とする。識者の御批判、御叱正を期待してやまない。

本研究における基礎資料は著者の1人が新報国製鉄に在職中、著者などの共同実験によって得られたものであって実験遂行上多大の御便宜をあたえられると共に、本報告の発表を心よく許可された同社川越工場長永沢博士はじめ御援助賜った熊谷課長、分析室の方々その他関係各位に対し衷心より謝意を表する。また本研究に対し御理解と御鞭撻を賜った中根室長はじめ協力された研究室の関係各位に対し感謝の意を表する。

文 献

- 1) 室井：鉄と鋼 Vol. 24 (1938) No. 9 1~8.
- 2) J.C. Fulton, N.J. Grant and J. Chipman : JI of Metals., 1953 Feb. 185~190.
- 3) Radenmacher が被覆剤をかえた場合の Mn および Si に関して、スラグと熔着金属との化学平衡について考察したことが紹介されているが、詳細は明らかでない。
Stahl u. Eisen : Jrg. 68 (1948) Ht. 19/20, 357~360
- 4) H. Schenck 著 : Physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse. BdII (1934).
- 5) 関口：熔接用鋼線材についての 新提案. 熔接学会発行 (1952)
- 6) F. Körber : Stahl u. Eisen., Jrg. 54 (1934) Ht. 22, 535~543.
F. Körber : Stahl u. Eisen., Jrg. 57 (1937) Ht. 48, 1349~1355.
- 7) G.R. Fitterer : JI of Metals., 1953, Dec, 1634~1640.
- 8) 関口, 益本：熔接学会誌, Vol. 25 (1956) No. 1 3~8
- 9) 関口：軟鋼用電弧熔接棒の研究, 学振報告, (1939.3)
- 10) D.E. Babcock : Weld JI, Vol. 20 (1941) No. 4, 189S~1974S
- 11) G.E. Claussen : Weld JI., Vol. 28 (1949) No. 1, (12~24.
- 12) N. Christensen : Weld JI., Vol. 28 (1949) No. 8, 373S~380S.
- 13) 安藤, 森：昭和27年熔接学会春季講演会において発表
鉄道技研中間報告 7-2 (1956.4)
- 14) N. Christensen and J. Chipman : Welding Research Council Bulletin Series. No. 5, 1953. Jan.
- 15) H.B. Bell, A.B. Murad and P.T. Carter : JI of Metals., 1952, July, 718~722.

炭酸ガス関口線材アーク熔接法について (第2報)*

——炭酸ガス被包金属アーク熔着鋼の多孔性とその防止に対する脱酸剤の効果——

関 口 春 次 郎** 益 本 功**

On the Carbon Dioxide-Sekiguchi's Filler Wire Arc Welding Process* (Report 2)

—Porosity of Weld Steels by Carbon Dioxide Gas Shielded Metal-Arc Welding and Effects Deoxidizers On the Porosity—

By H. Sekiguchi** and I. Masumoto**

Abstract

The carbon dioxide gas dissociates, $2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$, and possesses oxidizing effect on the molten metal at high temperature. Therefore it was supposed that the filler wire used by our now welding process, described fully in report 1, has to contain much deoxidizers to gain a sound weld free from porosity.

This is a report on preliminary research to take aim at these proper contents of deoxidizers in filler wire. And it was recognized that if a filler metal or a base metal contains proper contents of deoxidizers, the carbon dioxide gas shielded metal-arc welding of steels gives a excellent weld free from porosity. Manganese, silicon, titanium and aluminum are useful as such deoxidizers. Moreover silicon and titanium are effective to improve the appearance of bead.

Contents of the diffusible hydrogen contained in joints by carbon dioxide gas shielded metal-arc welding are very small compared with those of joints obtained by coated electrodes.

