

答 碎けます。

問 それから熔鑛爐に入れる大きさにしたり、荷役をしたりする間に、粉鑛が相當出來ますか。

答 其處はまだ分りませんが、普通の堅いのよりいくらか粉鑛が出來はせぬかと思ひます。

問 交代鑛床と仰しやいましたが、何を交代したのですか。

答 それは元の片岩です。絹雲母片岩などがありましてその元の岩石の片理が今の鑛石にまでそのまま現はれて居るのであります。

問 さう云ふものは無くなつた譯ですか。

答 さうです。その間に少し喰ひ残しのやうなものが隅に見えますが、それは量としましては僅かのものであります。(完)

海綿鐵の製造とその熔解試験に就て

錦 織 清 治*・淺 野 輝*

MANUFACTURE AND MELTING TEST OF SPONGE IRON

Seizi Nisigori, Kogakuhakushi and Akira Asano

SYNOPSIS:—The present report is the result of the preliminary research for industrialization and the semi-industrial test for manufacturing sponge iron from a hematite with little silica; and the result of actual melting test for the application of hematite to the basic electric arc furnace. Hematite ore was prepared in particles with the size 3~15mm and reduced at about 1000°C with coal, consequently yielding a sponge iron of which the metallic iron is 70~80% and the reduction rate above 90%. When the hematite was used for the charge into the electric arc furnace, about 10% increase in electric power and melting hours was observed than in the all-scrap method. The product was found to be of good quality.

目 次

I. 緒 言

II. 基礎的還元實驗

1. 供試原料

A) 鐵鑛石 B) 還元劑 a) 石 炭 b) コークス
c) コーライト

2. 實 験

A) 還元操作 B) 還元率の決定法 C) 實驗結果 a) 鑛石
粒度・還元温度・還元時間の還元率に及ぼす影響 b) 石炭
配合割合の還元率に及ぼす影響 c) 接觸劑の還元率に及
ぼす影響 d) 淨水, 食鹽水, 石灰乳急冷の還元率に及ぼ
す影響 i) 淨水急冷 ii) 2% 食鹽水急冷 iii) 石灰乳
急冷 e) 還元劑の還元率に及ぼす影響

3. 總 括

III. 回轉爐に依る海綿鐵製造試験

1. 序 言

2. 使用原料

A) 鐵鑛石 B) 石 炭 C) 鐵鑛石及び石炭の粒度

3. 試験成績

A) 石炭配合量 B) 裝入量 C) 爐内温度 D) 爐回轉時間
E) 石炭吹込ネヂの回轉數 F) ガス分析 G) 使用鑛石及び
石炭量

4. 總 括

IV. 電氣弧光爐に依る熔解試験

1. 序 言

2. 海綿鐵分析

3. 熔解方針

A) 裝入方法 B) 熔解方法 C) 除滓方法 D) 還元精錬

4. 試験結果

5. 總 括

V. 結 論

I. 緒 言

屑鐵の不足問題は吾が國製鋼界に於ける刻下最大の關心事である。その對策に就ては、朝野を擧げて眞摯なる努力研究が拂はれて居る。

著者等はその對策の一として、富鑛をセメント製造用遊休爐によつて低温度還元を行ひ所謂海綿鐵を製造し、以て弧光爐、平爐の裝入屑鐵の一部をこれにより置換せんとするものである。

本方法はその製造設備に資材を要すること少く且技術も比較的容易であるが故に、緊迫せる現下の情勢より見て機宜を得たる應急の有効手段なりと信ずる。

本報告は海綿鐵の大量生産試験とその弧光爐に依る熔解試験との結果であり、試験は未だ初期のもので目下逐次改良の途上にあるものであるが、取敢へず茲に公表に

* 大同製鋼株式會社

供し以て大方諸賢の御批判御指導を仰がんとするものである。

II. 基礎的還元實驗

1. 供試原料

A) 鐵 鑛 石

製鋼工場にて使用してゐた赤鐵鑛石を粉碎して使用した。その分析一例は次の如し。

59.94 T. Fe, 84.20 Fe₂O₃, 1.66 FeO, 4.30 SiO₂, 1.80 Al₂O₃, 0.28 MgO, 0.43 CaO.

鐵鑛石は粉碎して粒度を次の 6 種とした。

4 mm 以下 4~5 mm 5~8 mm 8~10 mm 10~15 mm 15~20 mm

B) 還 元 劑

a) 石 炭 九州目尾石炭を使用す。石炭は 4 mm 以下に粉碎して使用した。石炭の平均分析は次の如し。

0.73% 水分, 38.00% 揮發分, 56.28% 固定炭素, 4.99% 灰分。

b) コークス 石炭同様 4 mm 以下に粉碎して使用した。その平均分析は次の如し。

1.40% 水分, 3.20% 揮發分, 80.46% 固定炭素, 14.94% 灰分。

c) コーライト 4 mm 以下に粉碎して使用した。その平均分析は次の如し。

4.15% 水分, 9.15% 揮發分, 68.65% 固定炭素, 18.15% 灰分。

2. 實 驗

A) 還元操作

一定粒度の鐵鑛石 100 g を 50% の還元劑とよく混合し内徑 50 mm, 深さ 50 mm の鋼製蓋付の圓壺容器に入れこれを内徑 100 mm, 長さ 500 mm のニクロム線抵抗爐に入れ還元時間, 還元温度を順次變へて還元を行つた。還元温度は爐中に入れたアルメルクロメル熱電對に依つて讀んだ。鑛石粒度は前述の 6 種となし, 還元温度は 850°, 900°, 950°C の 3 種, 還元時間は 2, 4, 6, 8, 10 h とした。

B) 還元率の決定法

嚴密には鐵鑛石中の酸素の除去された量の全酸素量に對する割合を % で出すべきであるが實用上の便宜を考へて海綿鐵中の金屬鐵量の全鐵量に對する割合を % で示した。

即ち

$$\text{還元率}(\%) = \frac{\text{海綿鐵中の金屬鐵量}\%}{\text{海綿鐵中の全鐵量}\%} \times 100$$

こゝに採用した還元率の算定法では Fe₂O₃, Fe₃O₄ が FeO に還元されたのは考へてない。

C) 實驗結果

a) 鑛石粒度・還元温度・還元時間の還元率に及ぼす影響 石炭を鑛石量の 50% とし, 前記 6 種の鑛石粒度に對し還元時間を 2, 4, 6, 8, 10 h, 還元温度を 850°, 900°, 950°C と變へた場合の成績は第 1~6 表である。

これを各還元温度に對し鑛石粒度・還元時間・還元率につき圖示すると第 1~3 圖の如し。

還元率は還元時間増し, 還元温度上昇する程大となり, 鑛石粒度小なる程大となる。還元温度 950°C では 6 種共 6~8 h で大體還元率 90% 以上となる。これより還元温度は大體 1,000°C 位で充分と考へられる。

第 1 表 鑛石粒度 4 mm 以下系還元試驗成績

還元温度 °C	還元時間 h	分析項目				
		全鐵量	金屬鐵量	FeO	還元率	
850	2	75.22	28.19	60.65	37.50	
	4	77.02	36.39	51.14	47.25	
	6	79.46	41.92	47.19	52.76	
	8	80.24	48.95	39.91	61.10	
900	2	84.80	61.20	30.30	72.22	
	4	86.70	67.33	23.90	77.66	
	6	86.93	70.50	20.33	81.10	
	8	89.06	81.47	9.29	91.48	
950	2	90.31	77.51	16.47	85.24	
	4	91.21	85.38	7.49	93.62	
	6	91.96	88.95	3.87	96.63	
	8	92.00	90.22	2.30	98.17	

第 2 表 鑛石粒度 4~5 mm 系還元試驗成績

還元温度 °C	還元時間 h	分析項目				
		全鐵量	金屬鐵量	FeO	還元率	
850	2	75.92	25.53	62.50	33.65	
	4	77.92	35.08	53.81	45.05	
	6	80.59	41.29	48.05	51.23	
	8	80.70	44.40	45.40	55.00	
900	2	85.69	54.08	39.80	63.18	
	4	86.91	62.59	30.76	72.00	
	6	88.53	68.24	25.70	77.10	
	8	89.24	74.54	18.06	83.50	
950	2	89.02	70.98	23.10	83.50	
	4	89.91	78.68	14.28	92.40	
	6	90.58	86.23	5.98	95.30	
	8	91.46	89.49	2.31	97.85	

第 3 表 鑛石粒度 5~8 mm 系還元試驗成績

還元温度 °C	還元時間 h	分析項目				
		全鐵量	金屬鐵量	FeO	還元率	
850	2	70.26	17.38	68.35	24.69	
	4	70.48	25.44	58.20	36.25	
	6	70.45	28.95	53.15	41.09	
	8	75.11	34.01	52.61	45.25	
900	2	78.94	43.22	40.05	51.38	
	4	81.88	55.60	25.99	67.90	
	6	86.45	65.29	21.23	75.52	
	8	87.10	73.09	16.62	83.90	
950	2	82.15	66.14	19.10	81.75	
	4	86.45	78.15	9.42	90.04	
	6	87.31	82.84	2.97	94.90	
	8	88.34	85.36	1.93	96.60	

第4表 鑛石粒度 8~10mm 系還元試験成績

還元温度 °C	分析項目	還元時間 h				
		2	4	6	8	10
850	全鐵量	70.78	71.13	73.15	75.93	77.68
	金屬鐵量	9.12	12.38	20.85	24.93	28.67
	FeO	78.40	74.39	66.95	64.56	61.84
	還元率	12.90	17.32	28.17	32.83	36.90
900	全鐵量	75.26	75.48	79.93	80.15	80.80
	金屬鐵量	30.10	42.42	50.82	53.65	61.20
	FeO	58.15	42.50	37.42	33.73	25.05
	還元率	40.12	56.20	63.52	66.94	75.80
950	全鐵量	79.06	83.62	87.00	91.23	92.78
	金屬鐵量	55.48	71.90	81.75	86.48	88.93
	FeO	31.58	13.79	6.73	5.63	4.94
	還元率	70.12	85.59	93.97	94.74	95.85

