— 技 術 論 文 —

熔剤原料の粒度の大小と熔着鋼の性質*

森 口 勳** 米 井 滉**

The Properties of Deposit Metals due to the Grain Sizes of Flux Materials.

By I. Moriguchi, T. Yonei

Abstract

The authors studied to find the most suitable grain size of the flux materials with which to coat the arc welding electrodes.

Three kinds of fluxes respectively with five, two and only one material and five kinds of grain sizes, 200, 120, 70, 50 and 35 meshes respectively were taken.

The coating of coated electrodes, welded conditions and some properties of all deposit metals were tried for investigation.

Coating with large grains under 50 meshes was not satisfactory with regard to appearance and uniformity.

For some grains, many spatterings were found on the welded parts.

Of mechanical properties, impact resistance was better for small grains, while tensile strength and elongation were the highest for 70 mesh grain size.

The authors concluded that small grains did not always give better properties, but that the range between 70 and 120 meshes or proper combination of grain sizes was most suitable.

I. 序 文

熔接棒の熔剤を組成している原料は、研究者によつて夫々異つてゐるが、粉末の化学藥品以外はいかなる原料も、これを粉碎して、心線に塗布するといふことは同じである。

粉碎して塗布する限り、粉碎の程度、すなわち、粒度の大きさが、どの程度のものが最も理想的かという事は、一應考えられ、疑問を抱くことであると思う。

従来、これについては、粒度は小さい程良いとか、150mesh 以上はなくてはならぬとか言われ、又 200 mesh 以上もあれば高級品かの如く言われがちで、一般、常識的に粒度の小さいものが要求されている。

しかし、どの程度のものが一番良いか、これについては、未だ十分に検討されていないようであり、これに関する、まとまつた研究報告も見当らないようである。

筆者等は、熔接棒を研究、製作する立場からこれについて

- 1, 粒度の大小と製棒との関係
 - 2, 粒度の大小と熔着状態との関係
 - 3, 粒度の大小と熔着鋼の性質との関係
- 等を調べて見た。

* 原稿受付 昭和25年8月

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

Ⅱ. 供試材料

試験を進める上に、先づ、いかなる原料を選ぶか、又どの程度の原料の組合せが適当かを定めることは、本研究の重要な課題でもあり、相当考慮せねばならぬ問題である。

そこで第1表に示すような熔剤としての価値が一應考えられ、しかも一般に利用されているような原料の組合せの多元のものを選んだ。しかしこれでは原料相互の影響が大きくて、粒度の影響が消滅されるのではないかと懸念されるので、マンガン鉱石と珪石との二元のもの及び、マンガン鉱石のみの単元のものをも試験した。

これ等の熔剤を、次項に述べる方法で、粉碎篩分けして、第2表に示す心線に塗布した。心線は餘り良いものではなく、Mn 以外のものは殆ど規格外で、特に Si は甚だ多く、熔接心線としての価値を疑われるが、当時、手許にこれ以外に持合せがなかつたので、止むを得なかつた。塗布は、70%珪酸ソーダ溶液(比重1.457)を用いて充分混練して、4mm 心線に一本宛づつ浸漬塗布した。この場合、乾燥塗布量が心線重量に対して25%になるように、多元(記号F)はF心線に、二元(記号S)及び単元(記号

第 1 表 熔剤配合割合

種 類 記 号	多 元 二 元 単 元		
原 料 名	F	S	M
マ ン ガ ン 鉱 石	15	80	100
炭 酸 石 灰	16	—	—
鐵 鉱 石	8.5	—	—
螢 石	8.0	—	—
木 炭	7.5	—	—
珪 石	—	20	—
水 硝 子	70% 溶液 (比重1.457)		

第 4 表 記 号 及 び 篩 分 け 方 法

記 号 (粒度 mesh)			篩 分 け 方 法	備 考
多 元	二 元	単 元		
F 200	S 200	M 200	200mesh の篩を通過したもの	ボールミルにて粉碎したもの 第3表参照
F 120	S 120	M 120	200mesh の篩を通過せず 120mesh の篩を通過したもの	
F 70	S 70	M 70	120 " " 70 " "	
F 50	S 50	M 50	70 " " 50 " "	
F 35	S 35	M 35	50 " " 35 " "	
複合 F ₀	複合 S ₀	複合 M ₀	粉碎後直ちに 50mesh の篩を通過せしめたもの。	

