

月 27 日～12 月 15 日の炉は羽口面以下は全部 C 煉瓦で、約 2 ヶ月半の操業と 112 回の吹精を行つたが、炉底、羽口の周囲、羽口の真下 300mm までを除いては殆んど変化がなかつた。

(10) 附 記

27 年にも吹精実験を行つたが 26 年の秀れた成績が再確認された。

(12) 八幡製鐵 3 噸熔銑爐湯溜における特殊吹精に就いて (その 4)

結 論

(Bessemerizing in the Hearth of the 3t Test Blast Furnace at Yawata Steel Works, Part IV. Conclusions)

東京大學生産技術研究所

金森九郎・○館 充

もともとこの特殊吹精法は湯溜にある熔銑中の Si を酸化除去すると共に、この際得られる高温によつて強塩基性銑滓の流動性を良好ならしめて、脱硫を促進することを目的として出発した。この目的は昭和 26 年度試験に於て完全に実現された。即ちこの年には先ず吹精操作を安全且確實に行うことを保証する諸装置が考案され、これによつて特殊吹精を熔銑炉通常操業の一環として連続的に実施した結果、高硫黄の内地銑石を処理して高温低珪素、低硫黄、高マンガンの優良平炉銑を製造することが出来た。その上この方法が通常熔銑炉に比べて著しく深い湯溜を有する熔銑炉を安定に操業する方法として有効であることを証明した。更にこの年傾斜羽口を通じて炉内試料を採取することに成功したことは、本法のその後の発展を促す有力な動機となつた。

昭和 27 年度は特殊吹精法に更に広い前途を約束した年であつた。即ちこの年に於ては、不熔パイプの発明によつて本法の重大な課題の一つとされていた炉底保護の問題の解決に一步を進めると共に、炉内熔銑及び熔滓に外部から適当な物質を直接添加することによつて、その成分を調整するというアイデアが実現され、本来の特殊吹精と相俟つて炉内熔銑成分を完全に調整することが可能となつた。そして最後に気体又は液体の吹込による熔銑の冷却法が発明され、熔銑温度の完全な調整も可能とみられるに至り、特殊吹精法は熔銑の温度並びに成分の完全な調整法に発展したといふことができる。

勿論この方法は未だ完成したものではない。炉底保護

の問題然り、判定装置然りである。こゝに学界諸賢の御批判と御協力によつてこれを速かに完成し、その常時適用により、One tap one day, Constant, Component Constant temperature の理想を実現し、高価な輸入原料の負担に喘ぐ我国製鉄業の自立のために資する所あれば幸甚である。

(13) 3 t 試験高爐による昇熱操業法の研究

(Studies on the Increase of the Hearth Temperatures with a 3t Blast Furnace)

八幡製鐵所 工博 城 博
○兒 玉 惟 孝

I. 緒 言

熔銑炉の炉床部の熔銑中に酸素含有量の多い空気を吹込みその温度を上昇し、脱硫率の向上を期する特殊吹精法は昭和 26 年 11～12 月に八幡技研の試験高炉で実施された。東大生研と八幡技研との共同研究の結果、熔銑が熱源の Si を凡そ 0.8% 以上有する場合に相当の効果を示す。然し炉が冷え炉況が甚しく悪化し銑の Si 含有量が 0.4% 以下 S が 0.1% 以上の如き状況になりたる場合にはこれが回復には特殊吹精を実施するも炉銑中に熱源が存在しない為吹精効果は小で良好な炉況になるまでには 2～3 日を必要とする。本研究はこの様に炉況が非常に悪い場合に急速に熔銑温度を上昇し、良好な銑鉄を製造する状況に戻し得る操業方法を求めんとして行つた。

II. 試 験 経 過

(1) 方針

先ず重装入或は冷風操業に依り炉を冷し Si を 0.2% 以下、S を 0.1% 以上含有する銑鉄を生ずる如き状況を現出する。そしてこの様に炉況が悪化した事を確認した後銑石装入量及び送風温度を標準にもどし、次いで外部より湯溜り中に Fe-Si, Ca-Si, Al 等を装入し、これを熱源として特殊吹精を実施し、炉の温度を急速に上昇し、それに依り炉況の速かなる回復を期する。

