つ残部が実質的にFeよりなるガスシールドアーク溶接用ワイヤが開示されている。

【0004】

このガスシールドアーク溶接用ワイヤは、Niを0.10~5.00質量%含むMAG溶接用ソリッドワイヤであり、溶接時のパルス条件の最適領域下において、溶接作業性と溶着金属の機械的性質を両立させている。

【0005】

また、例えば、特許文献2には、質量%で、C:0.020~0.060%、Si:0.20~0.50%、Mn:1.50~2.50%、Ni:2.90~3.50%、Cr:0.7~1.5%、Mo:0.30~1.00%、Ti:0.010~0.050%、Al:0.020~0.080%を含み、不純物としてのP、S、N、O、V、Nbを、P:0.007%以下、S:0.007%以下、N:0.007%以下、O:0.007%以下、V:0.005%以下、Nb:0.003%以下に低減し、残部Feおよび不可避的不純物からなることを特徴とする超高張力鋼ガスシールドアーク溶接用ワイヤが開示されている。

【0006】

この超高張力鋼ガスシールドアーク溶接用ワイヤは、Niを2.90~3.50質量%含むMAG溶接用ソリッドワイヤであり、ワイヤ中にTiおよびAlを適量含有させることで継手引張強度および靱性を両立させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2000-225465号公報

【特許文献2】特開2001-1181号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、従来の技術においては以下の問題がある。

特許文献1に関しては、厚肉大径の鋼材の溶接には通常、溶接後熱処理（以後、適宜、P W H T (Post Weld Heat Treatment) と略記する）が実施されうるが、特許文献1には、溶着金属のP W H T後の機械的性質に関する言及がなされていない。また、溶着金属の靱性について、 $v E 0$ あるいは $v E - 2 0$ 47 Jを良好な性能としているが、実際の要求性能に対しては不十分な閾値である。

特許文献2に関しては、厚肉大径の鋼材の溶接には通常P W H Tが実施されうるが、特

10

20

30

40

50

許文献2には、溶着金属のP W H T後の機械的性質に関する言及がなされていない。

【0009】

このように、ガスマタルアーク溶接による溶着金属の特性改善手法として、Niを始めとした各種合金成分のワイヤへの添加、溶接条件の調整が採用されてきた。しかし、実施工の対象である大径肉厚の鋼板の溶接時に実施されうるP W H T後においても優れた機械的性質を担保する技術についての知見は示されていない。

また、溶接施工効率を重視した施工条件、特に立向上進姿勢を含む種々の溶接姿勢下で、かつ大入熱での溶接条件下でも優れた機械的特性を有する溶着金属を提供する技術についての知見は示されていない。

よって、先願特許群にて構成される何れの知見も、種々の溶接姿勢・入熱範囲で、かつP W H T後においても引張強度特性、靱性、および落重特性をすべて良好にするという問題を解決することは出来ない。

10

【0010】

また、従来 of 溶接材料では、エネルギープラントやケミカルプラント内の各種圧力容器に適用されるMn-Mo-Ni鋼やNi鋼の溶接部位に対して、大入熱施工かつP W H T後の溶着金属の引張強度特性、靱性、および落重特性をすべて良好にすることが出来ないという問題があった。

【0011】

そこで、本発明の課題は、引張強度特性、靱性、および落重特性に優れる溶着金属を得ることができるガスマタルアーク溶接用ソリッドワイヤを提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、鋭意検討した結果、以下の事項を見出した。

本願に関わるガスマタルアーク溶接（以後、適宜、GMAWと略記する）用ソリッドワイヤは、ワイヤ中に4.00～5.00質量%のNiを含有するものである。大入熱施工かつP W H T後であっても、その溶着金属の引張強度特性、靱性、および落重特性をすべて良好にする手段として、発明者らは「固溶強化と析出強化とを同時に実現する合金元素の添加」および「溶接時の凝固過程で析出する介在物を活用したミクロ組織制御」という着想を得た。

