— 技 術 論 文 —

被覆剤中の Mn 及び Si の脱酸効果に関する研究 (第2報)*

— 被覆熔剤の組成と Mn 及び Si の関係 —

森 口 勲** 米 井 晃**

A Study on the Deoxidizing Effect of Mn and Si in Flux (Report 2)*

—The relationship between the composition of flux on one hand and Mn and Si on the other—

By I. Moriguchi **, T. Yonei **

Abstract

Flux can be satisfactorily improved by including Mn and Si in it as deoxidizing agents. But the deoxidation effects differ according to the different compositions of the solvents used.

On different kinds of flux, experiments have been conducted in this connection under the following conditions:

- 1) When the flux containing charcoal powder with C as its major component has been compared with one containing ilmenite and dextrin ;
- 2) When only the solvent of CaO and Al_2O_3 is used ; and
- 3) When SiO_2 or MnO_2 is added to the above solvent.

The following are the results ascertained by such experiments :

When C on one hand and Mn and Si on the other co-exist, the amounts of C and Mn in the mild steel arc welds go up and an adverse effect takes place ; ilmenite and organic substance (dextrine) give a favorable effect on deoxidation ; and Mn and Si are effective deoxidation ; and Mn and Si are effective deoxidizers even when the CaO- Al_2O_3 slag is basic.

It has also been confirmed that, when SiO_2 and MnO_2 are added to the solvent containing deoxidation agent, there is a deteriorating trend in the quality of mild steel arc welds as the amount of such addition increases above a certain limit.

I 緒 言

本研究の第1報¹⁾においては、先づ Mn 及び Si の共同脱酸の効果を製鋼の理論²⁾に当てはめ、清浄にして良好な熔着鋼を得る爲の条件として、熔接棒熔融金属中の理論的 [Mn] 及び [Si] の濃度割合を假定をもうけて吟味し、さらに被覆剤中に Mn 及び Si を含有せしめて、理論的 [Mn] 及び [Si] の濃度の相互関係を実験により確めた。

その結果、被覆剤中に適量の Mn 及び Si を配合することによつて、被覆熔接棒は改良し得るが製鋼時に考えられる Mn と Si の濃度割合に関する条件は、熔接時においても適合する条件であり特に良好な熔着鋼を得るには、熔接棒の熔融金属中の理論的 [Si] 0.5%, [Mn] 4.0 % が好結果を得ると推定さ

れた。しかしながら、すべての被覆熔剤組成に対して前述の推定が満足なものではなく熔剤中には Mn 及び Si と結びついて、かえつて熔着鋼の性質を劣悪な方向に導くものもある。

本報は、Mn 及び Si を含まないものと、含有したものとを比較しながら実験を進め、実用されている数種の被覆剤組成のものに、いきなり先の推定が当はまるか否かを調べ、不適なものや逆効果の作用を行う熔剤組成を指摘した。そしてさらに基礎的な

* 原稿受付 昭和26年 8 月

(昭和26年10月熔接学会秋季学術講演会において講演)

** 正員、八幡製鐵所工作部 Member, Engineering Dept. Yawata Works of Yawata Iron & Steel Co. Ltd.

熔剤数種についてその作用を調べた。

II 脱酸剤を配合せざる被覆熔接棒 による、熔着鋼の諸性質と、被 覆熔接棒の熔融金属中の理論的 Si 濃度 0.5%、Mn 濃度 4.0%と した熔着鋼の諸性質の比較実験

JES 基本9001による機械的性質の比較 (実験A)

1. 被覆熔接棒の調製

被覆剤は配合組成の極端に異なつた脱酸剤を配合しない6種の被覆剤、すなわち第1表ならびに第2表に示す group A (記号 A-1, A-2, A-3) 及び group B (記号 B-1, B-2, B-3) を採用し、これと配合原料を同じくするも熔接棒の熔融金属中の理論的〔Si〕濃度0.5%、〔Mn〕濃度4.0%となる

第 1 表

group A			group MS-A
A-1	A-2	A-3	摘 要
Mn 鉄 石30	硫 酸 滓50	軽質炭酸石 灰30	左記 A-1, A-2, A-3 の各熔剤 100g に対して 金属Mn 14g Fe-Si 2.4g を配合し MS-A1, MS-A2, MS-A3 を得た
軽質炭酸石 灰32	珪 石 5	鉄 鉄 石15	
鉄 鉄 石17	軽質炭酸石 灰10	Mn 鉄 石30	
螢 石16	木炭粉末 7	酸化チタン15	
木炭粉末15	Mn 鉄 石28	木炭粉末10	

