

雜 錄

高珪酸鐵鑛の強酸性製鍊……………	898	外國特許抄録……………	913
與炭と脱炭……………	904	業界雜報……………	916
新刊雜誌記載參考記事目次……………	907	工業品規格統一調査會に於ける 10 月中に	
特許公告抄録……………	911	開催の委員會並に議題……………	916

高珪酸鐵鑛の強酸性製鍊

(Paschke, M. u. P. Hahnel: Die stark saure Verhüttung Rieselsäurereicher Erze. Stahl u. Eisen 61 (1941) 385/92 u. 417/21)

M. Paschke 及び E. Peetz に依る酸性製鍊は通常の鹽基性製鍊では殆ど見込みの無かつた高珪酸貧鐵鑛の經濟的製鍊の道を拓いた。脱硫を高爐内で行ふ爲には装入物に對する石灰添加量を極めて高くしなければならぬのでこれを斷念し、先づ熔融し易く流れの良い鑛滓と硫黄を含む鉄鐵とを作り、出鉄後に適當な方法で脱硫するものである。この方法に依れば、高珪酸鐵石の製鍊の場合でも、鑛滓量及びコークス消費量は經濟的に引合ふ範圍内に止まり、出鉄能力も上り、従つて製鍊費も僅少となる。酸性製鍊の經濟意義は主として鹽基性製鍊に比し鑛滓の流動性が良い點と鑛滓量が減少する點にある。選鑛の費用は同一装入物の場合に鉄鐵の爐外脱硫に要する費用よりも遙に大きい。

鑛滓の流動性は一定温度に於ては化學組成によつて定まり、珪酸、アルミナ、石灰はその割合に應じて熔融點及び流動性に影響を及ぼす。金屬酸化物、アルカリ及びアルカリ土類金屬酸化物は鑛滓の熔融點の低下、流動性の上昇に重大な役割をなす。

鑛滓の流動性の要求により鑛滓量の減少には限度がある。高爐湯溜の實際の温度では、珪酸含有量の高い鑛滓は極めて粘稠で爐から出すことが出來ない。鑛滓組成の利用し得る範圍に就ては Paschke 及び Peetz が Gieszerei 1936 S. 454—460 に總括説明してゐる。

従つて經濟的製鍊を目的とする酸性製鍊の利用範圍を擴大する爲には、結局適當な鑛滓組成の選定と湯溜温度の上昇とが問題とな

る。湯溜温度は製鍊作業の要求に従ひ、即ち正しい組成の鉄鐵を得るため必要な最少コークス量と、鑛滓の流動性の要求に應じて定められる。酸性製鍊によるトーマス鉄又は鑄物鉄の製造に關し發表された所では、鑛滓値 ($P = CaO/SiO_2$) が 0.7—0.8 のとき鑛滓處理は最もうまく行き、利用し得る鑛滓鹽基度の最小限は 0.6 である。

併し、湯溜温度も鑛滓組成も更に廣い範圍で變化せしめ得るから、酸性製鍊の經濟的價値は從來より増大せしめ得る可能性がある。これを決定する爲にトーマス鉄製造用高爐 (爐内容積 260 m³) を使用して以下の試験を行つた。

強酸性製鍊の基礎試験

2 ヶ月間に亙つて行つた最初の基礎試験は、先づ普通の鹽基性装入から初め、一定間隔を置いて階段的に鑛石添加量を上げ同時に媒熔劑を減少せしめて終には酸性装入とした。ある装入組成に對する爐の作業を長く續けた後に、組成を次に變じた。装入原料の組成は第 1 表に、試験の装入組成は第 2 表に、各組成の際の鉄鐵及び鑛滓組成は第 3 表に示せる如くである。装入物の重量から計算した鑛滓組成及び鑛滓値は分析値とよく一致する。

試験装入によれば装入 (3)、鑛滓値 (鹽基度) 0.86 までは操業の困難は全然ない。鉄鐵の脱硫は固體ソーダ又は熔融ソーダに依つて行ふ、鹽基がこれより少い場合には鐵中の硫黄量が高くなるので、ソーダ脱硫は餘り有效でない。その上、爐内温度が高く鑛滓が酸性