(2) 試験高炉

内容積 5.40m³ で出銑量は凡そ 3ton/day の能力を有し、炉型は普通の大型高炉をそのまま縮小した形である。

(3) 附属諸装置

当研究には Fe-Si, Ca-Si 等熱源を湯溜部へ装入する装置、鉾滓の塩基度を調節する装置、炉内熔銑試料を常時採取し得る装置、特殊吹精管等の諸装置を必要とするので苦心して比較的実用化可能と考えられるこれら諸装置を考案した。これ等装置は時間の都合上説明を省略するが現在特許申請中である。

(4) 原料

鉄鉾石は香港、群馬鉾石を使用した。香港、群馬鉾石共に鉄含有量は少ない。群馬鉾石は硫黄含有量が多く、香港鉾石は SiO_2 含有量が多い。この試験は前述の如く炉床温度が低下し、炉況が悪化した場合、これを速かに恢復させる事を目的としているので、硫黄含有量が多くて炉況を悪化させ易い群馬鉾石を多量に使用した。石灰石、満庵鉾、ヨークスは普通に使用されているもので別に特徴はない。

(5) Fe-Si を熱源とする昇熱操業法

(i) 第 1 次試験

炉が冷え Si 0.2% 以下、S 0.1% 以上含有する如き銑を生ずる如き状況の際に湯溜り中に Fe-Si を挿入した後特殊吹精を実施し温度を上昇し、それに依り脱硫率を向上してその後の出銑の際には銑鉄成分を規格に入れる事を究極の目的とした。11 月 2 日に実施した試験を例にとり第 1 表により説明する。11 月 1 日 17 時 15 分より炉を冷卸するために鉾石装入量を増加し、更らに 2 日 0 時から送風温度を 500°C より常温まで低下した。その結果炉は冷え 2 日 9 時の出銑では出銑温度は 1.310°C まで下がり、出銑成分も Si 0.15%, S 0.107% になり銑鉄の流動性も悪く、ほぼ予定の甚しく悪い炉況となつたので試験を開始した。出銑終了後鉾石装入量、送風温度を標準にもどし、Fe-Si を出銑量の凡そ 1% 12 kg を熔銑中に装入し、又特殊吹精に依り Si が酸化し鉾滓の塩基度を低下すると考えられるので塩基度低下を防止するために必要な石灰石 40kg を羽口を通じて湯溜部に装入した。そして Fe-Si がほぼ溶解したと考えられる 11 時 6 分より 20' 46" 間酸素を $2.5\text{m}^3/\text{min}$ の割合で送って特殊吹精を行い炉床温度を 1.260°C より 1.420°C に上昇した。更に十分に温度を上昇する為吹精終了後再び Fe-Si 12kg 熔銑中に装入した。13 時 0 分に炉内熔銑試料を採取した所 Si 0.25%, S 0.319% で S 含有量はかなり高くなつた。再び石灰石を装入した後特殊吹精を実施し温度を上昇した所 14 時 30 分には炉内熔銑成分は Si 0.34%, S 0.189% で S は可成り低下した。然し規格の 0.05% より高いので以上の様な操作を更に 2 回繰返したが S は 0.09% 以下には低下せず 20 時に

出銑した。出銑成分は Si 0.24%, S 0.099% で S を十分に低下するを得なかつた。即ち炉床温度を 8 時間 1.400°C 以上に保持したが十分に脱硫しなかつた。同様の試験を更に 1 度行つたがほぼ同様の結果を得た。以上の結果より炉内熔銑中の S 含有量が 0.3% もある場合には炉床温度を比較的高温度の $1.400\sim 1.500^\circ\text{C}$ に保てば若干は脱硫するがその速度は遅く 8 時間保持するも充分には脱硫しないことを認めた。