第5表 鑛石粒度 10~15mm 系還元試験成績

還元温度 °C	分析項目	還元時間 h				
		2	4	6	8	10
850	全鐵量	72.06	72.63	76.65	79.01	79.46
	金屬鐵量	5.96	11.91	18.39	24.78	26.11
	FeO	84.60	77.52	68.60	69.41	68.29
	還元率	8.27	16.50	24.00	31.37	32.71
900	全鐵量	77.69	78.30	79.95	81.07	83.22
	金屬鐵量	24.43	38.62	41.52	41.64	48.01
	FeO	68.50	50.36	49.24	50.20	43.51
	還元率	31.52	48.89	48.75	51.11	57.69
950	全鐵量	83.32	84.68	91.21	91.00	92.67
	金屬鐵量	55.85	69.86	82.22	85.20	87.81
	FeO	35.40	19.06	11.65	7.52	6.25
	還元率	67.10	82.50	88.20	93.66	94.78

第6表 鑛石粒度 15~20mm 系還元試験成績

還元温度 °C	分析項目	還元時間 h				
		2	4	6	8	10
850	全鐵量	71.65	73.43	73.75	75.67	76.80
	金屬鐵量	3.70	7.42	10.38	15.31	20.10
	FeO	86.92	84.88	81.20	76.11	70.27
	還元率	5.16	10.11	14.08	20.11	26.17
900	全鐵量	74.55	78.75	81.69	82.01	83.09
	金屬鐵量	18.54	31.25	33.81	40.24	42.60
	FeO	69.25	60.07	60.58	53.40	51.75
	還元率	24.52	39.82	41.39	49.07	51.25
950	全鐵量	82.14	83.37	93.74	94.30	94.30
	金屬鐵量	52.55	60.14	74.94	80.13	85.20
	FeO	37.98	28.45	24.18	17.72	11.06
	還元率	64.01	73.34	79.95	84.09	90.35

b) 石炭配合割合の還元率に及ぼす影響 石炭の配合割合の影響を見るために鑛石に対する石炭の配合割合を變へて還元試験を行つた。その結果は第7表の如し。

石炭は鑛石量に對し 20, 30, 40, 50, 60% とし、鑛石粒度は 8~10mm, 還元温度 950°C, 還元時間 8h 一定とした。

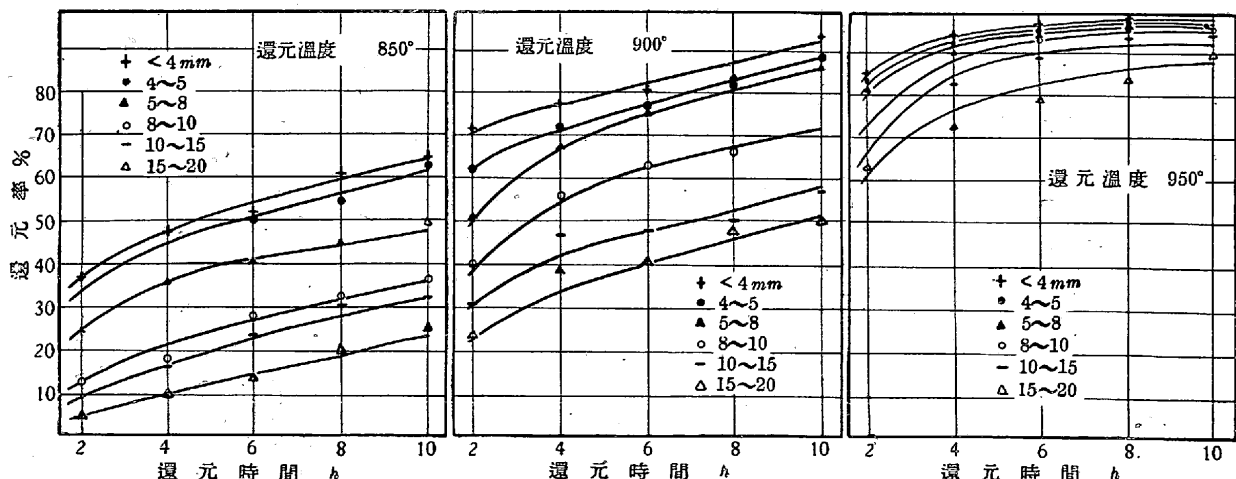
第7表 石炭配合割合と還元率との關係

石炭配合 %	20	30	40	50	60
全鐵量	85.26	86.48	87.70	91.28	91.80
金屬鐵量	56.76	74.57	79.91	86.48	89.92
FeO	36.16	16.10	10.51	5.63	2.31
還元率	66.57	82.2	91.2	94.74	98.47

c) 接觸劑の還元率に及ぼす影響 鐵鑛石を還元性ガス又は固體還元劑を用ひて還元する場合接觸劑としてアルカリ又はアルカリ土金屬の鹽類を加へて還元すると還元反應を促進すると言はれ、岩瀬博士その他の研究がある。實際の場合安價に手に入ることを考慮し、石灰石を粉狀として鐵鑛石の5%を加へて還元率の増加の割合を調査した。鑛石粒度 10~15mm, 還元温度 900°C とし、還元時間を

第8表 鑛石粒度 10~15mm 系還元試験成績

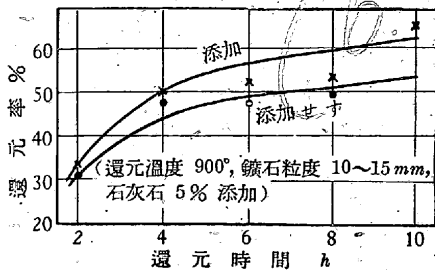
還元温度 °C	分析項目	還元時間 h				
		2	4	6	8	10
900	全鐵量	77.69	78.30	79.95	81.07	83.22
	金屬鐵量	24.43	38.62	41.52	41.64	48.01
	FeO	68.50	50.36	49.24	50.20	43.51
	還元率	31.52	48.89	48.75	51.11	57.69
(石灰石 5%)						
900	全鐵量	76.35	78.03	78.80	79.91	80.02
	金屬鐵量	25.54	40.02	42.29	43.41	53.43
	FeO	65.20	48.15	46.73	48.14	34.33
	還元率	33.42	51.23	53.67	54.32	66.77



第1圖 各鑛石粒度に依る還元率と還元時間との關係

第2圖 各鑛石粒度に依る還元率と還元時間との關係

第3圖 各鑛石粒度に依る還元率と還元時間との關係



第4圖 接觸劑使用の有無に依る還元時間と還元率との比較圖

て圖示したものが第4圖である。この結果より石灰石を加へる事に依り多少還元率は増加するが期待する程でないことを知る。

d) 淨水, 食鹽水, 石灰乳急冷の還元率に及ぼす影響

海綿鐵を爐から出すや直ちに淨水, 2%食鹽水, 石灰乳で急冷して空氣放冷の場合と比較し再酸化の度合を調査した。

i) 淨水急冷 鑛石粒度 4~5mm のものを還元温度

950°C, 還元時間 8h とし, 爐から出すや否や淨水で急冷し, 水から上げるや直ちに海綿鐵は乾燥する程度であげ1晝夜放置後分析した。その結果は第9表に示した。尙上述の條件で還元し空氣放冷したものゝ成績は第2表に見るや還元率に全鐵量 91.46%, 金屬鐵量 89.49%, FeO 2.31%, 還元率 97.85% である。

第9表

實驗番號	1	2	3
全鐵量	81.02	82.75	84.06
金屬鐵量	61.25	49.09	55.05
還元率	75.60	59.42	65.62

ii) 2% 食鹽水急冷 前と同様な條件で還元しこれを

2% 食鹽水で急冷した。その結果は第10表の如し。

第10表

實驗番號	1	2	3
全鐵量	66.44	70.28	75.84
金屬鐵量	25.41	28.85	30.25
還元率	38.38	40.95	39.95

iii) 石灰乳急冷 鑛石粒度 5~8mm のものを還元温度

950°C 還元時間 8h とし, 爐から出すや否や前と同一の操業に依り石灰乳で急冷した。その結果は第11表の如し。これと同一條件で還元したものを空氣放冷した成績は 88.34% 全鐵量, 85.36% 金屬鐵量, 1.93% FeO, 90.60% 還元率である。

再酸化の割合は石灰乳が最も少く, 淨水, 食鹽水は大部酸化する。石灰乳使用の時は空氣放冷の場合に比し還元率約 80% である。

第11表

實驗番號	1	2	3	4
全鐵量	84.15	85.93	78.57	87.38
金屬鐵量	70.08	67.07	60.93	77.67
還元率	84.23	78.15	77.53	88.90

e) 還元劑の還元率に及ぼす影響 還元劑の還元率に

2, 4, 6, 8, 10 h と變更した場合の成績は第8表の如し。

又同一條件にて石灰石を加へぬ場合と比較し

及ぼす影響をみるために石炭以外にコークス及びコーライトを石炭同様 50% 使用し, 鑛石粒度 4~5mm 系, 5~8mm 系につき還元温度を 900°, 950°C の2種, 還元時間を 6, 8, 10h として還元率を調査した。第12表はコークス 50% を混じて還元した場合, 第13表はコーライト 50% を使用した場合, 第14表は石炭 20%, コークス 80% の混合物 50% を使用した場合の成績を示す。

