

TiO₂ を含有する鑛滓による微細化黒鉛鑄鐵に関する研究 (II)

(S-H 鑄鐵の製造に必要な熔解条件及び鑄造条件に関する研究)

(昭和 28 年 4 月本會講演大會にて講演)

澤 村 宏*・津 田 昌 利**

INVESTIGATION ON CAST IRON HAVING EUTECTIC GRAPHITE STRUCTURE PRODUCED BY TREATING MOLTEN CAST IRON WITH SLAG CONTAINING TITANIUM OXIDE (S-H CAST IRON) (II)

(Melting and Casting Conditions Necessary for Production of S-H Cast Iron)

Hiroshi Sawamura Dr. Eng. and Masatoshi Tsuda

Synopsis:

Melting and casting conditions necessary for production of the so-called S-H cast iron were studied and the following results were obtained in the scope of the present experiments:

- 1) The suitable melting temperature was 1350°C. to 1450°C., at which the cast iron melt was to be treated with the slag.
- 2) The suitable casting temperature of the cast iron melt, treated by the slag, was 1250°C. to 1300°C.
- 3) The basicity of the slag (CaO/SiO₂) should be over about 0.4.
- 4) The suitable amount of the slag was about 15% of the cast iron melt.
- 5) The suitable time of contact between the cast iron melt and the molten slag varied with content of the titanium oxide in the slag. The larger was the latter, the shorter became the former.

I. 緒 言

著者の 1 人は鑄鉄浴に酸化チタンを含有せる熔滓を接触せしめたる後、鑄造することにより全部共晶黒鉛組織より成る鑄物が得られる現象を知り¹⁾、かような方法で造られたる鑄鉄を“S-H 鑄鉄”と名付けた。吾々は S-H 鑄鉄を造るのに必要なる各種の条件について広範な研究を行つたのであるが、以下処理する鑄鉄浴の成分は一応問題外に置き一定成分の鑄鉄浴の熔解条件並に鑄造条件について実験した結果を述べようと思う。

II. 實 験 方 法

本実験に用いたる鑄鉄原料は直径 35mm、長さ 300 mm の寸法の砂型に鑄造せる鼠鑄鉄でその成分は第 1 表に示す如くである。

鑄鉄原料の Si% が余りに低き場合は必要に応じ金属珪素を添加して鑄造後、白銹化するのを防止することにした。造滓原料及びその使用法並に熔滓による処理法等はいずれも特に述べない限り前実験²⁾におけると同様で

第 1 表 鑄鉄原料の成分

原料番號	成分(%)					
	T.C	C.C	Si	Mn	P	S
A-1	2.99	0.86	1.01	0.64	0.27	0.049
A-2	3.22	0.74	1.45	0.85	0.34	0.065
B-1	3.01	0.83	1.16	0.83	0.30	0.052
B-2	3.12	0.84	1.40	0.88	0.31	0.063
C-1	3.13	0.77	1.29	0.98	0.18	0.067
C-2	3.11	0.79	1.28	0.89	0.26	0.070
D-1	3.12	0.75	1.46	0.88	0.35	0.054
D-2	3.26	0.78	1.46	0.51	0.30	0.067
D-3	3.11	0.80	1.43	0.99	0.35	0.060
E-1	3.16	0.80	1.12	1.05	0.17	0.073