(ii) 第 2 次試験

第 1 次の試験に依り炉床温度を上昇するも S 含有量が非常に高い時には脱硫速度は遅い事を認めた。特に熔銑中の S 含有量は第 1 回の吹精後急に多くなつている。その原因は後述する如く種々検討した結果では炉底に固着せる S の多い銑鉄を溶解する為と考えられる。この為とその後の脱硫操作を困難にすると思われるので S の低い銑鉄を製造できる状況にするためにはこの固着物を速かに溶解して除去する必要がある。炉底を清浄した後炉床部を高温に保てば脱硫反応を十分に促進できると考えられるので Fe-Si を装入して吹精し温度を上昇し、炉底の附着物を溶解した後出銑し、炉底の附着物の影響を除去して脱硫の促進を期する事とした。この操業方法を試験した結果は第 2 表に示した如くである。第 1 次と同様の方法で炉を冷卸し、同様に Fe-Si を装入し、特殊吹精を実施して温度を上昇して炉底を十分に清浄した後出銑した。その後は炉床温度が十分に上昇しているため熔銑の Si 含有量の増加、鉾滓の塩基度上昇の為に少量の Fe-Si、並びに石灰石を添加するのみで 3 時間 52 分経過した 20 時 55 分の出銑では Si 0.52%, S 0.034% で低硫黄の銑鉄を得る事ができた。即ち試験を開始してより 7 時間 25 分で規格内の銑鉄を作り得る状況となつた。同様の試験を更に 1 回行つたがほぼ同様の結果を得た。以上の試験に依り炉床温度が低下し、銑の Si 少く S が多い炉況の際に Fe-Si を装入して速かに温度を上昇して炉底の附着物を溶解して出銑すれば次の出銑より後は良好な成分を得ることを認めた。

(6) Ca-Si を熱源とする昇熱操業法

Ca-Si を熱源とする昇熱操業法の試験結果は第 3 表に示した如くである。同表により経過を説明する。

重装入に依り炉を冷卸した後、1 月 30 日 9 時に炉内試料を採取し、Si 0.1% 以下、S 0.368 で炉況が十分に悪化した事を確認した後、Ca-Si を出銑量の凡そ 2% 20kg 装入した。Ca-Si がほぼ溶解したと思われる 10 時 0 分に炉内試料を採取した所 Si 1.14%, S 0.08% となり Ca-Si を装入するのみで Si は上昇し、S は 78%

第 1 表 Fe-Si を熱源とする昇熱操業法 (前期)

月日, 時	實 驗 操 作	吹 精				
		時 間 min	O ₂ 量 m ³ /min	空 氣 量 m ³ /min	吹 精 前 爐床溫度 °C	吹 精 後 爐床溫度 °C
1 日 17 時 15 分	爐を冷却する鐵石裝入量を増加した					
2 日 0 時 0 分	更に送風溫度を低下して常溫とした					
1 時 0 分						
3 時 0 分	出銑 pig 775kg Slag 1.026kg 爐内試料採取					
5 時 0 分	〃					
7 時 0 分	〃					
9 時 0 分	出銑 Pig 600kg Slag 866kg					
9 時 30 分	實驗開始 Fe-Si 12kg 裝入送風溫度を上昇す					
10 時 0 分	鐵石裝入量を標準にもどす. 羽口より石灰石を 40kg 裝入す					
11 時 6 分	吹 精	20'46"	2.5	0	1.260	1.420
~ 50 分						
12 時 0 分	Fe-Si 12kg 裝入					
12 時 40 分	出滓 Slag 829kg					
13 時 0 分	爐内試料採取					
13 時 20 分	羽口より石灰石 20kg 裝入す					
〃 37 分	吹 精	9'6'47"	1.2	0	1.340	1.445
~ 57 分			1.3	不明		
14 時 0 分	Fe-Si 12kg 裝入					
〃 30 分	爐内試料採取					
15 時 20 分	〃					
〃 32 分	吹 精	9'35"	1.4	1.8	1.350	1.490
〃 ~ 43 分						
〃 45 分	Fe-Si 12kg 裝入					
16 時 20 分	出滓 710kg					
17 時 0 分	羽口より石灰石 40kg 裝入す					
〃 30 分	爐内試料採取					
18 時 0 分	〃					
〃 5 分	吹 精	12'30"	1.5	1.2	1.370	1.490
〃 ~ 20 分						
19 時 0 分	爐内試料採取					
20 時 0 分	出銑 Pig 1,549kg, Slag 920kg					

