ガス被包アーク溶接部の気孔生成におよぼす 電極鋼線組成の影響について*

益本 功** 松田 一夫***

Effect of chemical composition of electrode wire on the porosity
of weld metals obtained by gas shielded metal arc welding*

by Isao Masumoto** and Kazuo Matsuda***

Abstract

In order to prevent the weld metal of rusted, painted or oiled steel plate experiments of $\text{CO}_2\text{-O}_2$, CO_2 , Ar-O_2 and Ar-CO_2 arc welding were carried out using the electrode wires with various contents of deoxidizers, especially a fairly large amount of aluminum. As the result, it was experimentally concluded that an aluminum content over 0.35 per cent of electrode wire was effective to prevent the porosity in the weld metal of rusted, painted or oiled steel plate. Moreover, the experiment on the influence of wind on porosity showed that the electrode wires containing aluminum were effective to prevent the porosity, even when gas shielded arc welding was carried out in the wind with 1 to 2 m/sec velocity, but it was not effective at more than 3 m/sec wind velocity.

1. 緒 言

一般に溶接を行なう場合に、溶接継手開先面の清浄作業を怠ると溶接金属に気孔が発生しやすく、また軟鋼厚板および高張力鋼では割れの原因となるから、継手開先面に附着した水分、過度の錆、ペイント、油脂および厚いスラグなどはじゅうぶん除去しておかねばならない。特に大電流高速の自動溶接では、これらの有害物の影響が大であるので、継手開先面を溶接前に機械的表面処理(ワイヤブラシ、サンドブラストおよびグラインダなど)また化学的表面処理あるいは溶接前にガス炎で燃やし、これらの有害物を除去して溶接を行なう必要がある。しかしこのような清浄作業は常に可能とは限らない。

またいうまでもなく、これらの作業には多くの手間を要する。そこでこのような継手開先面の清浄作業を行なわないで溶接できれば、能率的かつ経済的である。本研究はこのような目的で、電極鋼線の組成を適当に選ぶことによって、脱酸力を強化し、上述のような条件でも気孔発生に鈍感な溶接金属をガス被包アーク溶接で得られるのではないかと考えて着手したものである。

実験としては、脱酸剤としてけい素、マンガンをおよびアルミニウムを含有する電極鋼線を試作し、これらの鋼

線を用い種々の被包ガスを送給して、故意にさびさせた鋼板、ラッカー、防錆塗料、マシン油あるいはグリースを塗布した鋼板上にビードを溶着して、電極鋼線中のこれら脱酸剤特にアルミニウムの効果について調べた。また種々の風速の風を送って $\text{CO}_2\text{-O}_2$ アーク溶接を行ない、風による溶接金属の気孔発生に対する鋼線中のアルミニウムの効果についても調べた。

2. 実験方法

A) ビード試験

供試電極鋼線の組成を Table 1 に示す。同表のA鋼線は市販の軟鋼用 $\text{CO}_2\text{-O}_2$ アーク溶接用のものでアルミニウムでキルされ、チタンを0.25%含んでいる。B以下I鋼線までは特に試作したもので、B, C, D, E, F およびGはけい素およびマンガンをほぼ一定になるように意図し、アルミニウム含量のみを適度に増加したものである。HおよびI鋼線は従来の鋼線に比べ、特にけい素およびマンガンを高くしたものである。鋼線直径はいずれも 1.2 mm とした。実験には Table 1 に示す化学組成を有する板厚 9 mm の 50×150 mm の短冊型軟鋼板に、Fig. 1 に示すごとく 45° のV型溝を切削し、試験片としてもちいた。V溝部および試験片表面に、水による錆、海水による錆および30%硝酸液による錆をそれぞれいちように厚く発生させ、あるいはラッカー、防錆塗料(ウオッシュプライマー)、マシン油およびグリースをそれぞれいちように厚く塗布した。

* 原稿受付 昭和43年2月14日 (42年度秋季大会にて発表)

