

熔鑛爐に於ける熔銑及び熔滓の時間的變化

和田 亀 吉*

CHANGES OF MOLTEN PIG AND SLAG IN BLAST FURNACE ACCORDING TO THE TIME OF TAPPING

Kamekichi Wada

Synopsis:

Changes of molten pig and slag according to the stages of tapping were investigated about the two cases: 1) when only the domestic iron ore is used and, 2) when the imported ore used, the results of which were as follows:—

- 1) There were 13 cases of changes of the contents and temperature of the pig or slag at each tapping.
- 2) In case only the domestic iron ore was used, S content was observed to be increased toward the end of the tapping, while when the imported ore was solely used, the S content was seen decreased toward the end of the tapping.
- 3) S content was found less in the pig which came in contact with the slag zone rather than in the pig which was at the lower part of the hearth.
- 4) The greater part of the S content of the pig was to be eliminated while it was dropping down through the slag zone, and some of the remaining S was removed at the contact surface of the molten pig and slag.
- 5) When S content of the charge was high, the S in the resultant slag was also high, and on the contrary, when the S content of the charge was low, the S in the upper part of the slag is high.
- 6) It is effectual for the desulphurization of pig to have the slag zone made thicker.

I. 緒 言

熔鑛爐に於て諸反應を實際に研究する場合には、諸状況が時間と共に變化し、一回の出銑及び出滓に於ても、其成分は初、中、終が各々異なる。依て熔銑及熔滓の時間的變化を知るため、昭和 22 年に内地原料のみにより操業したる期間に東田第 4 熔鑛爐にて第 1 回試験を行い、昭和 26 年に輸入原料を使用せる場合につき、東田第 4 及び洞岡第 3 熔鑛爐に於て第 2 回及第 3 回の試験を行った。

試験期間は次の如くである。

1. 昭和 22 年 3 月 10 日～3 月 14 日
東田第 4 熔鑛爐 (能力 350 吨)
2. 昭和 26 年 5 月 22 日～5 月 26 日
" "
3. 昭和 26 年 7 月 7 日～7 月 11 日
洞岡第 3 熔鑛爐 (能力 1,000 吨)

試験要領 試料は各出銑及出滓毎に前、中、後の三期

に分けて採取すると共に、オプチカルパイロメーターにて温度を測定し、銑鐵については Si, S, Mn を、鑛滓については FeO, SiO₂, CaO, Al₂O₃, MnO 及 S を分析した。

II. 試験期間中の爐況

第 1 回試験期間中は終戦後内地原料のみを使用せる場合で、其操業記録は第 1 表に示す通りであり、爐況は比較的安定して居たが、出銑率は約 50% で、銑鐵適當裝入物中硫黄は約 25kg であつた。第 2 回及第 3 回試験は輸入原料を使用し、銑鐵適當裝入物中硫黄は 12～13kg で全操業が行われて居り、第 2 回の東田第 4 熔鑛爐は期間中爐況頗る安定して、公稱能力以上の出銑を見て居るが、第 3 回の洞岡第 3 熔鑛爐の場合は 5 日間の試験期間中前半は爐況スリップ氣味で、後半漸く 1000 吨の出銑を見るようになった。第 2 回及第 3 回試験期間中の操業

* 八幡製鐵製銑部長

第1表 昭和22年3月東田第4熔鑄爐操業狀況

月 日	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	平均	
1日平均出銑量(吨)	138	143	158	161	137	147	
コークス比	1.62	1.50	1.36	1.56	1.67	1.54	
風量(M ³ /分)	657	649	657	833	840	727	
風壓(gr/cm ²)	372	363	350	411	410	381	
送風溫度(°C)	597	640	650	650	603	628	
爐頂ガス壓(gr/cm ²)	13	13	14	15	16	14	
爐頂溫度(°C)	275	289	287	258	270	276	
装入回数	50	48	48	56	51	51	
コークス灰分(%)	22.1	22.9	23.0	21.1	22.2	22.6	
〃強度(%)	88.1	88.5	89.8	87.8	89.0	88.6	
銑鐵平均成分(%)	C	Si	Mn	S	P		
	3.23	3.24	1.36	0.104	0.41		
鑄滓平均成分(%)	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	S
	0.83	34.65	44.46	13.55	1.39	2.56	1.825