第 2 表 使用心線の化学成分

記号	C	Si	Mn	P	S	Cu
F	0.10	0.14	0.37	0.036	0.024	0.17
S.M	0.14	0.16	0.40	0.013	0.055	0.40

M) はそれぞれ S 及び M に塗布した。

塗布状態を見ると、粒度が大きく、50mesh 以下では、どの熔剤の場合も、

- 粘着性が乏しく、塗布が困難になり、二度塗りをしないと所要量着かぬ。
- 乾燥製品の外觀が、小粒が隆起して、不円滑。なために、見劣りする。
- a 項のために、不均一になり易く、氣孔ができ勝である。

これ等のことは 50mesh では餘り目立たぬが、35 mesh では、甚しいようである。

Ⅲ. 粉碎及び篩分け

第1表の原料の中、炭酸石灰のみは 200mesh 以上の粒度であるから粉碎の必要はないが、その他のものは凡て、直径 750mm 長さ 550mm の、ボールミルに 60kg 宛装入し、これに白鉄製の直径 120mm のボール 15 個を入れて、1 分間 60 回の速度で回転せしめ、3 時間粉碎して取り出し、これを機械篩で 80

第 3 表 熔剤原料の粉碎及篩分け歩留り

品 名	篩分け歩留り (%)		粉碎及篩分け条件
	80mesh	130mesh	
マンガン鉱石	42.6	36.9	粉碎機 (ボールミル) 迴轉数 60 回/分 ボール数 (白鉄, 直径 120 mm) 15 個 一回装入量各 60kg, 粉碎時間, 3 時間 篩分け (機械篩, 一分間 220 回往復運動) 2.5 時間
鐵 鉱 石	35.0	22.5	
螢 石	47.5	35.8	
珪 石	41.6	36.7	

mesh 及び 130mesh で篩分すると各原料は、第3表に示すような歩留りになる。この程度に各原料は粉碎した。

この方法で粉碎したものを、標準篩を用いて、粉碎直後 200mesh の篩で篩分けて、これを通過したものを 200mesh とし、通過せぬものを 120mesh の篩にかけて篩い、通過したものを 120mesh とし、逐次 mesh の小さいもの即ち粒度の大なるものに移った。これ等の方法及び記号は第4表に示した。

参考のために、粉碎後 50mesh の篩で直接篩つたものを「複合」と名付けた。これを前記の方法で篩分けしたものの、粒度の割合は第5表に示したように、200mesh 以上のものが、全体の63%を占めていた。

この複合のものが、実際の場合には主として用いられるが、たゞ基準になる篩が100、或は 150mesh と高位に置かれることになつていようである。従つて、前述の各標準粒度のものと比較の意味で、同

第 5 表 複合の粒度割合

粒度(mesh)	重量(g)	割合(%)	備 考
200	670	62.6	粉碎及び篩分 は第3表及び 第4表を参照 の事
120	100	9.3	
70	85	8.0	
50	190	17.8	
50以下	25	2.3	
計	1,070	100	

時に試験を行つた。

IV. 熔接試験

熔着鋼の試験は、第1図に示した如く、一般鋼構造用被覆電弧熔接棒規定(JES 基本 9001)及び熔着金属比重試験方法(JES 基本 9003)に準じて行つた。但し、屈曲試験は規定がないから、引張試験片を全長直径10mmとして、これを用いることにした。

熔接は凡て、日立製の直流電弧熔接機を用い、正極性で、熔接電流 100~120Amp. 電弧電圧 22~26Volt として、出来るだけ条件を一定にする

ことに勉めた。

熔着状態を観察すると、粒度が大きくなるに従つて、

- スパッターが多く、その粒度も大きくなる。
- 電弧の安定性が悪くなる。
- スラッグの流動性が幾分低下する。
- ビードの波形が少々亂れて、シャープになる。
- 電流を強くせぬと、充分熔着ができぬ。

