

鑄鋼材熔製法に関する考察 (補遺)

(昭和 24 年 4 月本會講演大會にて講演)

木 下 禾 大*

STUDY ON THE MELTING OF CAST STEEL BY
THE BASIC ELECTRIC ARC FURNACE (Supplement)

Toshihiro Kinoshita

Synopsis:

Generally, mechanical properties of cast steel are not equal in every case, according to their melting conditions. For examples, steels of the almost same chemical compositions have not equal mechanical properties in every case, especially in their elongation. These causes are studied from the melting conditions, and we gained following conclusions.

- (1) When the melting is abnormal, mechanical properties of the cast steel are abnormal, too.
- (2) Si content affect especially to the elongation.
- (3) Non-metallic inclusions may be the greatest factor affecting these properties.

Shock test is carried out, too, and we reached to the same conclusions. As for the non-metallic inclusions, it is reported that Si content of 0.3~0.4% is the best condition for decreasing them. And our result agree well, too. When the melting is not normal, and Si content is low, Si should be added to the standard (Si=0.3~0.4%). This method is tested and proved satisfactory.

At last, our melting operation is compared for many other foundry operations and proved not inferior to them.

I. 緒 言

鹽基性電氣爐による鑄鋼材熔製法に就ては先に筆者の見解を發表したが¹⁾, これを補ふ意味で現場作業の結果特に不良熔解による材質の偏差, 及びその原因に就て考究して見たい。

一般に電氣爐操業は相當の偏差を生じ, そのために熔製材にも大きな差を生ずるものである。これらの原因を探究して, その事故を除くことが熔製法發展のために缺ぐことの出来ない問題である。

筆者の工場での從來の結果を綜合すると, 成分略同一のものであり乍ら機械的性質中特に伸びが劣る例がある。これらの例について熔解條件其他を検討して熔製法の参考としたい。使用爐は 3t 及び 5t 鹽基性電氣爐である。

II. 調査の結果

熔解條件, 材質の機械的性質が明らかであるもので JES 試験片による機械的性質の差 (抗張力及び伸び) を比較した。これらの試験片はすべて現場の燒鈍爐で燒鈍されたものであるため, 燒鈍條件等必ずしも一定でなく

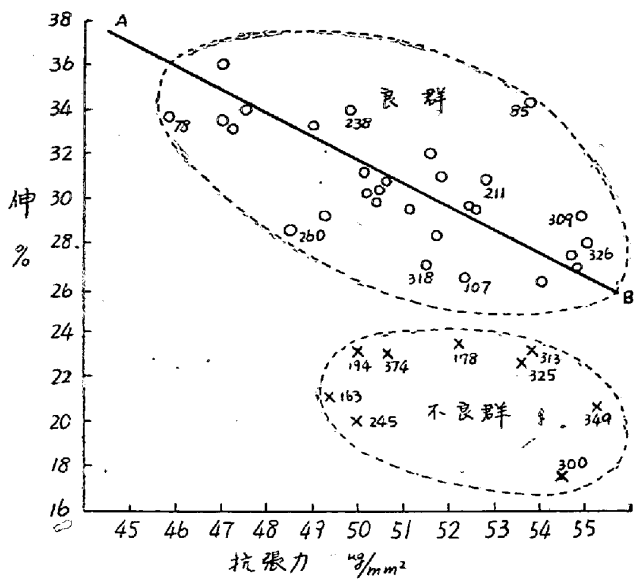
單に試験結果を比較することは出来ないので, 機械的性質に最も影響する炭素量略一定のもの (C=0.18~0.23%) に就て, 第 1 圖に示す様な抗張力—伸の關係を調査することとした。この結果によると良群, 及び不良群の間では同一抗張力で伸びに 10% に近い差があることが明らかとなつた。尙從來の約 3,000 熔解の平均値を示す線は A B 線であつて, 良群は大體この平均線の近くにあるが, 不良群は著るしくこれから偏つて居ることが知られる。

この良, 不良群中の數熔解に就て, 熔鋼の性質に關係があると思はれる次の項目に就て調査を行つた。

1. 酸化末期及び出鋼前熔鋼成分
(但し出鋼後取鍋中では C=0.18~0.23% のもの)
2. 酸化期時間, 鑛石使用量及び鑛石使用時間
3. 精鍊期時間
4. 差物中, Mn 及び Si の歩留
5. 出鋼溫度及び出鋼前諸試験結果