註：原料の鹽鉛組織はいづれも片状である。

ある。更に本実験においては前実験結果に従い、基本的熔解条件を次の如く定め

熔滓量：鑄鉄浴の 15%

造滓配合の塩基度 (CaOSiO₂): 1.5

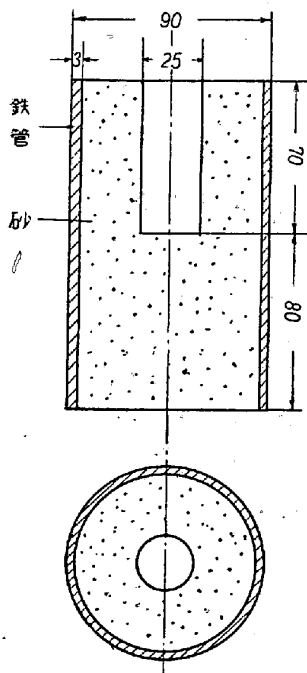
* 京都大學教授 工學博士

** 京都大學化學研究所

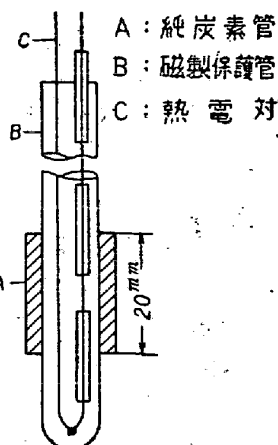
造滓配合の Al₂O₃: 10%
 造滓配合の TiO₂: 12%
 鑄鉄浴と熔滓との接触時間: 15min
 熔滓上に添加する木炭粉末量.. 滓滓量の10%
 最高加熱温度: 1400~1450°C
 鑄込温度: 1300°C

まずこれらの条件のうち一条件のみを変え他の条件を上記の如く一定に定めて実験を行いその特定条件の影響を検討した後、上記のすべての条件の下で熔解を行い、これに他の条件を加味してその条件の影響を見ることにした。以下述べる実験ではすべて特に断らざる限り上記の条件で熔解を行ったことに注意して置く。

次に鑄鉄浴の鑄込みには第1図に示す直径 25mm の一定の乾燥砂型を用いた。



第1図 鑄砂型 (単位mm)



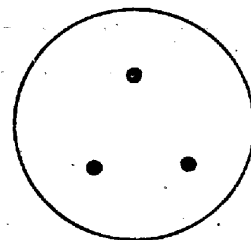
第2図 鑄込温度測定装置

鑄鉄浴の温度測定には主に光高温計を用いることにしたが必要に応じ Pt-Pt-Rh 熱電対をも使用した。鑄込温度は Pt-Pt-Rh 熱電対で測定した。これに用いた磁製保護管の尖端で熔滓に接触する部分は熔滓による熔損を防止するために第2図に示すように純炭素管で保護した。

鑄型に鑄込んだ鑄鉄が約 500°C 以下に冷却するのを待つてこれを鑄型から取出し室温に冷却するのを待つて縦軸に直角の方向に2分して切断面を檢鏡して黒鉛の形状を観察し切断面に現われたる黒鉛全量に対する共晶黒鉛の重量割合を推定しこれを第2表の如く符号で現わすことにした。勿論この表現法は不正確の嫌いはあるがA及びBの範囲では大なる誤りなくして決定することができる。尚、処理後の鑄滓は必要に応じて分析することにした。更に参考の為に第3図に示す檢鏡面上の位置においてブリネル硬度を測定した。