しかし、これ等の現象は、35mesh では少々目立つが、50mesh になると餘り明瞭でない部分もあり、70mesh 以上になると殆ど差異がない程度である。

それ故に、熔剤の粒度が大きくても、熔接することには、餘り大きな不都合は、ないようである。

V. 試験成績

第6表~第10表及び第2図~第5図に、各粒度に於ける全熔着鋼の試験成績を示し、又各表の最下段及び各図の右端に夫々の複合の成績を付記した。

(1) 多元熔剤の場合

第1表の多元熔剤を用いて熔接した場合の成績を第6表及び第2図に示した。全般の成績は、この熔剤組成では強度は低いが、割合に靱性は大きい。

抗張力及び伸率は 70mesh が一番良く、夫々 38.0kg/mm² 及び 29.0% であるが、シャルピー衝撃値は、粒度の小さいもの程良く、200mesh で 4.31 kgm/cm² のものが、粒度が大きくなるにつれて次第

JES9001 抗張及衝撃試験片寸法図

JES 基本 9003 比重試験片製作寸法図

第 1 図

第6表 熔剤の粒度の大小と熔着鋼の性質(其一:多元)

試験 記号 (mesh)	引 張 試 験								耐曲角度(°)		シャルピー 衝 撃 値 (kgm/cm ²)		ビツカー ス硬度数		見掛の比重	
	降 伏 点 (kg/mm ²)		抗 張 力 (kg/mm ²)		伸 率(%)		絞 率(%)									
	各片	平均	各片	平均	各片	平均	各片	平均	各片	平均	10ヶ所 平 均	各個	平均			
F 200	27.9 29.2	28.6	36.5 37.2	36.9	21.5 18.0	19.8	33.0 37.6	35.3	180 180	180	4.88 2.03 6.02	4.31	176	7.686 7.682	7.684	
F 120	28.0 28.0	28.0	37.2 36.9	37.1	24.5 24.5	24.5	32.9 39.2	36.1	180 180	180	1.30 3.92 0.77	2.00	172	7.736 7.750	7.743	
F 70	28.6 28.6	28.6	38.1 37.8	38.0	30.5 27.5	29.0	40.8 37.7	39.3	180 180	180	0.72 0.67 0.97	0.79	172	7.799 7.802	7.800	
F 50	27.6 26.1	26.9	37.8 37.6	37.7	22.5 25.5	24.0	34.6 32.8	33.7	180 180	180	0.42 0.41 0.42	0.42	174	7.752 7.770	7.761	
F 35	24.4 24.1	24.3	35.0 36.2	35.6	13.5 21.5	17.5	21.0 31.6	26.3	180 180	180	0.63 0.37 0.33	0.44	177	7.696 7.686	7.691	
複合 Fo	26.0 26.7	26.4	38.1 38.4	38.3	25.5 30.5	28.0	39.3 46.8	43.1	180 180	180	0.63 0.41 0.43	0.49	169	7.813 7.804	7.809	

に脆くなつて、50mesh で 0.42kgm/cm^2 に低下している。

粒度の大きさ (mesh) → 大

第2図 熔剤の粒度の大小と熔着鋼の性質(其一:多元)

割れ発生までの耐曲角度は全部 180° で一定し、硬度はビツカーズ175程度で、何れも粒度の大小に関係がないようである。

見掛けの比重は 70mesh のものが7.80で最高であつた。

これ等の成績に比べて、複合のものは、伸率が僅かに低く28.0%で、抗張力 38.3kg/mm^2 、比重7.81で何れも最高であるが、衝撃値は50meshのものに大差なく不良である。

参考のために熔着鋼の化学成分を第7表に示した。

第7表 多元系熔剤による熔着鋼の粒度の大小と化学成分

粒 度 (mesh)	C	Si	Mn	P	S	Cu
200	0.08	0.12	0.50	0.026	0.049	0.22
120	0.07	0.12	0.22	0.025	0.046	0.18
70	0.09	0.12	0.43	0.032	0.048	0.15
50	0.09	0.16	0.20	0.028	0.043	0.20
35	0.08	0.12	0.47	0.024	0.046	0.20
平 均	0.08	0.13	0.36	0.027	0.048	0.19
複 合 (Fo)	0.09	0.14	0.31	0.030	0.045	0.13

(2) 二元熔剤の場合

マンガン鉱石80、珪石20の割合に配合した。二元熔剤による熔着鋼の性質は第8表及び第3図に示した。

多元の場合と大体同じような傾向を示しているが、二元では 120mesh で、抗張力 40.0kg/mm^2 、伸率22.8%の最高値を示し、シャルピー衝撃値は200mesh で 6.78kgm/cm^2 のものが70mesh で最低値 0.86kgm/cm^2 である。35mesh で再び上昇して4.53