第 1 表 使用装入原料の化學組成及び物理的性質

	Fe %	Mn %	P %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	煨燒 損失 %	水分 %	C %	S %	アル カリ %	CaO SiO ₂ %	篩分試験(%)			
														0~4 mm	4~20 mm	20~ 80 mm	80mm 以上
Schmiedefeld 焙 燒 鑛	38.6	0.66	0.74	17.6	11.1	3.2	2.4	5.1	2.0	—	0.1	n.b	0.18	8.6	15.2	15.4	30.8
Schmiedefeld 原 鑛	33.7	0.48	0.65	16.0	8.5	2.4	1.5	17.6	3.5	—	—	n.b	0.15	3.7	13.7	36.9	45.7
Auerbach 白 鐵 鑛	31.5	1.16	0.83	18.8	1.86	3.1	0.89	18.8	7.6	—	—	n.b	0.16	32.0	29.9	27.1	11.0
Auerbach 褐 鐵 鑛	47.8	0.40	0.82	12.71	1.10	0.34	0.12	9.6	5.6	—	—	n.b	0.03	30.1	30.0	24.8	15.1
Kamsdorf 石 灰 石	2.0	0.02	0.02	4.0	0.2	43.7	4.2	38.8	4.6	—	—	n.b	10.9	2.6	12.1	32.3	53.0
ソ - ダ 滓	8.1	6.1	—	32.0	3.7	5.8	1.1	—	—	—	7.8	23.2	0.18				
Tunis 磷 酸 鹽	1.2	0.1	11.8	3.3	0.2	48.7	0.4	11.3	3.7	—	1.1	n.b	14.8				
コ - ク ス	1.2	0.03	0.03	2.88	2.0	0.47	0.16	—	4.0	87.8	1.1	n.b	0.16				

第2表 一装入當の鑛石装入物配合割合 (kg)

装 入 番 號	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Schmiedefeld 焙 燒 鑛	4800	5600	6000	6400	6800	6400	6800	6800	7200	—
Schmiedefeld 原 鑛	—	—	—	—	—	1200	1200	1200	—	8800
Auerbach 白 鐵 鑛	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kamsdorf 石 灰 石	3500	2100	1750	1750	1400	1050	350	—	700	700
Tunis 磷 酸 鹽	100	100	100	80	80	80	—	—	—	—
ソ - ダ 滓	—	—	—	200	200	300	300	400	300	200

第3表 試験装入の場合の鉄鑛滓の化學組成

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
鉄	鐵											
	C	%	3.70	3.42	3.27	3.35	3.26	3.26	3.04	2.95	3.16	2.80
	Si	%	0.41	0.48	0.86	1.03	1.55	1.69	2.10	2.93	2.44	0.70
	Mn	%	0.70	0.33	0.30	0.31	0.32	0.27	0.30	0.28	0.23	0.26
	P	%	1.93	1.89	1.83	1.80	1.92	1.81	1.68	1.68	1.64	1.76
	S	%	0.11	0.38	0.64	0.61	0.72	0.95	1.28	1.16	0.94	1.15
鑛 滓	Fe	%	93.15	93.10	93.10	92.90	92.17	92.02	91.60	91.00	91.59	93.33
	SiO ₂	%	28.0	33.7	35.7	35.9	36.7	39.3	43.9	44.3	41.1	39.4
	Al ₂ O ₃	%	16.7	20.6	21.6	22.7	24.1	25.3	27.0	31.6	29.2	24.8
	CaO	%	44.6	34.5	30.8	29.4	26.1	21.5	13.3	9.7	16.3	14.3
	MgO	%	7.2	6.0	6.5	6.5	6.3	6.3	5.8	5.5	5.2	5.9
	MnO	%	1.0	1.3	1.6	1.7	1.7	1.9	2.2	2.2	1.9	1.8
	P ₂ O ₅	%	0.09	0.11	0.11	0.23	0.18	0.14	0.14	0.09	0.09	0.09
	FeO	%	1.4	2.7	3.3	3.5	4.0	4.0	6.8	5.3	4.4	12.5
	S	%	0.9	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2
	アルカリ	%	—	—	—	1.3	1.2	2.1	2.3	2.8	1.9	1.6

