

(一) 微粉鉍の処理に適している。

であるが、とくに(一)の項については鉄鋼需要の増加と富鉍資源の枯渇の趨勢から鉄鉍石の選鉍処理の傾向が今後加速度的に強くなると予想されるので、このような状況の下においてはペレタイジング法はもつとも有効な粉鉍塊成法としてますます進歩発展すると考えられる。

部の内容積が実質的に小さくなり、そのために出滓時に溶銑が流出するといわれている。しかしこれはあくまで推定であつて実証されているわけではない。大型高炉でかかる現象が実際に存在しているかどうかを実証することは不可能に近い。それで炉内測定を比較的容易に実施し得る試験高炉を使用して、故障の具体的現象を明らかにし、またその原因を追求し、でき得れば故障除去法を得たいと考え、当研究を実施した。

(22) 試験高炉による砂鉄使用に関する研究

八幡製鉄所技術研究所 児玉惟孝
Study on the Use of Sand Iron for an Experimental Blast Furnac.

Koretaka KODAMA.

I. 緒言

砂鉄などの含 Ti 鉍石を多量に溶鉍炉原料として使用すると出滓口より溶銑が流出して操業困難におちいる。そしてこの原因は砂鉄を多量に使用すると Ti 含有量の多い融点の高い銑鉄あるいは鉍滓が炉底に固着して炉床

II. 砂鉄の多量使用による高炉操業上の故障ならびにその原因

試験高炉は技研の内容積 4.9m³ の炉で、この炉に特殊の炉内測定装置を苦心考案して設置した。試験高炉に砂鉄を使用した場合に生ずる操業上の故障を明らかにするために装入原料中鉄鉍石対砂鉄焼結鉍の割合を 100 : 0, 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60 と砂鉄を順次増加して操業した。その結果は Table 1 に示した。同表の砂鉄を装入しない (1) の場合には非常に順調に操業できなものの故障もなかつた。ところが砂鉄焼結鉍を 20% 配合して普通に操業した (2) の場合には出銑温度 1440°C 鉍滓の塩基度 1.3 で銑の Ti 含有量は 0.23%, 滓の

Table 1. Operation data.

Raw materials	Chemical components (%)						
	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	S	Ti	Mn
Hong Kong	47.04	13.99	2.11	3.36	0.216	0.025	
Goa	54.72	4.17	7.58	0.57	0.096	0.019	
Sand iron sinter	55.46	6.19	6.31	0.83	0.122	3.440	
Mn ore	2.37	42.85	2.67	2.95	0.938	0.08	29.01
Stone	0.18	0.97	0.076	53.11	tr.	tr.	

No.	Charging ratio of sand iron sinter (%)	Charging TiO ₂ /charging Fe	Pig iron (t/day)	Coke rate	Pig iron							Slag				
					Ti (%)	C (%)	Si (%)	S (%)	Mn (%)	P (%)	Tapping temp.	Ti (%)	FeO (%)	SiO ₂ (%)	CaO (%)	CaO/SiO ₂
1	0	3.2	3.367	2.08	0.049	4.16	0.84	0.062	1.54	0.190	1372	0.169	0.70	31.77	38.51	1.21
2	20	25.3	2.757	2.68	0.23	4.25	1.14	0.029	2.07	0.239	1440	0.793	0.66	31.11	40.67	1.31
3	20	26.0	2.931	2.36	0.08	4.34	0.48	0.047	1.48	0.278	1374	1.08	0.65	32.27	38.68	1.20
4	40	48.0	1.412	5.10	0.29	4.16	1.55	0.021	2.44	0.232	1375	1.12	0.57	30.18	44.71	1.48
5	40	47.8	2.542	3.06	0.13	4.40	0.39	0.023	2.41	0.209	1353	1.73	0.59	30.56	44.01	1.44
6	40	47.5	3.065	2.67	0.097	4.40	0.35	0.037	1.87	0.234	1358	1.75	0.83	31.73	40.50	1.28
7	60	66.2	2.319	3.10	0.174	4.10	0.67	0.045	1.92	0.272	1364	2.05	0.86	30.31	41.57	1.37