* 原稿受付 昭和31年7月2日(昭和31年度熔接学会春季学術講演会において発表)

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

1 緒 言

本研究は、第1報に述べた着想に基き炭酸ガス被包中で鋼を熔接する場合、熔着鋼中の気孔発生阻止に対する脱酸

剤の効果を明らかにし、健全な熔接部を得るに必要な脱酸剤含量について、およそその見当を得ることを目標として行った予備的実験である。

炭酸ガスの解離反応

の平衡恒数

$$K_P = P^2_{\text{CO}} \cdot P_{\text{O}_2} / P^2_{\text{CO}_2}$$

は温度の函数であり、次式によって示される¹⁾。

$$\log K_P = -\frac{28600}{T} + 8.46$$

そして例えば 1547°C(1820°K)における解離度は僅に 0.48%に過ぎないが、2147°K(2420°K)の高温における解離度は 9.1%である¹⁾。すなわち炭酸ガスは高温となるにつれて解離度が増す。

鋼の炭酸ガス被包アーク熔接においては、かゝる炭酸ガス、一酸化炭素および酸素からなる気相は、熔融熔着鋼と接触して存在する。もし熔融鋼中に脱酸剤が不十分にして含まれていないならば、この気相中の酸素は熔融鋼と作用して酸化鉄を生ずる。結局炭酸ガスと熔融鉄との間には、つぎの反応が起る。

そして熔融鋼中ではさらにつぎの反応が平衡へ方向に起るであろう。

熔融鋼中の炭素が極めて微量な場合あるいは酸素に対する親和力が炭素の場合より大きい脱酸剤が充分含まれている場合を除き、一般に(2)式は右方に進むものと考えられる。すなわち炭酸ガスはかなり酸化性であり、鉄を酸化した熔融鋼中の炭素は酸化減耗するものと考えられる。そして凝固に際し、この(2)の反応によって発生する一酸化炭素は一部逸出し得ずして凝固熔着鋼中に残留し、熔着鋼を多孔性にする傾向が考えられる。

従って第1報の着想に基づき、脱酸剤含有鋼線材いわゆる関口線材を使用して、炭酸ガス被包中でアーク熔接を行う場合、健全な熔着部を得るには、かなり多量の脱酸剤を鋼線材中に含ませねばならないであろうと予想された。

本報では、脱酸剤の種類および含量を異にする14種の鋼線材を用い、リムド鋼および高抗張力鋼板上に炭酸ガス被包自動熔着を行った。熔接機としては SIGMA 熔接機に類似のものがよいと考えられたのであるが、ありあわせのユニオンメルト熔接機の自動装置に、炭酸ガスの噴出口を特に装備し、実験を行っ

た。そして熔着鋼の多孔性防止におよぼす脱酸剤の効果を確かめ、その必要量につきおよそその見当をつけた。本報ではこれらの結果を報告する。

2 実験方法

大阪変圧器株式会社製 SW-3型ユニオンメルト熔接機のロッド送給部の先端に、特別に製作した簡単なガス流出ノズルをつけ、炭酸ガスとしては、ポンペ入りの市販液体炭酸を用いて、熔接電源としては、富士電機製造株式会社製の熔接用電動発電機(容量 60~250A)を用い、熔接に当っては、逆極性を採用した。この発電機は Rosenberg 型の下降特性を有し、本実験の目的には不適當であるが²⁾³⁾、やむをえずこれを熔接電源として用いた。熔接電流は 200~240A、アーク電圧 30~45V であった。また使用した充填材の直径は、2mm あるいは 2.3mm (3/32") であった。

従って電流密度は熔接機の容量に制約されて 48~76A/mm² 以上にするとはできず、消耗電極を使用する不活性ガス被包金属アーク熔接法に適用される電流密度に比して小さく不十分である。電流密度 48A/mm² 以下ではアークが不安定で熔接できなかった。充填材の送給速度は 2.3mm の線材に対しては低 (139cm/min)、2mm の線材に対しては高 (205cm/min) とした。1.6mm 直径の充填材を使用して、電流密度を 100A/mm² にした場合は、SW-3 型ユニオンメルト熔接機のロッド送給速度では、充填材の熔融速