【0013】

30

GMAW用ソリッドワイヤが適用される部位は、機器設計上、適用箇所の板厚や応力分布状態に応じてP W H Tが実施される場合と、実施されない場合とが混在する。ゆえに、その溶着金属は、P W H Tの有無によらず、引張強度、靱性、および落重特性をすべて良好にする必要がある。

【0014】

一般に、本願に関わるGMAW用ソリッドワイヤによって形成される溶着金属のミクロ組織はベイナイト主体で、P W H Tの実施によって組織が回復して、その靱性および落重特性が改善される一方で引張強度が低下する傾向が強い。また、GMAW用ソリッドワイヤによって形成される溶着金属は、大入熱条件下で溶接施工を行った場合、そのミクロ組織が著しく粗大化し、引張強度、靱性、および落重特性の何れもが低下する。

40

【0015】

よって、例えば施工効率を重視し、立向上進姿勢かつ大入熱条件下で溶接施工が行われる場合であっても、溶接のままの状態でも優れた靱性および落重特性を示し、P W H T後の状態で所定の引張強度を有する溶着金属を得ることを企図した。そして、本発明者らは、そのGMAW用ソリッドワイヤの化学成分を見出した。

【0016】

引張強度の改善には、(1)P W H Tによる炭窒化物の分散析出による析出強化、(2)マトリクス中への合金元素の固溶による固溶強化、あるいは(3)旧 粒径の微細化、が有効である。(1)の実現にはCrやNb、Vなど、結晶粒界や結晶粒内に炭化物を形成する合金元素の添加が有効であるが、これらの合金元素の添加は溶着金属の靱性および

50

落重特性を低下させるため好ましくない。よって本願では、(1)と(2)を同時に実現可能かつ韌性への影響が比較的小さいMoに着目した。一方、(3)の実現には、溶接時の凝固過程において窒化物を形成し、そのピン留め効果によって粒の粗大化を抑制するTiに着目した。

【0017】

さらに、韌性および落重特性の改善には、(4)マトリクスの高韌化、(5)旧粒径の微細化、あるいは(6)ベイナイトラスの微細化、が有効である。(4)の実現にはNiの添加が有効であり、本願に関わるMIG溶接用ソリッドワイヤの基本設計となるものである。(5)の実現には、上述の通り、Tiの添加に着目した。また、(6)の実現には、A1変態点およびベイナイト変態開始温度を低下させてベイナイトラスを微細化する合金元素の添加が有効であり、本願ではMnおよびNiに着目した。

10

【0018】

前記の課題を解決するため、本発明では、次の技術手段を講じている。

本発明に係るガスマタルアーク溶接用ソリッドワイヤは、C：0.010～0.100質量%、Si：0.20～1.00質量%、Mn：1.00～2.00質量%、P：0.025質量%以下、S：0.003～0.025質量%、Cu：0.35質量%以下、Ni：4.00～5.00質量%、Mo：0.10～0.50質量%、Ti：0.025～0.075質量%を含有し、残部がFeおよび不可避の不純物からなることを特徴とする。

【0019】

かかる構成によれば、ガスマタルアーク溶接用ソリッドワイヤ(以下、適宜、ソリッドワイヤあるいは、単にワイヤという)は、C、Si、Mn、P、S、Cu、Ni、Mo、Tiの含有量を規定することで、溶着金属の強度、韌性、および落重特性が良好となる。

20

【0020】

本発明に係るガスマタルアーク溶接用ソリッドワイヤは、C：0.010～0.050質量%、Si：0.20～0.50質量%、Mn：1.10～1.40質量%、P：0.010質量%以下、S：0.003～0.010質量%、Cu：0.35質量%以下、Ni：4.00～4.50質量%、Mo：0.10～0.30質量%、Ti：0.050～0.075質量%を含有し、残部がFeおよび不可避の不純物からなることが好ましい。