第2表 昭和26年5月東田第4熔鑄爐操業狀況

月 日	5.22	5.23	5.24	5.25	5.26	平均	
1日平均出銑量(吨)	373	362	400	392	419	389	
コークス比	0.85	0.92	0.90	0.87	0.88	0.88	
風量(M ³ /分)	783	720	790	780	800	785	
風壓(gr/cm ²)	900	870	880	820	810	856	
送風溫度(°C)	610	590	610	600	630	608	
爐頂ガス壓(gr/cm ²)	36	39	40	30	31	35	
爐頂溫度(°C)	230	220	220	270	210	2.50	
装入回数	73	77	83	79	85	80	
コークス灰分(%)	14.0	13.7	13.8	13.6	13.5	13.7	
〃強度(%)	91.3	90.7	91.0	91.5	91.4	91.2	
銑鐵平均成分(%)	C	Si	Mn	S	P		
	4.12	0.94	1.19	0.027	0.47		
鑄滓平均成分(%)	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	S
	0.77	31.43	43.99	14.28	1.29	3.98	1.248

第3表 昭和26年7月洞岡第3熔鑄爐操業狀況

月 日	7.7	7.8	7.9	7.10	7.11	平均	
1日平均出銑量(吨)	677	818	885	942	1015	867	
コークス比	0.93	0.94	0.91	0.88	0.88	0.91	
風量(M ³ /分)	1,843	2,006	2,082	2,103	2,247	2,056	
風壓(gr/cm ²)	1,058	1,058	1,049	1,028	1,121	1,063	
送風溫度(°C)	587	582	601	536	600	581	
爐頂ガス壓(gr/cm ²)	58	58	62	62	65	61	
爐頂溫度(°C)	261	259	223	210	195	230	
装入回数	88	107	112	116	124	109	
コークス灰分(%)	14.9	14.8	14.9	14.3	14.2	14.6	
〃強度(%)	92.6	91.7	93.1	93.6	92.1	92.6	
銑鐵平均成分(%)	C	Si	Mn	S	P		
	3.93	1.12	1.12	0.050	0.34		
鑄滓平均成分(%)	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	S
	30.8	44.7	15.9	0.69	1.37	2.22	1.694

第4表 出銑時熔銑成分及び温度の時間的變化

爐號	年月 (昭和)	成分 温度	尻上り型					中性計				尻下り型					總計		
			/	Γ	J	✓	^	計	∨	—	^	型	∖	∟	∩	∪		^	計
東田第4	22.3	Si%	1	0	1	0	3	5	0	1	0	1	9	1	0	2	5	17	23
		S%	6	5	0	0	4	15	0	0	0	0	0	0	0	3	5	8	23
		Mn%	3	2	2	0	1	8	0	0	0	0	4	1	3	1	6	15	23
		温度°C																	
東田第4	26.5	Si%	13	2	4	2	1	22	0	0	0	0	4	1	0	5	3	13	35
		S%	1	1	2	0	0	4	1	0	0	1	18	5	6	1	0	30	35
		Mn%	4	1	1	6	4	16	1	1	2	4	3	0	4	5	3	15	35
		温度°C	23	4	3	—	5	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
洞岡第3	26.7	Si%	5	2	3	0	1	11	2	1	2	5	6	6	5	0	2	19	35
		S%	5	2	0	0	8	15	0	1	9	10	2	1	3	1	3	10	35
		Mn%	0	0	1	3	0	4	2	1	0	3	11	3	1	12	1	28	35
		温度°C	18	6	0	1	8	33	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	34

第5表 出銑口鑄滓成分及び温度の時間的變化

爐號	年月 (昭和)	成分 温度	尻上り型					中性型				尻下り型					總計		
			/	Γ	J	✓	^	計	∨	—	^	計	∖	∟	∩	∪		^	計
東田第4	22.3	CaO/SiO ₂	2	3	0	2	8	15	0	0	3	3	1	0	0	1	2	4	22
		S%	2	1	0	3	5	11	0	0	0	0	2	0	0	5	4	11	22
		FeO%	4	0	0	1	7	12	0	0	1	1	1	0	0	2	6	9	22
		MnO%	8	3	2	0	4	17	0	0	1	1	1	1	0	0	4	6	24
東田第4	26.5	CaO/SiO ₂	0	2	1	4	4	11	1	0	2	3	4	5	3	3	6	21	35
		S%	5	0	0	5	9	19	0	0	0	0	9	1	0	3	3	16	35
		FeO%	9	1	0	1	3	14	1	0	0	1	7	2	3	4	4	20	35
		MnO%	11	0	3	3	7	24	0	1	0	1	8	0	1	1	0	10	35
洞岡第3	26.7	CaO/SiO ₂	3	12	3	0	0	18	1	2	2	5	1	4	5	1	0	11	34
		S%	4	0	4	3	0	11	2	2	1	5	2	6	5	3	2	18	34
		FeO%	4	5	1	1	5	18	3	0	3	6	3	0	2	2	3	10	34
		MnO%	9	5	1	2	3	20	0	1	0	1	3	1	2	3	4	13	34
洞岡第3	26.7	温度%	17	6	2	1	4	30	0	0	1	1	0	1	2	0	1	4	35