第12表 コークス 50% 使用 鐵鑛石還元試験成績

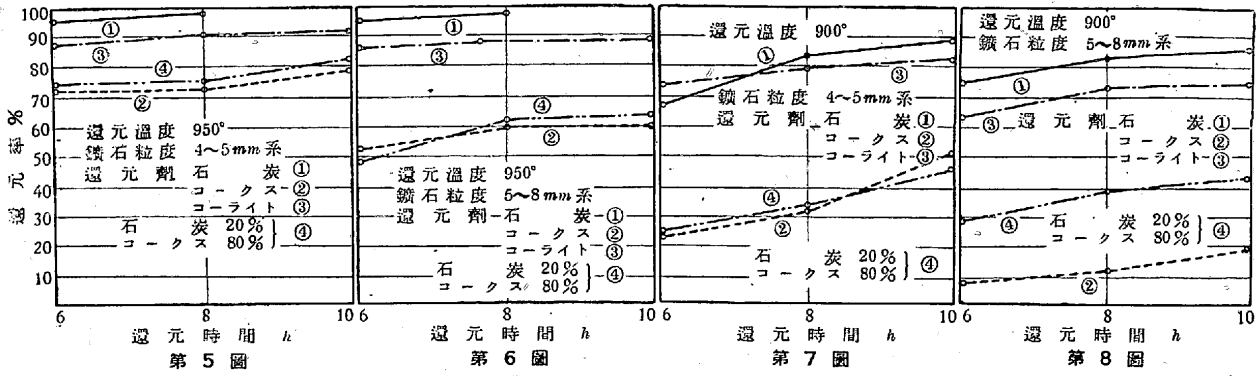
鑛石粒度	還元温度 °C	還元時間 h			
		6	8	10	
4~5mm 系	950	全鐵量	79.47	82.81	87.08
		金屬鐵量	56.76	60.10	68.53
		還元率	72.35	72.65	78.90
	900	全鐵量	75.46	76.05	80.36
		金屬鐵量	17.81	24.30	41.40
		還元率	23.65	31.99	51.55
5~8mm 系	950	全鐵量	81.90	82.91	83.25
		金屬鐵量	42.53	49.05	49.50
		還元率	51.93	59.16	59.46
	900	全鐵量	73.13	74.25	77.18
		金屬鐵量	6.98	10.65	15.53
		還元率	9.54	14.36	20.12

第13表 コーライト 50% 使用 鐵鑛石還元試験成績

鑛石粒度	還元温度 °C	還元時間 h			
		6	8	10	
4~5mm 系	950	全鐵量	89.55	90.68	92.36
		金屬鐵量	78.75	82.35	84.15
		還元率	87.94	90.81	91.22
	900	全鐵量	88.43	89.10	90.45
		金屬鐵量	65.48	70.43	74.48
		還元率	74.05	79.05	82.34
5~8mm 系	950	全鐵量	92.03	92.70	93.25
		金屬鐵量	78.92	80.83	82.87
		還元率	85.50	87.21	88.87
	900	全鐵量	89.76	90.90	91.35
		金屬鐵量	67.38	67.50	69.30
		還元率	63.93	74.26	75.86

第14表 石炭 20%, コークス 80% の混合物 50% 使用 鐵鑛石還元試験成績

鑛石粒度	還元温度 °C	還元時間 h			
		6	8	10	
4~5mm 系	950	全鐵量	82.35	87.53	88.65
		金屬鐵量	61.96	65.65	72.34
		還元率	74.20	75.00	81.59
	900	全鐵量	74.25	78.75	80.10
		金屬鐵量	20.48	26.33	37.01
		還元率	24.89	33.43	46.20
5~8mm 系	950	全鐵量	87.08	88.20	88.65
		金屬鐵量	41.18	54.00	55.35
		還元率	47.29	61.22	62.44
	900	全鐵量	76.73	78.75	79.43
		金屬鐵量	22.50	31.50	35.21
		還元率	29.32	40.00	44.33



又還元温度、鑛石粒度を一定とし、還元時間を横軸に取り還元率を縦軸に取つて各還元剤につき圖示した結果が第5~8圖である。實驗結果より還元率は石炭が一番よく、コーライト、石炭(20%)+コークス(80%)の順序である。

3. 總括

鑛石粒度、還元温度、還元時間を種々變更して石炭に依る鐵鑛石の還元度を試験した結果、還元温度は實驗の範圍内では 950°C が最良の結果を示した。還元剤の配合割合は大體鐵鑛石に對して 50% 前後が適當である。接觸劑として石灰石 5% を使用した結果は多少還元率は増加したが期待する程でない。淨水、食鹽水にて急冷すると 50% 以上は再酸化し、石灰乳を使用した場合は空氣放冷の場合に比し約 80% の還元率である。最後に種々還元剤を變へて同一條件にて還元した結果は石炭が最も成績よく、コーライトこれに次ぎ、コークスは最も成績が悪い。

III. 回轉爐に依る海綿鐵製造試驗

1. 序言

以上の基礎實驗に於て大體の指針を得たので、回轉爐に依る海綿鐵の製造試驗に移つた。使用した回轉爐は淺野セメント門司工場の休轉窯を改造せるもので窯本體は長さ 24.3m, 直徑 2.1m, 傾斜 4%, 冷却機は回轉圓筒式とし、直徑 0.9m, 長さ 10.6m, 傾斜 4% である。改造の要點は出来るだけ氣密にし、回轉爐の回轉を出来るだけ遅くした。本報告は昭和 15 年 3 月 30 日午前 10 時より 4 月 1 日午後 3 時迄と、5 月 4 日午前 7 時より 5 月 10 日午後 5 時まで前後 2 回實施せしものとみである。

2. 使用原料

A) 鐵鑛石

第 1 回試驗に於ては七道溝鑛石、第 2 回試驗に於ては大栗子溝鑛石を使用した。その分析例は次記の如し。

七道溝鑛石の分析例

52.50 T.Fe, 74.00 Fe₂O₃, 0.94 FeO, 7.10 SiO₂, 2.39 CaO, 2.29 Al₂O₃, 0.17 MgO, 0.055 P, 0.028 S, 7.25 MnO, 4.00 Ig. loss

大栗子溝鑛石分析例

Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	Ig.Ioss	Total
97.00	1.06	0.36	0.39	0.18	--	0.90	99.89
78.70	10.84	3.22	0.46	0.07	0.63	5.98	99.90

B) 石炭

一定産地の石炭を連續使用する事が出来ず、藤井、木島、目下等の荒粉炭を配合して使用した。品位一定の石炭を連續使用出来ぬ事が爐況一定せぬ重大な原因と思はれる。殊に吹込用石炭は最良のものを使用すべきである。

C) 鐵鑛石及び石炭の粒度

鑛石は塊狀なるも粉碎機にて 4~15mm に整形す。4mm 篩の篩下は大體原鑛石の 20~30% 位である。

石炭は第 1 回試驗に於ては鑛石と同じ粒度に粉碎したが石炭があまり細粒であると爐前に来る迄に燃焼し盡すやうに思はれたので 2 回以後粉碎機にかけずそのまま使用した。

3. 試驗成績

第 1 回の試驗は前述の如く全操業時間 53h を實施した。この試驗に於ては還元率を高める事を第 1 目標とした。鑛石が爐壁につきコーティングの出来る事を極度に警戒したため温度も最初はなるべく低温で操業したので最初 24h 位は還元率は低かつたが漸次温度をあげ、微粉炭バーナーよりの吹込空氣量を最少にして爐内を可及的還元性に保持するやうに注意した結果、順調操業にては大體 80~85% の還元率を維持する事が出来ると豫想し得た。

第 1 回試驗の結果次の諸點を改造して第 2 回試驗を行ふ事にした。

(イ) 海綿鐵の排出を圓滑にするため冷却機の回轉を 30s/rev (以前 1mm/rev) 位とし、冷却機の入口に lifter をつけた。

(ロ) 微粉炭吹込管を小さく、吹込速度を大とし、還元

帯を長く煉瓦側に寄せた。

(ハ) 微粉炭吹込風車の回轉を可變速とし、爐況に依り微粉炭使用量の調節を容易にした。

(ニ) 爐の中に堰堤環をつけ装入物の通過速度を長くした。

(ホ) 冷却機の出口を二重とし、空氣漏洩を可及的少く

した。

第2回試験は昭和15年5月4日午前7時より5月10日午後5時まで續行した。全操業時間154h設備の改造宜しきを得、又漸次熟練したため全操業期間に互り事故少く殆ど連續操業を行ひ得た。この試験成績の一部は第15~19表に示す。又第9圖は還元率、窯尻温度、窯回轉所

第 15 表

操業日時	石炭回轉	窯回轉	窯尻温度 °C	風車ダン パー開き	海綿鐵分析			ガス分析			操業記事
					全鐵	金屬鐵	還元率	CO ₂	O ₂	CO	
6/5 午前 1	8'5"	5'05"	585	4	86.49	77.70	90.00	23.4	0.2	0	午前 5°25' 25kg/mn に變更す 石炭配合比 1:1
2	"	"	"	"	87.00	57.70	86.10	"	0	0.2	
3	"	4'50"	600	"	81.98	78.85	96.17	23.0	0	0.4	
4	"	4'48"	580	"	84.00	78.40	93.35	23.2	0	0.2	
5	8	4'45"	"	"	77.15	69.49	90.00	23.6	0.3	0.6	
6	"	"	"	"	80.70	72.45	89.85	23.2	0	0.4	
7	8'5"	4'47"	570	"	72.60	65.90	90.77	23.6	0	0.6	
8	"	"	545	"	79.15	72.20	91.22	24.4	0	0.8	
9	8	4'45"	"	"	75.84	67.24	88.66	24.6	0	0	
10	"	"	520	"	89.50	83.30	93.08	24.8	0	0.6	
11	8'5"	4'50"	500	"	72.60	63.22	87.08	24.4	0	0.4	
12	9	5'00"	485	"	88.35	81.70	92.47	24.2	0	0.2	
午後 1	"	5'20"	525	"	72.82	65.46	89.87	24.4	0.2	0.2	午前 9° 装入 35kg/mn 石炭配合比 1:1
2	10	"	550	5	81.25	76.30	93.81	25.8	0	0.4	
3	"	6'00"	560	"	73.27	66.57	90.85	25.4	0	0.6	
4	"	"	545	"	78.75	69.40	88.12	24.0	0	1.0	
5	"	"	560	"	75.43	67.57	89.58	"	0	0.8	
6	"	5'45"	570	"	80.80	73.50	90.97	24.6	0	0.4	
7	"	"	"	4	72.52	58.60	80.80	23.2	0	0.4	
8	9	5'25"	585	"	73.00	67.50	92.50	24.2	0	0.6	
9	"	"	580	"	84.41	76.55	90.69	24.6	0	0.4	
10	"	"	570	"	86.40	80.45	93.20	25.2	0	0.8	
11	9'5"	"	540	"	89.52	82.17	91.71	24.0	0	0.2	
12	"	6'00"	"	"	71.17	64.43	90.55	24.4	0	0.8	