【0021】

かかる構成によれば、ソリッドワイヤの組成を好ましい規定とすることで、溶着金属の強度、韌性、および落重特性がより良好となる。

30

【発明の効果】

【0022】

本発明のガスマタルアーク溶接用ソリッドワイヤは、大入熱施工条件下、かつPWHT後においても、溶着金属の特性を飛躍的に改善させ、引張強度特性、韌性、および落重特性のすべてに優れた溶着金属を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】実施例の評価で用いた試験板の開先形状を示す断面図である。

40

【図2】実施例の室温引張試験片およびシャルピー衝撃試験片の採取位置を示す断面図である。

【図3】実施例の落重試験片の採取位置を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

本発明のソリッドワイヤは、ガスマタルアーク溶接に用いられるソリッドワイヤであり、C：0.010～0.100質量%、Si：0.20～1.00質量%、Mn：1.00～2.00質量%、P：0.025質量%以下、S：0.025質量%以下、Cu：0.35質量%以下、Ni：4.00～5.00質量%、Mo：0.10～0.50質量%

50

、Ti：0.025～0.075質量%を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなるものである。

【0025】

また、本発明のソリッドワイヤは、C：0.010～0.050質量%、Si：0.20～0.50質量%、Mn：1.10～1.40質量%、P：0.010質量%以下、S：0.010質量%以下、Cu：0.35質量%以下、Ni：4.00～4.50質量%、Mo：0.10～0.30質量%、Ti：0.050～0.075質量%を含有し、残部がFeおよび不可避的不純物からなることが好ましい。

以下、ソリッドワイヤの成分限定理由について説明する。

【0026】

<C：0.010～0.100質量%>

Cは、溶着金属中の炭化物の析出量に大きな影響を及ぼす。ソリッドワイヤ中のC含有量が0.010質量%未満では、溶着金属中のC含有量が低くなって炭化物の析出量が不十分となり、所定の強度が得られない。一方、ソリッドワイヤ中のC含有量が0.100質量%を超えると、溶着金属中のC含有量が過剰に高くなって焼入れ性が高まり、また炭化物析出量が増大して溶着金属の強度を高め、靱性および落重特性が低下する。よって、ソリッドワイヤ全体におけるC含有量は0.010～0.100質量%とする。C含有量は、溶着金属の強度をより向上させる観点から、好ましくは0.015質量%以上、より好ましくは0.020質量%以上である。また、C含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは0.050質量%以下、より好ましくは0.040質量%以下である。

【0027】

<Si：0.20～1.00質量%>

Siは、溶着金属の強度を高めると同時に、溶着金属を脱酸・清浄化して靱性を向上させる。ソリッドワイヤ中のSi含有量が0.20質量%未満では、溶着金属中のSi含有量が低くなってその強度が低下し、さらに溶着金属中の酸素量が増加して粗大な酸化物を形成するため、靱性および落重特性が低下する。一方、ソリッドワイヤ中のSi含有量が1.00質量%を超えると、Siの添加が過剰となって溶着金属の強度が著しく高くなり、靱性および落重特性が低下する。よって、ソリッドワイヤ全体におけるSi含有量は0.20～1.00質量%とする。Si含有量は、溶着金属の強度、靱性、および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは0.25質量%以上、より好ましくは0.30質量%以上である。また、Si含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは0.50質量%以下、より好ましくは0.45質量%以下である。

【0028】

<Mn：1.00～2.00質量%>

Mnは、A1変態点およびベイナイト変態開始温度を低下させてベイナイト組織を微細化させ、溶着金属の靱性および落重特性を向上させる。また、MnはSi同様、溶着金属を脱酸・清浄化してその靱性を向上させる。ソリッドワイヤ中のMn含有量が1.00質量%未満では、これらの効果が得られない。一方、ソリッドワイヤ中のMn含有量が2.00質量%を超えると、Mnの添加が過剰となって溶着金属の強度が著しく高くなり、靱性および落重特性が低下する。よって、ソリッドワイヤ全体におけるMn含有量は1.00～2.00質量%とする。Mn含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは1.10質量%以上、より好ましくは1.20質量%以上である。また、Mn含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは1.40質量%以下、より好ましくは1.30質量%以下である。