脱硫した。即ち Ca-Si を裝入すると熱源となるばかりでなく脱硫作用も行う事を認めた。溫度を上昇する為10時1分より特殊吹精を実施し炉床溫度を 1.300°C より 1.406°C 迄上昇した。その結果炉底の銑鉄を溶解した為か S は再び増加した。吹精後脱硫を促進する為 Ca-Si, Fe-Mn 石灰石を裝入した。その結果 13 時 4 分には炉内熔銑は Si 1.05%, S 0.040%, Mn 1.22% となり充分規格内の成分となつたが溫度を上昇する為再び吹精し、その後銑の Si 含有量を調節する為少量の Ca-Si を裝入し、13 時 26 分に出銑した。出銑成分は Si 0.73%, S 0.03% で規格内の銑鉄を得た。即ち實驗を開始してより 4 時間 24 分後の第 1 回の出銑で規格内の銑鉄を得る状況となる事を認めた。同様の實驗を更に 2 回実施したがほぼ同様の結果を得た。

(7) Al を熱源とする昇熱操業法

Ca-Si を熱源とする場合とほぼ同様の傾向を示した。

III. 考 察

以上の實驗結果につき若干の考察を試みる。

(1) 炉床溫度が甚しく低下した際に熱源を裝入し、吹精を行うと吹精後は溫度が上昇するにもかかわらず銑中の S 含有量は前述の如く上昇する。柴田、佐野氏¹⁾に依ると CaO と FeS の反應は溫度高き程平衡恒数は大となり反應は促進すると言われているが上述の現象はこれに反する。この吹精による S の上昇は前に記した如く第 1 回目の吹精後起る現象で引続き第 2 回の吹精を行うと逆に若干低下する傾向にある。また溫度が高い時に吹精を行うと S はその直後僅か上昇するのみで前述の如き甚しい上昇を示さない。また出銑量より 1 時間当り銑鉄生成量を計算すると昇熱操業法により吹精を行つた際の銑鉄生成量は鐵石裝入量が大差ないにもかかわらず可成多かつた。炉が高熱の際には吹精するもかゝる現象を生じない。

以上の事實からして第 1 回の吹精後銑中の S の高いのは第 1 回の吹精により、低温時に炉底に固着せる S の高い銑鉄が溶解したために起る特異の現象と見做すが妥当であろう。

(2) 柴田、佐野氏¹⁾によると銑滓の塩基度並びに

鉄鐵の成分 (%) 及び温度 (°C)						鉄滓の成分 (%) 及び温度 (°C)					
Si	S	C	Mn	P	温度	SiO ₂	CaO	FeO	S	CaO/ SiO ₂	温度
%	%	%	%	%	°C	%	%	%	%		°C
1.05	0.017	4.26	2.53	0.504	1300	32.04	44.27	0.59	1.775	1.38	1490
0.36	0.142										
0.28	0.104										
0.14	0.096										
0.15	0.107	3.00	0.88	0.495	1310	30.25	42.12	0.45	1.528	1.39	1420
0.25	0.319					30.45	43.66			1.42	
0.34	0.189										
0.34	0.171										
						32.73	43.48			1.33	1520
0.50	0.104										
0.36	0.116										
0.15	0.09										
0.24	0.099	4.44	1.21	0.467	1410	33.27	42.79	0.75	2.396	1.29	

FeO 含有量を一定とせば温度が高い程鉄滓間の S の分配率は大きいと言われている。従つて第 1 次の昇熱操業法試験では炉床温度を上昇して S の分配率を大にし、これによつて脱硫率を向上せんと試みた。然るに本研究では前記の如く炉床部の熔鉄中の S が 0.1% 以上なる場合には温度のみ上昇しても S の分配率の増大は比較的以小であり、炉内において 1,400°C 以上に保ちつゝ熔鉄を熔滓に 8 時間接触させるも十分に脱硫しない。この事実から見て熔鉄層と熔滓層との接触のみでは脱硫作用は余り促進されないとはい得るであろう。一方 Horald A. Geiger²⁾, W. F. Halbrook T. L. Joseph³⁾ によると、炉内熔鉄の脱硫作用は主として羽口水準下において鉄鉄が鉄滓層を通過する間及び熔鉄、熔滓層の界面とでは行われていると述べているが、果していずれが脱硫作用の