No.	Pig iron from cinder notch of slagging (kg)	Slag (t/day)	Wind		Raw materials kg/lcharge						Ore/coke	Top gas			
			Volume (m ³ /mn)	Temp. (°C)	Sand iron sinter	Hong Kong	Goa	Stone	Mn ore	Coke		Co (%)	CO ₂ (%)	H ₂ (%)	Temp. (°C)
1	0	3.845	18.0	500	0	44.80	41.37	31.78	3.90	100	0.827	29.9	5.2	0.88	433
2	15.5	3.743	〃	〃	14.41	39.76	17.62	33.11	3.88	〃	0.713	32.4	4.2	0.70	452
3	0	3.734	〃	〃	16.10	40.27	22.15	32.86	3.87	〃	0.773	31.4	5.4	0.97	414
4	20.4	2.131	〃	〃	19.99	19.89	9.21	30.32	3.85	〃	0.481	33.1	3.5	0.84	511
5	0	3.735	〃	〃	22.46	33.98	0	35.03	3.85	〃	0.602	33.6	3.6	1.27	426
6	0	4.408	〃	〃	29.16	40.18	3.62	34.70	3.76	〃	0.750	31.9	3.7	0.86	454
7	141.0	3.257	〃	〃	35.52	13.31	9.12	28.60	3.80	〃	0.583	32.3	3.5	1.45	498

Table 2. Height of molten pig iron in the furnace.

Day Time	Height of molten pig iron after tap	Height of molten pig iron at slagging time	Pig iron from cinder notch at slagging	Pig iron (kg)	Ti% in pig iron	Note
May 29 A.M. 10°30'	164~240	?	53	498	0.16	Sand iron sinter 60%
" P.M. 4°30'	?	328~410	85	370	0.32	"
" 30 A.M. 10°30'	164~240	?	153	567	0.14	"
" 31 "	164~240	410 以上	210	375	0.20	"
June 1 "	240~328	410~492	230	386	0.21	"
" 6 "	82~164	164~240	0	962	0.03	Sand iron sinter 40%
" 7 "	0~82	164~240	0	870	0.13	"
" 8 "	82~164	164~240	0	740	0.13	"
" 9 "	0~82	164~240	0	695	0.06	"

Note: Cinder notch level 410mm (from bottom).

Tiは0.793%となり、鉄鉄鋳滓の分離不良となり、1回の出滓作業中に15.5kgの溶鉄を流出する現象をまず確認した。しかし鋳石装入量を増して炉温を下げ出鉄温度を1374°Cに下げた同表(3)の場合には鉄のTiは