第 16 表

操業日時	石炭回轉	窯回轉	窯尻温度 °C	風車ダン パー開き	海綿鐵分析			ガス分析			操業記事
					全鐵	金屬鐵	還元率	CO ₂	O ₂	CO	
7/5 午前 1	9'5"	6'00"	550	4	60.80	54.15	90.00	25.0	0	0.4	午前 1° 25kg/mn とす
2	"	"	570	"	69.48	64.85	93.52	25.4	0	"	
3	"	"	"	"	78.80	91.39	90.60	24.8	0	"	
4	"	"	580	"	83.51	71.84	86.03	24.2	0	0.6	
5	8	5'25"	585	"	83.99	75.21	89.55	23.6	0	0.8	午前 6° 35kg/mn とす
6	9	5'06"	"	"	77.59	67.21	87.43	23.2	0	0.2	
7	7	5'10"	555	"	80.82	71.39	88.43	24.8	0	0.6	
8	10	5'45"	537	"	75.00	70.02	93.36	23.0	0	0.8	
9	"	"	525	"	80.15	73.41	91.60	23.6	0	1.0	午前 10° 40kg/mn
10	11	"	545	5	85.15	82.60	97.00	24.2	0	0.8	
11	"	6'00"	570	"	77.90	71.29	91.51	25.0	0	0.4	
12	"	5'45"	575	"	76.25	67.40	88.39	24.0	0	"	
午後 1	"	"	570	"	77.68	75.21	96.72	24.2	0	0.2	午後 8° 原料不足につき 20kg/mn とす
2	"	6'00"	540	"	69.20	64.50	93.45	24.0	0	0.6	
3	12	"	575	"	60.62	53.88	88.88	24.2	0	0.8	
4	"	"	580	"	74.60	67.10	89.95	25.2	0	0.4	
5	"	5'45"	590	"	82.62	68.92	83.42	25.0	0	"	
6	"	"	615	"	57.70	53.50	92.74	24.4	0	"	
7	"	"	618	"	70.70	62.63	88.56	"	0	"	
8	10'5"	6'27"	585	"	72.20	70.50	97.71	24.0	0	0.2	
9	"	"	600	4	81.72	70.72	86.54	24.2	0	"	
10	"	"	"	"	84.30	73.20	86.83	"	0	0.4	
11	"	"	"	"	81.49	66.90	88.09	24.6	0	0.6	
12	10	6'27"	"	"	74.76	63.53	84.98	24.2	0	0.4	

第 17 表

操業日時	石炭回轉	窯回轉	窯尻溫度 °C	風車ダン パー開き	海綿鐵分析			ガス分析			操業記事	
					全鐵	金屬鐵	還元率	CO ₂	O ₂	CO		
午前 8/5	1	8'5"	6'00"	585	4	82'80	79'60	96'14	24'8	0	0	午前 3' 装入量 45 kg/mn に變更 石炭配合比 1:1
	2	"	5'24"	600	"	78'50	66'50	84'68	24'0	0	0'2	
	3	"	"	610	"	82'62	72'51	87'77	24'2	0	0'4	
	4	9	"	585	"	83'29	74'53	89'46	24'6	0	0'4	
	5	"	"	"	"	66'67	55'23	82'84	25'2	0	0'8	
	6	10'5"	6'27"	"	5	81'25	72'20	88'86	23'8	0	0'6	
	7	"	"	580	"	88'74	75'43	90'07	24'2	0	0'6	
	8	12	"	580	"	64'00	59'40	92'80	24'0	0	0'4	
	9	"	6'20"	565	6	76'22	66'45	87'18	22'0	0'8	1'7	
	10	13	6'27"	560	5	83'55	75'10	90'00	24'0	0'6	2'0	
	11	"	"	575	"	77'45	63'08	81'44	—	—	—	
	12	12	6'10"	580	"	78'60	66'70	85'00	22'6	0'5	1'2	
午後	1	11	"	570	4	67'64	62'86	92'86	22'6	0'4	1'6	12'45' 装入量 40'5 kg/mn 石炭配合比 1:0'8
	2	10	"	580	"	64'40	61'35	95'16	23'4	0'6	2'0	
	3	9	6'00"	575	"	67'13	61'96	92'30	23'8	0'8	1'6	
	4	"	6'15"	586	"	62'50	59'16	94'60	24'4	0'2	1'8	
	5	10	6'20"	570	"	70'04	61'29	87'50	24'0	0	2'0	
	6	9	5'45"	570	"	73'00	71'00	97'27	24'0	0'2	1'8	
	7	8	"	600	"	77'23	71'84	93'03	24'8	0	0'2	
	8	11	6'35"	"	5	84'70	77'50	91'50	24'2	0	0'4	
	9	"	6'00"	"	"	81'95	70'94	86'56	24'4	0	0'6	
	10	"	6'20"	585	"	71'20	65'20	91'57	25'4	0'2	0'4	
	11	"	6'00"	585	"	75'21	63'78	84'80	25'6	0	0'2	
	12	"	"	580	"	75'21	63'35	89'57	24'6	0	0'6	

第 18 表

操業日時	石炭回轉	窯回轉	窯尻溫度 °C	風車ダン パー開き	海綿鐵分析			ガス分析			操業記事	
					全鐵	金屬鐵	還元率	CO ₂	O ₂	CO		
午前 9/5	1	10	6'00"	580	4	75'40	66'65	84'40	25'6	0	0'4	午前 10'30' 装入量 36 kg 石炭比 0'6 とす
	2	11	6'30"	"	"	75'75	65'10	85'94	24'8	0	0'8	
	3	"	"	530	5	79'92	72'06	90'17	24'6	0	0'6	
	4	10	6'00"	580	"	81'95	73'64	89'86	24'0	0'4	0'4	
	5	10	"	600	"	82'39	71'62	86'94	24'8	0	0'6	
	6	10'5"	"	600	"	77'70	73'00	94'08	24'4	0	0'6	
	7	"	6'40"	620	"	76'33	73'13	93'24	24'2	0	0'4	
	8	11	6'20"	600	"	86'30	80'26	93'00	24'2	0	0'8	
	9	"	6'20"	560	"	77'00	64'21	83'39	24'8	0	0'2	
	10	"	"	540	"	69'96	58'40	83'50	22'4	0	0'8	
	11	"	6'40"	"	4	72'06	68'02	94'39	23'4	0	0'4	
	12	"	"	"	"	79'85	74'00	92'70	24'6	0	0'2	
午後	1	11	6'40"	530	"	80'82	57'92	71'66	24'6	0'2	0'4	
	2	13	"	535	5	81'00	71'43	88'24	23'6	0'2	0'8	
	3	"	"	560	"	76'33	64'21	84'12	23'8	0	0'6	
	4	"	"	570	"	73'10	57'00	78'79	26'8	0'4	0'4	
	5	"	"	555	"	72'06	63'98	88'79	25'6	0'2	0'6	
	6	15	"	570	6	77'49	73'75	95'90	27'4	0	2'0	
	7	"	"	—	"	73'19	58'82	80'37	—	—	—	
	8	"	6'40"	580	"	81'50	74'82	90'80	26'2	0	0'6	
	9	16	"	570	"	82'62	73'41	88'85	21'6	0	0'4	
	10	"	"	560	"	72'00	64'75	90'00	21'4	1'4	0'6	
	11	17	"	590	"	76'33	67'56	88'51	25'6	0	0'4	
	12	"	"	560	"	81'04	73'19	90'69	25'6	0	0'4	

要時間及び微粉炭吹込ネヂの回轉數を全操業期間に互り圖示したものである。

第 20 表は最近に於ける実績の一部を参考のため示したものである。

A) 石炭配合量

窯前迄完全に還元性とするために第 1 回試験にては大事

を取り配合比を 1:1 とした。第 2 回試験にては操業上の困難を感じぬ範囲にて最少量の石炭配合比を見出すため石炭配合比 1:1 の時の最大鑛石投入量 22.5 kg/mn を基礎とし、5 月 8 日午後 12 時 15 分より石炭量を鑛石量の 0.8 とし、装入量を 40.5 kg としたが還元率は低下しなかつた。更に 5 月 9 日午前 10 時 30 分より鑛石投入量 22.5

kg/mn に對し石炭配合割合を 0.6 とし、全装入量を 36 kg/mn としたところ還元率は稍低下する傾向があつたが大體平均 88% 位を維持し得て充分操業し得た。

B) 装 入 量

第 1 回試験に於ては、20 kg/mn~25 kg/mn で終止したが、第 2 回試験に於ては石炭配合比を 1:1 とし、最初 25 kg/mn

圍にては未だ爐の最大能力に達してないやうに思はれる。

C). 窯 内 温 度

還元剤が充分あれば窯内温度の高い程還元の進行する事は論を俟たぬが順調操業に於ては窯前煉瓦温度 1,100°~1,200°C, 又窯尻廢棄ガスの温度 570°~630°C 位が最も適當と思はれる。温度測定は窯前温度は光高温計, 窯尻温度