主役をなしているかは明示されていない。然し上述の実験事実より判断すれば鉄鉄は鉄滓層を通過する間に最も良く脱硫されるのではないかと思惟する。

(3) Fe-Si と Ca-Si との熱源としての価値判断

熱源としては Fe-Si と Ca-Si といずれが優つているかを比較するに両者は熔鉄温度上昇の効果は両者共大差ない。しかし Fe-Si は熔鉄中に装入するも脱硫効果は少く Ca-Si は相当の脱硫能力を有しこの点異つている。従つて Fe-Si を熱源とする場合には温度上昇後第 1 回の出鉄までに充分脱硫できず低硫黄の鉄鉄を得る為には第 2 回の出鉄まで待たねばならないが Ca-Si を熔鉄中に装入すれば直ちに脱硫し、従つて普通操業時の出鉄と出鉄の間の時間に充分に脱硫でき常に低硫黄の鉄鉄を製造できるので Ca-Si が利用効果の点から有利である。

IV. 結 論

(1) 熔鉄炉の炉床温度が低下し鉄鉄の Si 含有量少く、S 含有量の多い場合、昭和 26 年の特殊吹精実験で

1) 柴田, 佐野: 日本金屬學會誌, 昭和 13 年 p. 306
 2) Horald A. Geiger: Blast Furnace and Steel Plant 1928, p. 1201
 3) W. F. Halbrook T. L. Joseph: A.I.M.E. 1936 p. 99

第 2 表 Fe-Si を熱源とする昇熱操業法 (後期)

月 日 時	實 驗 操 作	吹		精			
		時 間 min	O ₂ 量 m ³ /min	空氣量 m ³ /min	吹 精 前 爐床溫度	吹 精 後 爐床溫度	
9 日 12 時 4 分	普通操業				°C	°C	
13 時 0 分	爐を冷却する爲送風溫度を低下して常溫とし 更に鑛石裝入量を増加す						
15 時 0 分							
20 時 50 分							
10 日 0 時 0 分		出銑 Pig 420kg, Slag 1,120kg					
5 時 0 分	出銑 Pig 105kg, Slag 930kg						
6 時 0 分	爐の冷却甚しく操業困難となつたので送風溫度を 標準の 500°C とした鑛石裝入量も標準の量とする						
7 時 55 分							
9 時 0 分		出銑 Pig 58kg, Slag 645kg					
11 時 15 分		爐内試料を採取し Si 低く S 高き狀況を確認す					
12 時 42 分	Fe-Si 24kg 裝入す. 實驗開始						
12 時 30 分	羽口より石灰石 110kg 裝入す						
12 時 58 分	吹 精	12'25''	1.5	0.8	1,300	1,445	
~13 時 22 分	出滓 Slag 660kg						
13 時 32 分	Fe-Si 24kg 裝入						
14 時 44 分	羽口より石灰石 110kg 裝入す						
14 時 49 分	爐内試料を採取す						
14 時 59 分	吹 精	15'10''	1.2	1.2	1,360	1,465	
~15 時 24 分	Fe-Si 12kg 裝入す						
15 時 25 分	吹 精	8'35''	1.5	1.3	1,405	1,445	
15 時 50 分	出滓 Slag 800kg						
16 時 17 分	Fe-Si 15kg 裝入す						
16 時 40 分	吹 精	8'50''	1.3	1.5	1,400	1,495	
16 時 52 分	出銑 Pig 1,470kg, Slag 680kg						
17 時 3 分	Fe-Si 4kg 裝入す						
17 時 10 分	羽口より石灰石 60kg 裝入す						
17 時 16 分	爐内試料採取						
20 時 0 分	出銑 Pig 125kg, Slag 485kg						
20 時 30 分							
20 時 55 分							

は炉況恢復に 2~3 日を要したが、Fe-Si, Ca-Si, Al 等を熱源として炉内熔銑に裝入して、しかる後に特殊吹精を行う昇熱操業法は炉況の速かなる恢復に極めて有効であることが判明した。

