

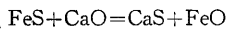
高アルミナ鉍石使用試験について

館 充

1. この問題の背景

高炉は鉄鉍石の酸化鉄を還元し、鉄に加炭して銑鉄とし、これを熔融状態でとりだすことを目的とする装置であるが、そのさい鉍石中の脈石（主として SiO_2 、 Al_2O_3 などから成る）、熱源ならびに還元剤であるコークスの灰分（主として SiO_2 、 Al_2O_3 ）を、媒溶剤として装入する石灰石の CaO によって、鉍滓 (slag) として溶融分離させる。その量は鉄鉍石の品位、コークスの灰分含量、コークス消費量によって異なるが、ほぼ銑鉄トンあたり 500 kg 前後で、銑鉄との比重の違いを考慮すれば volume は両者はほとんど等しい。したがってその物理的性質、とくに粘性は炉の高温部分の働きに重大な関係をもち、粘性が大きすぎれば通風状態を乱すだけでなく、炉外への流出が困難になり、したがって炉底が次第に上がって操業不能に陥ることさえある。それゆえ高炉操業では流動性のよい鉍滓をいかにしてつくるかが、重要な問題点になっている。

一方鉍滓はその free CaO によって、次の反応にしたがって、鉍石およびコークスから銑鉄に入る S を取り除くという重要な化学的機能を要求されている。

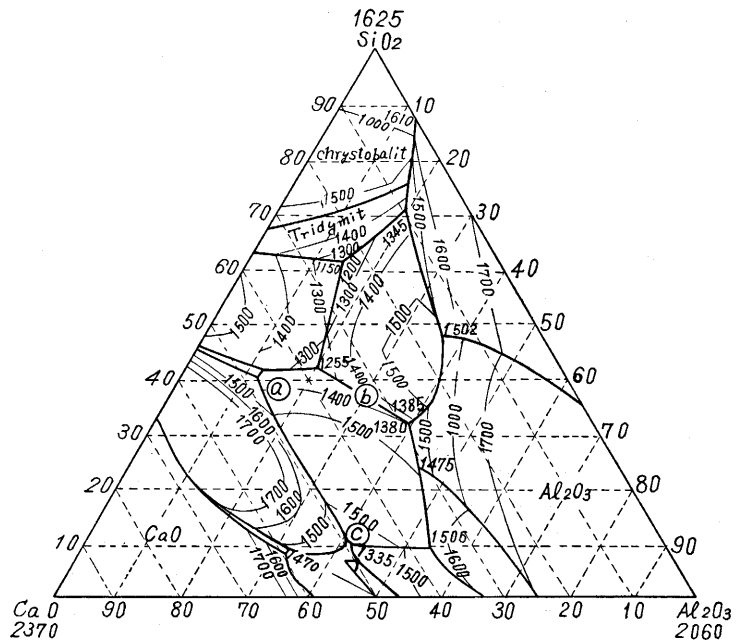


そこで高炉の溶解帯以下の温度において流動性が十分よく、かつ十分な脱硫能を保証する free CaO ができるだけ高い鉍滓をつくるのが、高炉操業を首尾よく行なううえで極めて重要な問題点である。

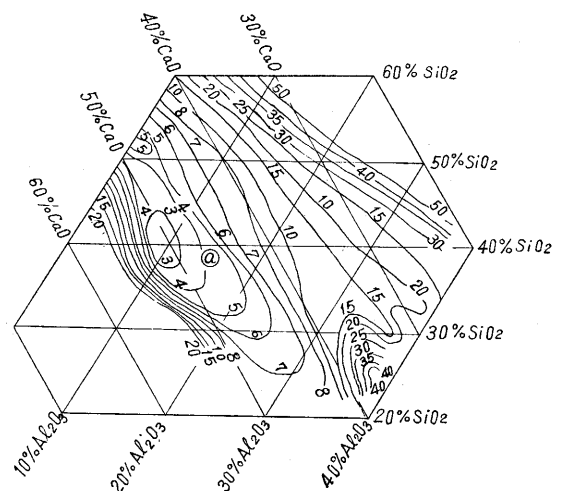
現在長い操業の経験と多数の基礎研究とによって、 $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \approx 1.3$ で、かつ Al_2O_3 が 15% 前後の鉍滓をつくれれば上述の二つの目標が十分実現されることが知られている。これはちょうど $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ 三元系において、溶融点が比較的低く（第 1 図①点）かつ粘性も小さい（第 2 図②点）ところにあっている。同時にこれらの図から $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1.3$ のまま Al_2O_3 が高くなれば、溶融点、粘性いずれも上昇し、同じ温度では鉍滓の流動性が次第に悪くなることが推定される。