第 2 表

group B			group MS-B
B-1	B-2	B-3	摘 要
珪 石15	酸性スラグ15	イルメナ イト30	左記 B-1, B-2, B-3 の各熔剤 100g に対して 金属 Mn 14g Fe-Si 2.4g を配合し MS-B1, MS-B2, MS-B3 を得た
Mn 鉄 石20	雑 鉄 石10	珪 石15	
イルメナ イト24	ミルスケ ール10	Mn 鉄 石30	
軽質炭酸石 灰15	硝子粉末10	軽質炭酸石 灰15	
鉄 鉄 石 8	イルメナ イト20	デキスト リン10	
アルミナ 3	Mn 鉄 石15		
タビオカ 濃粉15	軽質炭酸石 灰10		
	タビオカ 濃粉10		

第 3 表

成 分 品 質	C%	Si%	Mn%	P%
金 属 Mn	0.40	—	96.40	—
Fe-Si	0.82	74.68	—	0.049

* 分析期日 昭23. 3. 11

第 4 表

成 分 記号	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
No. 3	0.06	0.06	0.42	0.012	0.031	0.23

* 心線径; 4mm 記号は実験の順序に従い附したものである。

第 5 表

成 績 鋼	引 張 試 験								衝 撃 試 験	
	降伏点 kg/mm ²		抗張力 kg/mm ²		伸 び 率 %		絞 り 率 %		シャルピー値 kg-m/cm ²	
	値	平 均	値	平 均	値	平 均	値	平 均	値	平 均
A-1	32.0 32.3	32.2	39.2 38.4	38.8	25.0 17.0	21.0	31.2 29.5	30.4	3.82 3.91	3.87
A-2	24.7 25.9	25.3	35.2 38.3	36.8	11.4 15.7	13.5	21.3 21.5	21.4	2.74 1.05	1.89
A-3	27.4 29.6	28.5	33.7 30.9	32.3	13.0 17.0	15.0	19.1 27.9	23.5	0.43 0.69	0.56
MS-A ₁	37.9 —	37.9	67.5 67.5	67.5	7.0 4.0	5.5	3.79 5.72	4.76	1.94 2.11	2.03
MS-A ₂	24.5 26.5	25.5	36.3 36.2	36.3	14.3 14.3	14.3	23.5 21.7	22.6	2.97 3.88	3.43
MS-A ₃	32.8 —	32.8	41.3 34.4	37.9	8.5 7.0	7.8	26.1 27.0	26.6	0.99 3.32	2.16

* 試験期日; 昭24. 11. 1
 温度; 常温(16°C)
 標点距離; 35mm

試験機; ロウゼンハウゼン 35t 万能試験機
 25kg-m シャルピー衝撃試験機

ように各被覆剤 100g に対し第 3 表に示す成分を有する金属 Mn14g 及び Fe-Si2.4g を配合せる group MS-A (記号 MS-A₁, MS-A₂, MS-A₃) 及び group MS-B (記号 MS-B₁, MS-B₂, MS-B₃) の各被覆剤を採用した。これらの被覆原料は主として一般工業用原料で、その粒度はすべて 50mesh 以上に揃えた。そしてこの被覆剤をいづれもボーマ濃度

35° の水硝子溶液でそれぞれ泥状混和物としたものを、第 4 表に示す成分を有する直径 4mm, 長さ 360mm の心線に被覆し乾燥後の重量が 10g/360mm となるようにして所定の被覆棒を得た。

2. 試験方法ならびに結果

日立直流 300A 熔接機を用い正極性下向手熔接で

JES 基本 9001 の条項に従い全熔着鋼試験板を得た後、目的の試験片を第 1 図に示す形状寸法にそれぞれ 2 本宛製作した。ついで引張、衝撃の各試験を行いその結果は第 5 表及び第 6 表の成績を得た。また全熔着鋼厚さ 16mm のものより分析試料を採取し定量した結果は第 7 表及び第 8 表に示した。