(2) 昇熱操業法による炉況恢復の時間を例示すると次の通りである。

(i) 炉内熔銑の Si 0.15%, S 0.107% と云う炉況時に Fe-Si を湯溜部に挿入後第 1 回の吹精を行つたところ炉床溫度は 1.260°C より 1.420°C に上昇したが炉内熔銑の S は逆に 0.3019% と増加した。その後は同様の方法で昇熱操業を行えば熔銑の S は漸時低下するも、その脱硫反応は頗る緩慢で出銑後 11 時間経過するも S は 0.09% 以下にならなかつたので止むなく出銑した。すなわち出銑から出銑までの間隔では規格の銑鉄を得るまで炉況を回復し得なかつた。

(ii) 上記の如く第 1 回の吹精により、熔銑の S が吹精前より高くなつたのは炉底に固着せる S の多い銑鉄が熔解するためであると考え、第 1 回の吹精後引き続き 2, 3

回昇熱操業を行い炉床溫度を充分上げてから、この S の高い銑鉄を出銑して仕舞えば次の出銑からは S の低い銑鉄が連続的に得られると考察し、この方法を試みた。その結果次の出銑からは確実に S の低い銑鉄を得られることを確認したが、この方法では最初の出銑の S が高いことはまぬがれない。

(iii) Fe-Si の代りに Ca-Si を熱源として昇熱操業を行つたが、この時には第 1 回の吹精前に Ca-Si を添加するのみで熔銑の S は約 78% 除かれる現象を認めたので、それ以後の脱硫が容易になり、出銑と出銑との間において S の低い銑鉄が得られることを見出し一応研究の目的を達した。この意味では Fe-Si より Ca-Si が熱源としては価値あるものと思われる。

(iv) Al は熱源としては Ca-Si とほぼ同様の傾向を示した。

追 記

研究指導者東大生研金森教授並びに当所前技師長小平勇氏遠藤技研所長和田製銑部長に深謝する。

銑鐵の成分 (%) 及び溫度 (°C)						鑛滓の成分 (%) 及び溫度 (°C)					
Si	S	C	Mn	P	溫度	SiO ₂	CaO	FeO	S	CaO/SiO ₂	溫度
%	%	%	%	%	°C	%	%	%	%		°C
0.13	0.416	2.32	0.44	0.495	1350	30.02	36.92	1.42	1.157	1.23	1420
0.06	0.618	2.17	0.39	0.498	不明	30.32	40.39	1.80	1.470	1.33	1420
0.1以下	0.342	1.89	0.55	0.429		30.01	41.89	0.75	1.577	1.40	測定不能
0.26	0.362										
						33.65	40.02			1.22	1540
0.64	0.144										
						33.73	41.17			1.22	1510
0.32	0.116	4.25	0.72	0.415	1450	35.08	39.25	0.98	2.229	1.12	
0.96	0.035										
0.68	0.032										
0.52	0.034	4.00	1.93	0.510	1380	29.51	45.53	0.98	1.904	1.55	1490

(14) 3t 試験高爐による爐内熔銑成分調整法

(Studies on the Control of Pig Iron Constitutions in Hearth with a 3t Blast Furnace)

八幡製鐵所 工博 城 博
工〇兒 玉 惟 孝

I. 緒 論

普通の高炉操業法で硫黄含有量の多い群馬鉍石を36%配合して操業した場合に銑のS含有量が0.07~0.09%であつたが昭和26年10月~12月の特殊吹精実験によるとかかる原料使用状況時においても常時特殊吹精を実施すれば0.02~0.03%に保つことができた。然し吹精するため銑のSi含有量が少くかつ不均一であつた。

今回はS含有量の多い鉍石を多量に使用した場合にSとSi含有量を同時に均一に保つことを目的とした。この際特殊吹精を行えば銑のS含有量を0.05%以下に低下することは比較的容易と思われたがSiを所定の範囲に収めることは容易でないと考えられたので主としてこの点に研究の主眼を置いた。これがため銑のSi含有量の目標を0.60~0.89%に置き吹精時間吹精用酸素混合体のO₂含有量、吹精後出銑迄の時間を適当に変化しかつFe-Siを適量添加することによつて目的を達せんと苦心した。

II. 試 験 経 過

(1) 熔銑炉

試験に使用した熔銑炉は内容積5.40m³で送風量は18m³/min、送風温度は500°Cで1日に凡そ3ton出銑する。

(2) 群馬鉍石を36%配合した場合の熔銑成分調整法

(i) 原 料