1. 酸化末期及び出鋼後熔鋼成分
電氣爐操業の死命を制するものは, 精鍊期よりもむしろ

* 西日本重工業長崎造船所



第1圖 溶解條件による機械的性質の差

數字は溶解番號を示す C=0.18~0.23%

る酸化期であり乍ら從來やもするとこれが輕視され勝ちであるが、今回の調査の結果は案外にも、良、不良群の間には差が少なく、酸化末期の C, Mn 量は平均値では殆ど變化がないことを示して居る。唯、強いて言へば P の量が良群の方が低く、常識的に酸化が順調であつたことを示して居る。これは後述の様に良群の方が一般に酸化時間が短いことと關聯して鑛石の作用が有效であつたことを物語るものである。

出鋼後成分に就て見ると、他の成分は殆ど變化がないが Si 量が良群の方が高い。これは Si 投入量の差にもよるが、むしろ Si の歩留が良いためで、その結果として材質が健全となつて居ることが推定される。

2. 酸化期時間、鑛石使用量及び鑛石使用時間

酸化期全時間は良、不良群の間に殆ど差は認められない。唯 3t 爐の場合、一例丈停電事故の爲に著るしく長いものがある。

鑛石使用量も殆ど差はない。

これに反して鑛石使用時間は大體に於て、不良群の方が長いことを示して居る。鑛石使用量、酸化末期 C 量が略同一であり乍ら鑛石使用時間が長いことは、結局沸騰が不十分であつたことであり、これは酸化末期 P 量が不良群の方が高いことから推定されたことである。或は又これは酸化のみが進行して肝心の沸騰が不十分で鑄鋼が徒らに酸化したとも言ひ得る譯で、後述の Si の歩留の悪いこともそのためであらう。

第2表 酸化期條件の差

	熔解番號	鑛石使用量 kg/t	酸化期間 時	鑛石使用時間
良群	5-211	22	3°-45'	1°-25'
	5-238	16	3°-30'	1°-10'
	5-260	10	3°-4'	51'
	5-318	24	3°-43'	1°-13'
	3-107	39	3°-50'	50'
	3-326	23	2°-20'	35'
	3-309	18	2°-45'	45'
	5-85	21	3°-50'	1°-15'
	3t 平均	27	2°-58'	45'
	5t 平均	19	3°-34'	1°-9'
不良群	5-163	21	4°-34'	1°-19'
	3-374	20	3°-22'	1°-22'
	3-178	40	4°-0'	1°-0'
	5-349	35	3°-27'	1°-27'
	5-325	12	4°-30'	1°-20'

第1表 酸化末期及び取鋼中熔鋼成分

	熔解番號	酸化末期			取鋼中				
		C	Mn	P	C	P	S	Mn	Si
良群	5-211	0.11	0.06	0.013	0.20	0.014	0.035	0.64	0.53
	5-238	0.08	0.07	0.007	0.18	0.014	0.013	0.62	0.36
	5-260	0.10	0.14	0.006	0.20	0.011	0.009	0.82	0.20
	5-318	0.16	0.20	0.014	0.23	0.031	0.018	0.80	0.22
	3-107	0.12	0.15	0.006	0.22	0.021	0.045	0.76	0.20
	3-326	0.03	0.07	0.025	0.18	0.032	0.021	0.94	0.50
	3-309	0.02	0.09	0.022	0.18	0.036	0.021	0.54	0.57
	5-85	0.16	0.16	0.015	0.19	0.021	0.003	0.78	0.43
平均	0.10	0.12	0.014		0.022	0.021	0.73	0.38	
不良群	5-163	0.13	0.12	0.027	0.20	0.033	0.024	0.59	0.26
	3-374	0.03	0.09	0.011	0.18	0.029	0.019	1.03	0.26
	3-178	0.07	0.08	0.032	0.19	0.028	0.023	0.56	0.27
	5-349	0.16	0.12	0.043	0.22	0.057	0.024	0.94	0.23
	5-325	0.10	0.22	0.023	0.20	0.038	0.016	0.83	0.20
良群	5-313	0.04	0.10	0.006	0.23	0.016	0.008	0.70	0.26
	5-245	0.18	0.09	0.014	0.21	0.021	0.018	0.78	0.35
	平均	0.10	0.12	0.022		0.031	0.017	0.78	0.26

(第2表つゞき)