第 8 表 熔 剤 の 粒 度 の 大 小 と 熔 着 鋼 の 性 質 (其 二 : 二 元)

試 験 号 (mesh)	引 張 試 験				耐 曲 角 度 (°)		シャルピー衝撃値 (kgm/cm ²)		ビツカー ス硬度数 (平均値)
	抗 張 力 (kg/mm ²)		伸 率 (%)				各 片	平 均	
	各 片	平 均	各 片	平 均	各 片	平 均			
S 200	39.5	39.4	24.0	20.5	180	180	6.61	6.98	127
	39.2		17.0		180		8.15 6.18		
S 120	39.8	40.0	17.0	22.9	93	137 (180)	3.43	2.07	152
	40.2		28.5		180		1.26 1.53		
S 70	40.7	38.8	18.5	15.8	180	180	0.66	0.86	139
	36.9		13.0		180		1.09 0.84		
S 50	37.8	39.1	20.0	20.0	93	137 (180)	0.42	1.07	128
	40.4		20.0		180		0.98 1.82		
S 35	38.4	38.2	10.0	10.8	65	82	4.34	4.53	130
	37.9		11.5		98		5.02 4.22		
複合 So	41.6	41.0	23.0	20.8	180	180	4.72	4.96	125
	40.3		18.5		180		3.31 6.34

第3図 熔剤の粒度の大小と熔着鋼の性質(其二;二元)

kgm/cm² になっているが、この原因については、はつきりした説明がつかねる。耐曲角度は 35 mesh が 80° で最低である。

二元の場合も、複合は成績良好で、抗張力 41.0 kg/mm²、伸率 20.8%、耐曲角度 180°、衝撃値 4.96 kgm/cm² であった。

(3) 単元熔剤の場合

単一の原料がそのまま熔剤として用いられると言うことは考えられないが、粒度の影響を調べる上には寧ろこの場合の方が最も顕著に現われるのではないと思われる。

この意味の対称として選ぶ原料は純度が高く、化合物は混合成分によつて餘り相互に影響を及ぼさぬものが望ましいのであるが、熔着が甚しく不便であつたり、試験値が餘り低値であつたりすると、試験誤差が大きく響くのではないかと懸念されるので、この点のカバーが出来ると思はれるものとして、マンガン鉱石を選ぶことにした。

第9表及び第4図に、この試験成績を示した。図を見ると明らかなように、比重以外は、多元の場合(第2図参照)と殆ど同一の傾向を示している。すなわち、70mesh で抗張力 40.3kg/mm²、伸率 23.8% で最高値を示し、シャルピー衝撃値は 200mesh で最高 5.92、35mesh で最低 0.91kgm/cm² である。比重は全般に低く、120mesh で最低 7.70、35mesh で最高 7.76 である。

複合は、多元及び二元の場合に比べて少々低位にあるが、大体に平均値以上の値を示している。

(4) 総合成績

以上の三つの場合を総合して考えると、特別な、一、二の成績を除いては、大体の傾向は略一致していると思われる。

そこで、これ等の試験の中で主なもの、すなわち

第 9 表 熔剤の粒度と熔着鋼の性質 (其三: 單元)

試 験 記 号 (mesh)	引 張 試 験								シャルピー 衝 撃 値 (kgm/cm ²)		見 掛 の 比 重	
	降 伏 点 (kg/mm ²)		抗 張 力 (kg/mm ²)		伸 率 (%)		絞 率 (%)		各 片	平 均	各 片	平 均
	各 片	平 均	各 片	平 均	各 片	平 均	各 片	平 均				
M 200	26.9 26.7	26.8	39.1 39.2	39.2	18.5 21.5	20.0	29.1 27.8	28.5	5.92 —	5.92	7.7524 7.7530	7.753
M 120	27.4 26.9	27.2	38.8 39.6	39.2	18.5 23.0	20.8	24.5 32.6	28.6	5.65 4.97	5.31	7.7001 7.7124	7.706
M 70	27.9 28.0	28.0	40.3 40.2	40.3	23.0 24.5	23.8	31.3 32.8	32.1	4.66 5.10	4.88	7.7354 7.7469	7.741
M 50	25.6 26.7	26.2	39.6 39.2	39.4	27.0 20.0	23.5	35.8 32.8	34.3	1.77 2.10	1.94	7.7367 7.7457	7.741
M 35	26.7 25.3	26.0	37.9 39.6	38.8	16.0 21.5	18.8	24.5 27.6	26.1	1.13 0.68	0.91	7.7748 7.7490	7.762
複合 Fo	27.3 26.7	27.0	39.2 39.8	39.5	24.0 20.0	22.0	31.5 31.9	31.7	3.95 5.37	4.66	7.7615 7.7585	7.760