ところでコークスの灰分は通常 $\text{SiO}_2 \approx 50\%$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \approx 30\%$ （残りは CaO と Fe_2O_3 ）の組成をもっているから、これに CaO を加えて $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \approx 1.3$ の鉍滓をつくれれば、 Al_2O_3 は約 20% となり、最適組成よりはやや

Al_2O_3 が高いが、この程度ならまだかなりの流動性を維持できるものと期待できる。したがって鉍石の脈石から生成される $\text{CaO}/\text{SiO}_2 \approx 1.3$ の鉍滓の Al_2O_3 が 15% 前後であれば、鉍滓は全体として良好な流動性をもちうることになる。このことから簡単な算術によって最適組成の鉍滓を与えるような、鉍石脈石の組成にたいして



第 1 図 三元スラグ状態図



第 2 図 三元スラグの 1,500°C における粘性 (等粘度曲線の数字は pois)

註¹⁾ 灰分および脈石から生成される鉍滓の量の比は、現在大型炉の操業条件では、ほぼ 1:2 である

$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \approx 2.5$ という条件が求められる。すなわちこのような組成の脈石を有する鉍石を使用すれば、たとえコークス灰分の $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ が 5:3 より小さくても、流れのよい鉍滓が得られるはずである。

大平洋戦争前はわが国の製鉄所は主として、中国・朝鮮などの鉍石を使用していたが、これらの国で産出される鉍石の $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ は、たとえば大冶の $8.65/2.04 \approx 4.2$ 、田独の $11.83/2.84 \approx 4.15^2)$ のように、 Al_2O_3 の相対量が少なかったから、この点にはなんの問題もなかった(釜石などの国内鉍石についても同様である)。しかし戦後鉄鉍石の供給先を印度、ゴア、マレー、フィリピンなどの東南アジアに求めるようになって、事情はすっかり変わってしまった。すなわちこれらの国で産出される鉍石の Al_2O_3 は一般に極めて高く、たとえば印度のケダーは $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 1.93$ 、ゴアは 0.36、マレーのズンゲンは 1.04³⁾ となり、前述の条件にはとうてい達しない。しかもこれらの国を主とする外国鉍石輸入への依存度は、鉄鋼生産量の増大につれて高まる一方である(1957年度で 87%⁴⁾) から、今後鉍滓の Al_2O_3 が高くなってゆく傾向はさけられない。そのうえ、もしラテライト鉍石のように極めて Al_2O_3 の高いものを処理することになれば、事情はさらにいっそうきびしくなるものと思われる。そこから高アルミナ鉍石をいかにして処理すべきかという問題がでてくる。

2. 高アルミナ鉍石を処理する方法

Al_2O_3 の高い鉍石を処理する方向としては次の3法が考えられる。

(1) Al_2O_3 を稀釈する方法

これは Al_2O_3 の高い鉍石と $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ の大きい鉍石または媒溶剤を適当な割合に配合し、結局鉍滓の Al_2O_3 濃度を下げて前述の最適組成にもってゆくものである。しかしこの場合には銑鉄トンあたりの鉍滓量が多くなり、その溶解のためのコークス消費量の増大と生産性の低下がさけられない。

(2) 酸性操業法

これは鉍滓の CaO/SiO_2 を小さくすることによって、 Al_2O_3 が高くても粘性の小さい鉍滓をつくらうとするものであるが、この方法が可能であることは第1、2図によって明らかである(第1図の⑥)。この場合は(1)のように鉍滓量を増加させず、所要石灰石量が少なくてすむから、コークス消費量を少なくできるという利点もっているが、同時に CaO/SiO_2 を 1.0 以下に下げると銑鉄のSが高くなる傾向がさけられず、したがって高炉外でなんらかの方法で脱硫を行なう必要がでてくる。