3. 実験結果の考察

そこでこれらの結果を考察することにする。先づ group A と group MS-A の比較試験の結果は

第 1 図 全熔着鋼試験片

第 6 表

成 績 鋼	引 張 試 験								衝 撃 試 験	
	降伏点 kg/mm ²		抗張力 kg/mm ²		伸 び 率 %		絞 り 率 %		シャルピー値 kg-m/cm ²	
	値	平 均	値	平 均	値	平 均	値	平 均	値	平 均
B-1	29.3 31.2	30.3	35.0 37.2	36.1	17.0 20.0	18.5	36.1 32.9	35.0	1.71 1.72	1.72
B-2	28.6 —	28.6	34.0 —	34.0	13.0 —	13.0	15.4 —	15.4	0.69 0.69	0.69
B-3	25.5 25.9	25.7	37.8 37.7	37.8	18.6 15.7	17.2	27.0 23.2	25.1	4.21 5.47	4.84
MS-B ₁	33.5 31.2	32.4	46.3 47.1	46.7	31.5 30.0	30.8	51.8 51.0	51.4	8.44 12.13	10.29
MS-B ₂	29.3 29.0	29.2	43.3 42.8	43.1	31.5 34.5	33.0	55.2 53.8	54.5	9.84 6.76	8.30
MS-B ₃	30.7 32.0	31.4	46.5 46.0	46.3	28.0 20.0	24.0	64.0 38.0	51.0	7.99 10.78	9.39

* 試験期日; S25.3.31
 温度; 常温(15°C)
 標点距離; 35mm

試験機; ロッセンハッセン 35t 万能試験機
 25kg-m シャルピー 衝撃試験機

第 7 表

成分 熔着鋼	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %
A-1	0.04*	0.06	0.22	0.015	0.034	0.33
A-2	0.06	0.02	0.04	0.015	0.095*	0.34
A-3	0.07	0.02	0.21	0.020	0.035	0.23
MS-A ₁	0.40*	0.12*	1.48*	0.015	0.031	0.32
MS-A ₂	0.06	0.02	0.25	0.022	0.087*	0.31
MS-A ₃	0.19*	0.02	0.80*	0.023	0.033*	0.24

表中 *印は 2 回分析したことを示す。

第 8 表

成分 熔着鋼	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %
B-1	0.07	0.06	0.21	0.024	0.028	0.22
B-2	0.05	0.06	0.14	0.019	0.039	0.26
B-3	0.05	0.02	0.12	0.028	0.031	0.33
MS-B ₁	0.10	0.06*	0.50	0.028	0.027	0.23
MS-B ₂	0.10	0.04*	0.33*	0.022	0.033	0.22
MS-B ₃	0.07	0.04	0.49	0.031	0.033	0.32

表中 *印は 2 回分析したことを示す。

各被覆熔接棒による熔着鋼の成績が示すように groupA に属する A-1, A-2, A-3 のごとき配合組成の被覆剤には Mn 及び Si を含有せしめても期待する程の脱酸効果は見られないことを実証している。ところが groupB と groupMS-B の間における試験の結果は groupB に属する B-1, B-2, B-3 のごとき配合組成の被覆剤には Mn 及び Si による脱酸効果が著しく、熔着鋼の機械的性質を極めて良好にすることが実証された。こうした結果が生れた最も大きな理由は被覆剤組成の本質的な欠陥に起因しているものと思われる。

さて groupA に属する各被覆剤と groupB に属する各被覆剤の相異点を上げると、groupA の各被覆剤にはいずれも配合組成中に炭素を含む木炭粉末を共有しており、groupB の各被覆剤はイルメナイトと澱粉類を共有している。従つて、groupA に属する被覆剤が共有した木炭粉末は、groupB が共有したイルメナイト、澱粉に比べて熔接時に不良な作用を働いた上に更に Mn 及び Si と結合する際、特に逆効果を及ぼす熔剤が groupA の被覆剤個々の中に存在したため益々、熔着鋼の性質を低下せしめることに拍車をかける結果になつたものと考えられる。