** 正 員 名古屋大学工学部 Member, Faculty of Engineering Nagoya University

*** 正 員 中部工業大学 Member, Chubu Institute of Technology.

Table 1 Chemical compositions of base metal and electrode wires

Materials		Thickness or dia- meter, mm	Elements, %					
			C	Si	Mn	P	S	Al
Base metal		9	0.18	0.01	0.48	0.03	0.018	—
Electrodes	A	1.2	0.08	0.77	1.76	0.007	0.004	0.013
	B	1.2	0.05	0.53	1.80	0.012	0.020	0.006
	C	1.2	0.05	0.55	1.81	0.012	0.016	0.20
	D	1.2	0.06	0.64	1.80	0.012	0.020	0.35
	E	1.2	0.06	0.64	1.74	0.011	0.013	0.71
	F	1.2	0.07	0.58	1.73	0.011	0.018	1.03
	G	1.2	0.06	0.57	1.66	0.012	0.018	1.83
	H	1.2	0.07	1.56	1.96	0.013	0.017	0.004
	I	1.2	0.05	1.94	2.36	0.013	0.016	0.010

Fig. 1 Bead-on-plate test piece with groove, unit: mm

このような種々の表面状態の試験片に、Table 1 に示す 9 種の試作電極鋼線を用いて、溶接電流 300~330 A, アーク電圧 34~36 V, 溶接速度 500~600 mm/min, チップ間隔 15 mm, ガス流量 CO_2 : 20 l/min, O_2 : 5 l/min の溶接条件で全自動 CO_2 - O_2 溶接機によりシングルビードを溶着した。

また被包ガスについての比較のため試作電極鋼線 A, C および D をもちいて、前述の溶接条件で、それぞれ CO_2 (20 l/min), Ar (20 l/min) + O_2 (0.6 l/min) および Ar (16 l/min) + CO_2 (4 l/min) の被包ガスを送給して、同様の実験を行なった。

さらに風の影響については、試作電極鋼線 A, B, D, E, F, G および I を用いて、どのような溶接条件で CO_2 - O_2 被包ガスを送給して清浄な表面状態の試験片にビード溶着を行なって調べた。この場合風速は扇風機を用い 1 m/sec, 2 m/sec, 3 m/sec, 4 m/sec および 5 m/sec の 5 段階に変化させて実験を行なった。

そして得られたビード溶着試験片の X 線透過写真を撮影し、外観検査を行なった後、Fig. 1 に示すごとく分割し幅 10 mm の試片を採取して顕微鏡観察およびビッカース硬さの測定を行なった。短冊型試験片の残りの部分のビードを切削して、化学分析用の試料を採取した。

試験片はつぎのごとく処理し、種々の表面状態とした。

- i) 水による錆：試験片を屋外に 12 日間放置してその期間中毎日数回散水し、V 溝部および試験片表

面にいのように厚さ約 0.2 mm の錆を発生させた。

- ii) 海水による錆：同上 厚さ約 0.2 mm

- iii) 30%硝酸液による錆：V 溝部および試験片表面に 30%硝酸液を 24 時間間隔で 3 回塗布して、いのように厚さ約 0.2 mm の錆を発生させた。

- iv) ラッカー：V 溝部および試験片表面にラッカーを 1 時間間隔で 3 回塗布して、厚さ約 0.4 mm のいのような塗膜をつくった。

- v) 防錆塗料 (ウオッシュプライマー)：同上 塗膜の厚さ約 0.3 mm

- vi) マシン油：V 溝部および試験片表面にマシン油をいのように塗布した。

- vii) グリース：同上 塗膜の厚さ約 0.5 mm

B) 溶接継手の機械試験

ビード試験片と同一組成の鋼板を母材とし、125×300 mm の短冊型軟鋼板の開先面をビード試験片の場合

Fig. 2 Positions of specimens of welded joint, unit: mm

どのように処理し, Fig. 2 に示すごとく I 型に突合わせ, 表裏それぞれ 1 パスで溶接した。

電極鋼線としては, ビード試験結果から代表的な 4 種 A, D, E および F を選んだ。継手開先面には水による錆を発生させ, あるいはラッカー, 防錆塗料およびグリースを塗布した状態で各鋼線により溶接した。被包ガスとしては $\text{CO}_2\text{-O}_2$ 混合ガスを送給して溶接後, 溶接部の外観検査を行ない, X線透過写真を撮影した後, Fig. 2 に