第6表 鑄滓口鑄滓成分及び温度の時間的變化

爐號	年月 (昭和)	成分 温度	尻上り型					中性型				尻下り型					總計		
			/	Γ	J	✓	^	計	∨	—	^	計	∖	∟	∩	∪		^	計
東田第4	22.3	CaO/SiO ₂	1	1	0	4	2	8	2	0	0	2	2	0	0	11	0	13	23
		S%	3	0	0	6	4	13	0	0	0	0	2	0	0	2	6	10	23
		FeO%	5	0	1	4	3	13	1	0	0	1	3	2	0	2	2	9	23
		MnO%	4	2	0	0	4	10	0	0	1	1	7	0	1	1	3	12	23
東田第4	26.5	CaO/SiO ₂	4	2	1	2	4	13	2	0	1	3	8	1	1	4	5	19	35
		S%	6	1	0	1	5	13	0	0	0	0	14	0	0	2	6	22	35
		FeO%	8	2	2	7	5	24	1	1	1	3	3	1	0	2	2	8	35
		MnO%	13	1	0	4	4	22	1	0	0	1	3	0	0	5	4	12	35
洞岡第3	26.7	温度°C	8	6	1	2	4	21	2	1	2	5	0	3	1	2	3	9	35
		CaO/SiO ₂	2	4	3	1	1	11	3	6	1	10	5	4	1	1	1	12	33
		S%	4	2	0	1	3	10	4	2	4	10	5	2	3	1	2	13	33
		FeO%	2	2	5	2	4	15	0	0	1	1	9	3	4	1	0	17	33
洞岡第3	26.7	MnO%	8	2	2	1	3	16	2	0	2	4	7	2	0	2	2	13	33
		温度°C	8	9	0	0	8	25	0	0	0	0	3	0	0	1	5	9	34

第7表 熔銑及び熔滓の時間的變化の關係

爐 號(年月)		東田第4 (22・3)			東田第4 (26・5)			洞岡第3 (26・7)		
試料別		前	中	後	前	中	後	前	中	後
熔 銑	Si	3.33	3.27	3.19	1.01	1.03	1.06	1.13	1.12	1.10
	S	0.091	0.109	0.109	0.031	0.028	0.026	0.045	0.055	0.047
	Mn	—	—	—	1.32	1.32	1.34	1.24	1.11	1.12
溫度°C		1395	1405	1390	1394	1410	1418	1434	1448	1454
出銑 口 鑛 滓	CaO/SiO ₂	1.24	1.26	1.25	1.38	1.38	1.36	1.38	1.40	1.40
	S	1.992	1.978	1.977	1.239	1.218	1.223	1.641	1.610	1.632
	FeO	0.62	0.75	0.62	0.81	0.81	0.81	0.62	0.65	0.62
	MnO	—	—	—	1.24	1.31	1.32	1.46	1.48	1.46
	溫度°C	1397	1429	1434	1388	1409	1416	1444	1462	1468
鑛 滓 口 鑛 滓	CaO/SiO ₂	1.31	1.24	1.28	1.39	1.36	1.38	1.44	1.44	1.44
	S	1.820	1.948	1.867	1.313	1.286	1.247	1.695	1.705	1.684
	FeO	0.78	0.71	0.74	0.69	0.69	0.74	0.70	0.68	0.69
	MnO	—	—	—	1.24	1.26	1.35	1.36	1.37	1.36
	溫度°C	1455	1485	1465	1414	1425	1427	1472	1490	1494

記録を第2表及第3表に示す。

試験結果 各試験の結果、出銑中の銑鐵と溫度の變化を纏めたものが第4表であり、出銑口鑛滓及出滓口鑛滓に就て夫々鹽基度、S、FeO、MnO及溫度を纏めたものが第5表及第6表である。更に第7表に各出銑及出滓時の前、中、後の値について夫々平均値を示し、之等を第1圖第2圖及第3圖に圖示した。