これらの概括的な推測を基礎として groupA と

groupMS-A の比較対称となる各被覆剤別に説明を試みると、A-1 と MS-A₁ の場合、A-1 では被覆剤中より逸出した多少の Mn や Si が脱酸現象を呈したけれども、Mn 及び Si の量は極めてわずかなのであるために熔融鋼の脱酸は不充分であり多量の FeO を生じ、これと化合する C が $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{CO} + \text{Fe}$ の反応により CO ガスを逸出して、熔着鋼の C は減少したと考えられる。しかし MS-A₁ では既に被覆剤中に配合した金属 Mn と Fe-Si の適当配合量が、熔接時熔融鋼の脱酸作用を行い FeO 濃度を減少することができるにもかかわらず、被覆剤中の木炭粉や Mn 鉱石より逸出した C や Mn が、脱酸剤としての Mn 及び Si と重複して過大な効果を及ぼしたために、かえつて熔着鋼に残留する C, Si, Mn が多量になり、熔着鋼の伸び率や衝撃値を非常に低下せしめる結果を招いたと考えられる。この場合 CaF_2 が Si の酸化して生ずる SiO_2 と作用して $\text{SiO}_2 + \text{CaF}_2 \rightarrow 2\text{CaO} + \text{SiF}_4$ の反応により SiF_5 ガスを生じ、気孔生成の因となつてその爲に機械的性質の低下することも考えられるが、本実験では前記の考察が当てはまるものと思われる。

次に A-2 と MS-A₂ の場合、熔着鋼の分析結果が示すように S% が非常に高くなつていことと、A-2 の Mn% が極端に低く MS-A₂ でさえ Mn% は低目となつている関係から、熔剤として硫酸滓は不適であることが云えるようである。すなわち A-2 の Mn% が示すように熔接時 Mn による脱硫作用が行われたにもかかわらず、殆んど Mn を消費盡してその効果は遠く及ばず、MS-A₂ においても脱酸の目的で含有せしめた Mn は脱硫作用に消費されたことが考えられる。

また、A-3 と MS-A₃ の場合は A-3 の C0.07%, Mn0.21% に対し、MS-A₃ は C0.19%, Mn0.80% となつており熔着鋼に残留せる C 及び Mn 量は極めて多量であつた結果を見て A-1 と MS-A₁ に対して行つた前述の考察が適合すると思われ、熔剤組成中に木炭粉末を配合することの不利が強調できるようである。

次いで groupB と groupMS-B について、脱酸効果の顯著であつた理由を考察すると、

脱酸剤を含まない groupB の各被覆剤による熔着鋼の成績が劣つたのは、いずれも熔接時に熔融鋼の脱酸不充分的爲生ずる FeO ならびに気泡が、熔融

鋼の凝固と共にその儘残留したものと考えられ、groupMS-B の各熔着鋼は Mn 及び Si の適当な脱酸作用によつて、熔融鋼の FeO ならびに気泡を逸出し清浄な鋼を得たものと思われる。そして group MS-B の各熔着鋼の分析結果が示す Mn% 及び Si % は、熔接時、熔融鋼の脱酸作用を行つて後消費されずにその一部が残留したもので、これが熔着鋼の引張、衝撃の各試験値を大とする効果を倍加したものと思考し得る。なお groupB と groupMS-B の分析結果から見て、被覆剤中に脱酸元素を配合した場合、熔着鋼の C%, Mn% は増加する傾向が伺われた。従つて groupA と groupMS-A の試験結果に当はめて考えられることは、groupA の各被覆剤が木炭粉末を共有したことは熔着鋼の C% を益々高める結果を招き、その爲に機械的性質は低下したと改めて強く云えるようである。

以上のように、被覆剤組成と脱酸元素である Mn 及び Si との関係は熔着鋼の性質を左右するところ大であつて Mn, Si を配合したからと云つて必ずしも熔着鋼の性質のすべてが良好になるとは限らず、被覆熔剤が Mn 及び Si と熔接時に接触した場合その反応が良好でなければ、かえつて逆効果を現わすことが云える。従つて被覆熔剤には脱酸元素と結びついて良い傾向の反応を起すものと、逆効果の現象を呈するものがあることは、本実験の結果が証明しており、被覆剤中に Mn, Si を配合するに当つては、熔剤組成ならびに原料を充分に検討して後行すべきである。しかしながら熔剤組成ならびに心線成分の特別なものでない限り、被覆剤中に配合せる Mn 及び Si の脱酸効果は理論的 $[Mn] : [Si] = 4.0\% : 0.5\%$ の濃度割合が、最も効果的作用をすることは確信できる。