第2表

符號	黒鉛全量に対する共晶黒鉛の重量割合 (%)
A	100
B	90~100
C	50~90
D	<50

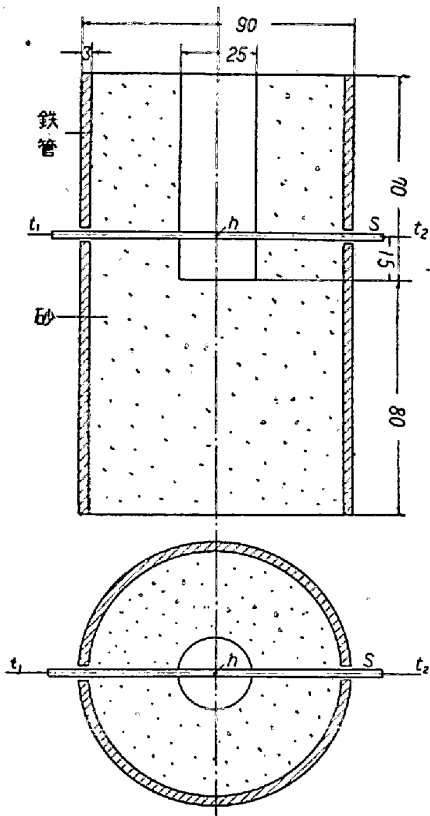


第3図 ブリネル硬度測定位置

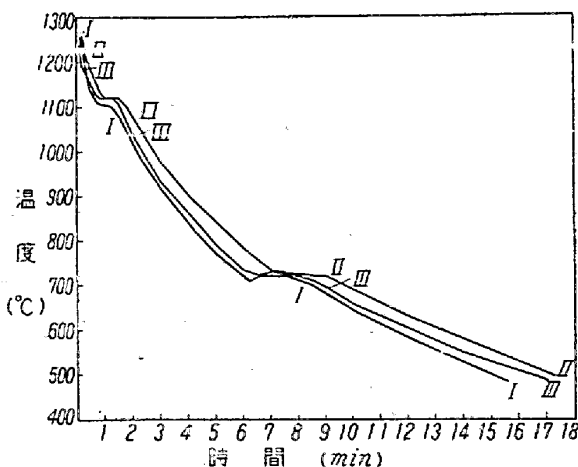
尚、鑄込後、鑄型内における鑄鉄の冷却速度は鑄造条件によつて異なるも今その代表的例を得るために行つた実験について述べることにする。

この測定には第4図に示す第1図と同一寸法の乾燥砂型を用いた。型の底より 15mm の位置に外径 1.5mm の極めて小なる石英管 (S) を図の如く置き、その中に熱接点 (h) が鑄型の中心に位置するように直径 0.1mm の Pt-Pt-Rh 熱電対 (t) を挿込みたるうへ、鑄鉄原料 (E) の 150gr を熔解し前記の条件の下で熔滓処理を行つた後これを鑄型に鑄込温度 1300°C で鑄込み直ちに温度一時間の関係を測定した。この結果は第5図の如くである。

これによつて鑄鉄浴を鑄型に鑄込んでからこれが凝固を始るときの温度迄冷却する間並に凝固した鑄鉄が



第 4 圖 冷却速度測定装置 (單位 mm)



第 5 圖 鑄鐵の冷却曲線

1100°C から 1000°C 迄冷却する間の平均冷却速度は夫々第 3 表に示す如く 3.7°C/sec. と 2.0°C./sec. である。

以下述べる実験において鑄型に鑄込んだ鑄鉄試料は上記の速度とほぼ同一速度で冷却したものと考えて差支えない。

III. 実験結果

1. 鑄込温度の影響

実験結果は第 4 表及び第 5 表の如くである。以上の結果によると本実験の範囲内では S-H 鑄鉄を得るには鑄

第 3 表

実験番號	最高加熱温度 (°C)	鑄込温度 (°C)	凝固開始迄の平均冷却速度 (°C/sec)	1100°C~1000°C 間の平均冷却速度 (°C/sec)
I	1440	1300	4.4	1.9
II	1435	"	3.0	1.8
III	1420	"	3.6	2.3
平均			3.7	2.0

込温度は 1250~1300°C が適當であることが知られる。

第 4 表 実験条件並に結果

実験番號	鑄鐵原料種類	鑄込温度 (°C)	共晶黒鉛の重量割合 (%)	ブリネル硬度	最高加熱温度 (°C)
1	A-1	1250	A	206	1400
2	A-2	1250	A	197	1430
3	A-1	1300	A	212	1410
4	A-2	1300	A	197	1425
5	A-2	1350	B	192	1450
6	A-1	1360	B	206	1420
7	A-1	1400	C	192	1415
8	A-2	1400	B	212	1460
9	A-2	1400	C	201	1460
10	A-2	1435	C	212	1470

第 5 表 熔滓成分

実験番號	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ * (%)	その他 (%)	CaO/SiO ₂
3	31.50	43.59	10.58	11.53	2.80	1.41
9	30.89	43.10	10.04	11.27	3.70	1.40
10	30.16	42.52	10.54	11.26	5.52	1.41

註*: 以下の熔滓中の TiO₂(%) は特に断らない限り熔滓中の Total Ti の分析値を TiO₂ に換算せる値である。

2. 最高加熱温度の影響

実験結果は第 6 表及び第 7 表の如くである。

第 6 表 実験条件並に結果

実験番號	鑄鐵原料種類	最高加熱温度 (°C)	鑄込温度 (°C)	共晶黒鉛の重量割合 (%)	ブリネル硬度
11	B-1	1300	1290	C	206
12	B-2	1300	1290	C	197
13	B-2	1350	1300	A	217
14	B-1	1350	1300	A	217
15	B-2	1400	1300	A	206
16	B-1	1405	1290	A	217
17	B-1	1450	1300	A	197
18	B-2	1450	1300	A	212
19	B-1	1500	1300	B	192
20	B-2	1500	1310	C	206
21	B-2	1500	1300	A	206
22	B-2	1500	1300	A	206