第 19 表

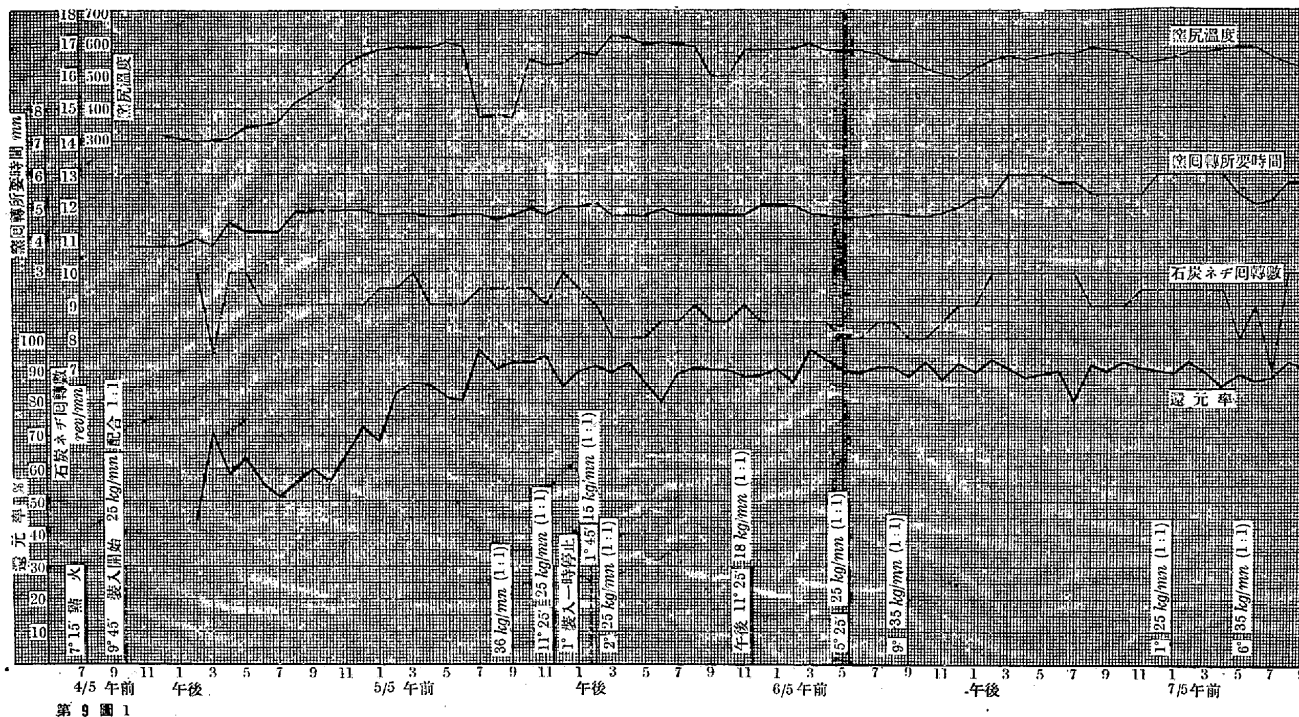
操業日時	石炭回轉	窯回轉	窯尻温度 °C	風車ダン パー開き	海綿鐵分析			ガ ス 分 析			操 業 記 事
					全 鐵	金屬鐵	還元率	CO ₂	O ₂	CO	
午前 1	17	6'40"	590	6	76.30	68.00	98.12	25.6	0	0.4	午前 9'45' 原料装入止め 午前 10'30' より吹込 とまりたるため 30' 休轉 午前 11'35' 窯落口つまり 25' 休轉
2	"	"	585	"	80.75	72.50	89.78	25.8	0	0.4	
3	15	6'30"	610	7	80.15	75.21	93.84	27.4	0	0.6	
4	"	6'10"	615	"	81.62	73.81	90.44	25.2	0	0.8	
5	16	"	650	6	69.60	60.62	87.10	27.2	0	0.6	
6	"	6'15"	665	"	71.35	65.60	91.93	25.6	0	0.4	
7	"	"	490	"	73.17	66.00	90.17	20.1	0.2	0.8	
8	15	"	450	5	68.40	60.50	88.50	18.8	0.4	1.0	
9	"	5'25"	430	"	65.33	55.23	84.54	19.2	0.4	1.2	
10	"	"	420	6	65.50	61.80	94.43	19.4	0.4	1.4	
11	"	6'40"	460	"	62.19	57.70	92.78	20.8	0.2	0.8	
12	"	6'00"	480	"	70.72	67.50	93.70	21.4	0.2	0.6	
午後 1	"	"	520	"	68.40	64.21	90.79	19.8	0.2	0.4	
2	"	"	565	"		49.50	72.46	18.2	0.4	0.8	
3	"	5'15"	575	"			81.48	18.2	0.4	0.8	
4	"	5'00"									
5	12										

第 20 表

操業月日	時 分	海綿鐵分析			操業月日	時 分	海綿鐵分析			操業月日	時 分	海綿鐵分析		
		全鐵	金屬鐵	還元率			全鐵	金屬鐵	還元率			全鐵	金屬鐵	還元率
1/28	午前 1'00	87.60	79.80	91.25	1/29	午前 1'00	89.75	81.50	90.75	1/30	午前 1'00	90.25	81.76	90.66
"	3'00	88.00	79.00	89.75	"	3'00	92.60	84.50	91.25	"	3'00	91.26	82.70	90.76
"	5'00	89.50	78.20	87.00	"	5'00	91.75	84.65	92.25	"	5'00	91.65	83.20	90.75
"	7'00	88.26	81.60	92.50	"	7'00	91.34	84.50	92.45	"	7'00	89.98	79.69	88.62
"	9'00	88.98	79.13	94.21	"	9'00	85.94	81.00	94.25	"	9'00	87.42	79.51	90.10
"	11'00	89.75	83.32	92.83	"	11'00	91.24	84.16	92.24	"	11'00	90.86	82.71	91.03
"	午後 1'00	89.65	84.35	94.01	"	午後 1'00	89.93	82.86	92.14	"	午後 1'00	87.90	78.51	89.32
"	3'00	87.42	80.07	91.59	"	3'00	86.66	77.83	90.09	"	3'00	90.12	82.96	92.04
"	5'00	81.65	68.71	84.15	"	5'00	88.07	81.37	92.39	"	5'00	93.03	85.18	91.61
"	7'00	83.75	75.30	89.90	"	7'00	83.60	77.15	92.26	"	7'00	89.19	81.26	91.20
"	9'00	91.20	84.10	92.25	"	9'00	91.20	81.70	89.80	"	9'00	85.00	79.00	93.00
"	11'00	88.00	80.10	91.05	"	11'00	91.00	83.60	91.88	"	11'00	89.50	81.60	91.20

(1.5t/h)で操業を開始し窯況に注意しながら 35 kg/mn(2.1 t/h), 40 kg/mn(2.4t/h), 45 kg/mn(2.7t/h)迄漸次増加したこの間運搬人夫不足のため止むを得ず装入量を減じて操業を続けねばならぬやうな困難もあつたが、装入量を増加したため還元率は特に低下するやうな事もなく大體平均 90% を維持し得た。この結果より考察するに装入量は試験範

はアルメル・クロメル熱電高温計を用ひたが光高温計故障のため窯前温度は遺憾ながら操業當初しか測定出来なかつた。操業上爐況調整の標準となるのは窯尻温度で大體 570°~630°C を目標として吹込石炭量, 窯回轉數を調整した。操業開始直後は窯尻は温度低く, 熱が窯全體に行き互らぬため還元が進まぬ。爐況が安定し石炭送りネジの回轉數



第9圖1

10回前後にして窯尻温度が $570^{\circ}\sim 630^{\circ}\text{C}$ 位になると還元は容易に進行した。次に石炭配合割合を漸次減少するにつれ窯内に於て石炭燃焼に依る發熱少く、窯尻温度を一定に維持するためには窯の回轉を遅くし、微粉炭吹込量を増加する必要があつた。その結果窯前温度上昇し、漸次海綿鐵が燒結するやうな傾向になつたが配合0.6の場合にても幸ひ還元率は著しい低下を示さなかつた。

D) 窯回轉時間

窯の回轉時間は爐内狀況に依り隨時變更するものにして第1回試験に於ては $3'\sim 4'30''$ の範圍であつたが第2回試験に於ては更に回轉を遅くして窯尻温度を調節し、又爐内に堰堤環をつけ装入物の爐内通過速度を遅くした。石炭配合比1:1の試験に於て操業當初 25 kg/mn の装入にては1回轉の所要時間は $4'\sim 5'$ だつたが装入物を $35, 40, 45\text{ kg/mn}$ と漸次増加するにつれ大體85%以上の還元率を維持するためには漸次延び、 $40\sim 45\text{ kg/mn}$ の装入に於ては $6'\sim 6'30''$ に達した。

次に配合比0.8、鑛石投入量 22.5 kg (全装入 40.5 kg/mn)に於ては回轉時間は $6'\sim 6'30''$ 、石炭配合比0.6、鑛石投入量 22.5 kg (全装入 36 kg/mn)の装入に於ては $6'40''$ に及んだ。かく回轉を遅くして装入物の通過速度を長くしても窯尻温度が低下する傾向があつたので微粉炭吹込ネジの回轉數を増し、吹込量を増加して窯尻温度を維持した。

装入物を増加し、又配合比を減ずるにつれ以上の如く窯

尻温度を適當に保ち、還元温度に装入物を長く保つためには窯の回轉數を減ずるやうに操業したがこれを回轉窯の特色である装入物の攪拌の方から制限があり6'位が最高であらう。この點より0.6の配合比の場合は微粉炭の吹込量を増して爐況を調節した。