Fig. 1 The relation between current density and feeding rate of filler wire in inert gas or CO₂ gas shielded metal-arc welding

度が早すぎて熔接できなかった。Fig. 1 はこれまでの研究者⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾がアルゴンまたは炭酸ガス被包金属アーク熔接を行った場合に、用いた電流密度と充填材の送給速度との関係を図示した。この図から明らかなように、実験当時の著者等の研究室設備の関係上、本実験はこの熔接法の可能な限界近くで行わざるをえなかった次第である。

使用した充填材の化学組成を Table 1 に示し母材のそれを Table 2 に記した。母材としては幅 60mm, 長さ150mm, 厚さ9mm の短冊型リムド鋼板および幅65mm, 長さ150mm, 厚さ10mm の短冊型高抗張力鋼板を用い、表面の錆はグラインダーで除去して熔接を行った。供試充填材を大別すると、珪素含量少ないもの (DO1, DM 2, DM4', T-O), 珪素含量中位のもの (A, P), 珪素含量やゝ多いもの (10, 12, 14, Si-7) およびチタンを特に含むもの (T-4, T-8, T-10, T-15) の4区分となる。

3 実験結果

(i) 炭酸ガスの被包効果

それぞれの充填材につき、一定の熔接条件でビードを置き、大気中で熔接した場合と、炭酸ガスの流量を種々変えて炭酸ガス被包中で熔接した場合とについて、ビードの外観検査、透過X線検査を行い、炭酸ガス被包の効果を調べた。Table 3 はその結果をまとめたものである。表中ビー

Table 1 Chemical Analysis of Steel Filler Wires, %

Mark of filler wire	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Ti
DO 1	0.10	0.07	0.37	0.085	0.031	0.15		
DM 2	0.13	0.06	1.32	0.015	0.014	0.22		
DM4'	0.12	0.03	1.95	0.011	0.010	0.23		
A	0.11	0.43	1.47	0.009	0.023	0.63	0.03	
P	0.18	0.41	1.44					
10	0.11	0.73	1.44					
12	0.04	0.68	1.40					
14	0.08	0.83	1.22					
Si 7	0.02	0.86	0.33					
T-0	0.026	0.05	0.87					—
T-4	0.021	0.16	1.22					0.27
T-8	0.024	0.22	1.42					0.565
T-10	0.024	0.22	1.38					0.89
T-15	0.026	0.29	1.54					1.25

Table 2 Chemical Analysis of Base Metals, %

Base metal	C	Si	Mn	P	S
Rimmed steel	0.15	trace	0.30	—	—
High tensile steel	0.17	0.45	1.46	0.021	0.019

Photo. 1

Appearance of bead,
Base metal: rimmed steel;
Filler wire: DM4',
200A, 33~34V,
Gas flow: 30l/min

Photo. 3

Appearance of bead,
Base metal: rimmed steel,
Filler wire: 14,
200A, 32V,
Gas flow: 30l/min

Photo. 2

Radiograph of the bead
showed with Photo. 1

Photo. 4

Radiograph of the bead
showed with Photo. 3

Photo. 5

Appearance of bead,
Base metal: high tensile steel,
Filler wire: A,
215A, 38V,
Gas flow: 30l/min.

Photo. 6

Radiograph of the bead showed with Photo. 5

口孔が現われたりして、よくない場合を示したものである。Photo. 1 はその一例で、DM4' 充填材を用い、リムド鋼板上に炭酸ガス 30l/min を流出させアークを被包して、熔着したビードの外観写真である。Photo. 3 および 5 は、Table 3 の“excellent”に相当するビード外観で、すぐれている。Photo. 3 は充填材 14 を用いリムド鋼板上に、Photo. 5 は充填材 A を用い高抗張力鋼板上に、炭鋼ガス 30l/min. を流出させ、アークを被包して熔着したビードの外観写真である。Table 3 の中“good”と記した場合は、ビードの外観概ね良好であるが、所々に波目の不揃いの部分が見られる場合である。

Table 3 の最後の欄の数字は、ビードの透過 X 線写真中に現われた気孔を、その密度の最も高い部分で、 $10 \times 50 \text{ mm}^2$ の面積について数えたものである。気孔の大小については、大略 0.5mm 直径の気孔を標準とし、気孔面積につきこれより小さいものは小数で数え、これより大きいものは 1 以上の整数で数えた

Fig. 2 Relation between number of blow hole and flow of CO_2 .