III 数種の熔剤と脱酸元素 Mn 及び Si の関係

実験方法

1. 被覆熔接棒の調製

熔剤の原料はなるべく不純物の混在を避け、研究結果の考察を簡単にするために化学用のアルミナ、無水珪酸、二酸化 Mn、(以上購入粉末の儘) 及び消石灰 (150mesh 以上) を用い、熔剤の作用をあらかじめ知る目的でこれらを種々の割合に配合し、更に

同一組成 100g に対し、既報 (第 1 報) の実験結果に基づいて第 3 表の金属 Mn14g, Fe-Si 2.4g を含有せしめ前記第 I 節 1 と同一要領で所定の被覆熔接棒を調製した。

2. 熔接試験

次の成分を有する厚さ 12mm 軟鋼板 (0.29%C, 0.04%Si, 0.56%Mn, 0.068%P, 0.059%S, 0.18%Cu) を長さ 200mm, 幅 150mm に切断し、長さの一边を切削して双型となし双角を約 55° としたものならびに長さ 130mm, 幅 60mm のものを被熔接板とした。この試験板 2 枚を 1mm 隔てて V 型に衝合せ、日立製 300A 直流熔接機を用い正極性下向熔接を実施した。熔接に当り電流はおおむね 110~120Amp で行い、3 層熔接終了後試験板を裏返へして 1 層目ビードと逆方向に接目ビードを置き、目的的被熔接板を各被覆棒 1 種につき大小 2 枚宛製作した。

3. 熔着鋼の諸性質を求める各種試験

熔着鋼の機械的性質をもとめるため引張、衝撃、屈曲、硬度の諸試験及び比重測定を行う試片を第 2 図 a, b に示す要領で既述の被熔接板より採取した。次いでこれらの試片によりそれぞれの試験を行い測定して得た値の平均を求めて、機械試験の実験値とした。しかし比重試験のみは試片の都合上一個の測定値をもつて熔着鋼の比重とした。また、分析試料採取を目的とする全熔着鋼試片を、各熔接棒 1 種につき 1 個宛、第 1 図 b に示す形状寸法に製作しその熔着鋼部分より試料を採取したのち C%, Si%, Mn%, P%, S%, Cu% の定量分析を行つて得た数値を熔着鋼の化学成分とした。

実験結果

1. CaO-Al₂O₃ 系熔剤と Mn 及び Si の関係 (実験 B)

二元系 CaO-Al₂O₃ において最も低い融点を有する共晶組成³⁾ は 50%CaO, 50%Al₂O₃ (重量百分率) でその温度は E. S. Shepherd 及び G. A. Rankin に拠れば 1395°C である。この組成に相当する熔剤ならびに同一熔剤に脱酸元素として Mn 及び Si を配合した熔剤を、それぞれ被覆した熔接棒による熔着鋼の機械的性質及び比重ならびに化学成

第 2 図

第 9 表 50%CaO, 50%Al₂O₃ 二元熔剤を塗布した被覆棒と更にこれと同一被覆剤中 Mn 及び Si を含有せしめた被覆棒による熔着鋼の諸性質

記号	熔剤組成%		二元共晶温度 °C	熔着鋼の機械的性質					比重 測定値	熔着鋼の化学成分					
	CaO	Al ₂ O ₃		抗張力 kg/mm ²	伸率 %	衝撃値 kg-m/cm ²	屈曲角 度	ビッカース硬度		C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
A	50	50	1395	33.8	24.0	4.99	94	102	7.6519	0.04	0.01	0.05	0.020	0.034	0.23
B	上記 flux に Mn 14g, Fe-Si 2.4g 添加			38.1	—	10.46	132	101	7.7602	0.04	0.01	0.19	0.016	0.033	0.22

分を比較して見ると第 9 表に示す結果を得た。これによると CaO-Al₂O₃ 二元系熔剤と脱酸元素 Mn 及び Si との関係は良好な傾向にあつて CaO50%, Al₂O₃50% のみの場合よりも, Mn 及び Si を含有する熔剤による場合が優れている。次に熔着鋼の化学成分の中 C, Si, Mn を主体にして両者を比較して見ると, 第 9 表に示すように, C0.04%, Si0.01% はいづれも同率で C 及び Si の変化は認められなかつた

が Mn % は二元系熔剤のみの場合には 0.05% であつたものが, 脱酸元素を含有したものでは 0.19% となつている。従つて, 以上の結果から CaO, Al₂O₃ が熔剤として Mn 及び Si と結びつく場合, 熔着鋼に及ぼす脱酸効果は良好であると云える。