示すごとく一枚の試験材から継手引張試験片 (P および Q 各 2 個づつ) 4 個と幅 35 mm の型曲げ試験片 (表曲げおよび裏曲げ用各 1 個づつ) 2 個を採取した。

3. 実験結果

(i) 種々の表面状態の試験片によるビード溶着実験結果

実験結果を総括して Table 2-1 および Table 2-2 に,

Table 2-1 Effect of electrode wires on the appearance, porosity and hardness of weld metals on the steel plate with various surface condition

Flow of supplied gas, l/min	Surface condition	Mark of used electrodes	Appearance of bead	Relative porosity *	Vickers hardness
$\text{CO}_2(20)+\text{O}_2(5)$	Rusted with water	A	good	0.8	212
		B	"	1.7	
		C	"	0.8	157
		D	excellent	0	214
		E	"	0	
		F	good	0.8	
		G	excellent	0	217
		H	"	0	
		I	"	0	
	Rusted with sea water	A	excellent	0	193
		B	good	1.7	
		C	"	1.5	154
		D	"	0.8	204
		E	excellent	0	
		F	"	0	
		G	good	0.8	207
		H	excellent	0	
		I	good	1.7	
	Rusted with acid	A	good	1.7	169
		B	poor	15.9	
		C	"	12.5	166
		D	excellent	0	204
		E	good	0.8	
		F	"	1.7	
		G	"	1.7	203
		H	excellent	0	
		I	"	0	
	Lacquered	A	poor	5.0	198
		B	good	very many	
		C	poor	15.8	165
		D	excellent	0	207
		E	"	0	
		F	good	0.8	
		G	excellent	0	217
		H	"	0	
		I	poor	7.5	
	Rust-resisting lacquered	A	poor	25.0	198
		B	"	22.5	
		C	good	7.5	161
		D	"	0.8	207
		E	"	2.5	182
		F	excellent	0	185
		G	good	0.8	234
		H	poor	4.2	
		I	"	very many	
	Machine oiled	A	poor	"	174
		B	"	"	
		C	good	5.0	161
		D	"	0.8	218
		E	"	1.7	
		F	excellent	0	
		G	"	0	227
		H	poor	8.3	
		I	"	very many	
	Greased	A	poor	"	174
		B	"	"	
		C	"	"	180
		D	excellent	0	201
		E	good	2.5	
		F	"	0.8	
		G	excellent	0	204
		H	"	0	
		I	poor	24.2	

Note: * Number of blow hole of bead in 10 cm length by radiograph

Table 2-2 Effect of electrode wires on the appearance, porosity and hardness of weld metals on the steel plate with various surface condition

Flow of supplied gas (l/min)	Surface condition	Mark of used electrodes	Appearance of bead	Relative porosity *	Vickers hardness
CO ₂ (20)	Ruseed with acid	A C D	good " "	2.5 5.8 0.8	163 170 171
	Lacquered	A C D	poor excellent good	very many 0.8 1.6	212 186 234
	Rust-resisting lacquered	A C D	poor good "	very many 37.5 2.5	224 179 193
	Machine oiled	A C D	poor excellent good	13.0 0.8 0.8	190 178 209
Ar(20)+O ₂ (0.6)	Rusted with acid	A C D	poor good "	very many " 12.0	201 161 181
	Lacquered	A C D	good " "	very many " 13.0	195 181 182
	Rust-resisting lacquered	A C D	good " "	very many " 6.6	244 175 175
	Machine oiled	A C D	poor good poor	very many " 7.5	199 168 182
Ar(16)+CO ₂ (4)	Rusted with acid	A C D	poor good "	4.1 5.8 12.0	179 146 187
	Lacquered	A C D	poor good "	41.0 11.6 13.0	222 183 213
	Rust-resisting lacquered	A C D	good " "	7.5 5.8 6.6	228 171 191
	Machine oiled	A C D	poor good "	9.1 9.1 7.5	208 168 197

Note: * Number of blow hole of bead in 10 cm length by radiograph

被包ガスが CO₂-O₂ の場合のビード溶着金属の化学組成を Table 3 に示した。Table 2-1 および Table 2-2 の気孔率 (relative porosity) は X 線透過写真によりビードに発生した気孔の数をかぞえ、ビード長さ 10 cm についての数を表わしたものである。