- × Filler wire DO1; 200amp. 34V; Travelling rate, 20 cm/min Feeding rate, low
- Filler wire DM2; 200amp. 34V; Travelling rate, 20 cm/min Feeding rate, low

Table 3 Appearance of Bead and Number of Blow Hole in Radiograph (Base metal used: Rimmed steel)

Filler wire	Addition of deoxidizers in V-groove before welding	Flow of CO_2 l/min	Appearance of bead	Number of blow hole in radiograph
DO 1	none	in air	not good	65
	none	20	not good	22
	none	30	not good	12
	none	>30	not good	7
	0.5mm Al wire	30	not good	15
	1.0mm Al wire	30	not good	41
	graphite powder	30	not good	10
	1g of graphite particle	30	not good	11
DM 2	1g of metallic Si	30	excellent	6
	none	in air	not good	32
	none	10	not good	15
	none	20	not good	25
	none	30	not good	9
	none	>30	not good	18
	0.5mm Al wire	30	not good	2
	1.0mm Al wire	30	not good	15
DM 4'	0.8g of metallic Ti	30	not good	4
	none	in air	not good	>100
	none	30	not good	55
	none	>30	not good	53
	0.5mm Al wire	30	not good	55
	1.0mm Al wire	30	not good	8
	0.8g of metallic Ti	30	good	0
A	none	in air	excellent	87
	none	30	excellent	41
	0.5mm Al wire	30	excellent	0
	1.0mm Al wire	20	good	24
	1.0mm Al wire	30	good	0
	0.7g of metallic Ti	30	good*	12
	1.0g of graphite particle	30	not good*	7
P	none	in air	excellent	35
	none	30	excellent	42
	0.5mm Al wire	30	not good	9
	1.0mm Al wire	30	excellent	4
	0.75g of metallic Ti	30	good	0
10	none	30	excellent	15
12	none	30	excellent	35
14	none	30	excellent	2
14	iron rust	30	excellent	43
Si 7	none	30	excellent	16
T-0	none	30	not good	8
T-4	none	30	not good	18
T-8	none	30	good	9
T-10	none	30	excellent	0
T-15	none	30	excellent	0

* Cracks occur in bead or crater.

透過X線写真の例を Photo. 2, 4 および 6 に示す。これらはそれぞれ Photo. 1, 3 および 5 に示したビードの透過X線写真である。

Fig. 2 は充填材 DO1 および DM2 を用い熔着した場合につき、炭酸ガスの流量と気孔の数との関係を図示したものであるが、炭酸ガスの被包効果が明らかに認められる。Photo. 7 の(a) および (b) は、充填材 DO1 を用い、空気中および 30l/min の炭酸ガス流出被包中で得られた熔着鋼の顕微鏡写真であるが、両者を比較すれば、(b) においては粒状の非金属介在物少なく、炭酸ガスの被包効果が明らかである。充填材 DM2 および A の場合も、Table 3 に見られる如く空気中と炭酸ガス被包中との結果を比較すれば、後者については熔着金属の気孔は少なく、明らかに炭酸ガスの被包効果が認められる。しかし DO1, DM2, DM4' A および P 充填材を用い、リムド鋼板上に熔着を行う場合には、炭酸ガスの被包効果のみでは、気孔を完全になくすることはできなかった。

(a) Weld metal obtained in air $\times 400$
(b) Weld metal obtained in CO_2 flow of 30 l/min. $\times 400$