【0029】

<P：0.025質量%以下、S：0.025質量%以下>

PおよびSは、その含有量が、それぞれ、0.025質量%を超えると、溶着金属を脆化させ、その靱性および落重特性を低下させる。よって、ソリッドワイヤ全体におけるP含有量およびS含有量は、いずれも0.025質量%以下とする。P含有量およびS含有

10

20

30

40

50

量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、いずれも、好ましくは0.010質量%以下、より好ましくは0.008質量%以下である。なお、下限値は特に規定はないが、PおよびSは含有しない方が好ましく、0質量%であることが好ましい。ただし、PおよびSは不可避免的に混入するため、実質的に0.001質量%が下限値となる。

【0030】

<Cu: 0.35質量%以下>

Cuは、ワイヤ中に含まれるCuに由来するもの、および、溶接時のワイヤ送給性改善のために電気めっき等の手法でワイヤ表面にコーティングされるCuに由来するものである。ソリッドワイヤ中のCu含有量が0.35質量%を超えると、溶着金属中のCu含有量も増加し、その靱性および落重特性が低下する。よって、ソリッドワイヤ全体におけるCu含有量は0.35質量%以下とする。Cu含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは0.25質量%以下、より好ましくは0.20質量%以下である。なお、下限値は特に規定はないが、Cuは含有しなくてもよく、0質量%であってもよい。ただし、Cuは不可避免的に混入するため、実質的に0.01質量%が下限値となる。

10

【0031】

<Ni: 4.00~5.00質量%>

Niは、本願に関わる溶接ワイヤの基本成分であり、A1変態点およびベイナイト変態開始温度を下げてベイナイト組織を微細化すると共にマトリクスの靱性を向上させ、溶着金属の靱性および落重特性を向上させる。ソリッドワイヤ中のNi含有量が4.00質量%未満では、これらの効果が十分に得られない。一方、ソリッドワイヤ中のNi含有量が5.00質量%を超えると、溶着金属の強度が著しく高くなり、靱性および落重特性が低下する。よって、ソリッドワイヤ全体におけるNi含有量は4.00~5.00質量%とする。Ni含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは4.20質量%以上、より好ましくは4.30質量%以上である。また、Ni含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは4.50質量%以下、より好ましくは4.40質量%以下である。

20

【0032】

<Mo: 0.10~0.50質量%>

Moは、PWH T時に炭化物を形成すると共に、マトリクス中に固溶して溶着金属の強度を向上させる。ソリッドワイヤ中のMo含有量が0.10質量%未満では、所定の引張強度が得られない。一方、ソリッドワイヤ中のMo含有量が0.50質量%を超えると、炭化物析出量、およびマトリクス中への固溶量が過剰に増加して溶着金属の強度が著しく高くなり、靱性および落重特性が低下する。よって、ソリッドワイヤ全体におけるMo含有量は0.10~0.50質量%とする。Mo含有量は、溶着金属の強度をより向上させる観点から、好ましくは0.15質量%以上、より好ましくは0.20質量%以上である。また、Mo含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは0.30質量%以下、より好ましくは0.25質量%以下である。

30

【0033】

<Ti: 0.025~0.075質量%>

Tiは、溶接時の凝固過程においてTiNを形成し、そのピン留め効果によって粒の粗大化を抑制して旧粒径を微細化する。これにより、溶着金属の強度、靱性、および落重特性を向上させる。ソリッドワイヤ中のTi含有量が0.025質量%未満では、これらの効果が十分に得られない。一方、ソリッドワイヤ中のTi含有量が0.075質量%を超えると、溶着金属の強度が著しく高くなり、靱性および落重特性が低下する。よって、ソリッドワイヤ全体におけるTi含有量は0.025~0.075質量%とする。Ti含有量は、溶着金属の強度、靱性、および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは0.050質量%以上、より好ましくは0.055質量%以上である。また、Ti含有量は、溶着金属の靱性および落重特性をより向上させる観点から、好ましくは0.070