脱酸剤としてけい素およびマンガンの他にアルミニウムを多量に含む鋼線 D(0.35%Al), E(0.71%Al), F(1.03%Al) および G(1.83%Al) を用い、被包ガスが CO₂-O₂ のもとで得られた溶着金属についてみれば、試験片の表面状態がいずれの場合も良好で、気孔は全然またはほとんど生じていない。しかしアルミニウム含量のきわめて少ない鋼線 A(0.013%Al), B(0.006%Al), H(0.004%Al) および I(0.010%Al) による場合は、けい素およびマンガン含量は十分であるにもかかわらず、ビード表面にも開口穴が発生し、X 線透過写真に気孔が多く認められた。

被包ガスが CO₂ のみの場合は、試験片の何れの表面状態においてもアルミニウム含有鋼線 D による溶着金属

の気孔は著しく減少している。

しかし被包ガスが Ar-O₂ および Ar-CO₂ の場合は、試験片の表面状態がいずれの場合も、ビード外観は良好であるが、X 線透過写真に気孔が多く認められた。

同表の溶着金属のビッカース硬さ測定結果によれば、鋼線のアルミニウム含量の増加とともに、溶着金属の硬さは高くなる傾向にある。0.35%Al の D 鋼線による溶着金属の硬さは、送給ガスあるいは試験片の表面状態により異なるが、おおむね市販鋼線 A による値と同程度である。

Fig. 3~5 は、けい素およびマンガン含量に大差なくアルミニウム含量のみ異なる鋼線 B, C, D, E, F および G について、CO₂-O₂ 被包ガスによる溶着金属の気孔率と鋼線のアルミニウム含量との関係を図示したものである。Fig. 3 は試験片表面に種々の錆を発生させた場合、Fig. 4 はラッカーおよび防錆塗料、Fig. 5 はグリースおよびマシン油を塗布した場合である。電極鋼線のアルミニウム含量が 0.35% に増加するにともない、試験

Table 3 Chemical compositions of weld metals by CO₂-O₂ arc welding

Surface conditions	Mark of used electrodes	Elements, %				
		Si	Mn	Al		
				Soluble	Insoluble	Total
Rusted with water	A	0.09	0.50	0.002	<0.002	0.002
	B	0.04	0.53	<0.002	<0.002	<0.002
	C	0.07	0.57	<0.015	<0.002	0.016
	D	0.10	0.48	0.026	0.004	0.030
	E	0.22	0.89	0.12	0.030	0.15
	F	0.22	0.92	0.27	0.030	0.30
	G	0.26	0.95	0.52	0.030	0.55
	H	0.47	0.83	<0.002	<0.002	<0.002
	I	0.57	1.00	<0.002	0.002	0.002
Rusted with sea water	A	0.12	0.52	0.002	<0.002	<0.002
	B	0.05	0.56	0.008	0.002	0.010
	C	0.04	0.48	0.011	<0.002	0.011
	D	0.20	0.83	0.08	0.046	0.126
	E	0.22	0.87	0.102	0.051	0.153
	F	0.25	0.95	0.16	0.046	0.206
	G	0.23	0.91	0.47	0.042	0.512
	H	0.39	0.77	0.002	<0.002	0.002
	I	0.52	0.97	<0.002	<0.002	<0.002
Rusted with acid	A	0.09	0.50	0.006	<0.002	0.006
	B	0.07	0.55	<0.002	<0.002	<0.002
	C	0.08	0.58	0.015	<0.002	0.016
	D	0.23	0.95	0.042	0.038	0.080
	E	0.22	0.88	0.16	0.042	0.202
	F	0.22	0.90	0.27	0.043	0.313
	G	0.23	0.90	0.53	0.036	0.566
	H	0.35	0.75	0.002	<0.002	<0.002
	I	0.57	1.01	0.002	<0.002	0.002
Lacquered	A	0.14	0.62	0.002	<0.002	0.002
	B	0.12	0.76	<0.002	<0.002	<0.002
	C	0.13	0.72	0.023	0.003	0.026
	D	0.22	0.92	0.056	0.034	0.090
	E	0.21	0.82	0.11	0.043	0.153
	F	0.23	0.92	0.28	0.037	0.317
	G	0.23	0.94	0.53	0.034	0.564
	H	0.50	0.93	<0.002	<0.002	<0.002
	I	0.68	1.14	0.002	<0.002	0.002
Rust-resisting lacquered	A	0.15	0.64	<0.002	<0.002	<0.002
	B	0.10	0.76	0.003	<0.002	0.003
	C	0.13	0.72	0.020	<0.002	0.021
	D	0.23	0.93	0.061	0.045	0.106
	E	0.25	0.89	0.15	0.046	0.196
	F	0.21	0.91	0.26	0.048	0.308
	G	0.25	0.93	0.53	0.044	0.574
	H	0.51	0.91	0.003	<0.002	0.003
	I	0.67	1.10	0.003	0.002	0.005
Machine oiled	A	0.13	0.62	<0.002	<0.002	<0.002
	B	0.10	0.71	<0.002	<0.002	<0.002
	C	0.11	0.61	0.025	<0.002	0.025
	D	0.21	0.90	0.08	0.034	0.114
	E	0.21	0.86	0.14	0.037	0.177
	F	0.22	0.92	0.22	0.038	0.258
	G	0.22	0.89	0.53	0.030	0.560
	H	0.48	0.90	0.002	0.002	0.004
	I	0.60	1.04	0.002	<0.002	0.002
Greased	A	0.14	0.57	0.003	<0.002	0.003
	B	0.10	0.72	0.003	<0.002	0.003
	C	0.15	0.71	0.015	0.009	0.024
	D	0.21	0.90	0.041	0.031	0.072
	E	0.21	0.88	0.13	0.011	0.141
	F	0.23	0.89	0.29	0.033	0.323
	G	0.22	0.89	0.54	<0.002	0.54
	H	0.38	0.86	<0.002	<0.002	<0.002
	I	0.67	1.10	0.007	<0.002	0.007