良	5-313	13	3°-0'	1°-0'
	5-300	18	4°-33'	1°-33'
	5-245	20	2°-32'	1°-52'
群	3t平均	30	3°-41'	1°-11'
	5t平均	19	3°-48'	1°-20'

3. 精鍊時間

第3表に示される様に精鍊期時間には兩者の間に殆ど差が認められない。

第3表 精鍊期時間の差

良 群		不 良 群	
熔解番號	精鍊期時間	熔解番號	精鍊期時間
5-211	58'	5-163	55'
5-238	60'	3-374	48'
5-260	40'	3-178	157' *1
5-318	50'	5-349	53'
5-85	55'	5-325	45'
3-107	49'	5-313	55'
3-326	55'	5-300	85'
3-309	55'	5-245	48'
平均	53'	平均	56' *2

*1 電力故障

*2 3-178 を除く

4. Mn, Si の歩留

精鍊期 Mn, Si の歩留を第4表に比較した。この結果によると Fe-Mn の投入量は電力故障で精鍊時間が著るしく延長した。3-178を除き殆ど同様である。これに反して 5t 爐の場合、Fe-Si の投入量が不良群の方が少ないことが示されて居る。

次に Mn, Si の歩留は Mn の場合には殆ど差がないが、Si の場合には明らかな差があり、不良群の方が悪いことを示して居る。この結果、第1表の様に出来上りの Si 量に差が生じた譯である。この原因は酸化期が不調であつたこと、或は Fe-Si の投入量が少なかつたこととも關聯するであろう。何れにしる、Si の歩留が悪いことは精鍊期に無理があつたことが推定され、その結果材質に悪影響を及ぼして居ることが想像される。

第4表 差物添加量及び歩留

熔 解 番 號	差物添加量 kg		歩留 %	
	Fe-Mn	Fe-Si	Mn	Si
5-211	60/6t	65	97	78
5-238	50/6t	40	110	85
5-260	45/6.5t	50	164	37
5-318	51/6.5t	40	127	57
3-107	39/3.3t	28	86	35

群	3-326	34/3.5t	25	152	105
	3-309	40/3.4t	35	64	91
	5-85	40/6t	35	151	114
	平均	49/6t 38/3.5t	46 29	119	75
不 良 群	5-163	45/6.3t	40	110	66
	3-374	34/3t	29	138	43
	3-178	50/3t	31	48	42
	5-349	55/6t	45	99	49
	5-325	50/6.5t	40	122	50
	5-313	50/6t	40	120	62
	5-245	40/5t	30	144	89
平均	47/6t 47/3.5t	39 30	112	57	

註 Fe-Mn, Fe-Si は何れも 60% として計算したため Fe-Mn の歩留過大となる。

5. 出鋼温度及び出鋼前諸試験結果

第5表に示される様に出鋼温度には大差なく、又滓の色、其他、或は生型試験、高温曲げ試験の結果にも差は認められない。このことから伸びに差を及ぼす原因は肉眼的の巢ではなく、非金属介在物ではないかと推定される。

第5表 出鋼温度及び出鋼前諸試験結果

	熔解番號	滓の色	生型巢 試 験	高温曲げ 試 験	出鋼温度
良	5-211	灰褐	10點	良	1655°C
	5-238	灰白	10?	點狀龜裂	1640
	5-260	灰黒	10	良	1670
	5-318	灰白	10	良	1665
	3-107	—	10	良	1645
	3-326	—	10	良	—
	3-309	—	9	良	1670
群	5-85	灰白	10	點狀龜裂	1640
	5-163	灰	10	良	1665
不	3-374	灰	10	良	—
	3-178	—	10	—	1655
	5-349	灰白	10	良	—
良	5-325	灰黒	10	點狀龜裂	1680
	5-313	—	10	良	1650
	5-300	—	10	龜 裂	1630
	5-245	灰白	10	良	1630

6. 其他の熔解條件

以上の他に熔解條件を調べて見ると、良群の方には異常が記録されて居ないのに比して、不良群ではその 50% に當る 4 熔解に異常が認められて居る、即ち次の通りである。

5-300, 酸化期電力を 4000A に制限され、湯温上昇困難、ために精鍊期に 8000A を使用する。

3-1278, 酸化期 (45分), 精鍊期 (1時間 25分) 停電、操業時間著るしく延長す。

3-374, 酸化期に爐底浮く, 精鍊期に電極折れ込み, 除去出來ず, そのまゝ出鋼す.