粒度の大きさ (mesh) → 大

第 4 図 熔剤の粒度の大小と熔着鋼の性質 (其三: 單元)

抗張力, 伸率, 衝撃値及び耐曲角度を選んで, 第10表にまとめ, 三つの場合のそれぞれの成績と, その平均値とをプロットして, 平均値のみを結んだものを第5図に示した。

この平均値の曲線を見ると, 抗張力は殆ど直線状で, 70meshで最高39.0, 35meshで最低37.5kg/mm²である。伸率も 50mesh以上では, 餘り急激な変化

第 5 図 熔剤の粒度の大小と熔着鋼の性質 (綜合)

- 多元配合 (5 種類)
- × 二元配合
- 單元
- ◎ 平均値

はなく, 70mesh まで粒度が大きくなるにもかかわらず, 僅かに上昇して, これも 70mesh で最高を示し 22.9% であるが, 35mesh では, 少々急激に降下して 15.7% である。シャルピー衝撃値は, 明らかに粒度の小さいもの程良く, 200mesh, 5.74 のものが

第 10 表 熔 剤 粒 度 の 大 き さ と 熔 着 鋼 の 強 さ (平均)

強 さ 篩 目 (mesh)	抗 張 力 (kg/mm ²)				伸 率 (%)				シャルピー衝撃値 (kgm/cm ²)				耐 曲 角 度 (°)		
	多元	二元	單元	平均	多元	二元	單元	平均	多元	二元	單元	平均	多元	二元	平均
200	36.9	39.4	39.2	38.5	19.8	20.5	20.0	20.1	4.31	6.98	5.92	5.74	180	180	180
120	37.1	40.0	39.2	38.8	24.5	22.8	20.8	22.7	1.66	2.07	5.31	3.01	180	(180) 136	(180) 158
70	38.0	38.8	40.3	39.0	29.0	15.8	23.8	22.9	0.79	0.87	4.88	2.18	180	180	180
50	37.7	39.1	39.4	38.7	24.0	20.0	23.5	22.5	0.42	1.07	1.94	1.14	180	(180) (136)	(180) 158
35	35.6	38.2	38.8	37.5	17.5	10.8	18.8	15.7	0.48	4.53	0.91	1.97	180	82	131
複合 O	38.3	41.0	39.5	39.6	28.0	20.8	22.0	23.6	0.49	4.96	4.71	3.39	180	180	180

粒度が大きくなるに従つて漸次低下して、50meshで最低1.14kgm/cm²を示している。耐曲角度は50 meshまでは大体180°と見なされるが、35meshでは131°に低下している。

複合の場合を見ると、抗張力は39.6kg/mm²で、どの粒度のものよりも成績が良く、伸率も亦どの粒度のものよりも良く23.6%である。又衝撃値は3.39 kgm/cm²で、200と120meshとの中間の値を示し、耐曲角度は180°である。

この成績から、複合すなわち、50meshを通過した第5表に示した粒度割合のものゝ成績は、衝撃値が多少低いだけで、他の成績はどの粒度のものよりも良いと言える。

しかし、複合中の粒度割合によつてこの成績は或程度変化するのではないかと考えられるのであるがこれまで述べたように、多元、二元、単元の三つの場合及び総合平均成績を見ると解るように、各単純粒度の夫々の成績は、35mesh以外は、衝撃値に可成の変化があるのみで、その他は略々直線状か或い