片の表面状態がいずれの場合にも、溶着金属の気孔数は急激に減少している。

Fig. 6 は電極鋼線のアルミニウムの効果を CO₂, Ar-O₂ および Ar-CO₂ のそれぞれの送給ガスの場合について比較して図示した。

鋼線としては市販の A(0.013%Al, 0.25%Ti), C(0.20%Al) および D(0.35%Al) による実験結果が比較してある。被包ガスが CO₂ のみの場合は、CO₂-O₂ の場合

と同様の傾向が認められる。しかし被包ガスが Ar-O₂ の場合は、アルミニウム含量の増加とともに気孔数の減少の傾向が認められるが、気孔を完全になくすことはできなかった。また Ar-CO₂ の場合は、表面状態がいずれの場合にも気孔が発生し、アルミニウムの効果について一定の傾向は認め難い。

Fig. 7 および 8 は、電極鋼線のけい素含量がビード溶着金属の気孔数におよぼす影響を、アルミニウム含量

Fig. 3 Effect of aluminum content of electrode wire on the porosity of the beads on rusted plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

が0.013%以下でけい素含量の異なる鋼線 A(0.77%Si), B(0.53%Si), H(1.56%Si) および I(1.94%Si) の場合について図示したものである。けい素の場合はアルミニウムの場合ほど顕著ではないが、同様の効果が Fig. 7 に示すさびた試験片については認められる。Fig. 8 の塗料、グリースおよびマシン油を塗布した場合は、けい素含量1.6%で気孔の急激な減少が認められるが、けい素含量が2%近くになると気孔の発生は再び著しくなっている。

マンガンについては、電極鋼線のアルミニウムおよびけい素含量が異なるので一定の傾向は認め難かった。

Fig. 9 および10は、溶着金属の全アルミニウム含量と気孔数との関係で、Fig. 3~5 と同じ実験結果を図示したものである。Fig. 3~5 の場合と全く同様の傾向であるが、溶着金属の全アルミニウム含量が0.1% 以上であれば、試験片の表面状態がいずれの場合についてもほぼ健全な溶着金属が得られている。

溶着金属の可溶性アルミニウム含量と気孔数との関係を図示しても Fig. 9 および10の場合と全く同様の傾向が得られる。この場合溶着金属の可溶性アルミニウム含量が0.05%以上であれば、試験片の表面状態がいずれの場合についてもほぼ健全な溶着金属が得られるようである。