0.08%、Si 0.48%と減少し、鋳滓のTiは1.08%と増加した。この際には出滓口より溶鉄を流出する現象はみられなかった。

砂鉄焼結鋳を増し40%配合した場合には普通の操業

Table 3. Result

Day time	Operation	Charging method		Pig components before ore charge			Chemical component of pig iron						
		Ore (kg)	Air (m ³)	Ti (%)	Si (%)	S (%)	Ti (%)	Si (%)	S (%)	C (%)	Mn (%)	P (%)	Temp. (°C)
May 24th 4°30'~10°30'	Normal						0.23	1.94	0.040	3.75	2.25	0.272	1370
10°30'~16°30'	"						0.24	1.94	0.046	3.83	2.28	0.294	1360
16°30'~22°30'	"						0.23	1.44	0.046		2.38	0.274	1370
24th 22°30'~25th 4°30'	"						0.20	1.25	0.045	3.98	2.28	0.289	1390
26th 4°30'~10°30'	Gas charged into molten pig before slagging	40	35.7	0.18	1.31	0.027	0.13	0.89	0.020	4.14	2.33	0.259	1400
10°30'~16°30'	"	40	27.2	0.33	1.59	0.017	0.08	0.98	0.026	4.27	2.25	0.251	1395
16°30'~22°30'	"	40	27.0	0.30	1.82	0.017	0.08	1.12	0.023		2.48	0.261	1400
26th 22°30'~27th 4°30'	"	40	21.0	0.25	1.43	0.020	0.07	1.22	0.017	4.21	2.55	0.278	1390
June 13th 16°30'~22°30'	Normal						0.188	1.00	0.015		3.05	0.285	1375
13th 22°30'~14th 4°30'	"						0.244	1.32	0.014	4.33	3.00	0.293	1385
14th 4°30'~10°30'	"						0.240	1.18	0.015	4.18	2.88	0.273	1380
10°30'~16°30'	Gas charged into molten pig before slagging	40	38.0	0.284	1.50	0.011	0.120	0.638	0.011	4.55	2.90	0.293	1410
16°30'~22°30'	"	40	64.8	0.220	0.71	0.015	0.088	0.55	0.014		2.87	0.289	1420
14th 22°30'~15th 4°30'	"	40	40.0	0.344	0.75	0.016	0.080	0.57	0.012	4.33	2.75	0.297	1420
15th 4°30'~10°30'	"	40	56.0	0.240	0.45	0.012	0.120	0.54	0.014	4.48	2.78	0.305	1410
10°30'~16°30'	"	40	40.0	0.260	0.75	0.012	0.144	0.92	0.014	4.34	2.65	0.289	1375
16°30'~22°30'	"	40	46.0	0.376	1.25	0.018	0.148	0.75	0.015		2.85	0.221	1380
15th 22°30'~16th 4°30'	"	40	42.9	0.254	0.71	0.015	0.132	0.66	0.012	4.39	2.84	0.245	1385
16th 4°30'~10°30'	"	40	41.0	~	~	~	0.140	0.61	0.012	4.42	2.95	0.245	1390

Chemical component of pig iron.

Day time	Chemical components of pig iron at tap		Chemical components of pig iron in furnace after tap	
	Si (%)	Ti (%)	Si (%)	Ti (%)
June 8th 10°30'	0.1 以下	0.126	0.51	0.305
〃 10	〃 0.55	〃 0.170	〃 0.51	〃 0.310
〃 11	〃 0.91	〃 0.184	〃 1.17	〃 0.400
〃 12	〃 0.39	〃 0.160	〃 0.92	〃 0.440
〃 13	〃 1.35	〃 0.200	〃 1.52	〃 0.360
〃 14	〃 1.18	〃 0.240	〃 1.54	〃 0.390

(4) では銑鉄中の Ti 0.29% 銑滓中の Ti 1.12% となり、出滓の際に 20.4 kg と (2) の場合よりさらに多くの溶銑が流出した。この際相当無理に鉍石装入量を増して炉を冷した (5), (6) の場合には出銑温度は 1353°~1358 °C と相当低くなり、銑中の Ti は 0.13~0.097% と下り、滓中の Ti は 1.73~1.75% と増加した。そして炉が冷えたため操業は不安定となつたが (3) の場合と同

of the experiment.