鑛 滓 値	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	備 考	
P =	1.59	1.02	0.86	0.82	0.71	0.55	0.30	0.22	0.40	0.36	實 測	$P = \frac{CaO}{SiO_2}$
P =	1.53	1.00	0.84	0.76	0.64	0.49	0.28	0.18	0.38	0.35	計 算	
P' =	1.16	0.76	0.65	0.61	0.55	0.41	0.27	0.20	0.30	0.31	實 測	$P' = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$
P' =	1.15	0.75	0.64	0.59	0.50	0.41	0.25	0.18	0.33	0.34	計 算	

であるため鉄中の珪素量が上り、トーマス爐に於ける吹製能 (Verblasebarkeit) を害する。衝風温度は可及的高くするが、それでも鑛滓の流れは良くない。鑛滓の熔融點を低下させる目的で實驗的に羽口からソーダの吹込を試みたが好結果を得なかつた。吹込のための爐の停止とソーダそのもの冷却作用との爲であらう。

これに對し、新装入原料としてソーダ脱硫鑛滓を使用して鑛滓にアルカリを添加することが出來た (第1表參照)。ソーダ脱硫鑛滓は通常操業に依る熔銑の爐外脱硫の際生成するもので従來は利用方法が無かつた。装入物に對し 2.4% のソーダ滓を使用した場合流出した鑛滓は確に流れが良かつた。流動性に及ぼすソーダ滓の影響は極めて明瞭であるので、引續き鑛滓値 0.71, 0.55, 0.33 及び 0.22 の装入を行ふこととし、鑛滓値の低い程ソーダ滓添加量を多くした。装入物に對し 2.4% から 4.8% まで増加したが、之は鑛滓量に對しては 5.7% より 12.8% に相當する。鑛滓中のアルカリ量は装入 3~8 の場合で 1.3% より 2.8% まで上り、酸化鉄量は 3.2% より 6.7% に上つた。煙塵中のアルカリ量は、ソーダ滓添加の場合でも著しく増加することはない。

高爐滓の流動性に及ぼすアルカリの影響に就ては多數の研究があり、アルカリ添加量が上る程鑛滓は流れが良くなり、流動性の範圍が擴大するといふ結果を得てゐる。Endell 及び Kley の研究に依れば 2% Na₂O 及び 3% FeO を含む場合の鑛滓の粘性低下は、

1,450° では C. G. S 單位で約 5, 1,350° では 15 であり、流動性の上昇は比較的小さい。併し、ソーダ滓を添加せずに酸性高爐滓の流動性を充分良くするには、コークス消費か又は鑛滓中に FeO の形で入る鐵損失の犠牲に依るのであるから、ソーダ滓による流動性の上昇は重大意義がある。

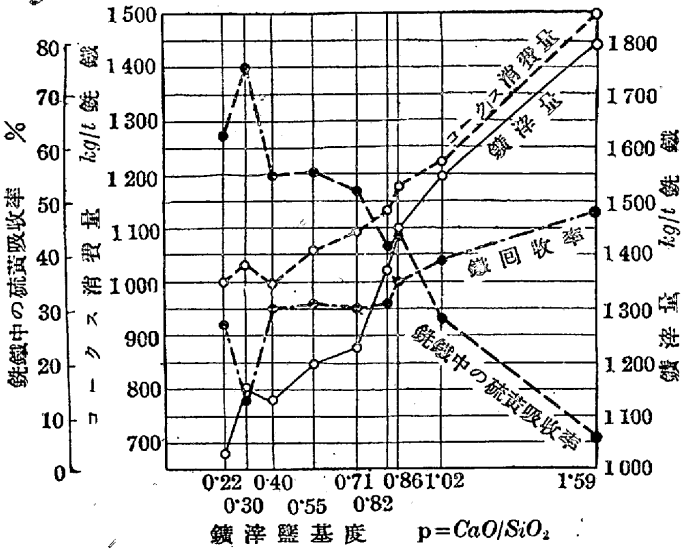
製鍊試験の主要な結果は第1圖に總括して示されてゐる。コークス消費量、鑛滓量及び出銑量はある點以後では略々平行となる。コークス消費量は、鑛滓値の小さい場合には鑛滓量の減少に比し減少し方が緩かである。鐵の回收率は装入物及び熱の關係が同じ場合には鑛滓の量、組成及び流動性の如何により變ずる。鑛滓が酸性で粘稠である程、その酸化鐵含有量や鐵粒混入量が上り、それだけ回收率が下る。