23	B-2	1530	1300	B	192
24	B-2	1530	1300	A	187
25	B-2	1530	1300	A	—
26	B-1	1550	1310	C	187

第7表 熔滓成分

実験番号	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	その他 (%)	CaO/SiO ₂
12	28.43	42.46	9.58	12.44	7.09	1.49
13	29.45	42.07	9.55	12.77	6.16	1.43
16	30.50	41.62	11.16	11.61	5.11	1.36
18	29.94	41.93	9.74	11.43	6.96	1.40
19	32.80	41.76	10.87	10.45	4.12	1.27
24	30.97	42.27	10.11	11.16	5.49	1.37

上記実験結果によると本実験の範囲内では最高加熱温度は 1350~1450°C が適当である。加熱温度が 1450°C 以上になると結果が不揃となる。

3. 鑄滓の鹽基度の影響

ここにいう鹽基度とは鑄滓中の CaO 量に対する SiO₂ 量の比 CaO/SiO₂ のことである。本実験は鑄鐵原料 C に金属珪素を鑄鐵浴の Si が約 2% となるように添加して熔解を行った。本実験結果は第 8 表及び第 9 表の如くである。

第8表 実験条件並に結果

実験番号	鑄鐵原料種類	鑄滓の鹽基度		最高加熱温度 (°C)	鑄込温度 (°C)	共晶黒鉛の重量割合 (%)	ブリネル硬度
		CaO/SiO ₂ 配合	分析値				
27	C-2	0.3	0.28	1420	1290	D	206
28	C-2	〃	0.27	1430	1290	D	206
29	C-1	0.5	0.45	1430	1290	A	192
30	C-1	〃	0.44	1435	1300	A	206
31	C-1	1	1.09	1435	1300	A	217
32	C-1	〃	0.91	1430	1290	A	201
33	C-1	1.5	1.40	1420	1285	A	212
34	C-1	〃	1.38	1420	1290	A	217
35	C-2	〃	1.40	1415	1290	A	217
36	C-2	〃	1.36	1425	1290	A	212
37	C-2	2	1.63	1430	1300	A	223
38	C-2	〃	1.49	1435	1300	A	223
39	C-2	2.5	2.34	1445	1300	A	223
40	C-2	〃	2.26	1445	1300	A	223

第9表 熔滓成分

実験番号	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	その他 (%)	CaO/SiO ₂
27	51.18	14.50	11.70	11.75	10.87	0.28
29	47.60	21.21	11.64	11.46	8.09	0.45
31	35.16	38.46	11.11	11.79	3.48	1.09
35	31.54	44.13	11.32	11.37	1.64	1.40
37	28.41	46.37	11.81	12.20	3.84	1.63
39	23.29	54.50	10.24	9.51	2.46	2.34

これらの表によると処理後鑄滓成分はその配合成分と

僅かに変化しているに過ぎない。

本実験の範囲内では鹽基度が約 0.4 以下の鑄滓を用いたのでは成績不良で 0.4~2.3 の鹽基度の鑄滓を用うれば常に全部共晶黒鉛の組織が得られることが知られる。

4. 鑄鐵浴に対する熔滓量の影響

実験結果は第 10 表及び第 11 表の如くである。

第10表 実験条件並に結果

実験番号	鑄鐵原料種類	熔滓量 (鑄鐵浴に対する%)	最高加熱温度 (°C)	鑄込温度 (°C)	共晶黒鉛の重量割合 (%)	ブリネル硬度
41	A-2	5	1430	1290	B	201
42	B-1	〃	1420	1300	C	197
43	A-2	10	1425	1290	A	212
44	B-1	〃	1430	1300	B	206
45	A-2	15	1425	1295	A	217
46	B-1	〃	1430	1300	A	217
47	A-2	20	1435	1295	A	223
48	B-1	〃	1450	1300	A	223