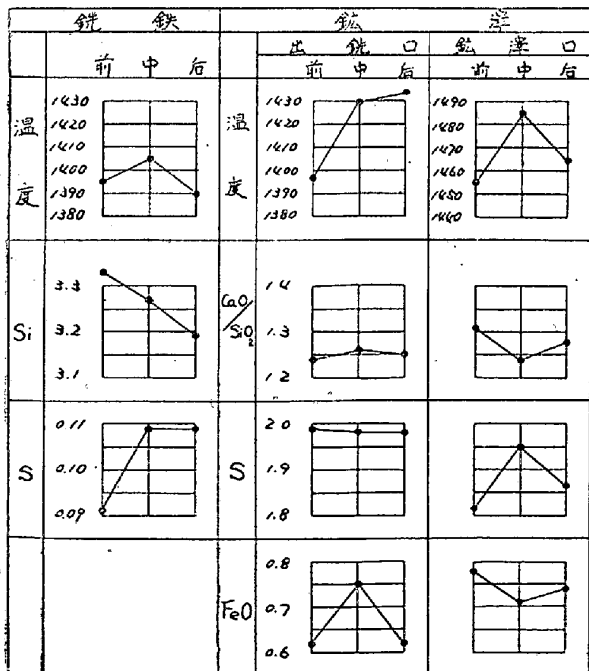
の計 13 種類の變化がある事が分る。各1回の出銑の中では、Sは爐況の安定した昭和 26 年の東田及洞岡の平均をみると、

尻上り型	中性型	尻下り型	計
19	11	40	70

で尻下りの回数が多く、Siは

尻上り型	中性型	尻下り型	計
33	5	32	70

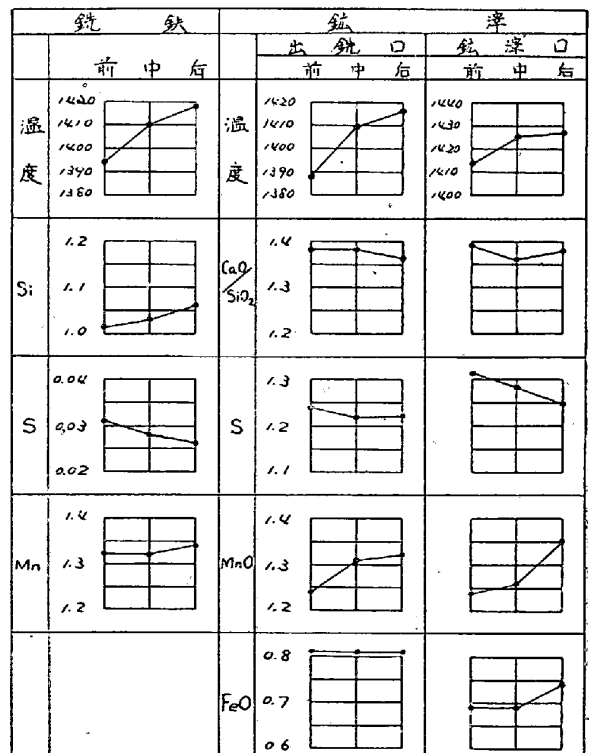
で尻上り型と尻下り型は稍々同様であるが、内地鐵石の



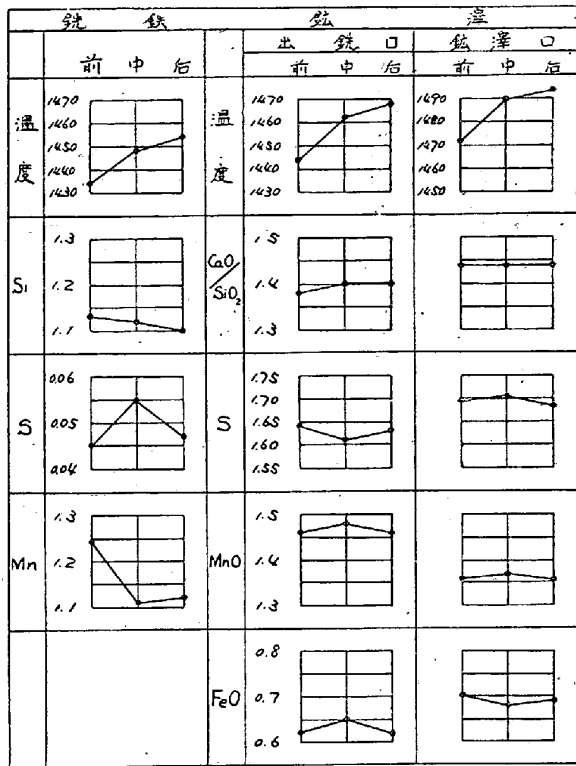
第1圖 東田第4 熔鑛爐熔銑及熔滓の時間的變化 (昭和 22 年 3 月)