第 11 表 粉碎粒度の大小により原料主成分の化学成分の変化

原料名	化 学 成 分 (%)	粒 度 (mesh)					複 合
		200	120	70	50	平均	
マンガン鉱石	Mn	35.55	39.14	39.92	41.74	39.09	39.34
	SiO ₂	17.50	16.50	16.30	16.10	16.60	17.13
鉄鉱石	Fe	58.75	62.05	62.05	62.55	61.35	59.95
	SiO ₂	7.22	4.97	4.50	4.12	5.20	6.22
螢石	CaF ₂	61.09	56.41	53.05	46.48	54.26	61.76
	CaO	2.04	2.00	1.36	1.68	1.77	1.58
珪石	SiO ₂	90.26	92.84	91.70	92.04	91.71	94.06
	Fe ₂ O ₃	3.42	3.28	3.42	3.70	3.46	3.56

第 6 図 原料の粒度の大小による主成分の変化

は僅かな変化を示しているのみである。従つて厳密に粒度を単一化することは餘り意味がないと言える。

なお、このことは以上の試験結果から言えるのみでなく、次に掲げる第11表及び第6図によつても、うなづけるのである。

この表及び図は、使用した各原料の各粒度に於ける、主な化学成分を示したものであるが、これを見

ると、比重の大きいもの、すなわち Mn, Fe 及び Fe_2O_3 は粒度が大きくなる程、増加の傾向を示し、反対に SiO_2, CaF_2 及び CaO の如く軽いものは粒度が大きくなるにつれて減少している。従つて厳密な意味から言うと、同種類の原料を等量配合したものでも粒度が異ると溶剤配合割合が異なることになる。それ故に同一の溶剤でも粒度の影響のみでなく、各原料の主要成分の影響も考えられるから、これ等が相殺或いは助長されることになつて、前述の如く粒度の単一化そのものが餘り大きな意義を持たぬのではないかと考えられる。

それ故に、一般常識的に不良と思われる如き大粒のもの、即ち 35mesh 以下のものは論外として、衝撃値を幾分犠牲にすれば、塗布も熔着状態も悪くなく、強靱性も良い結果の得られる 70mesh 程度の単一粒度のものか、或は寧ろ 50mesh 以上の複合のものが、能率、歩留り及び価格の点からも却つて得策であるといえる。

Ⅵ. 結 論

五つの原料を組合せたものと、二つ及び単一の原料を用いたものとの三種類の溶剤について、20, 120, 70, 50, 35 及び 50mesh 以上の複合のものゝ塗布、熔着の状態及び全熔着鋼の性質を調べた結果、大体次のような結論を得た。

(1) 塗布状態

50mesh 以下の大きな粒度では粘結性が乏しいために、塗布が少々困難で、外觀が不均一になり勝ちで、小粒が隆起して見劣りがする。

(2) 熔着状態

粒度が大きくなると、特に 35mesh 程度では、スパッターが多く且つ太いために、電弧が不安

定であるから、ビードも不整である。

(3) 熔着鋼の性質

三種類の溶剤について、殆ど大差のない傾向を示した。

- 抗張力及び伸率は 70~100mesh 附近が一番優れた成績を示した。
- 割れ発生までの耐曲角度は、50mesh 以上の粒度では、殆ど変化なく良好であつた。
- シャルピー衝撃値は、粒度の影響が顯著で、粒度の小さい程成績は優秀で、50mesh 以下の大粒のものは非常に劣つている。
- 硬度は殆ど粒度に無関係である。

(4) 複合粒度と単一粒度

複合の場合は、単一粒度に比べて、衝撃値が、少々劣るのみで、抗張力、伸率は共にどの粒度のものよりも優れている。

これは、複合の粒度割合の如何が直接試験成績を左右するものでなく、複合の最大粒度を何 mesh にするかによつて決定される。

粒度の大小により、原料の含有成分が変化するから、予定された原料の有効な利用を計る意味からも複合の方が勝つている。

従つて、衝撃値を除く強靱性と経済的観点とから 70mesh 以上の複合粒度のものが、電弧熔接棒用被覆剤の粒度として最も適當だと思う。

しかし、単一粒度のもののみによる場合は 70~120mesh の範囲で差支えないと考える。

最後に、貴重な時間と、種々御高配、御教導賜つた、浅村部長、穴沢副長に心から感謝の意を捧げます。又、終始熱心に実験に携つた、平川、藤沢両君に謝意を述べます。