横置溶接法の研究 (第4報)*

—溶接部の性状に与える棒径の影響—

菊田 米男** 宮尾 信 昭*** 吉田才次郎*** 谷本比呂志***

Study on Lay Down Welding Method (Report 4)*

—Effect of diameter of electrode on the properties of welded zone—

by Yoneo Kikuta**, Nobuaki Miyao***, Saijiro Yoshida***
and Hiroshi Tanimoto***

The study was made to determine the available electrode diameter in the region where good bead and good penetration coexist when the one pass welding is performed for the fillet welds in the flat position and in the horizontal position of the lay down welding.

The results are summarized as follows:

- (1) The maximum available electrode diameter is 8 mm in use of the electrode with acidic covering and 9 mm in use of the electrode with basic covering for fillet weld in the flat position, and is 8 mm in use of the electrode with acidic covering and with basic covering for fillet weld in the horizontal position.
- (2) The maximum range of arc current is obtained by using the electrode diameter of 7 mm for fillet weld in the flat position and by using the electrode diameter of 6 mm for fillet weld in the horizontal position for both the electrodes with acidic covering and with basic covering.
- (3) The rate of blowhole increases with increasing of electrode diameter, and decreases with increasing of arc current for a constant electrode diameter.
- (4) The tensile strength, the elongation and the absorbed energy of deposited metal decreases with increasing of electrode diameter.
- (5) For the fillet weld in the flat position, the electrode diameter is recommended to be 5–8 mm with acidic covering and 5–9 mm with basic covering. For the fillet weld in the horizontal position, the electrode diameter is recommended to be 5–7 mm with acidic covering and 5–8 mm with basic covering.

1 緒 言

前報では、第1報で試作した横置溶接棒を用いて、アーク電流、母材の開先角度および溶接姿勢を変化させて横置溶接を行ない、横置溶接棒の被覆剤の種別、組成、偏心率および上記施工条件の個々の因子が、溶込みの形状および深さに与える影響について明らかにした。ついで、1パスの下向きすみ肉溶接および水平すみ肉溶接における上記変化因子と溶込み深さとの関係について実験を行ない、良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲を見出し、横置溶接棒の設計の指針を得た。しかしながら、1パスで実用上のすみ肉溶接を行なう場合には、すみ肉サイズの変化を要求されるため、棒径の拡大が必要となる。

横置溶接における棒径の変化は、

- (1) 良好ビードと良好溶込み深さを共存するアーク電流範囲が変化する
- (2) (1)の共存範囲における溶着金属の機械的性質

および気孔の発生状態が変化する

ことが予測される。また横置溶接では、実用的に必要な溶着金属の機械的性質およびすみ肉溶接部の気孔発生率について報告されたものは見当たらないようである。

したがって本報では、前報で得られた横置溶接棒の設計の指針にしたがって棒径の範囲を拡大し、それぞれの棒径について、下向きすみ肉溶接および水平すみ肉溶接における良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲を明らかにし、横置溶接棒の棒径の範囲を選定した。ついで、選定した各溶接棒において、上記のアーク電流範囲内での溶着金属の機械的性質、すみ肉溶接部の気孔発生率を求めた。

2 溶接棒の試作

試作した溶接棒の心線直径、偏心方法、被覆面積率、被覆剤の種別、組成および偏心率は Table 1 に示す通りである。

3 ビード形成状態および溶込み

3.1 実験方法

実験は、一般の垂下特性型交流アーク溶接機 (1000 A)

* 原稿受付 昭和49年1月21日 (昭和45年度秋季全国大会にて発表)

** 正 員 大阪大学工学部 Member, Osaka University.

*** 正 員 住金溶接棒(株) Member, Suinikin Electrode Co., Ltd.

Table 1 Diameter and forms of electrode

Diameter of electrode (mm)	Method of eccentricity	Ratio of covering area (%)	Kind of covering	Covering composition	Eccentricity ratio (%)
4 5 6 7 8 9 10	Elimination of flux	200	A (Acidic)	b	20
			B (Basic)	e	

Table 2 Diameter of electrode and size of test piece.