2. SiO₂-CaO-Al₂O₃ 系熔剤による SiO₂ と Mn 及び Si の関係

(実験 C)

SiO₂-CaO-Al₂O₃ 系三元熔剤については既に村上, 関口両博士の研究結果⁴⁾があり, 報告されたところによれば SiO₂ 含量と熔着鋼の見掛けの比重及び炭素含量との関係は, CaO と Al₂O₃ との割合が一定でないにもかかわらず SiO₂ の増加に従い, 比重ならびに炭素含量の減少することが述べられており, SiO₂ は熔着鋼の気泡を増大することが明らかである。第 3 図は両博士の実験結果を示したもので○印点の位置は三元共晶組成を示し, 附記せる括弧なき数字は熔着鋼の見掛けの比重を表はし, 括弧内の数字は共晶温度を示すものである。

本実験は両博士の研究結果を借用し SiO₂-CaO-Al₂O₃ 系三元共晶組成のもの数種を選んで試験を行つた。第 10 表上の欄には使用せる三元共晶組成, 既知の三元共晶温度及び機械試験値, 比重ならびに熔着鋼の化学成分を示した。また, 下の欄はこれと同一熔剤組成に Mn 及び Si を含有せしめた被覆棒による場合の試験結果を示し, 第 4 図はそれらを比較したものである。

Si を含有する場合には $\text{SiO}_2\%$ の増大するにつれてその傾向は低下している。そして SiO_2 と Mn, Si の関係は被覆剤中の $\text{SiO}_2\%$ の大小によつて優劣を左右され、第4図に示す試験値の傾向から、Mn, Si を含む被覆剤に配合すべき SiO_2 は20%の範囲に止めることが良策と見られる。

なお、熔着鋼の化学成分中 Si の相異を期待したけれども変化は認められず第10表に示す結果となつてあらわれた。そして同一熔剤組成中に Mn, Si を含有したものは、Mn% がかなり高くなつている。

3. 50%CaO, 50%Al₂O₃ 熔剤による MnO₂ の作用と Mn 及び Si との関係 (実験D)

主熔剤を 50%CaO, 50%Al₂O₃ として MnO₂ を添加した場合、熔着鋼の見掛けの比重に及ぼす影響は村上、関口両博士の研究結果⁵⁾によれば「MnO₂ の少量の添加は見掛けの比重を増す傾向があるが20%以上の添加は比重を低下し、添加量40%及び50%の場合には、鉍滓の混在せることが肉眼で認められた」。

そこで両博士の実験方法を借用し、前述の50%CaO-50%Al₂O₃ 二元熔剤の実験結果を基礎にして、これに MnO₂ を添加した。第11表上の欄は MnO₂ の添加割合と熔着鋼の諸性質を実験せる結果を示したもので下の欄は Mn 及び Si を、更に含有せしめた場合 MnO₂ の増大につれて、どのような結果を得るかを示したものである。そして第5図はこれらの結果を図示した傾向を示す曲線図である。

第5図×印を結ぶ曲線が示すように50%CaO, 50%Al₂O₃ 熔剤に MnO₂ を加えた被覆棒による熔

着鋼の諸性質の変化は抗張力、衝撃値、屈曲角度ともに MnO₂ の増大するにつれて少々上昇の傾向が見受けられ、比重の測定結果は MnO₂30% を限度としてそれ以上は低下の傾向を示している。

こうした MnO₂ の作用を確かめた上で MnO₂ と Mn 及び Si との関係調べた結果が同図●印を結ぶ曲線で示す傾向とな

第5図

主熔剤；50%CaO, 50%Al₂O₃ 熔剤に MnO₂ を加えた被覆棒と更にこれと同一被覆剤中 Mn 及び Si を含有せしめたものによる熔着鋼の機械的性質比較