鑛滓値が 0.86~1.02 のときの回收率は、0.82 の所で急に低下するが、0.8 以下でも鐵分回收率は比較的高い。これはソーダ滓添加の作用である。鑛滓値 0.30 に對する値が低いのは、羽口の一つが故障し湯溜が水に依り冷却された爲である。0.22 に對する値は比較的高温の操業に依り得た。燃料を餘り過剰に使用せずに必要な湯溜温度に達せしめることが出來れば、通常操業もうまく続けられるであらう。

鐵中に入る硫黄量は、鑛滓量、鑛滓鹽基度、鑛滓の酸化鐵含有量及び湯溜温度に應じた値をとる。コークス消費量は銑鐵適當り

第4表

	標準装入 酸性	装入1酸性	装入2酸性
鑛石及び媒熔劑			
Schmiedefeld 焙燒鑛%	54.55	75.08	74.05
Schmiedefeld 原鑛%	—	13.42	16.74
Auerbach 白鐵鑛%	4.55	2.07	—
Kamsdorf 褐鐵鑛%	39.77	7.40	7.10
Tunis 磷 鹽%	1.13	—	—
ソ ー ダ 滓%	—	2.03	2.11
銑 鐵 分 析 (%)			
C		2.73	2.67
Si		1.63	1.45
Mn		0.23	0.25
P		1.78	1.77
S		0.922	0.989
Fe		92.71	92.87
鑛 滓 分 析 (%)			
SiO ₂ 計 算 測		47.1	44.3
SiO ₂ 計 實 測		44.8	42.8
Al ₂ O ₃ 計 算 測		24.0	26.5
Al ₂ O ₃ 計 實 測		23.7	26.4
CaO 計 算 測		14.3	13.7
CaO 計 實 測		15.1	14.6
MgO 計 算 測		3.9	5.1
MgO 計 實 測		5.8	5.9
FeO		6.80	6.60
MnO		1.50	1.40
P		0.09	0.09
S		0.12	1.15



第1圖 高爐の強酸性製鍊の操業結果

1,502 kg から 999 kg までである。爐の出銑能力は燃料節約量に反比例して上る。

短期間の製鍊試験であるから不十分を免れないが、このことを考慮に入れても、鑛滓値 0.6 よりも更に酸性で作業する方法即ち強酸性製鍊は重要な長所を持つてゐる。試験の結果得られる銑鐵—豫備製鍊銑鐵—は更に處理を施して初めて完全な價値を發揮するのであるが、それを別にしてもこの製鍊法は充分價値がある。

日常作業の製鍊結果

基礎試験に引續き、鑛滓値として約 0.3 をとるとき、豫備製鍊銑鐵製造費を最小にする場合の装入の選定の問題を研究した。2ヶ月間引續き試験を行ひ操業に支障を來さなかつた。その試験の結果は第4表に示す如くである。第5表は酸性標準装入の場合との比較である。先づ鐵分回収率は酸性標準装入の場合に比し約4%低くなる。この値は既述の試験の鑛滓値の等しい場合に比しても多少低いが、その理由は恐らくソーダ滓不足のため鑛滓量に對し4.9%しか使用しなかつた爲であらう。マンガン回収率は酸性鑛滓に依り處理する場合は酸性の場合よりも低く、磷回収率は良くなる。磷の回収率の良くなることは基礎試験の際にも推察されたが、この試験により確認された。12ヶ月の作業の平均では酸性標準装入の場合よりも約5%回収率が高い。磷の節約は經濟的に重要である。磷の回収に就ては後の實驗に委ねることとする。