Photo. 7 Effect of CO_2 gas shield on the microstructure of weld metal

Base metal : rimmed steel,
Filler wire : DO1,
200A, 32~34V

(ii) 炭酸ガス被包金属アーク熔着鋼におよぼす脱酸剤の効果

Table 3 には、脱酸剤をさらに多量含んだ充填材 10, 12, 14, Si 7 およびチタンを特に含む充填材 T-4, T-8, T-10, T-16 による実験結果をも示した。珪素含量 0.83%, マンガン含量 1.22% の充填材 14 を使用する場合には、Photo. 3 および 4 に示す如く、ビードの外観がよく、気孔のほとんどない緻密な熔着金属が得られる。Photo. 8 は Photo. 3 に示したビードの横断面の写真であるが、気孔は全然認められない。Photo. 9 はその熔着金属の顕微鏡写真である。Table 3 の充填材 A, P, 10, 12, 14, Si 7 による場合の如く、珪素含量がある程度以上高くなると、ビードの外観は著しくよくなり、表面に生ずる脱酸生成物の薄い層も剝脱容易になる。

充填材 A および P を使用した場合を比較すると、充填材 A による熔着金属は、炭酸ガスの被包効果と脱酸剤の効果により、気孔が大気中の場合の半分に減少しているが、充

Photo. 8 $\times 4$

Cross-section of bead,
Base metal : rimmed steel,
Filler wire : 14,
200A, 32V,
Gas flow : 30l/min

Photo. 9
Microstructure of
weld metal showed
by Photo. 8 $\times 400$

填材 P の場合は炭酸ガスの被包効果は現われていない。この原因を考えるに、A および P のマンガンおよび珪素含量はほぼ同程度であるから、炭素含量の相違に基くものと思われる。

炭酸ガス被包金属アーク熔接の場合の気孔発生には、母材または充填材中の炭素の酸

化減耗が関係し、結局熔接時における酸素の作用が主因と考えられるので、この酸素を炭素以外の元素と結合させれば、気孔の生成を阻止できると想像される。そこで著者等は Fig. 3 のように、短冊型リムド鋼板に V 型の溝を切削し、その中に金属珪素、アルミニウムまたはチタニウムの一定量を置いて熔接し、脱酸剤の効果調べた

また熔融鉄中に侵入した炭素は気孔の生成を助長すると思われるので、黒鉛の影響をも検討した。この場合の熔着金属量はほぼ 25~30g であった。実験結果は Table 3 にまとめてある。

溝部に黒鉛粉末を置き、充填材 DO1 を用いて炭酸ガス被包中で熔接したが、黒鉛粉末のない場合と大差がなかった。つぎに粉末ではガス流とアークで吹き飛ばされてしまうおそれがあるので、やゝ大きい粒状のもの 1g を 150mm の溝に一樣に撒布して、充填材 DO1 および A を用い、同様の実験を行った。充填材 DO1 による結果は黒鉛粉末を使用した場合と同じで、黒鉛の影響は認められなかった。充填材を使った場合にはビードに割れが発生し、気孔はむしろ減少した。このようにして置いた炭素は、熔接時に一

Fig. 3 Test-plate with groove for welding

部熔着金属中に入るであろうが、大部分燃えて熔着鋼の気孔の発生には相反する影響を与え、結局相殺されて著しい影響が現われないものと思われる。

溝部に、金属珪素 1g を砕いて一様に置き、充填材 DO1 を用いて熔接した場合は、ビードの外観が著しく改善された。珪素には脱酸剤としての効果のみならず、ビードの外観を良くする効果のあることが、この場合も明らかに認められた。