40

50

質量%以下、より好ましくは0.065質量%以下である。

【0034】

<残部：Feおよび不可避免的不純物>

ソリッドワイヤの成分の残部は、Feおよび不可避免的不純物である。不可避免的不純物としては、例えば、V、W、Nb、Co、Sn、Sb、As等が挙げられる。これらの不可避免的不純物は、本発明の効果を妨げない範囲において含有することは許容され、その含有量は、それぞれ0.005質量%以下が好ましい。

【0035】

以上説明した本発明のソリッドワイヤは、主としてエネルギープラントやケミカルプラント、エネルギー原料貯蔵設備内の圧力容器や格納容器等に用いられるMn-Mo-Ni鋼やNi鋼のガスメタルアーク溶接に好適に用いられる。

10

【0036】

次に、本発明のソリッドワイヤの製造方法について説明する。

本発明のソリッドワイヤは、常法により製造することができる。例えば、まず、転炉あるいは電気炉等を用いて、前記した成分組成を有する溶鋼を溶製し、得られた溶鋼から連続鑄造や造塊法等によって鋼材（ビレット等）を製造する。次に、製造した鋼材を加熱した後、熱間圧延（押出圧延）を施し、更に乾式の冷間圧延（冷間伸線）を施して、例えば、5.5mmの溶接ワイヤ用原線（鋼索線とも言う）を製造する。次いで、この溶接ワイヤ用原線を必要に応じて焼鈍や酸洗を実施して伸線加工を行い、最終ワイヤ径（例えば1.2mm）を有するソリッドワイヤとして製造する。

20

【実施例】

【0037】

以下、本発明の範囲に入る実施例について、その効果を本発明の範囲から外れる比較例と比較して説明する。

【0038】

まず、電気炉にて、溶鋼を造塊し、押出圧延、冷間伸線し、5.5mmの溶接ワイヤ用原線を製造後、この溶接ワイヤ用原線を伸線して2.4mmとした。次に、中間焼鈍及び銅めっき処理して中間伸線とし、更に仕上伸線し、スキンプス及び潤滑油を塗布して、最終ワイヤ径1.2mmの表1に示す化学組成（質量%）を有するGMAW用ソリッドワイヤを製造した。

30

【0039】

次に、表1に示す化学成分のGMAW用ソリッドワイヤ、図1に示す開先形状の試験板を用いて、表2および表3に示す溶接条件で溶接を行い、全溶着金属の引張強度、靱性、および落重特性を評価した。全溶着金属の機械的性質は「溶接のまま」および「PWH T（615 × 10h）後」の両者について評価した。なお、表1において、本発明の範囲を満たさないものは数値に下線を引いて示す。

【0040】

【 表 1 】

溶接ワイヤの化学成分 (単位:質量%) (残部は不可避免的不純物含む)

No.	C	Si	Mn	P	S	Cu*	Ni	Mo	Ti	Fe
1	0.075	0.69	1.55	0.012	0.005	0.21	4.25	0.23	0.028	残部
2	0.061	0.37	1.73	0.008	0.009	0.27	4.19	0.27	0.041	残部
3	0.038	0.33	1.29	0.007	0.007	0.19	4.68	0.31	0.034	残部
4	0.091	0.73	1.31	0.005	0.011	0.22	4.08	0.25	0.068	残部
5	0.013	0.26	1.21	0.002	0.004	0.20	4.20	0.20	0.037	残部
6	0.023	0.35	1.32	0.005	0.003	0.22	4.38	0.19	0.055	残部
7	0.015	0.27	1.19	0.002	0.004	0.20	4.22	0.20	0.074	残部
8	0.008	0.55	1.27	0.008	0.005	0.18	4.33	0.27	0.033	残部
9	0.120	0.28	1.55	0.006	0.009	0.23	4.17	0.18	0.029	残部
10	0.022	0.11	1.22	0.010	0.008	0.29	4.40	0.28	0.031	残部
11	0.046	1.23	1.80	0.011	0.004	0.17	4.11	0.20	0.026	残部
12	0.019	0.55	0.78	0.006	0.005	0.19	4.21	0.38	0.030	残部
13	0.047	0.29	2.29	0.011	0.007	0.22	4.68	0.12	0.034	残部
14	0.029	0.22	1.51	0.029	0.008	0.21	4.42	0.25	0.041	残部
15	0.031	0.31	1.28	0.009	0.026	0.18	4.77	0.12	0.031	残部
16	0.049	0.52	1.83	0.012	0.005	0.41	4.29	0.31	0.055	残部
17	0.025	0.79	1.56	0.008	0.003	0.21	3.87	0.33	0.029	残部
18	0.051	0.38	1.29	0.007	0.005	0.18	5.11	0.16	0.051	残部
19	0.015	0.44	1.18	0.004	0.002	0.23	4.25	0.05	0.037	残部
20	0.027	0.27	1.22	0.006	0.005	0.31	4.49	0.79	0.033	残部
21	0.013	0.25	1.19	0.002	0.004	0.20	4.21	0.20	0.002	残部
22	0.033	0.49	1.61	0.005	0.003	0.23	4.48	0.23	0.095	残部