5-163, 酸化期に爐底浮く, 酸化精鍊不十分を知り乍ら除滓す.

III. 衝撃値及び非金属介在物

前述の様に伸びに差を生ずる原因として, 非金属介在物の量が當然考えられるので, 更に他の一群の試験片に就て非金属介在物及び衝撃値を比較した. 供試試験片は一群中, 平均線から最も偏つて居るもの各3個より求めた. 衝撃値は各3本の平均値を求め, 介在物は試片中央を檢鏡した.

これらの試験片の分析結果を見ると第6表の様に良, 不良群に就ては明らかに Si 含有量に差があり, 又 Mn C にも差が認められる. 衝撃値にも一應の差が認められる.

又介在物も略良群の方が少ない傾向がうかがはれた.

第6表 衝撃試験結果

熔解番	C	P	S	Mn	Si	アイソット	機械試験判定結果
397	0.220	0.035	0.016	0.68	0.19	4.5	平均 不良 5.4 //
358	0.230	0.018	0.014	0.87	0.14	6.2	
361	0.220	0.020	0.025	0.81	0.17	5.6	
364	0.190	0.012	0.016	0.90	0.20	5.7	平均 良 6.7 //
370	0.190	0.016	0.020	0.95	0.29	5.8	
393	0.180	0.018	0.009	0.94	0.28	8.7	

唯この原因として前にも述べた様に Si 量の低いことは脱酸が不十分であつたのか, 或は脱酸剤の添加を誤まつたのかは不明であるが, 操業の際には大體 Si の投入量は一定して居るのであるから, 矢張 Si の歩留が悪く脱酸不十分であつたと推定する. 唯この様な場合に, 更に規定量迄 Si を加へた時, 材質が改善されるか否かは残された問題である.

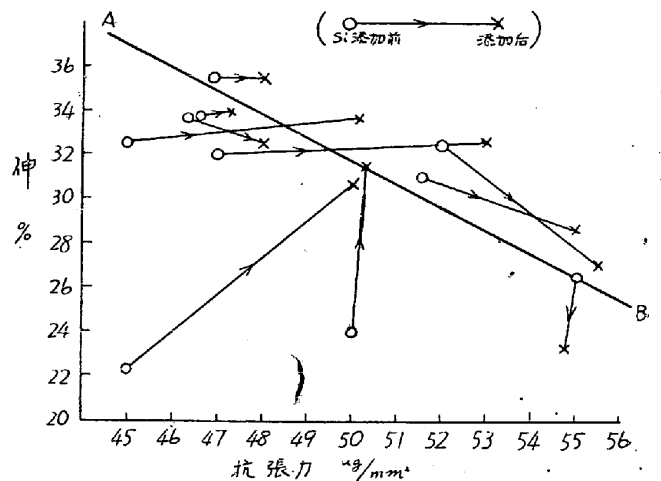
IV. Si を強制添加した場合の結果

前述の様に Si 含有量が低いものは材質が劣る結果を示して居るが, 實際操業の場合これに對處する策を構じねばならない. 最も簡単な場合として出鋼前の熔鋼が Si 含有量が低い場合に, 規定量迄 Si を追加することの是非を試験するために, Si 量が低いと思はれる熔鋼を小取鍋に取り, Fe-Si を更に添加して材質を試験した.

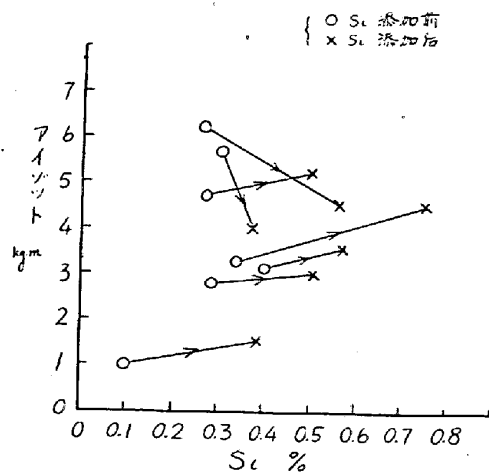
その結果を第2, 3圖に示した. 第2圖の抗張力, 伸びの關係を見ると, Fe-Si 添加前に材質不良であつたも

のは, Fe-Si の添加により平均線 AB に近づく傾向を示し, 不良の度が大きいもの程, 改善の度が大きいことが知られる. 更に第3圖の衝撃値を見ると, 一般に衝撃値の低いものは Fe-Si の添加によつて改善されるが, 元々高いものは却つて低下することが推定される.