III. 考 察

以上の結果から熔鑛爐に於ける出銑中の熔銑及出滓中の熔滓はその成分及溫度に尻上り型、中性型、尻下り型



第2圖 東田第4 熔鑛爐熔銑及熔滓の時間的變化 (昭和 26 年 5 月)



第3圖 洞岡第3 熔鑄爐熔銑及熔滓の時間的變化 (昭和 26 年 7 月)

みて操業した昭和 22 年には S は尻上りが多く、Si は尻下りが多くなつて居り、その變動の幅も昭和 26 年は小さくて、昭和 22 年は大きい。

之に對して熔銑温度は爐況良好の時は明らかに S% と反對の傾向をとり、尻上りの回數が多い。

鑄滓の温度も大體尻上りであり、この事は爐底より羽口面に近づく程高温な事を示し、鹽基度は出銑口と鑄滓口では同じでなく、鑄滓中硫黄は装入物中硫黄の少ない昭和 26 年は出滓口の方が高いが、装入物中硫黄が多い昭和 22 年は出銑口鑄滓の方が高い。鑄滓中の FeO, MnO も出銑口と鑄滓口では僅か異なるが、一定の傾向は涵み得ない。

斯くの如く熔銑及熔滓の成分及温度が時間と共に異なる事は湯溜内の成分が、上下左右で種々異なる事を示すものであり、爐より流出する前、中、後の順序が爐の如何な

る部分から出て来るかによつて此等傾向は異なる。

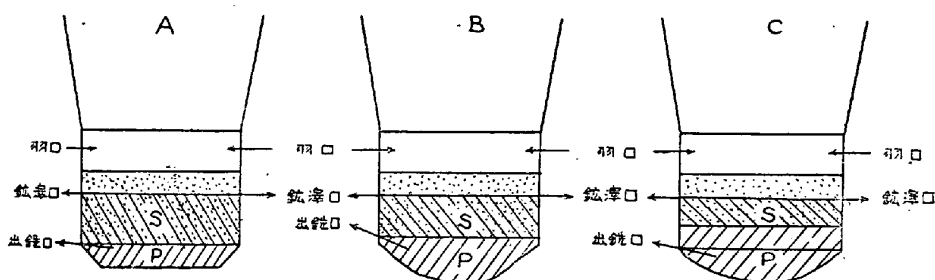
乃ち昭和 22 年東田第 4 熔鑄爐の例をみると、當時は出銑率 50% 前後で、湯溜も狭くなり、爐内における熔銑の厚みも薄く、斯る時は第 4 圖 A の如く出銑の際の開口用金棒角度を寝かす習慣もあつて、熔銑は鑄滓との接觸面の方から先に出て、漸次出銑口反對側又は下方の熔銑が後から出る。一方鑄滓は爐内に多量にあつて、滴下する熔銑を先づ脱硫するが、熔銑中には未だ 0.1% 以上の硫黄があつて、熔銑と熔滓の接觸面に於て更に脱硫が行われるため、出銑口よりの初期鑄滓は鑄滓口鑄滓より稍々多量に硫黄を含み、最初に出る熔銑の硫黄は低い。

同様の傾向は第 4 圖 B の如く爐底が下り過ぎた時も起り、斯る時は矢張鑄滓が早く出る。

昭和 26 年 5 月東田第 3 熔鑄爐の場合には、第 4 圖 C にみる如く、出銑率 110% で湯溜も廣く、爐底も適度に深いため、最初に爐底部から流出し、漸次上方鑄滓面の方へ向つて出銑されるため、熔銑中硫黄は後の方が低く、一方滴下する熔銑は鑄滓層を通過する時に己に 0.03% に脱硫されて居り、下部熔滓と熔銑接觸面でも僅か脱硫されるが、下層鑄滓中硫黄は上層部硫黄より少い。