* ワイヤCu + めっきCu

【 0 0 4 1 】

10

20

30

40

【 表 2 】

溶接条件 (1)	電源極性	溶接姿勢	平均溶接電流	アーク電圧	溶接速度
ワイヤ径	DCEP	立向上進	140A	22V	約5cm/min.
平均入熱	予熱・パルス間温度	シールドガス組成	シールドガス流量	チップ・母材間距離	積層要領
35-40kJ/cm	200-220°C	Ar-10%CO ₂	25L/min.	15-20mm	各層1パス

10

20

30

【 0 0 4 2 】

40

【 表 3 】

パルス条件		
ベース電流	ピーク電流	ピーク時間
43A	430A	1.0mSec

※ ベース時間はパルス周波数を制御するために、ユーザ側からの設定が不可能。

【 0 0 4 3 】

供試ワイヤのワイヤ径は種々存在するが、本願の実施例は1.2mmのもので代表した。溶接姿勢および積層要領は、実機での溶接施工を考慮して、また、施工条件の観点から溶着金属の機械的性質を最も厳しい条件で評価することを企図し、立向上進姿勢で且つ各

50

層1パス施工とし、その積層数は4層とした。立向上進姿勢で適用可能であれば、他の姿勢にも展開することが可能である。一般的なGMAWには1~5%程度の O_2 を含むArガスか、10~20%程度の CO_2 を含むArガスが用いられるが、本願でのシールドガス組成はAr-10% CO_2 で代表し、その流量は25L/minとした。また、溶接機はパルス溶接機能の付属有無に拘らないが、本願の実施例ではパルス溶接機能が付属した溶接機を用いた。

【0044】

また、全溶着金属の引張強度特性の評価には、溶着金属の板厚中央部から溶接線方向にAWS B4.0に準拠して採取した室温引張試験片(試験片直径: 12.5mm、平行部長さ: 50.0mm)を供した。また、靱性の評価には、溶着金属の板厚中央部から溶接線と法線方向(継手方向)にAWS B4.0に準拠した2mm-Vノッチ(サイドノッチ)のシャルピー衝撃試験片を供した。また、溶着金属の落重特性の評価には、ASTM E208-2006に準拠した落重試験片を供した。なお、落重試験片の試験片形状はP-3型試験片とした。それぞれの試験片採取位置を図2および図3に示す。

10

【0045】

本項の実施例において、全溶着金属の引張強度特性はTSが587MPa以上のものを、587MPa未満のものをxと評価した。また、靱性は-39における衝撃値(以下、vE-39と表記)の3点平均が100J以上のものを、55J以上100J未満のものを、55J未満のものをxと評価した。さらに、落重特性は RT_{NDT} が-75以下のものを、-75を超え-50以下のものを、-50を超えるものをxと評価した。ここで、 RT_{NDT} は「発電用原子力設備規格設計・建設規格 第4章 添付4-1」に準拠して導出した。結果を表4に示す。