E) 石炭吹込ネジの回轉數

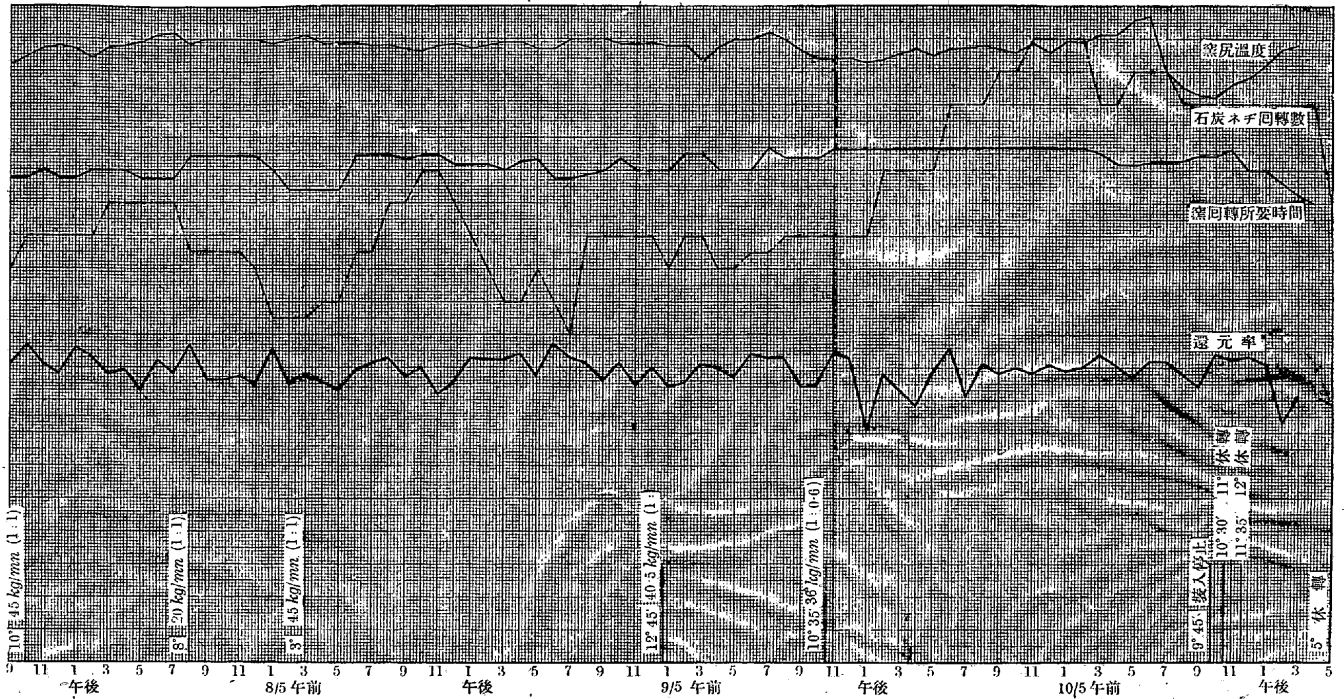
順調操業時にて配合比1:1の装入では装入量に依り大差なく大體8~10回/mn位である。

石炭配合比を減ずるにつれ前述の理由に依り漸次増加する。配合比0.8装入に於ては大體10~12回/mnであつた。石炭配合比0.6の装入に於ては窯回轉最長は $6'40''$ にて装入物の攪拌の方から最大限度と思はれたので微粉炭吹込量を増し13~17回/mn、平均15回/mnとした。

微粉炭吹込空氣量も從つて増加した。吹込空氣量は操業し得る最少範圍にすべきでこれが多すぎると窯前に於て海綿鐵が再酸化する虞がある。

F) ガス分析

窯尻に於て鐵管を装入用卸樋に平行に入れ窯斷面の大體中心位置より採取し、オルザットガス分析装置にて CO_2 、 O_2 、 CO を分析した。 CO_2 は大體23~27%位である。 CO_2 の多い事は漏洩空氣の少いことを意味すると思ふ。吹込空氣量が多くなると CO_2 は減じ、0.6%の配合比のものでは試験末期に CO_2 19~20%になつて居る。 O_2 は分析誤差の範圍である。1%以上存在するのは試料採取が悪



第 9 圖 2

く充分置換されなかつた爲であらう。CO は痕跡~2%で非常に少い。窯内装入物の層内に発生したCOガスは鑛石中の酸素と結合し、又上層ガス相中に残留する空気と作用してCO₂となるため、爐内を觀察して居ても装入物の表面から盛んに火焰の発生するのが見られた。従つて直接還元にあづかるガス相の組成を推測するにはガス管を装入物の中に入れて採取せねばならぬと思ふ。

Bureau of Mines, Bulletin 所載の回轉爐に於ける海綿鐵製造試験に於ける装入物内部とガス相に於けるガス分析の一例を示すと次表の通りである。

No.	CO ₂	CO	H ₂	O ₂
1	14.45	50.00	6.65	3.61
2	15.86	4.91	2.41	1.55

(1) は装入物内部より採取したもの、(2) は回轉爐中心部にて装入口より 5ft の位置から採取した試料である。

G) 使用鑛石及び石炭量

以上の試験に於て使用せる鑛石及び石炭量は、第1回試験にては鑛石 28t、還元用石炭 28t、吹込石炭 7t、第2回試験にては鑛石 148.7t、還元用石炭 131.56t、吹込石炭 39t である。

4. 總括

以上の試験にて順調操業に於ては還元率平均 90% を目標として容易に操業し得る事を知つた。装入量は試験範囲にては未だ最大能力に達して居ない。石炭配合比は 0.6 にて充分操業出来たが、これは石炭の品質に依り左右される。又還元用石炭を節約する事は吹込石炭を増加する事にな

り、この點充分注意する必要がある。

VI. 電氣弧光爐に依る熔解試験

1. 序言

製鋼工場に於て從來の屑鐵を原料とする場合と海綿鐵を原料とする場合とは自ら製鋼法に差があるべきであり、又操業時間、電力使用量等増加し原價の上昇が懸念される。製鋼原料として海綿鐵を配合する場合、從來の屑鐵法に比し遜色ない程度に能率を保持し、現下の原料難の時局を乗切る事は我々製鋼業者の重大な使命である。

當社は屑鐵代用品を配合した場合の製鋼法の確立につとめ、海綿鐵は 30% 程度迄は多少の犠牲を忍べば日常作業に使用し得る状態である。

2. 海綿鐵分析

使用した海綿鐵は當社に於て淺野セメント門司工場の回轉爐を用ひて製造せる海綿鐵にして、その分析は大體次の如し。

全鐵 67.23~75.78, 金屬鐵 56.67~66.28, FeO 13.57~12.08, Fe₂O₃ 0~0.8, SiO₂ 10.9~16.28, C 0.89~0.41, 還元率 80.41~84.29,

かゝる海綿鐵を使用し當社内 A 及び B の兩工場に於て昭和 15 年 7 月以降數回に亘り熔解試験を行つた。

3. 熔解方針

A) 装入方法

海綿鐵はルッペと異なり通電悪く、これを最上層とする

特表

と熔解に時間を要する故に、最上層は旋盤層等にて包み弧光の通過を容易にするやうに注意した。又1回装入に残つた海綿鐵は鋼浴が大部溶けてから装入した。

B) 熔解方法

海綿鐵内には10%以上のFeOあり。このFeOを有効に利用して酸化期に不純物を除去し、尙不足の部分に鑛石に依り補つた。

C) 除滓方法

鋼滓が通常の熔解に比し非常に多量となる。この除滓方法としてA工場にては装入物が大部分熔落後鋼滓が流出したら爐を傾けて半分流出し、更に鑛石、石灰に依り鋼滓を調製して後完全除滓を行つた。B工場に於ては始め石灰等を最少量使用し熔落と同時にSiO₂の多き鋼滓を一度除滓し、石灰、鑛石に依り第2回の鋼滓をつくり鑛石投入をなし後第2回の除滓をなした。

D) 還元精鍊

還元精鍊は通常通りである。

4. 試驗結果

第21~24表はこの試驗結果を示す。

第21表 海綿鐵使用熔解試驗成績 (使用爐A工場5吨弧光爐)

試驗番號	1		2		3		4		5	
	炭素工具鋼 第6種		炭素工具鋼 第6種		炭素工具鋼 第6種		炭素工具鋼 第6種		炭素工具鋼 第6種	
裝爐材料配合	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
鐵屑	1,900	33	2,000	35	2,050	36	2,150	37.8	2,200	38.7
ダライ	650	11.5	550	9.7	500	8.8	550	9.7	500	8.8
鋼層	1,450	25.5	1,450	25.5	1,450	25.4	1,300	22.7	1,450	25.3
海綿鐵	1,700	30.	1,700	29.8	1,700	29.8	1,700	29.8	1,550	27.2
全装入量	kg		5,854		5,734		5,734		5,742	
操作時間	h-mn		3-33		3-5		2-59		3-20	
熔解時間	時		56		53		55		42	
酸化時間	時		1-17		1-30		1-35		1-27	
精鍊時間	計		5-46		5-11		5-29		5-29	
電力使用量	kWh		2,800		2,900		2,700		2,500	
熔解期	期		900		900		800		800	
酸化期	期		700		600		900		600	
精鍊期	計		4,400		4,400		4,400		3,900	
装入適當電力	量		751		767		767		680	
出鋼適當電力	量		910		970		910		820	
石灰使用量	kg		320		300		100		300	
熔解期	期		—		—		150		—	
酸化期	期		190		165		180		160	
精鍊期	計		510		465		430		460	
出鋼適當使用量	量		105		102		89		96	
鑛石使用量	kg		210		200		—		100	
熔解期	期		—		—		60		—	
酸化期	期		210		200		60		100	
精鍊期	計		43		44		12		21	
出鋼適當使用量	量		43		44		12		21	
現場分析			除滓前		除滓前		除滓前		除滓前	
C			0.07		0.07		0.18		0.10	
Mn			0.03		0.03		0.12		0.15	
P			0.025		0.025		0.027		0.015	
出鋼量	kg		4,850		4,550		4,830		4,790	
酸化鋼滓重量	kg		1,760		1,700		1,300		1,850	
鋼滓比	%		36.3		37.4		22		38.7	
出鋼歩留	%		83		79.5		84.5		83.5	
海綿鐵歩留	%		70		58.8		75		72.5	
(海綿鐵以外の歩留を88%とす)										