Diameter of electrode (mm)	Thickness of test piece (mm)	Width of test piece (mm)	Length of test piece (mm)
4	6	200	700
5	12		
6			
7	19		
8			
9	25		
10			

を用い Table 1 の Ab 20 (被覆剤の種類—組成—偏心率) および Be 20 について、各棒径の横置溶接棒を用いてすみ肉試験板に溶接を行ない、良好ビードを示すアーク電流範囲および各アーク電流に対する溶込み深さを計測した。試験板の寸法は Table 2 に示すように棒径によって変化させ、ビード長 500 mm の長さとなるように溶接を行なった。良好ビードを示すアーク電流範囲は、棒径 4 mm では 180 A、5 mm で 240 A、6 mm で 300 A、7 mm で 380 A、8 mm で 440 A、9 mm で 500 A、10 mm で 560 A を目安電流として、上下に 20 A ごとに変化させて溶接することによって求めた。ビード外觀の良否の判定は、全ビード長について行ない、スラグ巻き込み、アンダーカットのあるものはすべて除外し、また水平すみ肉溶接の場合には、脚長差が 2 mm 以上あるものおよび適正でない表面形状（段のついたビード）のものは除外した。溶込み深さは、各アーク電流ごとにビードの中央部から採取したマクロ断面について計測した。

3.2 下向すみ肉溶接

Ab 20 および Be 20 を用いた場合の棒径と良好ビードを形成するアーク電流範囲および溶込み深さの関係は Fig. 1 の通りである。図において良好ビードを示すアーク電流範囲に注目すると、棒径の増加に従って良好ビードを示すアーク電流範囲は増加することがみられる。また棒径ごとの良好ビードを形成するアーク電流範囲における溶込み深さに注目すると、同一棒径では、アーク電

Fig. 1 Relations among diameter of electrode, arc current and depth of penetration.

流の増加にしたがって深くなる。ついで棒径の増加によつては、溶込み深さが減少することがみられる。

さらに良好ビードを形成するアーク電流範囲と溶込み深さの関係に注目すると、Ab 20 では、棒径 4、5 および 6 mm で良好ビードを示すアーク電流の全範囲に良好溶込み深さ（溶込み深さが 0 mm 以上）があるが、棒径 7 mm では、良好ビードを示すアーク電流範囲の約 1/2、棒径 8 mm では約 1/3 が良好溶込み深さを示し、棒径 9 mm 以上では良好溶込み深さを示す電流範囲がない。また Be 20 では、棒径 4、5、6、7 および 8 mm で良

Fig. 2 Relations among diameter of electrode, arc current and arc voltage.

好ビードを示すアーク電流の全範囲に良好溶込み深さを示すが, 棒径 9 mm では約%となり, 棒径 10 mm では良好な溶込み深さを示す電流範囲がない。この様に棒径の変化によって良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲が変化し, 結局 Fig. 1 において斜線をほどこした部分が被覆剤の組成が b (酸性被覆) または e (塩基性被覆) で偏心率が20%の場合の良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲となる。Fig. 2 は, 各棒径について, 良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流に対するアーク電圧を示したものであり, それぞれの棒径に対してアーク電流の増加にしたがってアーク電圧が上昇することがみられる。同一棒径でアーク電流の増加によって, アーク電圧が上昇するのは第1報の実験結果²⁾によって明らかのようにアーク長が大となるためである。また棒径の増加によって最大または最小電流におけるアーク電圧が上昇するのは, Fig. 3 にみるように, 棒径の変化に対してアークの指向角度がほとんど変化していないことから, Fig. 4 にみるように棒径の変化に対して, 心線と母材ルート間の距離が大きくなることによってアーク長が大となることが主な要因と考えられる。ついで, 棒径の増加にしたがって良好ビードを示すアーク電流範囲が増加することについては, Fig. 5 の良好ビードを示すアーク電流範囲と良好ビ

Fig. 3 Relation between diameter of electrode and directivity angle of arc.

Fig. 4 Relation between diameter of electrode and distance to root of test piece from center of core wire.

Fig. 5 Relations among diameter of electrode, arc current and current density.