燃料の節約量は著しく大きい。その量は酸性標準装入の場合に比し豫備製鍊銑鐵相當り濕潤コークス 590 kg 及び 568 kg で酸性の際の消費量の36%に相當する。かくの如く大量の燃料が節約されるのは鑛滓生成、炭酸ガス及び水の生成に用ひられる装入の量が減

少する爲である。これは酸性製鍊の爐内で既知の容易な製鍊作用が行はれることに歸因する。即ち爐内に最初に生じた流れの良い鑛滓中の酸化鐵が酸性作業に比し大きい接觸面で、コークスと接觸して直接還元が行はれるのである。コークス減少の爲に乾燥コークスを羽口から吹込むこともある。使用する鑛石が熔融し易い夾雜物を含む場合に重要である。製鍊量が上がるとき豫備製鍊銑鐵相當りの熱損失が小さくなる場合には、一層考慮の價値がある。

基礎製鍊試験の結果は日常作業により確認された。操業結果から、強酸性製鍊に成功する爲には、鑛滓量の少いこと、鑛滓の流動性良きことのみならず、湯溜温度の高いこと、爐の内容物を風がよく通ることが肝要であることが明かにされた。湯溜温度を上げるには衝風を出来るだけ高温にしなければならない。送風管の所で測定

第5表 強酸性製鍊と酸性標準装入の比較

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	鑛 滓 kg/t 銑鐵	鑛滓 kg/t コークス	コークス kg/t 銑鐵	装 入 物 回 收 率 %	鐵 分 回 收 率 %	マンガン 回 收 率 %	磷 回 收 率 %	銑鐵中硫 黄量、全 硫黄に對 する割合 %	$P = \frac{CaO}{SiO_2}$	$P' = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$
標準装入	1795	1195	1502	24.9	97.8	34.0	82.5	6.1	1.52	1.15
1 作業月間 1	1138	1249	912	36.4	93.9	13.4	93.9	73.3	0.304	0.257
2 作業月間 2	1198	1282	934	36.1	93.9	15.0	93.1	68.3	0.309	0.266

して 850~980° の熱風を用ひる。酸素に富む衝風の利用は、熱風爐の能力が所要の熱風温度を得るに不十分な場合には有効である。

湯溜温度は一定の装入の場合には、湯溜りに空気が正しく吹込まれるか否かに依つて變ずるから、風の導入には充分注意を要する。それには羽口断面の適當なものを選択し、風量を自動的に調節し、各噴出口に於ける風速を計器に依り測定し得るやうにすれば、ずつと容易になる。

朝顔及び爐胸に於けるガスの通りが均一である事が、爐操業及び燃料消費の程度を決定することが大きい。ガスの通りは主として装入物の塊の大きさ及び爐口に於ける降下の状況に依り影響を受けるが、これに就ては種々の鑛石を強酸性製鍊に使用した場合の次の技術的總括表に明示されてゐる。

使用鑛石の大部分を占める塊状堅緻の Schmiedefeld 焙燒鑛(第 2 表及び第 4 表)が強酸性でも製鍊出来る事は既に知られる。又酸性製鍊の第 1 月の結果から見ると、ある割合の非焙燒鑛を添加しても經濟的に製鍊出来る。全操業の範圍では、品位の低い鑛石は鹽基性の爐に入れない方がよい。

第 6 表 装入成分回収率及びコークス消費量

	1	2	3	4	5	6
	装入物中の Schmiedefeld 焙燒鑛 %	装入物中の Schmiedefeld 原鑛 %	装入物中の Auerbach 白鐵鑛 %	装入物 回収率 %	コークス 消費量 %	回収率を 36% とし て計算す るときの コークス 消費量 kg/t 銑鐵
a 組	43.2 48.6 43.5 36.4	26.5 12.6 17.4 25.4	22.5 30.2 31.4 30.7	39.1 36.0 36.7 36.2	100.5 106.3 107.0 114.0	
平均值	42.9	20.5	28.7	37.4	108.6	111.8
b 組	58.3 47.2 65.7 70.4	17.5 34.7 19.3 14.2	18.0 12.2 7.5 7.7	36.2 35.2 35.5 37.7	100.6 103.6 102.7 97.5	
平均值	60.2	21.4	11.4	36.2	100.9	101.5
c 組	75.1 74.0 74.4	13.5 16.7 15.5	2.1 — —	36.4 36.4 36.8	91.2 93.4 94.3	
平均值	74.4	15.7	0.7	36.4	93.0	94.0