Pig iron (kg)	Slag component and temperature				Pig iron from cinder notch at slagging	Slag component at tapping time				Ti removal ratio (%)
	Ti (%)	FeO (%)	CaO/SiO ₂	Temp. (°C)		Ti (%)	FeO (%)	CaO/SiO ₂	Temp. (°C)	
267	1.30	0.79	1.17	1575	110	1.30	0.63	1.20	1550	
235	1.14	0.67	1.23	1590	124	1.30	0.63	1.30	1570	
275	1.48	0.75	1.33	1530	146	1.99	0.87	1.23	1570	
152	1.50	0.79	1.41	1550	123	1.32	0.55	1.47	1560	
565	2.02	0.83	1.19	1560	0	1.12	0.51	1.48	1540	38
533	1.70	0.59	1.25	1560	0	1.05	0.39	1.39	1540	76
404	1.50	0.83	1.21	1550	0	1.22	0.39	1.37	1600	73
342	1.29	0.51	1.29	1570	0	0.88	0.51	1.44	1560	72
390	1.14	0.55	1.47	1485	0	1.26	0.47	1.53	1560	
335	0.70	0.55	1.55	1580	50	1.40	0.59	1.49	1570	
335	0.94	0.63	1.52	1580	31	1.14	0.55	1.53	1570	
428	1.66	0.55	1.46	1530	0	0.88	0.47	1.58	1580	57
475	1.66	0.55	1.46	1550	0	0.88	0.36	1.55	1540	59
385	1.66	0.43	1.44	1560	0	0.93	0.40	1.58	1540	77
613	1.98	0.87	1.38	1550	0	0.82	0.47	1.49	1530	50
484	1.26	0.63	1.45	1520	0	1.05	0.47	1.43	1560	46
400	1.66	0.63	1.39	1540	0	0.72	0.47	1.42	1570	61
465	1.38	0.55	1.36	1570	0	0.77	0.40	1.57	1580	48
407	1.42	0.79	1.49	1520		0.84	0.40	1.57	1510	90

じように出滓口よりの銑の流出は止んだ。

砂鉄焼結鉍をさらに 60% に増加した場合には初めより炉を冷し出銑温度を 1364°C と低くしたにもかかわらず銑中の Ti 含有量は 0.174% 滓の Ti 2.05% となり、1 回の出滓で 142 kg と非常に多量の溶銑を流出した。この際には炉温が相当に低いため、これ以上冷すことができなかつた。すなわち普通操業で故障を解消することは難かつた。

以上の結果によつて砂鉄焼結鉍を増すにつれて出滓口よりの溶銑の流出量を増す。そしてこれを防止するには炉温を低くすればよく、かくすることによつて出滓口よりの溶銑の流出は止むが、炉温低きため作業の困難性を増すことが判明した。

砂鉄を多量に使用した場合の故障はこのように TiO₂ 装入量ならびに炉温と関係がある。そしてこれらの因子は Ti の炉内還元と密接な関係があるので操業実績より

銑中の Ti と出滓口より流出する溶銑量との関係を調べた。その結果両者の間には密接な関係があり銑中の Ti が 0.15% 以下の場合にはほとんど溶銑の流出はないが 0.15% 以上になると相当に溶銑は流出することが判かった。換言すると順調に高炉を操業するには銑中の Ti を低く保つように TiO_2 装入量炉温などを調節して操業すべきである。以上の結果より溶銑中の Ti が操業上の故障と関係のあることが分つた。BACHMAN¹⁾ および長谷川²⁾ 氏などは装入物中の TiO_2 が 3.4% 以上になると炉床部に固着物を生じ、そのため内容積が小となり出滓口より溶銑を流出し、連続操業が困難になるといつている。それで砂鉄を使用した際にかかる現象が実際に生ずるかどうかを確認するために炉壁に設けた測定孔より測定用金棒を炉内に入れ、炉床と測定孔間の距離を測定した。その結果普通操業時も砂鉄焼結銑を多量に使用したときもその距離に差のないことが判明した。すなわち炉底に固着物を生じていない。

つぎに出銑直後、および出滓直前における炉内溶銑層の高さを知るために測定孔より炉内各所の試料を採取することによつて測定した。その結果は Table 2 に示したとおりである。

同表をみるに銑中の Ti 含有量多く出滓口より溶銑が流出するがごとき状況の際には、出銑後に残留する溶銑層は高く、その後の出滓時には溶銑層が出滓孔水準より高くなつている。逆に銑中の Ti 含有量が少なく出滓口より溶銑が流出せず順調に操業している際には出銑後炉内に残留する溶銑量は少なく、出滓時における炉内溶銑層の高さは出滓口水準より低いことを確認した。