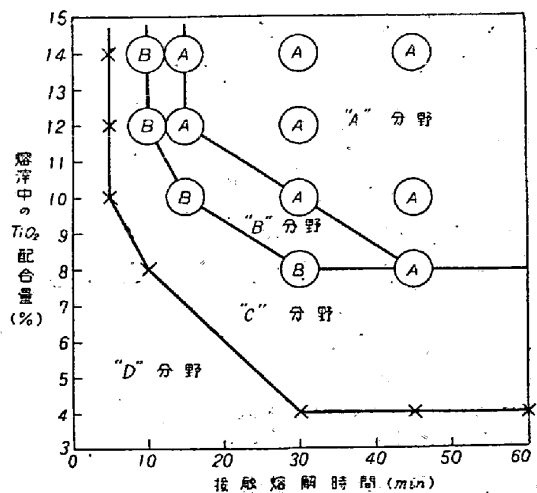
第11表 熔滓成分

実験番号	熔滓量 (鑄鐵浴に対する%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	その他 (%)	CaO/SiO ₂
45	15	31.34	43.41	10.62	11.53	4.10	1.39

以上の結果によると本実験の範囲内では熔滓量が鑄鐵浴の 15~20% であると全部共晶黒鉛組織の鑄物が得られるが 15% 以下であると好結果が得られないことが知られる。

5. 熔滓の TiO₂ 含有量と鑄鐵浴、熔滓の接觸時間との關係

実験結果は第 12 表及び第 6 図の如くである。



A: 100% 共晶黒鉛 B: 90~100% 共晶黒鉛
C: 50~90% 共晶黒鉛 D: <50% 共晶黒鉛

第6圖 鑄滓の TiO₂ % と鑄鐵浴、鑄滓接觸時間との關係

第 12 表 實 驗 條 件 及 び 結 果

實 驗 番 號	鑄 鐵 原 料	鑄滓の TiO ₂ (%)		鋳鐵浴と熔滓の 接觸時間(min)	最高加熱 温(°C)	鑄込温度 (°C)	共晶黒鉛の 重量割合 (%)	ブリネル 硬 度
		配 合	分析値					
49	D-1	4	4.30	5	1430	1300	D	192
50	"	"	4.44	15	1420	1290	D	206
51	"	"	4.40	30	1435	1290	C	201
52	"	"	3.56	45	1430	1300	C	174
53	"	"	3.59	60	1420	1300	C	174
54	D-1	8	7.94	5	1435	1290	D	197
55	"	"	7.82	10	1430	1290	C	192
56	"	"	7.76	15	1425	1300	C	187
57	"	"	7.48	30	1420	1290	C	197
58	"	"	7.44	45	1430	1300	A	206
59	D-2	10	10.83	5	1425	1300	D	178
60	"	"	10.40	10	1420	1290	D	178
61	"	"	10.93	15	1435	1300	B	192
62	"	"	9.14	30	1436	1300	A	183
63	"	"	8.91	45	1430	1290	A	197
64	D-3	12	11.50	5	1430	1300	D	206
65	"	"	11.57	10	1415	1290	B	201
66	"	"	11.61	15	1420	1300	A	206
67	"	"	11.26	30	1425	1300	A	170
68	D-2	14	13.88	5	1415	1290	D	178
69	"	"	13.62	10	1425	1300	B	183
70	"	"	12.99	15	1430	1300	A	174
71	"	"	12.33	30	1420	1290	A	178
72	"	"	11.61	45	1425	1300	A	183

この実験結果によると S-H 鑄鉄を得るに必要な鑄鉄浴と鋳滓との接觸時間は鋳滓の TiO₂ 含有量が高くなる程或る限度迄短縮されることが知られる。

6. 造滓材料の影響

今迄述べた実験では造滓材料としてすべて前に述べたように純酸化チタン、ポルトランドセメント及び沈降性炭酸カルシウム、無水珪酸等を用いたが本研究の結果を實地に応用する場合を考慮して酸化チタン造滓剤としてイルメナイト及び酸化チタンを含む鋳滓を用い果して今迄用いた造滓剤と同様の結果が得られるかどうかについて実験を行うことにした。