Fig. 11 および12は、電極鋼線のアルミニウム含量と溶着金属の可溶性アルミニウム含量および不溶性アルミニウム含量との関係をそれぞれ図示したもの

Fig. 4 Effect of aluminum content of electrode wire on the porosity of the beads on lacquered plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

Fig. 5 Effect of aluminum content of electrode wire on the porosity of the beads on greased and oiled plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

Fig. 6 Effect of aluminum content of electrode wire on the porosity on the beads with various shielding gases

である。鋼線のアルミニウム含量と溶着金属の可溶性アルミニウム含量とはほぼ直線的な関係にあるが、不溶性アルミニウム含量は鋼線のアルミニウム含量が0.35%ま

Fig. 7 Effect of silicon content of electrode wire on the porosity of the beads rusted plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

Fig. 8 Effect of silicon content of electrode wire on the porosity of the beads on lacquered, greased and oiled plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

Fig. 9 Effect of total aluminum content on the porosity of weld metals of rusted plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

では、0.03~0.04%に急激に増加し、それ以後はほぼ一定となる傾向を示している。

Fig. 13 は、Fig. 7 および 8 の実験結果を溶着金属のけい素含量と気孔数との関係として図示したものである。けい素の効果はアルミニウムの場合ほど明りようではなく、錆に対してはアルミニウムの場合と同様の傾向を示し、ラッカー、油に対しては一定の傾向は認め難い。しかし溶着金属に0.4~0.5%のけい素を含めば、気孔は最も少なくなるようである。

Photo. 1 は、アルミニウム含有鋼線 D(0.35%Al) およびアルミニウムをほとんど含まない鋼線 A(0.013%Al)を用いて、30%硝酸液による錆を発生させ、あるいは防錆塗料(ウオッシュブライマー) およびマシン油を

Fig. 10 Effect of total aluminum content on the porosity of weld metals of lacquered, greased and oiled plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

Fig. 11 Effect of aluminum content of electrode wire on the soluble aluminum content of weld metals of rusted, lacquered, greased and oiled plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

それぞれ塗布した表面状態の試験片に、被包ガスが $\text{CO}_2\text{-O}_2$ のもとでビード溶着を行ない得られたビードの外観および X 線透過写真を示す。アルミニウム含有鋼線 D を用いて得られたビードの表面は、かなり厚いスラグ

におおわれている。このスラグの剥離はやや困難であった。

Photo. 2 は、被包ガスが CO_2 の場合に得られたビードの外観および X 線透過写真を示す。この場合はスラグがビードのところどころに生じ簡単に除去できなかった。

Photo. 3 および 4 は、被包ガスが Ar-O_2 および Ar-CO_2 の場合に得られたビードの外観および X 線透過写真を示す。アルミニウム含有鋼線 D を用いて得られたビードにも、試験片の表面状態がいずれの場合についても気孔が発生している。

Photo. 5 は、Photo. 1 に示したビードの横断面の写

Fig. 12 Effect of aluminum content of electrode wire on the insoluble aluminum content of weld metals of rusted, lacquered, greased and oiled plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

Fig. 13 Effect of silicon content on the porosity of weld metals of rusted, lacquered, greased and oiled plates by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding

Photo. 1 Appearances and radiographs of single beads by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding with rusted a), lacquered b) and oiled c) steel plates

Photo. 2 Appearances and radiographs of single beads by CO_2 arc welding with rusted a), lacquered b) and oiled c) steel plates

Photo. 3 Appearances and radiographs of single beads by Ar-O_2 arc welding with rusted a), lacquered b) and oiled c) steel plates

真で、アルミニウム含有鋼線Dを用いて得られたビードは、溶込みが深く気孔も無く健全である。

Photo. 6 は、アルミニウム含有鋼線Dおよびアルミニウムをほとんど含まない鋼線Aを用いて得られたビード溶着金属の顕微鏡写真で、鋼線Dによる溶着金属の組織は、鋼線Aによるそれと比較して、フェライトがやや細かいようである。