第 6 表には爐の作業状態が同じとき、鑛石配合割合を變じた場合の コークス消費量及び出銑量を示す。同じ装入組成の数ヶ月を組に經め、各組の平均値を計算した。組 a 及び b では Schmiedefeld の原鑛の割合は殆ど同じであり、鑛石の化學組成は Auerbach の白鐵鑛に極めてよく類似する。原鑛の塊の大きさは焙燒鑛と同様であるが、白鐵鑛は極めて粒小さく粘土質である。又装入全量に對する鐵分歩留を 36% とした時のコークス消費量計算値をも第 6 項に掲げてある。白鐵鑛配合量 28.7% の a 組は 11.4% の b 組より豫備製鍊銑鐵噸當りコークス消費は 103 kg 高く、0.7% の場合は b 組より 75 kg 低くなる。

塊小さく粘土質の鑛石を強酸性製鍊に使用し得るか否かを明かに

するため、Auerbach の白鐵鑛及び褐鐵鑛の中夾雜物少きものを選んで特別な製鍊試験を行つた。何れの鑛石も 0~4 mm の塊が 30% 以上、4~20 mm が約 30% である。試験の途中で作業成績が著しく悪化した。粉鑛の割合が高くなる程、作業困難となり、懸滞を生ずる傾向がある。更に粉鑛の割合を増すときは、少くも 5 mm 置きに風を止めて荷を落さなければならない。この結果は第 7 表に示す。第 6, 7, 8 項の平均値から装入物中の粉鑛の割合、鐵分回収率及び操業成績の關係が明かになる。第 11 乃至 14 日の鐵分回収率悪く、鑛滓量が著しく少いのは、褐鐵鑛の配合割合が高く、鑛石の夾雜物の鹽基度 CaO/SiO_2 が低く僅かに 0.03 であつた爲である。流れのよい、きれいな鑛滓をつくるには鹽基としては大塊の石灰石を(Kamsdorf, 第 1 表参照)充分に添加するが、爐頂に於ける装入物の分布が悪いので、Auerbach 褐鐵鑛の割合が高い場合には均一な鑛滓を造ることは困難である。これに反して鹽基度が 0.15~0.18 である Schmiedefeld 鑛及び Auerbach 白鐵鑛では、鹽基を添加しないで、強酸性製鍊を行ふことが出来る。ガスの流れを止めたり不平均にしたりする粉鑛の割合が小さい場合には、此等の又は類似の鑛石の製鍊の際湯溜作業に困難を生じない。就中、強酸性製鍊の範圍で自溶性でない鑛石を使用し、装入物の鹽基性及び酸性の部分を簡単に混合して良い操業成績を得られることが證明された。