20

【0046】

【 表 4 】

実施例 (1)

No.	PWHT条件:溶接のまま				PWHT条件:615°C x 10h				総評	
	引張強度特性		靱性		引張強度特性		靱性			
	RT (MPa)	評価	vE-39°C (J)	評価	RT (MPa)	評価	vE-39°C (J)	評価	RT _{NDT} (°C)	評価
1	651	○	76	○	603	○	105	◎	-70	○
2	633	○	81	○	591	○	112	◎	-75	◎
3	639	○	95	○	608	○	127	◎	-70	○
4	672	○	63	○	639	○	84	○	-55	○
5	632	○	96	○	590	○	146	◎	-75	◎
6	651	○	113	◎	609	○	131	◎	-80	◎
7	664	○	122	◎	620	○	133	◎	-90	◎
8	588	○	88	○	531	×	119	◎	-65	○
9	699	○	32	×	661	○	59	○	-45	×
10	601	○	47	×	572	×	89	○	-55	○
11	673	○	51	×	649	○	83	○	-55	○
12	622	○	49	×	601	○	79	○	-60	○
13	682	○	44	×	660	○	86	○	-50	○
14	633	○	51	×	609	○	68	○	-40	×
15	623	○	42	×	599	○	59	○	-35	×
16	642	○	52	×	613	○	66	○	-45	×
17	621	○	49	×	589	○	71	○	-50	○
18	672	○	52	×	639	○	81	○	-40	×
19	605	○	91	○	571	×	121	◎	-70	○
20	691	○	43	×	672	○	67	○	-45	×
21	610	○	35	×	550	×	127	◎	-65	○
22	703	○	22	×	677	○	51	×	-30	×

比較例

表4に示すように、本発明の範囲を満足するNo. 1~7は、すべての評価項目において良好であった。

一方、本発明の範囲を満足しないNo. 8~22は、以下の結果となった。

【0048】

No. 8は、C含有量が低いため、「PWHT(615 x 10h)後」の引張強度特性に劣った。No. 9は、C含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、および、「PWHT(615 x 10h)後」の落重特性に劣った。

No. 10は、Si含有量が低いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の引張強度特性に劣った。No. 11は、Si含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性に劣った。

10

No. 12は、Mn含有量が低いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性に劣った。No. 13は、Mn含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性に劣った。

【0049】

No. 14は、P含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の落重特性に劣った。No. 15は、S含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の落重特性に劣った。No. 16は、Cu含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の落重特性に劣った。

No. 17は、Ni含有量が低いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性に劣った。No. 18は、Ni含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の落重特性に劣った。

20

【0050】

No. 19は、Mo含有量が低いため、「PWHT(615 x 10h)後」の引張強度特性に劣った。No. 20は、Mo含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の落重特性に劣った。

No. 21は、Ti含有量が低いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の引張強度特性に劣った。No. 22は、Ti含有量が高いため、「溶接のまま」の靱性、落重特性、「PWHT(615 x 10h)後」の靱性、落重特性に劣った。

【0051】

30

次に、表1の実施例7に示す化学成分のGMAW用ワイヤを用いて、表5に示す溶接条件に従い、各種溶接姿勢および溶接入熱下で溶接試験を行い、溶着金属の機械的性質を評価した。予熱・パス間温度は200~220、シールドガスはAr-10%CO₂(25L/min)、チップ・母材間距離は15~20mmとした。また、本項の実施例における溶接機もパルス溶接機能が付属したものを用い、そのパルス条件は表3に準拠した。

【0052】

【 表 5 】

溶接条件 (2)		溶接条件	溶接姿勢	平均溶接電流	アーク電圧	溶接速度	平均入熱	積層要領
No.		A	B	C	D			
23		A	下向	270A	28V	約 15 cm/min.	28-32 kJ/cm	各層 1/パス
24		B	下向	270A	28V	約 30 cm/min.	15-20 kJ/cm	各層 2/パス
25		C	立向上進	140A	22V	約 6 cm/min.	28-32 kJ/cm	各層 1/パス
26		D	立向上進	140A	22V	約 8 cm/min.	20-25 kJ/cm	各層 2/パス