(ii) 継手引張試験および型曲げ試験結果

上述のビード溶着実験により、市販鋼線Aならびにア

ルミニウムを特に含ませた代表的試作鋼線 D, E および F を選び、さらに溶接継手試験を行なって鋼線組成の効果を確かめた。すなわち突合わせ面を故意にさびさせあるいは塗料および油を塗布したものについて CO_2 アーク溶接を行ない、突合わせ溶接部の外観検査、X線透過試験、継手引張試験および型曲げ試験を行なった。その結果を Table 4 に総括して示した。同表の試験結果においても継手開先面の表面状態にかかわらず、アルミニウム含有鋼線 D, E および F による溶接継手は、アル

Photo. 4 Appearances and radiographs of single beads by Ar- CO_2 arc welding with rusted a), lacquered b) and oiled c) steel plates

Photo. 5 Macro-photographs of cross-sections of welds by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding with rusted a), lacquered b) and oiled c) steel plates

ミニウムをほとんど含まない鋼線 A に比べ外観がなめらかですぐれており、気孔もほとんどあるいは全然生じていない。

継手の引張試験結果では、錆の附着した継手および防錆塗料を塗布した継手の場合は、アルミニウム含有鋼線の優位性は特に認められていない。これは一般に知られているごとく、じゅうぶんのマンガンおよびけい素を含む鋼線による $\text{CO}_2\text{-O}_2$ アーク溶接法が錆に対して鈍感なためと思われる。防錆塗料についても同様に、この塗料自身が気孔に対し鈍感なものであったと考えられる。

すなわち気孔の発生程度の差もわずかである。

しかしラッカーおよびグリースを塗布した継手の場合、アルミニウムをほとんど含まない鋼線による溶接部の気孔は著しく、機械試験結果も溶接部で破断し伸びも小さい。アルミニウム含有鋼線による溶接継手は、強さも大で ($46\sim 48.7 \text{ kg/mm}^2$) 伸びも比較的高い ($27.5\sim 31\%$)。

もっとも鋼線のアルミニウム含量の増加とともに溶接金属の強さは若干大になっている。

型曲げ試験結果においては、溶接部の気孔発生状況と

Table 4 Effect of electrode wires on the appearance, porosity and mechanical properties of welded joints with various surface condition

Surface condition	Mark of used electrode	Appearance of bead	Relative porosity	Tension test specimen		Yieldpoint, kg/mm ²	Ultimate tensile strength, kg/mm ²	Elongation, %	Broken part	Guide bend test			
				Type	Gauge length, mm					Face bend		Root bend	
										Angle	Crack length, mm	Angle	Crack length, mm
Rusted with water	A	Roor	2.7	P Q	40	34.4	47.0 58.7	33.3	Base metal	180	5	180	2
	D	excellent	0	P Q	40	34.7	47.2 61.8	23.0	Base metal	"	0	"	0
	E	"	0	P Q	40	34.9	47.4 63.0	27.2	Base metal	"	0	"	0
	F	"	0	P Q	40	36.5	46.9 63.3	23.0	Base metal	"	0	"	0
Lacquered	A	poor	32.3	P Q	40	34.3	36.3 55.1	17.4	Weld metal	Broken		Broken	
	D	good	0.3	P Q	40	35.9	48.7 62.0	27.5	Base metal	180	0	180	0
	E	excellent	0	P Q	40	34.6	48.1 64.9	30.0	Base metal	"	0	"	0
	F	"	0	P Q	40	35.7	47.9 65.7	28.5	Base metal	"	0	"	0
Rust resisting lacquered	A	poor	3.7	P Q	40	35.6	46.1 51.5	34.2	Base metal	180	1	180	2
	D	good	1.7	P Q	40	35.3	46.8 62.2	28.8	Base metal	"	0	"	0
	E	excellent	0	P Q	40	35.5	46.0 61.7	31.0	Base metal	"	0	"	0
	F	"	0	P Q	40	35.2	46.1 62.6	29.1	Base metal	"	0	"	0
Greased	A	poor	17.0	P Q	40	37.3	37.4 55.5	17.7	Weld metal	180	5	180	2
	D	excellent	0	P Q	40	34.9	47.6 61.9	27.6	Base metal	"	0	"	0
	E	good	0.7	P Q	40	34.3	46.9 63.3	27.4	Base metal	"	0	"	0
	F	"	0.3	P Q	40	34.8	47.0 65.2	27.5	Base metal	"	0	"	0
Base metal Thickness : 9 mm		—	—	P	40	34.3	44.7	37.9	—	—	—	—	—