本実験に用いたイルメナイト及び酸化チタンを含む鋳滓の成分は第 13 表の如くである。

第 13 表中、酸化チタンを含む日曹製鋼株式会社富山

製鋼所において砂鉄団鋳を原料にして開放式低炉型電気炉で低滓銑を製鍊する時に生ずるもので同製鋼所では現在その利用の途なく低廉価で求めることができるものである。

上記の酸化チタン造滓剤にポルトランドセメント、市販珪砂及び純アルミナを鋳滓配合で TiO₂=12%、CaO/SiO₂=1.5、Al₂O₃≧10% になるように添加混合して造滓することにした。

実験結果は第 14 表及び第 15 表の如くである。

以上の結果によると本実験の範囲内では原酸化チタン造滓剤としてイルメナイト或は含酸化チタン鋳熔を用いるも適當なる滓解条件の下で熔滓処理を行えば殆ど全部或は全部共晶黒鉛より成る鑄鉄が得られることが知られる。

第 13 表

造滓剤種類	TiO ₂ (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	MnO (%)	FeO (%)	T.Fe (%)	P (%)	その他 (%)	備 考
イルメナイト	33.24	3.32	0.31	5.12	0.22	—	43.72	—	14.08	市 販
鋳 滓	24.56	26.52	23.81	—	1.00	8.54	—	0.030	15.54	日曹製鋼會社 富山製鋼所産

第 14 表 實驗條件並に結果

實驗番號	鑄鐵原料種類	酸化チタン原料種類	最高加熱溫度 (°C)	鑄込溫度 (°C)	共晶黒鉛の重量割合 (%)	ブリネル硬度
73	E-1	イルメ	1400	1300	B	223
74	//	ナイト	1445	//	A	217
75	//	//	1430	//	B	217
76	//	//	1445	//	A	217
77	E-1	含酸化チタン鑄滓	1420	1300	A	217
78	//	//	1440	//	B	217
79	//	//	1445	//	A	223
80	//	//	1435	//	B	223

註: 鑄鐵原料の Si が 2% になるように調製した。

第 16 表 實驗條件並に結果

實驗番號	鑄鐵原料種類	木炭粉末添加量 (熔滓に対する重量%)	最高加熱溫度 (°C)	鑄込溫度 (°C)	共晶黒鉛の重量割合 (%)	ブリネル硬度
81	C-1	0	1420	1290	A	217
82	//	0	1425	1290	A	217
83	//	0	1410	1285	B	217
84	//	0	1420	1290	B	217
85	//	5	1440	1290	A	223
86	//	5	1420	1300	A	223
87	//	10	1420	1285	A	217
88	//	10	1420	1290	A	206
89	//	50	1430	1300	A	217
90	//	50	1440	1290	A	229

註: 木炭粉末は一部噴出した場合もある。

第 15 表 熔滓成分

實驗番號	配 合 成 分 (%)					分 析 値 (%)			
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	その他	SiO ₂	CaO	TiO ₂	CaO/SiO ₂
73	22.08	33.12	10	12	22.8	32.33	32.64	13.68	1.00
74	//	//	//	//	//	—	—	—	—
75	//	//	//	//	//	—	—	—	—
76	//	//	//	//	//	—	—	—	—
77	26.29	39.44	10	12	12.37	27.68	33.01	13.54	1.19
78	//	//	//	//	//	//	—	—	—
79	//	//	//	//	//	//	—	—	—
80	//	//	//	//	//	//	—	—	—

7. 熔滓表面に添加する炭素粉末の影響

今迄行つた實驗はすべて熔滓を還元性に保つために鑄鉄浴を熔滓で処理する時、熔滓表面に熔滓に対し 10% の木炭粉末を添加したが本實驗においては果して斯様な方法が S-H 鑄鉄を得るのに絶対的に必要であるかどうかについて確めることにした。

本實驗には大き -65~100 目篩の木炭粉末を用いた。實驗結果は第 16 表及び第 17 表の如くである。

本實驗結果によると本實驗の範囲内では全部共晶黒鉛組織を有する鑄鉄鑄物を得るには必ずしも熔滓表面に炭素を添加する必要がないことが知られる。これはタンマン炉内が可成り強い還元性雰囲気である為であると考えられ炉内の雰囲気如何によつて常に上記と同様の結果が得られるかは疑問である。