それゆえ現在はこの方法で高アルミナ鉍石を処理して

いる例はないが、一方では(1)の方法をとりいれて Al_2O_3 を 20% 前後に下げるとともに、(2)の精神を汲んで CaO/SiO_2 を 1.3 以下に下げ、両者相まって鉍滓流動性をよくすること、そしてもし銑鉄のSが高くなれば、炉外で溶銑取鍋にソーダ灰をいれて脱硫するという折ちゅう的方法是採用されている。

(3) 高アルミナ高塩基度法

これは第1図の◎点の組成をもつ鉍滓の溶融点が低いことに着目して、この鉍滓をつくって高 Al_2O_3 で、しかも脱硫に十分な CaO/SiO_2 を保証しようとするものである。この場合もし鉍滓の Al_2O_3 が十分高くなれば、これをアルミナ製造原料として活用できるという利点もっている。しかしこの方法を実施するためには、10~15% という低 SiO_2 を保証するため、鉍石の $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ が十分小さいことのほかに、コークスの灰分が少なく、かつその消費量が十分低くて、鉍滓の組成に決定的な影響を与えないことが必要になる。

以上三つの方法のなかで試験として最も興味があり、かつ研究の余地も多く残されているのは(3)であることはいうまでもない。しかし1トン試験高炉のコークス比は最も低い場合でも 1.6 であり、銑鉄トンあたり鉍滓生成量のうちコークス灰分によるものの割合は、鉄分60%程度の鉍石を使用する通常の条件のもとでは、約50%であるから、鉍滓組成はこれによって大きく左右されることになる。したがって1トン試験高炉で SiO_2 10~20%、 Al_2O_3 30~40%、 CaO 50~60% の鉍滓をつくるためには $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ が異常に低い鉍石の使用だけでなく、 SiO_2 をほとんど含有しない Al_2O_3 を多量に使用すること、したがってまた銑鉄トンあたり鉍滓量をいぢるしく多くすることが必要になる。

よってわれわれはこのテーマを採用せず、上述の(2)の方法を調べることを主眼とし、これと(1)とを比較することにした。

3. 試験の方法

高アルミナ鉍石としてはゴア鉍、稀釈用鉍石として焼結鉍、また鉍滓のアルミナを高くする原料としてボーキサイトまたは溶融アルミナ屑を使用し、これらの配合割合を適当に調節して、塩基度 (CaO/SiO_2) 1.3 で

第1表 使用原料分析値%

銘柄	T.Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	
ゴア鉍石	63.09	1.44	1.76	4.25	0.03	0.11	0.69	
焼結鉍	57.00	17.5	7.1	2.34	3.0	1.75	0.35	
ボーキサイト	8.20		6.30	59.12	1.67			
溶融アルミナ			6.20	92.7				
マンガン鉍石	20.22		13.18	1.73	0.03	0.02	31.64	
石灰石			0.40		55.9	0.51		
		固定炭素	灰分					
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO			
コークス	85	12.0	53.2	27.7	7.57			

2) いずれも 鉄鋼便覧 p.125 による。

3) いずれも 島村哲夫: 鉄鉍経済論 p.166 による。

4) 同上 p.294。

第 2 表 各 期 の 操 業 条 件 と 成 績

種 別	装 入 物 配 合 割 合 (1 回 装 入 量 kg)							送 風			高 周 波 電 力 kw
	コークス	ゴア	焼 結	マンガン 鈹	珪 石	石 灰 石	アルミナ	量 m ³ /min	温 °C	圧 力 mmAq	
A	20	12	4	0.7	1.05	5.2	0	4.03	600	774	11.5
B	20	16	ボークサイト 0.2	0.7	0.6	3.35	0	3.99	572	930	19.0
C	20	16	0.4	0.7	0.6	2.75	0.2	3.97	599	926	30.0

出 銑 量 kg/d	出 滓 量 kg/d	コークス比	銑 鉄 成 分 %				鈹 滓 成 分			鈹 滓 流 動 性 mm
			C	Si	Mn	S	CaO/SiO ₂	Al ₂ O ₃ %	FeO%	
849	626	1.89	4.29	1.35	2.10	0.033	1.36	16.8	0.58	251
813	500	2.04	3.68	1.47	1.79	0.078	1.15	22.7	0.78	240
798	499	1.98	3.30	1.90	1.63	0.110	1.02	29.4	0.88	222

Al₂O₃ が 17% 前後の場合 (A 操業), 塩基度 1.15 前後で Al₂O₃ 22~25% の場合 (B 操業), および塩基度 1.0 で Al₂O₃ 25~30% の場合 (C 操業) の炉況, 鈹滓流動性, 銑鉄成分などの変化を調べるようにした. 第 1 表に使用原料の組成, 第 2 表に A, B, C 各操業時の操業条件を示した.