第22表 海綿鐵使用熔解試驗成績 (使用爐B工場2吨弧光爐) (その1)

試驗番號	1		2		3		4		5		従來の平均	
	55炭素鋼		55炭素鋼		55炭素鋼		55炭素鋼		55炭素鋼			
装入物配合割合	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%	kg	%
鐵屑	800	28	700	23.3	700	23.3	700	23.3	700	23.3	1,200	44.5
ダライ	700	24.6	700	23.3	700	23.3	700	23.3	700	23.3	700	26
鋼層	800	28	800	26.7	800	26.7	800	26.7	800	26.7	800	29.5
海綿鐵	550	19.4	800	26.7	800	26.7	800	26.7	800	26.7	—	—
全装入量	kg		2,923		3,043		3,050		3,088		2,703	
石灰使用量	kg		280		230		240		270		180	
鑛石使用量	kg		200		200		150		150		150	
酸化鋼滓分析	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回	第1回	第2回		
SiO ₂	28.15	13.12	29.98	11.84	29.18	8.76	31.76	17.04	29.78	11.86		
FeO	3.95	29.50	6.15	29.10	6.47	30.08	6.59	18.80	5.71	15.91		
Fe ₂ O ₃	0.90	5.70	0.45	4.92	0.89	10.45	0.80	5.06	0.64	6.59		
Al ₂ O ₃	12.98	4.48	13.84	4.26	14.27	3.88	14.97	5.95	13.84	4.46		
CaO	33.79	34.51	34.28	35.86	36.47	37.68	30.40	39.53	33.54	47.97		
MnO	4.29	3.58	3.41	3.61	3.56	3.02	4.39	3.28	3.70	3.07		
MgO	10.41	4.70	9.25	4.92	8.97	3.55	9.15	5.82	8.15	6.32		
P ₂ O ₅	0.032	0.307	0.013	0.173	0.051	0.198	0.013	0.173	0.019	0.166		
S	0.112	0.224	0.079	0.280	0.106	0.392	0.073	0.258	0.140	0.504		
操作時間	h-mn		h-mn		h-mn		h-mn		h-mn		h-mn	
熔解時間	1-50		1-50		1-48		1-40		1-55		2-13	
酸化時間	38		1-17		1-17		1-10		50			
精鍊時間	1-22		1-1		58		1-0		57		1-13	
合計	3-50		4-8		4-3		3-50		3-42		3-26	
電力使用量	kWh		2,100		2,610		2,400		2,300		1,574	
熔解及び酸化期	期		710		550		740		640		620	
精鍊期	計		2,810		3,160		3,140		2,940		2,200	
装入適當電力	量		960		1,040		1,000		953		815	
出鋼適當電力	量		1,085		1,160		1,145		1,063		882	

第 22 表 海綿鐵使用熔解試験成績 (使用爐B工場 2 吨弧光爐) (その 2)

試験番号	1	2	3	4	5	従來の平均
出鋼量 kg	2,585	2,736	2,740	2,783	2,723	2,492
出鋼歩留 %	89	90	90	90	90	92
海綿鐵歩留 % (海綿鐵以外の歩留を 92% とす)	73	84	82.5	84.8	82	
鋼浴分析	熔落 除滓 製品 0.31 0.03 0.53 0.009 0.009 0.23 0.20 — 0.47 0.050 0.007 0.011	熔落 除滓 製品 0.30 0.03 0.53 0.010 0.009 0.30 0.19 — 0.44 0.041 0.007 0.008	熔落 除滓 製品 0.27 0.05 0.55 0.010 0.010 0.33 0.15 — 0.45 0.031 0.006 0.012	熔落 除滓 製品 0.42 0.06 0.54 0.009 0.009 0.25 0.17 — 0.50 0.035 0.006 0.011	熔落 除滓 製品 0.52 0.16 0.57 0.009 0.009 0.23 0.16 — 0.45 0.028 0.006 0.007	製品 0.020 0.016

第 23 表 海綿鐵使用熔解試験成績 (使用爐B工場 4 吨弧光爐)

試験番号	1	2	3	4	5	一般例
熔解爐種	4 吨 7 號爐	4 吨 2 號爐	4 吨 2 號爐	4 吨 2 號爐	4 吨 2 號爐	
鋼種	55 炭素鋼	55 炭素鋼	55 炭素鋼	55 炭素鋼	55 炭素鋼	
装入物配合	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %
鐵屑	—	—	1,000	950	1,000	2,000
二級粉	—	—	22.8	21.7	22.5	46.5
鋼屑	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300	1,300
粉	30	30	29.8	29.8	29.2	30.3
海綿鐵	1,300	1,300	800	800	800	1,000
鐵	30	30	17.6	17.6	18.0	23.2
鐵	430	430	1,300	1,300	1,300	
鐵	10	10	29.8	29.8	29.2	
鐵	—	—	—	50	50	
鐵	—	—	—	1.1	1.1	
全装入量 kg	4,369	4,418	4,477	4,548	4,595	
操業時間	h—mn	h—mn	h—mn	h—mn	h—mn	h—mn
熔解時間	2-40	2-15	1-45	2-15	1-50	
酸化時間	1-45	1-45	60	55	60	
精錬時間	53	1-2	54	1-16	1-25	
合計	5-15	5-2	3-39	4-26	4-45	{ 7 號爐 4-15 2 號爐 4-13
電力使用量 kWh						
熔解期	2,730	2,660	3,380	3,370	3,660	
酸化期	640	580	720	1,000	1,090	
精錬期	3,370	3,240	4,100	4,370	4,370	
合計	770	735	920	960	1,030	
装入 4 吨 電力	890	865	1,050	1,160	1,140	{ 7 號爐 800 8 號爐 1,030
出鋼 4 吨 電力	890	865	1,050	1,160	1,140	
出鋼量 kg	3,771	3,758	3,903	3,727	4,154	
出鋼歩留 %	86	85	87	82	91	94
海綿鐵歩留 % (海綿鐵以外の歩留を 94% とす)	70	65	70	52	83	68
鋼浴分析 %	熔落 除滓 製品 1.03 0.49 0.52 0.10 0.01 0.25 0.19 0.12 0.54 0.04 0.010 0.015	熔落 除滓 製品 0.29 0.05 0.59 0.01 0.01 0.28 0.11 0.06 0.53 0.044 0.006 0.006	熔落 除滓 製品 0.17 0.06 0.51 0.01 0.009 0.21 0.09 0.17 0.54 0.038 0.008 0.013	熔落 除滓 製品 0.53 0.08 0.57 0.01 0.009 0.21 0.19 0.09 0.54 0.038 0.005 0.013	熔落 除滓 製品 0.39 0.12 0.54 0.01 0.01 0.29 0.12 0.05 0.50 0.036 0.006 0.009	製品 0.011 0.011

第 24 表 海綿鐵使用熔解試験成績 (使用爐A工場 5 吨弧光爐)

試験番号	1	2	3	4	試験番号	1	2	3	4
鋼種	炭素工具鋼 第 6 種	炭素工具鋼 第 6 種	炭素工具鋼 第 6 種	炭素工具鋼 第 6 種	鋼種	炭素工具鋼 第 6 種	炭素工具鋼 第 6 種	炭素工具鋼 第 6 種	炭素工具鋼 第 6 種
装入物配合	kg %	kg %	kg %	kg %	石灰使用量 kg	540	630	570	550
鐵屑	3,000	3,000	3,000	3,000	出鋼 4 吨 電力	118	132	118	125
二級粉	1,000	1,000	1,000	1,000	鑛石使用量 kg	0	0	0	50
海綿鐵	1,700	1,700	1,700	1,700	出鋼 4 吨 電力	0	0	0	11
鐵	30	30	30	30	鋼浴分析	熔落	熔落	熔落	熔落
鐵	—	—	—	—	C	0.11	0.06	0.30	0.05
鐵	—	—	—	—	Mn	0.21	0.08	0.10	0.06
全装入量 kg	5,740	5,734	5,750	5,742	出鋼量 kg	4,550	4,750	4,850	4,500
操業時間	h—mn	h—mn	h—mn	h—mn	出鋼歩留 %	79	81	85	78
熔解時間	2-42	3-45	3-50	3-30	海綿鐵歩留 % (海綿鐵以外の歩留を 88% とす)	62	74	80	59
酸化時間	55	40	15	10					
精錬時間	2-22	1-27	2-	1-40					
合計	5-59	5-52	6-5	5-20					
電力使用量 kWh									
熔解期	4,200	3,900	4,200	4,200					
酸化期	1,500	900	1,400	900					
精錬期	5,700	4,800	5,600	5,100					
合計	1,140	840	990	900					
装入 4 吨 電力	1,250	1,000	1,150	1,140					
出鋼 4 吨 電力	1,250	1,000	1,150	1,140					

海綿鐵使用は 30% 配合を原則とし先づ A, B 兩工場に於て熔解試験を行つた。第 21 表, 第 22 表はこの結果を示す。その結果鑛石使用量多く熔鋼は過酸化の傾向があつたため更に鑛石使用量を減じ, 海綿鐵の歩留をあげる事に鋭意努力した。第 23 表, 第 24 表は第 2 回の試験結果である。