これらの結果から出鋼前 Si 含有量の低いものには更に Si を強制追加することが有利であることが知られる. この Si 添加の限度を決めることは六ヶしいが, 二三の資料²⁾によつても強制脱酸の効果は認められて居り, 更に Si の限界として, 0.8~0.4% で介在物は最少となるとも報告されて居り, この結果は大體筆者の見解とも一致するので, 操業に當つては筆者等の提唱する様に 0.4% > Si > 0.35% となる迄 Si を添加することが有利であると確信する.



第2圖 Si の強制添加による機械的性質の變化



第3圖 Si の強制添加による衝撃値の變化

V. 總括

機械的性質の差のある、良、不良、熔解群の熔解條件を調査した結果、次の諸點に差があることが認められた。即ち

(1) 不良のものは、酸化末期脱磷不十分であると共に、仕上りの珪素量が低い。

(2) 不良群の方が鑛石使用時間が長い。

(3) 不良群は精鍊期 Si の歩留が悪い。

(4) 熔解中に、爐、電極、電力等に故障のあつたものは不良熔解となる率が多い。

等である。これを熔解者の立場から考へると

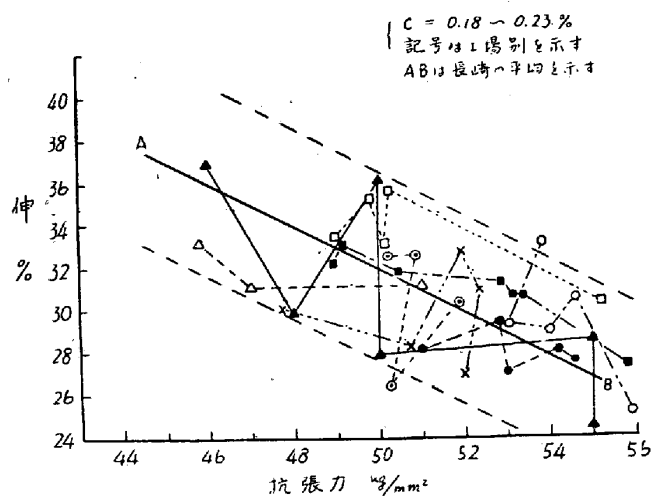
(1) 爐の整備を十分に行うこと。

(2) 酸化期を慎重に操業すること、酸化状態を吟味し、脱炭速度、酸化程度に注意すること。

(3) 精鍊期の脱酸は十分に行い、珪素量は規定通り $Si > 0.35\%$ とすること、若し不足の場合は更に追加することが望ましい。

ということになり、爐の整備と、操業規準の實行が最も重要であることが明らかになつたと信ずる。

最後に筆者等の操業による結果を各社の結果と比較したものが第4圖であるが、これから見ると筆者等のものは略各社の結果の平均の位置にあり、筆者の提唱する操



第4圖 各種熔解法による機械的性質

業法が決して劣るものでないことを示して居る。

(昭和 25 年 5 月寄稿)

文 献

- 1) 昭和 24 年 4 月鐵鋼協會第 38 回講演會發表
- 2) 越谷, 鐵と鋼, 35 年 12 號
- 3) 小林, 鐵と鋼, 28 年 6 號

焼入硬度曲線の形態(II)

(昭和 19 年 2 月本會及機械學會共催講演會にて講演)

三 島 德 七* 三 橋 鐵 太 郎*

ON THE BEHAVIOUR OF HARDNESS-CURVE OF QUENCHED STEELS (II)

Tokushichi Mishima and Tetsutarō Mitsuhashi

Synopsis:

(1) The hardness decreasing of quenched steel by higher quench temperature will be caused mainly by the decarburising and the increasing of amount of residual austenite, and not by the grain growth, which will cause hardness decreasing of only 5 units of Rockwell C scale by the increasing of 5 grain size number (32 times in number of grain size).

(2) Between the grain size and the hardness of martensitic steels (several alloyed steels) and high carbon steel, the following relation appears to exist: $H_B = p \log n + q$

(p, q : const. n : numbers of grains, H_B = Hardness)

* 東大工學部冶金學教室