ードを示す平均電流密度範囲の関係にみるように, 棒径の増加とともにアーク電流は増加するが, 平均電流密度が減少し, 単位面積当たりのアーク力が小さくなることが主な原因と考えられる。

また, 棒径が増加するにしたがって良好ビードを示すアーク電流範囲での溶込み深さが減少することは, 前述

Photo. 1 Macro-etched section. (7 mmφ, Fillet weld in the flat position)

のように、アーク長が大となることおよび平均電流密度が小さくなって単位面積当りのアーク力が減少し、アークによる掘下げ力が小さくなることが主な原因と考えられる。そこで上記実験結果と実用的に多用されるすみ肉サイズを考慮して下向きすみ肉溶接に用いる横置溶接棒として、酸性被覆 (Ab 20) では、5~8 mm の範囲の棒径、塩基性被覆 (Be 20) では、5~9 mm の範囲の棒径が実用化できるものと考えられる。

Photo. 1 は棒径 7 mm の良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲の最小、中間および最大のアーク電流における断面マクロ写真である。

3.3 水平すみ肉溶接

Ab 20 および Be 20 を用いた場合の棒径と良好ビードを形成するアーク電流範囲および溶込み深さの関係は Fig. 6 の通りである。図において良好ビードを示すアー

Fig. 6 Relations among diameter of electrode, arc current and depth of penetration.

ク電流範囲に注目すると、棒径の増加にしたがって増加し、棒径 7 mm で最大を示し、8 mm では逆に減少していることがみられる。また図中のいずれの棒径においても下向きすみ肉溶接 (Fig. 1) に比べて良好ビードを示すアーク電流範囲は小さくなり、低電流側に移動するが、棒径の増加に従ってこの傾向は顕著になっている。また、良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲に注目すると、Ab 20 では、棒径が 4, 5, 6 および 7 mm が良好ビードを示すアーク電流の全範囲に良好溶込み深さがあるが、棒径 8 mm では約 50% となる。Be 20 では、棒径が 4, 5, 6, 7 および 8 mm で良好ビードを示すアーク電流の全範囲に良好溶込み深さがある。このように水平すみ肉溶接においても、棒径の変化によって良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲が変化し、結局 Fig. 6 において斜線をほどこした部分が被覆剤の組成が b (酸性被覆) または e (塩基性被覆) で偏心率が 20% の場合の良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲となる。Fig. 7 は棒径と良

Fig. 7 Relations among diameter of electrode, arc current and arc voltage.

好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流に対するアーク電圧の関係であり、同一棒径では下向きすみ肉溶接の場合 (Fig. 2) とほぼ同値を示している。これは、Fig. 8 にみるように良好ビードを示すアークの指向角度

Fig. 8 Relation between diameter of electrode and directivity angle of arc.

範囲が、下向きすみ肉溶接 (Fig. 3) とほぼ同値を示すことがその主な要因と考えられる。水平すみ肉溶接の場合は下向き溶接に比べ、良好ビードを示すアーク電流範囲が低電流側に移動し、棒径の増加にしたがって、この傾向が顕著になっているが、これは棒径の増加によって Fig. 9 にみるように溶融金属およびスラグが母材のフラ

Fig. 9 A state of section of fillet weld zone.

ンジ側に流れる傾向を増し、アンダーカットの形成に先んじて段のついたビードまたは脚長差の大きなビードを形成するためである。上記実験結果および実用的に多用されるすみ肉サイズを考慮して、水平すみ肉溶接に用いる横置溶接棒として、酸性被覆 (Ab 20) では 5~7 mm

の範囲の棒径, 塩基性被覆 (Be 20) では, 5~8 mm の範囲の棒径が実用化できるものと考えられる. Photo. 2

Photo. 2 Macro-etched section. (7 mm ϕ , Fillet weld in the horizontal position)

は棒径 7 mm の良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲の最小, 中間および最大のアーク電流における断面マクロ写真である.

4 溶着金属の機械的性質

4.1 試験方法の検討

被覆アーク溶接棒の溶着金属の吸収エネルギーは, J I S, 鋼船規則などの規格¹⁾において, 多層盛溶接における溶着金属より試験片を採取して試験を行ない, 保証値を示すことを要求している. しかしに横置溶接においては, 試験片の開先内で多層盛溶接を, すみ肉溶接における溶接条件 (良好ビードと良好溶込み深さを共存するアーク電流値) で行なうと, アーク長の変化およびアークの指向角度の変化によって, 良好ビードは得られない場合がある. したがって, 下向すみ肉溶接または水平すみ肉溶接における溶接条件で溶接できる方法を考えることにした.