0.5mm 直径のアルミニウム線を溝部に置き、充填材 DM2, A および P で熔接して得られた熔着金属の気孔は著しく減少し、脱酸剤の効果が認められた。0.5mm 直径の線材を 1mm 直径の線材に改め、アルミニウム添加量を増した場合、充填材 DM4', A および P では同様の脱酸効果が見られたが、充填材 DO1, DM2 では、かえって気孔が多くなっているようである。またアルミニウム添加量が増すとビード外観がかえって劣るように見えた。充填材 A について添加アルミニウム線材を 0.5mm 直径のものから 1mm 直径のものに増して、炭酸ガス流量を 30l/min から 20l/min に少なくした場合、ビードの外観も悪く、気孔が多くなった。この場合も炭酸ガス流量を 30l/min にすれば気孔は全くなかった。熔着金属の気孔発生には、炭酸ガス流量もかなり大きな影響を有することがわかる。

次にチタンを特に含む充填材 T-4, T-8, T-10 および T-15 を使用した場合を比較してみるに、チタンにも脱酸剤としての有効作用が認められ、同時にビードの外観も改善されるようである。V 溝にチタニウム金属薄板の切片 0.7~0.8g (熔着金属量約 25~30g) を添加して、充填材 DM2, DM4', A および P で熔接した場合、充填材 DM4' および P では特に著しい脱酸効果が見られたが、ビードの外観はあまり改善されなかった。

リムド鋼板上にビードを置く場合⁸⁾、ほぼ満足な熔着金属を与えらると思われる充填材 14 を用い、母材にかなり厚い銹を残したまま、熔接を行った結果は、Table 3 に見られる如く気孔が著しく多くなった。炭酸ガス被包アーク熔接においても、気孔の発生に母材の銹が一因となることが認められる。

Table 4 は、母材として炭素含量 0.17%, マンガン含量

Table 4 Appearance of Bead and Number of Blow Hole in Radiograph

Base metal	Filler wire	Flow of CO ₂ l/min	Appearance of bead	Number of blow hole in radiograph
High tensile steel	DO 1	30	excellent	6
	DM 2	〃	〃	0
	DM4'	〃	〃	1
	A	〃	〃	0

Photo. 10 ×4

Cross-section of bead,
Base metal : high tensile steel,
Filler wire : A,
215A, 38V,
Gas flow : 30l/min

1.46%, 珪素含量 0.43% の短冊型高抗張力鋼板を用いた場合の実験結果を示す。母材がリムド鋼板の場合には、気孔の発生が多く、ビードの外観も悪かった充填材 DO1, DM2, DM4' および A のいずれを用いても、高抗張力鋼板上に置いたビードの外観はきれいで気孔の少ない優れた熔着金属

Photo. 11

Microstructure of weld metal showed by Photo. 10 ×400

が得られた。Photo. 5 および 6 は、充填材 A を用い高抗張力鋼板上に炭酸ガス被包中で熔着したビードの外観および透過 X 線写真である。また Photo. 10 はその横断面の写真で、Photo. 11 はその熔着金属の顕微鏡写真である。熔着部には気孔が全然なく緻密である。

以上の結果から母材または充填材中に充分な脱酸剤が含まれていれば、炭酸ガス被包金属アーク熔接により、緻密で健全な熔着部が得られることが確かめられた。Fig. 4 は、マンガンおよび珪素による鋼の共同脱酸状態図⁹⁾内に供試充填材の組成点を示し、実験結果を各点の記号によって現わしたものである。リムド鋼母材を熔接し、その熔着部の気孔を防止するには、充填材中の珪素含量はかなり高いことが必要であるように思われる。

(iii) 水素試験

炭酸ガス被包金属アーク熔接法によって得られた熔着鋼中の拡散性水素含量を、被覆金属アーク熔接法による熔着鋼中のそれと比較した。抽出は 40°C のグリセリン中で 16 時間行った。その結果を Table 5 に示す。乾燥炭酸ガスを以てアークを被包して実験を行った場合、炭酸ガスの乾燥は、塩化カルシウムと硝子綿とを詰めたガラス管を通して行った。低水素型被覆棒は、400°C で 1 時間乾燥して用いた。炭酸ガス被包金属アーク熔接法による熔着鋼の水素含量は著しく少ないことが、この比較値によってわかる。