の対応がさらによくあらわれている。すなわちアルミニウムをほとんど含まない鋼線 A による溶接継手は、型曲げ試験により破断するか、曲げ表面に幾つかの欠陥を生

じている。しかしながらアルミニウム含有鋼線による溶接継手はすべて表曲げ、裏曲げとも 180° 曲げて無欠陥であった。

(iii) 風による気孔におよぼす電極鋼線組成の影響

Fig. 14 は、種々の風速の風を送り、清浄な表面状態の試験片上の $\text{CO}_2\text{-O}_2$ アーク溶接によるビード溶着実験結果を図示したものである。

風速 1 m/sec の場合は電極鋼線のアルミニウム含量 0.7% で、風速 2 m/sec の場合はアルミニウム含量 1.8% でほぼ完全になくなっている。

しかしながら風速 3 m/sec 以上では鋼線のアルミニウムの効果は全然認められない。

Fig. 15 は、同様に電極鋼線のけい素含量が、風に

Photo. 6 Microstructures of weld metals by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding with rusted a), lacquered b) and oiled c) steel plates

Fig. 14 Effect of aluminum content of electrode wire on the porosity of the beads by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding with various velocity of wind

Photo. 7 Radiographs of single beads by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding with various velocity of wind

Fig. 15 Effect of silicon content of electrode wire on the porosity of the beads by $\text{CO}_2\text{-O}_2$ arc welding with various velocity of wind

よる溶着金属の気孔発生におよぼす影響を图示したものである。けい素の効果はアルミニウムの場合ほど顕著ではなく風速 2 m/sec 以下の場合気孔数を減少させる傾向は認められるが、完全に気孔生成を防止するにいたっていない。

Photo. 7 は、種々の風速の風を送り、市販の電極鋼線 A(0.013%Al, 0.25%Ti) とアルミニウム含有試作鋼線 G(1.83%Al) を用い $\text{CO}_2\text{-O}_2$ アーク溶接して得られたビードの X 線透過写真の比較を示す。アルミニウム含

有鋼線 G によるビードは、風速 1~2 m/sec までは気孔が全然生じていない。逆にアルミニウムをほとんど含まない鋼線 A によるビードには、風速 1 m/sec で多数の気孔が発生している。

4. 結 言

溶接継手開先面の表面状態が清浄でない場合、すなわち錆、塗料および油などが附着していても、気孔の発生のない健全な溶接金属を得る目的で、脱酸剤特にアルミニウムをやや多量に含む電極鋼線を試作し、 $\text{CO}_2\text{-O}_2$ 、 CO_2 、Ar- O_2 および Ar- CO_2 被包ガスのもとでそれぞれアーク溶接実験を行なった。そして $\text{CO}_2\text{-O}_2$ 被包ガスのもとで、適量のマンガ、けい素の他に 0.35% 以上のアルミニウムを含む電極鋼線は、前述の継手開先面のよごれに対し鈍感で、溶接金属に気孔を発生し難いという効果を認めた。

風の影響については、風速 1~2 m/sec まではアルミニウム含有鋼線の効果が認められたが、3 m/sec 以上では効果を全然認め得なかった。

本研究の遂行に当たっては、富士製鉄株式会社ならびに富士溶接棒株式会社より鋼線の試作について多大の御援助を得た。また化学分析は大同製鋼株式会社中央研究所の御協力を得た。特に記して深甚の謝意を表する。

会 費 の 請 求 に つ い て

本会では現在、昭和43年度下期分会費(43年9月から44年2月まで)を次のとおり請求しております。

今年度下期から会費いたしました「会費請求及び滞納の処理に関する事務処理要領」(本号83ページに掲載)を実施いたしますのでご承知おき下さるようお願いいたします。

正 員	1,200円
学 生 員	600円
団 体 員	1,200円
賛助員特級	26,000円
" 1 級	18,000円
" 2 級	15,000円
" 3 級	12,000円

取引銀行 三和銀行岩本町支店 住友銀行神田駅前支店
振替貯金口座東京143434