4.2 試験方法

試験は鋼船規則の溶着金属試験板に前節で選定した Ab (棒径: 5, 6, 7, 8 mm), Be (棒径: 5, 6, 7, 8, 9 mm) において偏心率を 0% とした各溶接棒を自動溶融速度測定装置³⁾を用いて, 溶接棒を母材に垂直に保持し, 多層盛溶接を行なった. 各パスに用いたアーク電流, アーク電圧は, 下向すみ肉溶接を横置溶接で行なった時の良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲

Table 3 Mechanical properties of deposited metals.

Electrode	Diameter of electrode (mm)	Arc current	Tensile strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Absorbed energy (0°C, V notch charpy) (kg-m)
Ab 0 (Acidic)	5	Min.	49.1	29.4	9.5
		Middle	48.8	29.6	8.4
		Max.	48.9	29.2	9.4
	6	Min.	48.0	29.0	8.8
		Middle	47.8	28.9	8.4
		Max.	47.4	28.8	8.4
	7	Min.	47.5	28.2	8.2
		Middle	47.8	28.5	7.9
		Max.	46.9	28.1	8.0
	8	Min.	46.5	27.8	7.5
		Middle	46.0	26.9	7.2
		Max.	46.4	28.1	8.0
Be 0 (Basic)	5	Min.	56.6	31.6	19.8
		Middle	56.5	32.1	19.5
		Max.	56.0	31.5	19.7
	6	Min.	54.9	31.2	19.4
		Middle	53.9	31.5	19.0
		Max.	54.5	30.9	19.2
	7	Min.	53.4	30.8	18.4
		Middle	54.8	30.9	17.6
		Max.	54.1	30.5	18.2
	8	Min.	52.9	29.9	17.9
		Middle	53.0	30.8	17.2
		Max.	52.8	30.2	17.3
	9	Min.	52.0	29.2	16.8
		Middle	52.6	30.6	15.2
		Max.	51.8	29.0	15.5

Table 4 Chemical composition of deposited metals.

Welding position	Electrode	Diameter of electrode (mm)	Arc current	Chemical composition of deposited metals (%)							
				C	Si	Mn	P	S	O	N	H (cc/g)
Fillet weld in the flat position	Ab 20 (Acidic)	5	Min.	0.09	0.36	0.65	0.018	0.018	0.084	0.012	0.19
			Middle	0.09	0.33	0.62	0.018	0.018	0.090	0.014	0.20
			Max.	0.10	0.27	0.59	0.018	0.018	0.100	0.016	0.20
		8	Min.	0.09	0.24	0.56	0.018	0.018	0.090	0.014	0.21
	Middle		0.10	0.20	0.53	0.018	0.018	0.093	0.016	0.22	
	Max.		0.10	0.16	0.50	0.018	0.018	0.120	0.019	0.22	
	Be 20 (Basic)	5	Min.	0.09	0.47	1.27	0.013	0.014	0.032	0.010	0.03
			Middle	0.09	0.45	1.25	0.013	0.014	0.034	0.012	0.03
Max.			0.09	0.40	1.20	0.014	0.014	0.041	0.013	0.03	
8		Min.	0.09	0.40	1.16	0.013	0.014	0.034	0.012	0.04	
	Middle	0.09	0.36	1.13	0.014	0.014	0.037	0.014	0.04		
	Max.	0.10	0.30	1.02	0.014	0.014	0.045	0.017	0.04		
Fillet weld in the horizontal position	Ab 20 (Acidic)	5	Min.	0.09	0.35	0.65	0.018	0.018	0.085	0.012	0.19
			Middle	0.09	0.32	0.62	0.019	0.018	0.090	0.014	0.19
			Max.	0.09	0.28	0.58	0.018	0.017	0.100	0.015	0.21
		8	Min.	0.09	0.24	0.55	0.019	0.018	0.090	0.014	0.21
			Middle	0.09	0.20	0.54	0.019	0.018	0.093	0.017	0.21
			Max.	0.09	0.16	0.50	0.018	0.018	0.121	0.019	0.20
	Be 20 (Basic)	5	Min.	0.09	0.46	1.25	0.013	0.014	0.033	0.010	0.03
			Middle	0.09	0.45	1.24	0.014	0.015	0.035	0.011	0.03
			Max.	0.09	0.40	1.20	0.013	0.014	0.040	0.013	0.03
		8	Min.	0.09	0.41	1.16	0.014	0.014	0.035	0.012	0.04
			Middle	0.10	0.35	1.12	0.014	0.014	0.037	0.015	0.04
			Max.	0.10	0.30	1.00	0.014	0.014	0.044	0.017	0.04