【 0 0 5 3 】

本項の実施例において、評価項目および試験片採取方法等は前出の実施例と同等とした。全溶着金属の引張強度特性はTSが587MPa以上のものを、587MPa未満のものを×と評価した。また、靱性は-39における衝撃値(以下、vE-39と表記

10

20

30

40

50

)の3点平均が100J以上のものを、55J以上100J未満のものを、55J未満のものを×と評価した。さらに、落重特性は R_{TNDT} が-75以下のものを、-75を超え-50以下のものを、-50を超えるものを×と評価した。結果を表6に示す。

【0054】

【 表 6 】

実施例 (2)

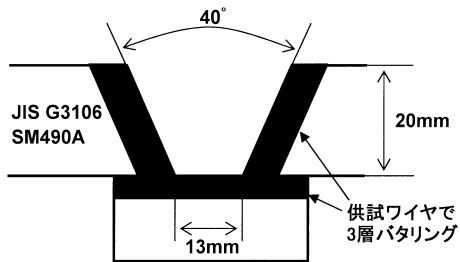
No.	PWHT条件:溶接のまま				PWHT条件:615°C×10h				総評
	引張強度特性		落重特性		引張強度特性		落重特性		
	RT (MPa)	評価	vE-39°C (J)	評価	RT (MPa)	評価	vE-39°C (J)	評価	
23	684	○	141	◎	662	○	155	◎	◎
24	726	○	159	◎	699	○	171	◎	◎
25	677	○	137	◎	651	○	151	◎	◎
26	712	○	155	◎	683	○	163	◎	◎

表 6 に示すように、本発明の範囲を満足する No. 23 ~ 26 は、すべての評価項目において良好であった。

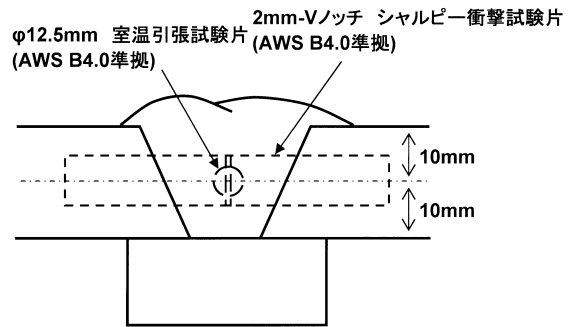
【 0 0 5 6 】

以上、本発明について実施の形態および実施例を示して詳細に説明したが、本発明の趣旨は前記した内容に限定されることなく、その権利範囲は特許請求の範囲の記載に基づいて広く解釈しなければならない。なお、本発明の内容は、前記した記載に基づいて広く改変・変更等することが可能であることはいうまでもない。

【 図 1 】

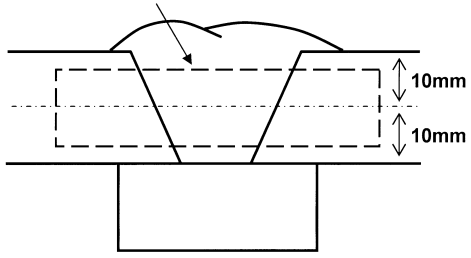


【 図 2 】



【 図 3 】

P-3型 落重試験片
(ASTM E208-2006 準拠)



フロントページの続き

(72)発明者 山下 賢

神奈川県藤沢市宮前100番1 株式会社神戸製鋼所 藤沢事業所内

審査官 川口 由紀子

(56)参考文献 特開昭63-157795(JP,A)
特開平07-195193(JP,A)
特開2000-225465(JP,A)
特開昭58-086996(JP,A)
特開昭60-196286(JP,A)
特開昭54-040250(JP,A)
特開2005-211933(JP,A)
米国特許第05523540(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 35/30
B23K 35/03
C22C 38/00-38/60