第11表 50%CaO, 50%Al₂O₃ 熔剤に MnO₂ を加えた被覆棒と、更にこれと同一被覆中 Mn 及び Si を含有せしめた被覆棒による熔着鋼の諸性質

記号	MnO ₂ 添加割合 %	熔着鋼の機械的性質					比重 測定値	熔着鋼の化学成分					
		抗張力 kg/mm ²	伸率 %	衝撃値 kg-m/cm ²	屈曲角度	ビッカース硬度		C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cu %
I	10	37.9	—	6.91	133	101	7.7517	0.04	0.01	0.09	0.017	0.032	0.21
K	20	38.5	—	7.70	133	104	7.7602	0.04	0.01	0.09	0.019	0.032	0.21
M	30	37.7	—	6.65	133	124	7.8033	0.03	0.01	0.10	0.010	0.029	0.21
O	40	38.9	36.0	11.07	154	102	7.7860	0.03	0.01	0.11	0.014	0.027	0.23
J	上記の各熔剤100g に対し	38.6	—	9.26	131	87.5	7.6630	0.04	0.01	0.31	0.022	0.029	0.20
L	Mn 14g	36.9	22.0	9.36	133	104	7.6755	0.04	0.01	0.33	0.022	0.029	0.20
N	Fe-Si 2.4g	37.7	22.0	11.41	145	103	7.6687	0.04	0.01	0.32	0.023	0.026	0.22
P	も配合した	34.3	17.0	8.24	80	93.1	7.3318	0.04	0.01	0.36	0.024	0.025	0.22

つた、すなわち抗張力、屈曲角度は $\text{MnO}_2 20\%$ を越えと、いずれも低下する傾向にあり、特に比重はその傾向が著しい。

50%CaO-50% Al_2O_3 二元熔剤に MnO_2 を添加した場合における MnO_2 の量的変化が示す傾向と、これらに脱酸元素を含有せしめた場合とは対称的な傾向を示し、 MnO_2 と Mn, Si との関係は脱酸効果の点から見た場合、良好であると認め難い実験結果を示している。

熔着鋼の化学成分中 Mn% は、脱酸元素を含まない場合に比較して脱酸元素を含有せるものが高くなっているのは、一応うなづかれるところであるが、前述の脱酸元素を含有した 50%CaO-50% Al_2O_3 二元熔剤の場合における熔着鋼の Mn% を基準とすれば、 MnO_2 から遊離した Mn が熔着鋼中に残留する量は添加配合せる $\text{MnO}_2 10\%$ のとき全熔着鋼の Mn 0.31% に対し、 $\text{MnO}_2 40\%$ でも全熔着鋼の Mn 0.36% を示したことから考えれば遊離した後、熔着鋼に残留する Mn 量は僅かである。

IV 総括及び結言

本報は Mn 及び Si を脱酸剤として被覆剤中に配合する場合、既報(第1報)の結果を適用し得ない被覆剤組成のものがあると考え、憂慮される二、三の組成について吟味的な実験を行い、更に熔接棒の被覆剤中における主要成分となる数種の熔剤につき Mn 及び Si との関係を調べたに過ぎない。しかも本研究は単独の成分熔剤について実験を行つたのではなく、混合熔剤について実験したのであるから厳密な考えから行けば断定した結論を出すことは早急と思われるが、一応の研究結果を総括してみれば、

1. 被覆剤中に脱酸剤として Mn 及び Si を添加配合した場合、熔着鋼の C% は高くなる傾向があるので、心線あるいは被覆剤中の C には充分注意すべきであり、でき得れば被覆剤に C を主成分とした木炭粉等は配合しないことが望ましい。
2. イルメナイトは Mn 及び Si の脱酸効果を促進するものと思われる。
3. 被覆剤中の Mn 及び Si は被覆剤配合組成ならびに心線成分の特別なものでない限り、理論的 $[\text{Mn}] : [\text{Si}] = 4.0\% : 0.5\%$ の濃度割合が最も効果的作用を行う。

4. 酸化カルシウム (CaO)、酸化アルミニウム (Al_2O_3) は、Mn 及び Si と良好な関係にあり熔着鋼の機械的性質、比重は増大する。従つて被覆剤が熔接時に塩基性鉱滓を成す場合においても Mn 及び Si の脱酸効果は認められる。