* H ; Diffusible hydrogen

Fig. 10 Relations among diameter of electrode, arc current and welding heat input.

の最小、中間および最大での値を、また溶融速度は上記アーク電流に対応する溶融速度の値を自動溶融速度測定装置に設定した。なおバス間温度は 200°C 以下とした。

4.3 溶着金属の機械的性質

Table 3 は、各棒径の良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲の最小、中間および最大のアーク電流における溶着金属の機械的性質を示している。Table 3 において、同一棒径ではアーク電流の変化によ

って、引張張さ、伸びおよび吸収エネルギーの変化はほとんどみられないが、棒径が増加すると低下傾向を示し、とくに吸収エネルギーの低下傾向が大きくあらわれている。

軟鋼溶接棒および低合金鋼用溶接棒の衝撃値については、応和などによって究明されており、Table 4 にみるように、同一棒径における溶接電流の変化および棒径の変化によって、溶着金属の Si, Mn, O, N に変化を生

じること, また Fig. 10 にみるように入熱量が変化し, 冷却速度に影響を及ぼすため結晶粒に変化を招くことなどが, 吸収エネルギーの変化に対する主な要因と考える. なお Table 3 の結果は, いずれも実用上必要な値¹⁾を有していることを示している.

4.4 各種すみ肉試験における強度の確認

(1) 各種すみ肉試験方法の選択

すみ肉溶接部の機械的性質を調べる試験方法は, J I Sにおいてもかなりの数があるが, この項ではその基礎試験と考えられる次の試験を行ない, すみ肉溶接部の品質の確認を計ることにした.

- (i) すみ肉溶接継手の引張試験 (JIS Z 3131)
- (ii) すみ肉溶接継手のせん断試験 (JIS Z 3132)
- (iii) T形すみ肉溶接継手の曲げ試験 (JIS Z 3134)

(2) 試験方法

試験は, 3.2 で選定した各棒径の溶接棒について, 下向姿勢で, アーク電流は, 良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲の最小, 中間および最大での値で横置溶接を行なった. 使用鋼板は, 酸性被覆については SS 41, 塩基性被覆については SM 50 A₂とし, 板の寸法, その他の試験方法は J I Sに準じた.

(i) すみ肉溶接継手の引張試験

十字形すみ肉溶接継手の引張試験結果を Table 5 に示した. これより同一棒径では, アーク電流が増加する

Table 5 The result of tension test for double Tee type fillet welded joint.

Electrode	Diameter of electrode (mm)	Tensile strength of double tee type fillet joint (kg/mm ²)		
		Arc current		
		Min.	Middle	Max.
Ab 20	5.0	48.3	48.8	49.6
	6.0	48.0	48.5	49.2
	7.0	47.2	48.0	48.9
	8.0	45.3	46.7	47.7
Be 20	5.0	54.5	55.2	56.5
	6.0	53.5	54.8	56.0
	7.0	53.1	54.5	56.0
	8.0	52.8	53.6	54.2
	9.0	52.0	52.7	54.0

と引張強さは増加する傾向を示し, 棒径の増加によって減少傾向がみられる. これは, (1)式の f_m の値のとり方にみるように溶込み深さを考慮していない (アーク電流を増加すると溶込み深さが大となる) ため, 溶込み深さがすみ肉溶接部の引張強さに影響を与えているものと考えられる. なお Table 4 に示す値は下記の式により求めた.

$$S = 0.7 \times (P/f_m \cdot l) \quad \dots\dots\dots(1)$$

S: 十字形すみ肉継手の引張強さ (kg/mm²)

P: 最大引張荷重 (kg)

f_m : 試験片の両端面における 8 個のすみ肉脚長の平均 (mm)

l: すみ肉溶接の 4 個の長さの平均 (mm)

(ii) すみ肉溶接継手のせん断試験

すみ肉溶接継手のせん断試験結果を Table 6 に示した. Table 6 にみるように, 同一棒径では, アーク電流

Table 6 The result of shearing stress for side fillet welded joint.