以上の結果を要約すると銑中の Ti 含有量が多いと出銑の際に流出せず炉内に残る溶銑の量が増し、出滓前には溶銑層の高さが出滓口水準より高くなり出滓口をあけると溶銑が流出する。

出銑に際して流出しないで炉内に残つた溶銑の成分と炉外に流出した溶銑の成分を比較し、Table 2 に併せ記した。これをみると炉内に残留せる銑鉄の Ti 含有量は炉外に流出した銑鉄より大分高い。すなわち砂鉄を多く装入すると部分的に Ti 含有量のとくに多いものを生じて、それが炉内に残留するのである。

つぎにこのように Ti 含有量の多い溶銑が炉内に残留する原因について検討してみた。

長谷川³⁾ 氏は電気製銑炉で砂鉄を製錬する試験を行なつた際に Ti 1% 以下の溶銑は容易に炉外に流出するが Ti 1% 以上の溶銑は炉底に半溶融物として粘着残留することを認めた。高炉においても銑鉄中の Ti 含有量を

ますとかかる現象を生ずるのではないかと考え、溶銑の粘性におよぼす Ti 含有量の影響を測定した。その結果 Ti 含有量を増すにつれて溶銑の粘性が増加する現象は確かに認められた。

高炉炉床部はコークス溶滓溶銑などで充満されており、温度も均一でない。したがつて炉床部の一部で Ti 含有量の多い銑鉄を生じた場合にその粘性が大きいため充満せるコークス銑滓などに妨げられて溶銑層内に均一に溶け込むことは困難である。またこの Ti の多い溶銑は粘性の大なるために充満せるコークスの隙間をとおして小さい出銑口より炉外に流出しにくい。

上述の Ti の多い溶銑が炉内に留り、出滓口より溶銑を流出する原因はこのためである。

III. 砂鉄を多量に使用する高炉操業法

前記の試験により溶銑中の Ti 含有量が増加するといろいろの故障を生ずるが、銑滓中の TiO_2 含有量は増加するも差支えないことを認めた。しかし普通操業で銑中の Ti 含有量を減少するには炉を相当に冷却せねばならない。

このように炉を冷却するといろいろの故障が起りやすく、長時間連続して安定しがたい。炉を冷却せずに溶銑中の Ti を酸化し銑滓中に入れれば多量に砂鉄を使用するも安全に操業を行ない得るであろう。この一方法として炉内の溶銑中に鉄銑石、酸素などの酸化剤を装入して炉の温度を下げることなく銑中の Ti を酸化して銑滓中に入れればよいとの観点から、まず基礎実験で高炉炉床部に近い条件下において溶銑中に酸素を入れ、Ti を酸化することが可能か否かを試験した。その結果 Ti は容易に酸化除去し得ることを認めた。

それで試験高炉に砂鉄焼結銑を 40% 配合して操業した。その際もちろん相当量の溶銑が出滓口より流出した。この時の操業状況は Table 3 に記した。

かかる状況の際に出滓の直前に鉄銑石を 40 kg (出銑量のおよそ 10%) 炉内湯留り中の溶銑内に装入した。その結果は Table 3 にまとめた。同表をみるに鉄銑石装入前の炉内溶銑の Ti はおよそ 0.2~0.3% 含有されておるも、鉄銑石を装入することによつて 0.15% 以下に低下でき、かつ出滓時の溶銑の流出もなく順調に操業し得た。また鉄銑石は空気と混じて装入されるためか、鉄銑石を溶銑中に装入するも出銑温度は低下しない。