8. 鑄滓処理後鑄鐵浴の攪拌の影響

今迄述べた實驗においてはすべて鑄鉄浴を鉍滓で処理する場合、単にタンマン炉内で鑄鉄浴と熔滓とを静かに所要時間接触せしむるに過ぎず処理後、直ちに黒鉛坩堝を炉上に置き浴温が目標の鑄込溫度に降下するを待つて鑄型に鑄込を行つたのである。本實驗においては上記の方法で鑄鉄浴を熔滓で処理したる後、更に炉内において

第 17 表 熔滓成分

實驗番號	木炭粉末添加量 (熔滓に対する重量%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	その他 (%)	CaO/SiO ₂
81	0	31.60	40.65	10.96	12.44	4.35	1.29
87	10	33.04	41.86	10.73	12.56	1.81	1.27

炭素棒で坩堝内を 1min 間激しく攪拌する操作を加味しこれが結果に如何に影響するかについて確むることにした。

實驗結果は第 18 表及び第 19 表の如くである。

第 18 表 實驗條件並に結果

實驗番號	鑄鐵原料種類	攪拌操作	最高加熱溫度 (°C)	鑄込溫度 (°C)	共晶黒鉛の重量割合 (%)	ブリネル硬度
91	C-2	無	1415	1290	A	223
92	C-2	無	1425	1290	A	206
93	C-2	有	1420	1290	A	223
94	C-2	有	1430	1290	A	212

註: 鑄鐵浴の Si が 2% になるように金屬珪素を添加した。

第19表 熔滓成分

實驗 番號	SiO ₂ (%)	CaO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	その他 (%)	CaO/ SiO ₂
91	31.54	44.13	11.32	11.37	1.64	1.40
93	29.89	42.29	10.78	11.68	5.36	1.41

上記の実験結果によると本実験の範囲内での攪拌操作は何等鑄物の黒鉛組織に影響を与えないことが知られる。

IV. 總 括

以上本実験の範囲内における実験結果を総括すると次の如くである。

(1) 市販の酸化チタンを造滓剤として用いた場合、全部共晶黒鉛の組織を有する鑄鉄鑄物を得るに必要な熔解条件は次の如くである。

(i) 鑄鉄浴の最高加熱温度は 1350~1450°C が適当である。

(ii) 熔滓処理後、鑄鉄浴の鑄込温度は 1250~1300°C が適当である。

(iii) 処理用鉍滓の塩基度 (CaO/SiO₂) は 2.5 以下では約 0.4 以上であればよい。

(iv) 鑄鉄浴に対する熔滓量割合は 15% 以上が適当である。

(v) 鑄鉄浴と熔滓との接触時間は熔滓中の TiO₂ 含有量に関係しこれが高い程、短時間でよい。TiO₂%が約

4% では 60min 以上を必要とするが約 12% では 15 min で足りる。

(2) 造滓剤としてイルメナイト或は含酸化チタン鉍滓を用いるも市販酸化チタンを用いた場合と同様の熔解条件の下で好結果が得られる。

(3) 本実験の条件の下では熔滓を還元性ならしめる為に特に炭素粉末を添加する必要が認められなかつた。但しこれはタンマン炉内雰囲気可成り強い還元性である為であると考えられる。

(4) 鑄鉄浴を鉍滓で処理した後これを 1min 間激しく攪拌しても攪拌しない場合と同様の好結果が得られた。

最後に以上得られた結果はいづれも本実験の範囲内で得られたものであつて例えば熔解量、熔解炉或は熔解方法等が異なる場合にも上記の条件が最適のものであるとは予想されない。S-H 鑄鉄を実地に応用するに当つては工場における熔解法に適應する最適条件を求めなければならない。但しこの場合本実験の結果は必ずや貴重な参考資料として役立つことゝ信ずる。

終りに本研究は文部省科学研究費によつて行われたることを記し、終始熱心に実験を手伝つて戴いた助手申川三三及び富田昭津両君に深甚なる謝意を表したいと思ふ。(昭和 28 年 5 月寄稿)

文 献

- 1) 澤村宏, 津田昌利: 鐵と鋼, 38 (1952) 150
- 2) 同 上