Electrode	Diameter of electrode (mm)	Shearing stress of side fillet joint (kg/mm ²)		
		Arc current		
		Min.	Middle	Max.
Ab 20	5.0	42.2	43.5	44.2
	6.0	41.2	42.3	43.8
	7.0	40.8	41.2	42.2
	8.0	40.5	40.8	41.9
Be 20	5.0	49.2	50.3	51.7
	6.0	48.6	49.7	50.6
	7.0	48.0	49.0	50.0
	8.0	47.5	48.2	49.8
	9.0	47.3	48.0	49.5

の増加によってせん断力は増加し, 棒径の増加によって減少している. この理由は (2) 式によって算出した値がすみ肉継手のせん断力として表わされることから, 前節 (i) の理由が主な要因と考えられる.

$$\tau = 0.35 \times (P/f_m \cdot l) \quad \dots\dots\dots(2)$$

τ : 側面すみ肉溶接継手のせん断強さ (kg/mm²)

P: 最大引張荷重 (kg)

f_m : 溶接部 8 個のすみ肉脚長の平均 (mm)

l: すみ肉溶接の 8 個の長さの平均 (mm)

(iii) T形すみ肉溶接継手の曲げ試験

T形すみ肉試験結果を Table 7 に示した. いずれも良好ビードおよび良好溶込み深さの共存範囲では, 無欠陥の曲げ状態を示した.

Table 7 The result of bend test for Tee type fillet welded joint.

Electrode	Diameter of electrode (mm)	Bend test of tee type fillet joint		
		Arc current		
		Min.	Middle	Max.
Ab 20	5.0	Good	Good	Good
	6.0	"	"	"
	7.0	"	"	"
	8.0	"	"	"
Be 20	5.0	Good	Good	Good
	6.0	"	"	"
	7.0	"	"	"
	8.0	"	"	"
	9.0	"	"	"

5 溶着金属の気孔

5.1 実験方法

実験は, 下向すみ肉溶接および水平すみ肉溶接におい

て、すでに 3.2 および 3.3 で選定した溶接棒(下向きすみ肉溶接; Ab 20:5, 6, 7, 8 mm, Be 20:5, 6, 7, 8, 9 mm)(水平すみ肉溶接; Ab 20:5, 6, 7 mm, Be 20:5, 6, 7, 8 mm)を用い、良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流の最小、中間および最大での値で溶接を行なった試験片について測定した。すなわち上記の試験片を Fig. 11 に示すように、押圧力を加えて破

Fig. 11 Method of bead fracture test.

断し、破断面の全ての気孔に対して、溶接線方向の総和長で求め、その値を全ビード長で除した値の百分率(以下気孔発生率という)を算出した。

5.2 気孔発生率

Fig. 12 は、下向きすみ肉溶接における棒径と良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲の最小、中間、最大電流値に対する気孔発生率であり、Fig. 13 は水平すみ肉溶接における上記と同様の結果である。Fig. 12 および Fig. 13 から同一棒径では、アーク電流

Fig. 12 Relation between diameter of electrode and blowhole. (Fillet weld in the flat position)

の増加によって気孔発生率は減少し、棒径が大きくなるにしたがって、増加していることがみられる。また塩基性被覆は酸性被覆に比べ気孔発生率は減少している。なお溶接姿勢の変化による差は認められない。

常富⁵⁾は、窒素ガスによる気孔発生限界について、ほぼ固相飽和溶解度 0.013~0.019% 前後の窒素量で気孔が

Fig. 13 Relation between diameter of electrode and blowhole. (Fillet weld in the horizontal position)