Fig. 4 The relation between manganese and silicon contents of steel filler wire and soundness of weld metal

(iv) 熔着鋼の化学分析

Table 6 は熔着鋼の化学分析値を示す。母材がリムド鋼の場合には、充填材中の珪素およびマンガンは、熔接によって著しく消耗し、殊に珪素の熔着鋼中に残る量は、充填材の珪素含量の1~5%以下である。これに対しマンガンの場合は11~33%である。母材が高抗張力鋼の場合には母材中の珪素およびマンガン含量がかなり高いため、熔着鋼中の珪素およびマンガン含量も前者に較べやゝ高くなっているが、なおその絶対値はかなり低い。従って本実験で得られた気孔の全くない熔着鋼でも、酸素含量は未だかなり高いことが想像される。さらに機械的性質についてもすぐれた熔着鋼を得るには、充填材の適当な組成、ノズルの形状、熔接条件などについての研究が必要である。これ

Table 5 Diffusible Hydrogen Contents of Weld Metals.

Method and condition of welding	Hydrogen evolved in glycerin at 40°C, in 16hr after welding cc/100g
Arc welding with ilmenite type electrode	16.9
Arc welding with low hydrogen type electrode	0.88
CO ₂ gas shielded metal-arc welding with bare filler wire	0.06
Dried CO ₂ gas shielded metal-arc welding with bare filler wire	0

(iii) 母材がリムド鋼の場合でも、マンガン1.22%, 珪素0.83%を含む充填材を使用すれば、炭酸ガス被包金属アーク熔接によるビードの外観は良好でほとんど気孔のない熔着部が得られた。

(iv) 珪素、アルミニウムおよびチタンの添加は脱酸作用を起させるに有効であることがわかった。なお珪素およびチタンはビードの外観を改善するにも有効である。

Table 6 Chemical Analysis of Weld Metals

Base metal used	Filler metal used	Chemical analysis of weld metals, %		
		C	Si	Mn
Rimmed steel	DO 1	0.057	trace	0.12
	DM 2	0.050	trace	0.16
	DM 4	0.08	trace	0.40
	A	0.08	0.004	0.23
	P	0.07	0.020	0.17
	10	0.08	0.009	0.28
	12	0.06	0.006	0.22
	14	0.07	0.019	0.24
High tensile steel	DO 1	0.09	0.01	0.48
	DM 2	0.09	0.03	0.53
	DM 4'	0.09	0.028	0.73
	A	0.09	0.03	0.57

らの点については、現型系統的に実験を進めているので、いま順を追って報告し得る予定である。

4 総括

大阪変圧器株式会社製S W-3型ユニオンメルト熔接機のロッド送給部の先に、簡単なガス流出ノズルをつけ、富士電機製造株式会社製の熔接用電動発電機(容量60~250A)を用い、リムド鋼および高抗張力鋼の炭酸ガス被包金属アーク熔接を行い次の結果を得た。

(i) 炭酸ガス被包中で鋼を熔接した結果、炭酸ガス被包の効果が認められた。

(ii) しかし、母材がリムド鋼の場合には、充填材として脱酸剤を適量含む鋼線材を使用しないと、炭酸ガス被包の効果のみでは、充分緻密な熔着鋼は得られない。

(v) 炭素含量 0.17%, マンガン含量 1.46% および珪素含量 0.45% の高抗張力鋼を母材として使用する場合には、充填材として DO1, DM2, DM4' または A のいずれを用うるも、気孔のない緻密な熔接部が得られた。

(vi) 母材の銹は、炭酸ガス被包アーク熔接の場合も気孔発生の一因となり得る。

(vii) 炭酸ガス被包金属アーク熔接で得られた熔着鋼中の拡散性水素含量は、被覆アーク熔接棒による熔着鋼に較べ著しく低い。

以上の諸結果から考察し、炭酸ガス被包金属アーク熔接法による熔着鋼の気孔の発生には、凝固直前の熔着鋼の炭素および酸素含量が大きく影響していると考えられる。従って、脱酸剤を適量含む充填金属を用いれば、炭酸ガス被包金属アーク熔接は充分に鋼の熔接に応用しうることが予想される。