5. (i) Mn 及び Si を含有する熔剤に無水珪酸 (SiO_2) を添加するときは、熔着鋼の機械的性質はそれ程変化を見ないが、比重は極端に低下して行く。

(ii) 熔着鋼の Si % はその爲に増加することは認められない。

6. (i) 二酸化マンガ (MnO_2) を添加する時は或る限度を越えと機械的性質及び比重ともに低下する傾向がある。

(ii) そして、熔着鋼の Mn% はその爲に幾分増加するも添加量に比例して増大はしない。

熔接時、被覆剤が熔融して鉱滓を生ずる場合鉱滓中の (ΣCaO) と (ΣSiO_2) ならびに (ΣCaO) と (ΣMnO) の間における物理化学的性質が、熔融鉱滓中の遊離 FeO 濃度に影響を与え、これと関連する熔鋼中の FeO 濃度を支配するため、Mn 及び Si の脱酸作用に影響を与えるものと考えられるが、これらの徹底的究明は現在の鐵冶金学においても困難である、まして熔接の際生成する鉱滓及び鋼の温度についてはまだ研究が充分に行われていない現勢のもとで、上記の実験結果を徹底的に考察することは困難であると考え、著者らは結果の事実をその儘報告した次第である。

以上の実験により Mn 及び Si の脱酸効果を充分に行う爲の被覆剤配合組成を、大略検討し得たので、第3報においてはさらに Mn 及び Si と作用して熔着鋼の性質に最も効果的作用を行うイルメナイト系被覆剤数種を採用して得られる事実を報告する予定である。

本研究の推進に当り、浅村工作部長、穴沢副長の御教導を辱うしたことに對し、ここに謹んで深厚なる感謝の意を表する次第であります。

また、実験の遂行に御支援を受けた検定課井手氏ならびに赤星氏の御厚意に對し、厚くお礼申上ます。

なお平川潔、藤沢隼人の両君は極めて熱心に協力せられた。両君に厚く謝意を表します。

文 献

(1920) 131.

- 1) 森口, 米井:
- 2) H. Schenck: *Physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse*, Bd. II (1934) 214.
- 3) Ferguson and Buddington: *Amer. Journ. Sci.* 50
- 4) 村上, 関口著: 「軟鋼用電弧熔接棒の研究」第 3 章, 2 節, p. 8~13.
- 5) 〃 〃 〃: 「 〃 〃 〃 」 〃 〃, 4 節, p. 15~17.

— 学 術 論 文 —

熔接アークの熱効率について (第 1 報)*

安 藤 弘 平** 三 木 勇***

On the Heat Efficiency of the Welding Arc (1st. Report)*

By K. Ando**, I. Miki***

Abstract

The efficiency values of the wedding arc (the ratio of heat absorbed by the base metal to the electrically supplied arc energy) were measured using a certain electrode (B-17 of the Kobe Seikoshō, the diameter of the core wire is 4mm) under various conditions: different kinds of current (a. c. and d. c., straight and reverse polarity) different welding currents (100A, 120A and 160A), different arc voltages obtained by maintaining different arc lengths. The results (Fig. 8 and Table 1) which are quite reasonable from the theory or arc phenomena, show that the efficiency value decreases as the arc voltage increases, yet it is independent of the current employed.

Among the electrodes coated with calcium carbonate, barium carbonate, alumina and boric acid respectively, those which give higher arc voltage show lower efficiency values and it gives also lower efficiency value for given electrode when the polarity of higher arc voltage is used, e. i. BaCO_3 coated electrode under straight polarity and Al_2O_3 coated electrodes under reverse polarity (Fig. 9) show low efficiency value.

I は し が き

アーク熔接において如何なる程度の熱エネルギーが母材に与えられるかの問題は、母材の歪、ビードの破れ等の問題に関して、冶金学的ならびに構造力学的の研究に関連した基礎的研究問題であり、また熔接アークの物理現象そのものとしても興味ある

問題である。アークのエネルギーの供給源としては電氣的のものほかにアーク中の化学反応による発熱も考えられるが、この化学反応によるものはその推測が困難である。それで普通この化学反応熱は一応無視して、母材が得た熱エネルギーを電氣的に供給されたエネルギーと比較して、この比を熱効率と呼んでいる。(従つて化学反応熱が大ならば上の如くにして定義された熱効率は 100% 以上となることもあり得るはずで、効率の文字の示す意義に反するわけであるが、一先ず上の如く定義しておく。)

さてこの熱効率については従来とても既に二、三の研究発表がある。しかし例えば Rosenthal が 65% と述べているのは低きに失し、その理論的考察¹⁾

* 原稿受付 昭和26年 6 月

** 正員, 大阪大学教授, Member, Professor of Osaka University.

*** 正員, 阪大工学部大学院学生 (現在三菱化工機株式会社)
Member, Student of the Undergraduate-course of the Osaka University.