以下各項目につき説明する。

1) 海綿鐵配合割合 海綿鐵は 30% 配合を原則とする。第 21 表にては 27~30%, 第 22 表にては 19~27%, 第 23 表にては 29~30%, 第 24 表にては 30% である。鋼屑に比し比重小さく容積大なれば装入に非常に困難を感じる。將來適當に壓縮して投入するやうにすればこの困難は緩和され又歩留がよくなると思はれ目下研究中である。

2) 操業時間 今海綿鐵使用の場合と通常熔解の場合との操業時間を各爐につき比較すると次表の如し。

使用 爐	海綿鐵使用の熔解時間			通常熔解時間
	<i>h-mn</i>	<i>h-mn</i>	<i>h-mn</i>	
A工場 5 吨爐	5-11	6-30 (平均 5-40)	第 21 表	約 5-
A工場 5 吨爐	5-20	6-5 (平均 5-49)	第 24 表	
B工場 2 吨爐	3-42	4-8 (平均 3-54)	第 22 表	3-26
B工場 4 吨爐	5-2	5-15 (平均 5-8)	第 23 表	4-5
B工場 4 吨爐	3-39	4-45 (平均 4-16)		4-13

第 21 表, 第 24 表の操業時間を通常の場合と比較すると特に熔解時間が長くなつて居る。これ海綿鐵は通電悪く容積大なれば熔解に時間を要するためである。上の表から海綿鐵使用のため操業時間は 30~40mn 延長してゐることがわかる。

3) 電力使用量 海綿鐵使用の場合には操業時間延長するため電力使用量も必然的に増加す。今出鋼適當電力使用量を通常熔解の場合と比較すると次表の如し。

使用 爐	海綿鐵使用の場合出鋼適當電力量 kWh/t	従來熔解の平均 kWh/t
A工場 5 吨爐	820~1,050 (平均 932) 第 21 表	800~850
A工場 5 吨爐	1,000~1,250 (平均 1,135) 第 24 表	"
B工場 2 吨爐	990~1,160 (平均 1,058) 第 22 表	882
B工場 4 吨爐	865~890 (平均 878) 第 23 表	800
B工場 4 吨爐	1,050~1,160 (平均 1,120)	1,030

海綿鐵使用のため大體電力は平均 100~150 kWh/t 位増加す。

4) 鑛石, 石灰使用量 鑛石, 石灰使用量を各爐につき比較すると次の如し。

使用 爐	海綿鐵使用の場合出鋼適當石灰量 kg/t	海綿鐵使用の場合出鋼適當鑛石量 kg/t
A工場 5 吨爐	89~105	12~43 (第 21 表)
A工場 5 吨爐	118~125	0~11 (第 24 表)
B工場 2 吨爐	88~108	54~79 (第 22 表)

通常熔解の場合の出鋼適當石灰, 鑛石使用量は A 工場 5 吨爐にては石灰 60 kg/t, 鑛石 30 kg/t, B 工場 2 吨爐にては石灰 70 kg/t, 鑛石 60 kg/t 位である。

第 21 表, 第 22 表にみる如く最初の試験にては鑛石使用量多すぎたため除滓時鋼浴成分は A 工場 5 吨爐にては 0.18~0.07 C, B 工場 2 吨爐にては 0.16~0.03 C で大部分 C 量は 0.10 以下となり, 鋼浴は過酸化に陥つたため第 2 回の試験にては第 24 表にみる如く鑛石使用量を減じ適當 0~11 kg 位としたが充分 C, Mn, P を除去し得た。

5) 酸化鋼滓 海綿鐵中の金屬鐵分は 55~70% にして, 残りは SiO_2, FeO 等であるから大體装入量の 30~40% は鋼滓に行く。又海綿鐵中の SiO_2 は 10~15% を含む適當の鋼滓をつくるため石灰は通常熔解よりも適當約 40~50 kg 多量に酸化期に投入せねばならぬ。故に鋼滓量は増加し第 21 表にみる如く出鋼量 4,550~4,850 kg に對し鋼滓量は 1,300~1,850 kg 鋼滓比 22~39% に及ぶ。通常熔解例にては 8~10% で海綿鐵を使用する場合は通常の 3 倍位の鋼滓が出る事になる。第 22 表に B 工場 2 吨爐に於ける熔解試験の鋼滓分析を示す。この場合には熔落直後に SiO_2 の多い鋼滓を一度除滓するやうにした爲熔解期には全く鑛石を使用しなかつた。

その結果第 1 回鋼滓には FeO 少く又 SiO_2 多く 30% に達するのは注目すべきである。

6) 海綿鐵歩留 各爐につき海綿鐵の歩留を比較すると次の如し。

使用 爐	海綿鐵以外の装入物歩留 %	綿鐵歩留 %
A工場 5 吨爐	88	58.5~72.5 (平均 67.5) 第 21 表
A工場 5 吨爐	88	59~80 (平均 68.7) 第 24 表
B工場 2 吨爐	92	73~84.8 (平均 84.8) 第 22 表
B工場 4 吨爐	94	52~83 (平均 68) 第 23 表

海綿鐵以外の装入物の歩留は各爐に於ける通常熔解の歩留の平均にして A 工場は旋盤屑を多く使用するため歩留が悪い。これより海綿鐵歩留は大體 65~70% と考へられる。B 工場 2 吨爐に於ける海綿鐵歩留は平均 81.2% となつて居るが, 海綿鐵歩留以外の装入物歩留は更によゝのではないかと思はれる。

7) 還元精鍊 通常熔解の場合と特に變つた點なし。

8) 製品成績 通常熔解の製品と較べて特に特記すべき事なし。

5. 總 括

以上の試験に使用せる海綿鐵の金屬鐵分は大體 55~70



%にして SiO_2 等不純物多く、ために石灰は出鋼毎當 40~50 kg 多量に要し鋼滓量は通常熔解の 2.5~3 倍に達した。又海綿鐵は容積大にして通電悪きため操業時間は通常熔解より 30~40mn, 電力は出鋼毎當 100 kWh 位多い結果になつて居る。海綿鐵の歩留は大體 70% である。製鋼原料としての海綿鐵は出来るだけ純粹な鑛石より還元度のよい海綿鐵をつくるのが緊急の問題で、かゝる品位のよい海綿鐵を適當な豫備的處理をなして原料としたならば將來製鋼原料として重要なものとなり得ると考へられる。

V. 結 論

以上の實驗により大體豫期の成績は得られた。勿論製造法に就ては枝葉に亙つて技術的に検討すべき點多々あり、特に粉鑛の處理、磁選滓(低品位コークス)の利用、廢棄ガスの熱の利用等は今後に残された大きな問題であり、又

海綿鐵の製造原價を支配するものである。

熔解法に於ても現在の品位にて 20% 程度迄は左程從來の製鋼工場能力を低下せず配合し得る状態である。

今後一方には可及的高品位のものを製造すると同時に、壓縮等の豫備處理をなして電氣爐に裝入することが通電をよくし、熔解歩留をよくする第一の條件である。

又熔解の際海綿鐵中に残留する酸化鐵を還元して鋼浴に入れ歩留を増加する方法も考へられる。これ等の新しい計畫は目下進行中で遠からず研究は完成するであらう。

本報告を記すにあたり多額の費用を投じ、且未だ完成せざる本法の發表を許可せられたる大同製鋼株式會社下出社長、川崎舍專務に對し敬意を表し、又本方法に多大の興味と理解とを持たれ、その工業的製造に熱心なる協力をされた淺野セメント門司工場支配人上田貞敏氏その他幹部技師の諸氏に對しても深く感謝する次第である。

屑鐵及び高純海綿鐵を原料とせる各種鋼材の機械的性質の比較* (第4報) ニッケル・クロム鋼に就て (II)

(日本鐵鋼協會第 21 回講演大會講演 昭 14. 4)

熱 田 友 二**

COMPARISON OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF STEELS MADE FROM SCRAP IRON AND FROM SPONGY IRON. PART IV: NICKEL-CHROMIUM STEEL (II)†

Tomozu Aiuta

I. 試験片の製作熱處理

本報は第3報ニッケル・クロム鋼の續きであつて實驗も第3報に報告したものと同時に行つたものである。試験片の原料及び製作の順序、方法等第3報に報告せるものと全く同様である。各試験片の組成を示すと第1表の如くであり、表中 A は原料海綿鐵、B は原料屑鐵のものである。

熱處理は第2表の如き7通りとし(III)の外は全部冷風焼入とした。(III)は油焼入したものである。本報告中に取扱つてゐるものは第7表に見る如くその組成が大體第4

種或は第3種に似たものばかりでクロムが約1%以上含有せられてゐるから冷風で冷却で充分焼が入る。又焼戻後の冷却も(VII)の外は總て冷風で冷却とした。(VII)は油冷したものである。

第2表 熱 處 理

熱處理番號	焼 入	焼 戻
I	830°C × 1h 冷風焼入	焼戻せず
II	同 上	185°C × 4h 焼戻, 冷風冷却
III	830°C × 1h 油 焼 入	同 上
IV	830°C × 1h 冷風焼入	400°C × 1.5h 焼戻, 冷風冷却
V	同 上	500°C × 1h 焼戻, 冷風冷却
VI	同 上	600°C × 40mn 焼戻, 冷風冷却
VII	同 上	600°C × 40mn 焼戻, 油冷

II. 機械試験及び機械試験結果

機械試験として第3報の如く抗張試験(各1本)シャルピー衝撃試験(各2本平均)硬度試験(各5ヶ所平均)を行つた。試験片の寸法は第3報に述べた通りである。

* 本研究は東北帝國大學教授岩瀬慶三博士の御指導に由り東北帝國大學金屬材料研究所に於て昭和9年4月より14年7月の間に於て行はれたものである。第1, 2報は第7號, 第3報は第8號に上掲せり。

** 本溪湖特殊鋼株式會社。

† As for the abstract of the general content, refer to the July 1941 issue, p. 471.