今後炭酸ガスを主とする被包ガスを用い、適量の脱酸剤を含む充填材（関口線材）を採用して行う熔接を、炭酸ガス関口線材アーク熔接法と称し、この方法により得られる熔接部の機械的諸性質については、次報で報告する。

文 献

- 1) R.W. Fenning and H.T. Tizard; Proc. Roy. Soc. Lond. A. 115, 324 (1927)
- 2) R. W. Tuthill; Fillerarc Welding Process, Weld. J., 32 (1953) No. 8, 703-707.
- 3) R.W. Tuthill; Arc Characteristics for Consumable-Electrode Gas-Shielded Welding, Weld. J., 33 (1954) No. 2, 128-132.
- 4) F.G. Harkins; Inert Gas Metal-Arc Welding of Mild and Low Alloy Steel, Weld. J., 32 (1953) No. 8, 683-689.
- 5) C.G. Christopher and R.C. Becker; Inert-Gas Shielded Metal-Arc Welding of Low Carbon Steel, Weld. J., 33 (1954) No. 1, 7-32.
- 6) L.V. Golub; Poluavtomat PEGSH-1 dlia zavarki diefektov stalnogo litia plaviashchimsia eliektrodom pod zashchitoi ugleikislogo gaza, Svarochnie proizvodstvo, No. 1 (1955), 14-17.
- 7) R.W. Tuthill; New Techniques in Inert-Gas-Shielded Metal-Arc Welding, Weld. J., 34 (1955) No. 2 137-141.
- 8) A. B. Pietrov; Plavlenie eliektrodnie provoloki pri avtomaticheskoi argono-dugovoi svarki, Svarochnie proizvodstvo, No. 2 (1955), 4-7.
- 9) 関口春次郎：熔接用鋼線材についての新提案，熔接学会刊行単行論文（1952）

耐食性アルミニウム合金 ANP 板の消耗電極式 アルゴンアーク熔接の研究（第 3 報）*

——熔接部の機械的性質，引張破壊および温度分布——

鈴木 春義** 村 瀬 勉***

Tests on Inert-Gas Metal-Arc Welding of Corrosion Resisting Aluminum Alloy "ANP" Plates (Report 3)*

——Mechanical Properties of Welds, Deformation in Tensile Fracture, Hardness and Weld Thermal Cycle——

By H. Suzuki** and T. Murase**

Abstract

Various tests on the inert-gas metal-arc welding of a corrosion resisting aluminum-manganese alloy "ANP", have been performed with ANP-O and ANP- $\frac{1}{4}$ H plates, $\frac{1}{4}$ in. in thickness, and various consumable electrode wires, 2S, 52S, A54S, 56S and ANP. The present report Part 3 discusses the mechanical properties of butt-welded joints, joint efficiencies, strain-stress curves and yield stresses, distribution of deformation in a tensile test specimen and hardness distribution related with weld thermal cycle.

The main conclusions are as follows;

(1) The joint efficiency of the butt-welded joint increased with magnesium content of the filler wire, but practically with little difference for wires, A54S, ANP and 56S.

(2) The yield and tensile strengths of the butt-welded joint was almost the same for O- and $\frac{1}{4}$ -plates, because the heat-affected base metal, approximately 6mm in width and adjacent to the weld metal, had been annealed to the same hardness with weld heat in both the tempers of base metal. Yielding and fracturing of the tensile specimen occurred in the said heat affected zone, and of which the maximum temperature attained during welding was above 400°C.

* 原稿受付 昭和31年 7 月27日(昭和30年度熔接学会秋季學術講演会において発表)

** 正員 運輸技術研究所熔接部 Member Transportation

tion Technical Research Institute

*** 正員 川崎重工工業株式会社造船工作部 Member Kawasaki Dockyard Co., Ltd.