発生しはじめるとし、益本⁶⁾は、水素ガスによる気孔発生について、拡散性水素量でみた場合、20 cc/100 g 以上で発生するとしている。また笠松⁷⁾は CO ガスの発生に関し、C, O, Si, S の含有量の多い溶鋼では CO ガスが発生し易く、Mn, Cr の多いものには発生しにくいと述べている。まず、同一棒径において、アーク電流の増加によって気孔発生率が減少することは、Table 4 で示したように、アーク長の増加によって溶着金属中の酸素量および窒素量は増加するが、アーク電流を増加することによって、溶接入熱量が増加し、溶鋼の冷却速度を低下させることならびにアーク力の増加によって溶融池の攪拌作用が大きくなり、ガスの放出が容易に行なわれるためと考えられる。また、棒径の減少によって気孔発生率が減少することは、Table 4 に示したように溶着金属中の酸素量および窒素量が低いことならびに溶融金属量の少ないことに加えて、平均電流密度が大となることによりアーク力が増加し、溶融池の攪拌作用が大きくなるためと考えられる。ついで、塩基性被覆は酸性被覆に比べ気孔発生率が少ないことは、溶着金属中の酸素量、窒素量および水素量が減少することが主な要因と考えられる。さらに、下向きすみ肉溶接と水平すみ肉溶接の両姿勢において気孔発生率に差がみられないことは、水平姿勢にすることによって、アーク電流は減少し、アーク力が小さくなるが、溶融金属がフランジ側に流れる対流効果によって、含有ガスの放出が容易になることが主な要因と考えられる。

6 結果の総括

横置溶接において、下向きすみ肉溶接および水平すみ肉

溶接により, 1パス溶接を行なう場合での実用的に使用できる棒径の範囲を選定するための研究を行なった。その結果は次の通りである。

(1) 良好ビードと良好溶込み深さが共存するアーク電流範囲は

- (i) 下向きすみ肉溶接においては, 酸性被覆で8 mm以下, 塩基性被覆で 9 mm 以下の棒径で得られる。
 - (ii) 水平すみ肉溶接においては, 酸性被覆, 塩基性被覆のいずれもが 8 mm 以下の棒径で得られる。
 - (iii) 棒径の増加にしたがってアーク電流の範囲も増加し, ある棒径で最大となり, さらに棒径が増加すると減少する。
- (2) (1)における気孔発生率は, 同一棒径ではアーク電流の増加によって減少し, 棒径が大きくなるにしたがって増加する。また塩基性被覆は酸性被覆に比べ小さい。

(3) (1)における溶接部の機械的性質は

- (i) 多層盛溶接における溶着金属の引張強さ, 伸びおよび吸収エネルギーは, 同一棒径では変化が少な

いが, 棒径が大きくなるにしたがって減少する傾向を示す。

(4) (1)~(3)によって得られた結果と実用構造物のすみ肉溶接のサイズを考慮し, 下向きすみ肉溶接については, 酸性被覆では 5~8 mm, 塩基性被覆では 5~9 mm, 水平すみ肉溶接については, 酸性被覆では 5~7 mm, 塩基性被覆では 5~8 mm を選定した。

参 考 文 献

- 1) 日本海事協会: 「船級登録および構造検査等に関する規則集」(1967)
- 2) 菊田, 宮尾: 「懸置溶接棒の研究, 第1報」溶学誌, 42—7 (1973)
- 3) Sugihara, Shigaki, Miyao: "Photoelectric measurement of melting rate of coated electrode" I.I.W., Doc. II-334-65
- 4) 応和: 「市販溶着鋼の切欠靱性と組成との関係」溶学誌, 29—3 (1960)239~246, 「溶着金属の衝撃値」溶学誌, 31—1,2,4 (1962)
- 5) 常富: 「鉄鋼のアーク溶接における冶金反応について」鉄と鋼, 55—7 (1969)
- 6) 益本: 「ガス被包金属アーク溶接による鋼材溶接部の気孔生成について」(第2報)溶学誌, 29—12 (1960)
- 7) 笠松: 「溶着鋼の気孔生成に関する物理化学的研究」溶学誌, 30—7 (1961)