以上を綜合すると出銑及出滓中の熔銑及熔滓の成分並に温度の時間的變化は 13 通りあり、温度は羽口面に近づく程高く、爐内滴下中熔銑中硫黄は鑄滓上層部で大部分とれ、残りの硫黄が熔銑熔滓接觸面で除かれる。接觸面で除かれる硫黄は装入物中硫黄が高い方が多く、装入物中硫黄が少い時は熔滓上層で大部分の硫黄がとれてしまふため、下層熔滓中の硫黄は熔銑との接觸面で脱硫が行われるにも拘らず低い。出銑及出滓中成分が初、中、終と時間的に相當差異がある事は、爐内の熔銑及熔滓の對流作用が活潑でない事を示す。

脱硫に關し、熔銑と滓熔層の間には上述の關係がある爲め、第 4 圖 A に於て鑄滓口の位置を高くして鑄滓層 S 部を厚くし、或は P 部を深くして鑄滓層 S 部の下邊を下げて S 部を厚くする事は脱硫上有効であり、また出銑の際に鑄滓を成る可く多量に爐内に残留させる事も効果が



第 4 圖 湯溜に於ける熔銑及熔滓層

ある。八幡製鐵所に於ては已にP部深さを従來400耗から600耗にして居り、鑄滓口位置を従來より100耗高くする事にして居る。

IV. 結 言

1) 出銑及出滓中の銑鐵及鑄滓の成分及溫度の變化には尻上り、中性及び尻下りの13種類の型がある。

1) 各1回の出銑中の硫黄は内地鑄石のみ使用して出銑率低い時は尻上りの回数が多く、輸入鑄石を使用して爐況安定せる時は尻下りの回数が多い。

1) 爐底下部熔銑より熔滓との接觸面の熔銑の方が硫黄含有量低い。出銑口よりの初期鑄滓は少々硫黄分が高

い。

1) 熔銑の硫黄は大部分爐内鑄滓層を滴下中に脱硫されて爐底に下り、鑄滓との接觸面でも一部脱硫される。

1) 装入物中硫黄が多い時は出銑口鑄滓中硫黄が高い。反対に装入物中硫黄が少い時は鑄滓上層部の方が硫黄が高く、熔銑との接觸面に近い下層の方が硫黄分少い。

1) 熔鑄爐内では熔銑及熔滓の對流作用は殆ど行われず、爐床内の上下左右の成分及溫度の差が相當ある。

1) 出滓口の位置を高くし、又は爐底を下げて鑄滓層を厚くする事及び出銑後鑄滓を出来るだけ爐内に残す事は脱硫上有利と考えられる。(昭和27年8月寄稿)

鹽基性平爐鋼滓の組織に関する研究 (I)

(本會第39回及第40回講演大會に於て發表)

芥 川 武*

MICROSCOPIC STRUCTURES OF THE BASIC OPEN HEARTH FURNACE SLAGS (I)

Takeshi Akutagawa Dr., Eng.

Synopsis:

Optical properties of the crystals in the basic open hearth furnace slags were determined by means of petrographic microscope. The results were as follows:

(1) The columbar crystals appeared in the low basicity ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 < 1.2$) slags were olivine, whose chemical formula was $\text{CaO} \cdot \text{RO} \cdot \text{SiO}_2$ ($\text{R} = \text{Fe}, \text{Mn}$ or Mg).

(2) The spindle-shaped crystals in the slags of basicity between 1.2 and 1.9 were merwinite, written as $3 \text{CaO} \text{ Ro } 2 \text{SiO}_2$ ($\text{R} = \text{Fe}, \text{Mn}$ or Mg).

(3) Globular crystals which appeared in the slags of basicity between 1.4 and 2.9 were α -dicalcium silicate.

(4) Needle-like crystals in the high basic slags were tri-calcium silicate.

(5) Angular shaped matrix of the high basic slags were mixed crystals of dicalcium ferrite and brownmillerite.

With reflecting microscope, ionic components of these crystals were revealed by the colorizing method, such as SiO^{4-} with ammonium molybdate and benzidine, Ca^{++} with Lembergs solution, Fe^{++} and Mn^{++} with acidic potassium ferricyanide, Fe^{+++} or $\text{Fe}_2\text{O}_4^{--}$ with ammonium rhodanate, and S^{++} with acetone solution of ammoniacal cobaltous nitrate.

I. 緒 言

製鋼反應に於て鋼浴—鋼滓間の平衡關係を決定し、或はその反應速度を左右するものとして鋼滓の重要な役割に就いては改めて強調する迄もないところである。鋼滓

調整は製鋼作業に於て最も重要なもの一であるばかりでなく、熔融状態にある鋼滓が如何なる構造を示し、或は鋼滓中各成分が如何なる活量を有するかは製鋼物理化學

* 東京大學工學部助教授、工博