以上のごとく Ti 除去法を実施することによつて砂鉄焼結銑を 40% 配合しても普通の高温塩基性操業でなんらかの支障もなく操業し得ることを確認した。

つぎに砂鉄焼結銑を 60% 配合して同様に試験してみ

たが、この Ti 除去法を実施し得ることを確かめた。

IV. 結 言

砂鉄の溶銑炉製錬法を試験高炉によつて研究し、つぎの結論を得た。

1. 砂鉄を多量に使用した際に生ずる故障の具体的原因を試験高炉によつて究明した。そして TiO_2 を多く装入しても一般に推定されていた融点の高い銑鉄、銑滓が炉底に固着し隆起するという現象はまったく認められなかつた。

しかしながら炉内で部分的に Ti 含有量の多い溶銑を生じ、それが出銑の際にも炉外に流出しないで炉内に留る。そのため出滓前に炉内の溶銑層が出滓口水準より高くなり、出滓時に溶銑が流出し、順調なる操業を困難ならしめていることを確認した。

2. Ti 含有量の多い溶銑が炉内に残留する原因を検討して Ti の粘性におよぼす影響を測定した。そして Ti が增加するにつれて粘性を増すことを認めた。そして炉内に部分的に生じた Ti の多い溶銑は粘性の増大によつて炉内に残留することを知つた。

3. 普通操業で砂鉄を使用するには銑鉄の Ti 含有量を低くすれば可能である。

試験高炉の結果では砂鉄焼結銑を 40% 配合した場合に不安定ではあるが、炉温を下げるることによつて一応故障を除去し得た。しかし長期間連続操業する場合には問題があつた。砂鉄焼結銑を 60% 配合した場合には炉温低下で故障を排除することはできなかつた。

4. 上述の故障を排除する方法を攻究し、比較的に実際的と思われる一つの排除法を見出した。すなわち多量の砂鉄を使用するとき炉内の溶銑層に鉄銑石を装入して鉄中の Ti を酸化して滓化し、鉄の Ti を 0.15% 以下にするようにすれば高温塩基性の順調な操業をしつづけることができる。

この方法は特許第 226190 号として登録された。

文 献

- 1) BACHMAN: Iron Age (1914)
- 2) 長谷川熊彦: 砂鉄
- 3) 長谷川熊彦: 砂鉄

(23) ローターによる砂鉄の直接還元に関する研究

東洋チタニウム工業特殊冶金研究所

○福田 充美・麻田 知徳

Study on Direct Reduction of Titanium Ferrous Iron by a Rotor.

Atsumi FUKUDA and Tomonori ASADA.

I. 緒 言

砂鉄の製錬に際し、媒溶剤として曹達を使用することにより、高級銑鉄および高チタン滓を同時に製造する方法は、既報のごとく小規模の工業設備による実験に成功し、工業化の可能性が認められた。そこでこれを基礎とし、工業化に際してもつとも問題になると考えられる製錬手段を解明すべく、中間工業化実験規模において重油燃焼式のローターを建設し、銑石処理量 3~4 t/日の試験を行ない、続いて酸素吹精による直接製鋼の実験をくりかえし、本方法の工業化ならびにローター使用上における諸問題を検討した。

本報告は以上の実験中、ローターによる直接還元についてのものである。

II. 実験設備および操作の概要

新設したローターは Fig. 1 に示すもので、その形はコニカル型とし、全長 3m、内径 1.2m、口径 0.45m、炉内容積 1.8m³、炉壁の厚さ 0.3m、内張り煉瓦は焼成マグクロ煉瓦、炉体回転速度は 5 rpm 以下である。



Fig. 1. Conical-type low-rotational rotor.

これに炉体傾動装置、重油燃焼装置、酸素吹精装置、強制通風器、熱交換器、煙道、煙突、取鍋、砂場その他造塊設備などを付帯建設した。

原料銑石は T. Fe 59%、 TiO_2 9% の普通砂鉄から T. Fe 30%、 TiO_2 52% のイルメナイトまで、鉄・チタン含有比率各種のものを使用したのであるが、そのう