4. 試験結果

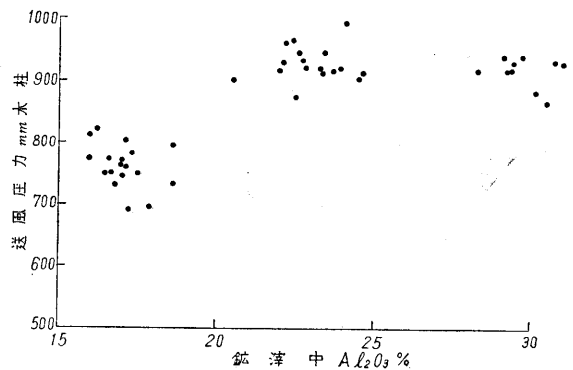
第 2 表に A, B, C 各期における代表的操業成績を示したが, これによって A→B→C の移行に伴って, 送風圧が上昇し(羽口の汚れと通気抵抗の増大を示す)湯溜り温度が低下し(高周波電力を多くしてこれを補っている), 鈹滓流動性が悪くなり(学振粘度計によって測定, 流動長さ mm は流動性の相対値を表わす), 銑鉄の C, Mn は低下し, S は上昇していること, すなわち操業成績はすべて悪化していることがわかる.

しかしこの成績をさらに詳細にしらべてみると, 送風圧の上昇は B→C の移行時にはほとんどみられず(第 3 図) S の上昇も A→B のときの方が B→C のときよりはなはだしい(第 4 図). また Mn の還元状況 (Mn 還元率は炉況の良否を判断する総合的尺度の一つと考えられている)も B より C の方が安定していた. したがってこの試験の結果に関する限り, 塩基度の低下と Al₂O₃ の上昇はよい結果を与えなかったが, 中間塩基度よりは低塩基度の方がむしろ安定した炉況を与えたといえることができる.

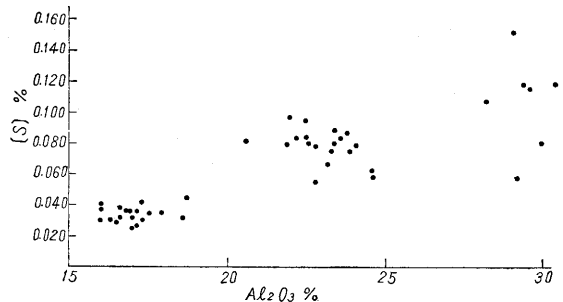
5. 考 察

試験結果からみると, 酸性操業による高アルミナ鈹石の処理は有利でないという印象を与えるが, 直ちにそうとは断定できない. その理由は次の通りである.

1) A→B では鈹滓量の減少が認められたが, B→C のときはこれがなく, したがって酸性操業の利点が十分出ていることが考えられる. これはゴア鈹石の脈石分が少なく, したがって高アルミナ側への移行につれて他の Al₂O₃ 源を加えてコークス灰分による鈹滓の影響を抑えねばならなかったことの結果であり, この点に 1 トン高炉のコークス比が高いことによる問題の複雑化が



第 3 図 A, B, C 各期における送風圧



第 4 図 A, B, C 各期における銑鉄中 [S]

あらわれている. 2) 酸性側への移行につれて, 鈹滓の溶融点が下がるため, 湯溜り温度が低くなるのは当然であるが, 1 トン高炉は大型炉にくらべて湯溜り温度の低下に対して敏感でありしたがって低温操業が不利な影響を与える傾向が強い. 3) A→B→C の移行に伴って排出される鈹滓の流動性は悪くなっているが, 流動性は出滓樋における温度降下の影響を強く受けるから, 大型炉で鈹滓の 1 回流出量が多くなった場合には小型炉ほど流動性が低下しない可能性がある. 4) B より C の方がむしろよいという傾向は, 排出される鈹滓の性質ではなく, 炉内で生成, 降下の途上にある鈹滓の性質の影響によるものと考えねばならないが, 生成から流出までの間の鈹滓の性質の変化は明らかでない. (1960. 8. 8)