第 7 表 各試験期に於ける操業成績

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
試験日	酸性鑛石の装入全量に對する割合				酸性鑛石中 0-4 mm 細粒の 装入量に對する %	每 24 h 鐵分 回收率 %	送風量 當り 消費量 t	装入中鐵分噸當り量 kg	$CaO + MgO / SiO_2 + Al_2O_3$
	Schmiedefeld		Auerbach						
	焙燒鑛 %	原鑛 %	焙燒鑛 %	原鑛 %					
1	63.2	30.5	—	—	6.4	92.8	6.70	1050	0.28
2	62.2	31.4	—	—	6.3	85.4	6.50	1054	0.29
3	61.8	31.7	—	—	6.3	93.7	6.23	1055	0.29
4	57.6	31.9	4.2	—	7.3	97.7	6.30	1058	0.29
5	53.7	26.3	13.3	—	9.6	92.7	6.43	1075	0.29
6	47.3	24.2	21.5	—	11.5	101.0	6.17	1100	0.29
7	42.7	20.7	29.6	—	13.3	91.4	6.76	1095	0.29
8	32.6	17.7	33.2	—	15.0	101.8	6.03	1102	0.28
9	25.0	19.6	39.4	6.8	17.3	106.1	6.03	1140	0.27
平均值	50.8	26.7	15.2	0.7	10.3	95.2	6.35		
10	15.2	19.3	38.7	15.3	18.5	89.7	5.84	1043	0.35
11	—	18.5	40.7	28.3	21.6	78.8	5.98	950	0.35
12	—	4.6	53.3	29.9	25.3	81.0	6.43	872	0.35
13	—	—	59.7	31.2	27.6	75.5	5.45	894	0.28
14	—	—	58.4	30.6	27.1	81.1	5.68	927	0.32
15	23.4	—	58.8	6.0	22.1	89.8	5.06	1148	0.34
16	29.1	—	58.9	—	20.8	89.9	4.42	1262	0.30
17	41.9	—	46.2	—	17.9	83.9	5.64	1188	0.33
18	44.8	17.6	28.1	—	13.2	79.8	6.76	1122	0.31
平均值	17.1	6.8	48.2	16.1	22.0	82.9	5.70		
19	55.7	19.0	16.2	—	10.6	92.6	6.96	1048	0.29
20	57.0	27.7	8.5	—	8.4	83.6	7.31	1071	0.29
21	56.7	23.6	7.7	—	8.2	90.4	7.48	1075	0.29
22	58.2	27.0	7.8	—	8.2	91.7	7.80	1075	0.30
23	59.7	25.1	8.1	—	8.4	100.7	6.45	1085	0.30
24	69.4	24.0	8.7	—	8.5	94.1	6.03	1063	0.30
25	72.5	21.3	8.5	—	8.6	96.8	5.91	1082	0.29
平均值	60.8	28.1	10.6	—	8.7	91.0	6.85		

試験の示す所では、湯溜温度の外に装入物の物理的性質に對する要求が大きい。鑛石の可及的均一な還元の基礎となる装入物の塊の

大きさに對する要求、装入物の分布に對する風又はガスの均一な通過に對する要求は、鹽基性操業の場合には絶對的條件ではないが、強酸性操業の場合には必要缺くべからざるものであり、鑄滓の酸性度が高いときには要求が特に厳しい。

鑄滓量が少い場合には熱風温度が低い程鑄滓組成に注意を要し、鑄滓の熔融點を低下させる物質の添加が必要となる。熔銑の爐外脱硫の際生ずるソーダ滓は添加劑として特に適當である。これを強酸性製銑の際装入物中に添加すれば、製銑結果に好影響を及ぼす許りでなく、從來無用なものと考えられてゐた高爐の副産物を有効に利用することとなる。

強酸性製銑に於ては、湯溜温度がある最低温度以上であることを要するだけで、爐頂温度が高過ぎるための熱損失はない。装入組成及び作業速度の選擇に當つては特に注意を要する。多くの場合は装入物中の原鑄又は焙燒鑄の割合を鑄石の大ききの適當なものを選ぶ餘地は與へられてゐる。爐頂温度が高ければ、炭酸ガス又は水分驅逐のための餘分のコークスは必要なく、相當量の鑄石を處理することが出来る。同様のことは、更に高温度の熱風使用又は酸素に富む空氣の利用の際にも言へる。

操業の實際は鹽基性作業と部分的には異なるが、酸性作業を實施するにも鹽基性作業の知識が重要である。装入物組成がガスの通過を害さない限りは、爐頂に於ける懸滯もその崩壊も生じない。

湯溜温度の低下に原因する突然の爐の停止は有害である。この場合に生ずる鑄滓には酸化鐵の形にある鐵又は粒狀の鐵を多量に含み次の出銑の際には非常に珪素の低下した少量の鐵が出る。この鐵は湯溜の周壁又は爐底に容易に凝固し、爐況が復舊した時に初めて熔解する。短時間の熱損失には比較的容易に打克つことが出来る。羽口が漏る場合は、鹽基性作業の際と同様、湯溜内容物は部分的に凝固する迄に至らず、極めて流れ易い酸化鐵に富む鑄滓を生ずる。故に爐は努めて規則的に保持し、障碍が生ずれば直ちにこれを除かなければならない。コークスを添加し長時間を費して準備した爐の停止でも、かなりの困難を伴ふ。比較的低温度に於て既に半融又は熔融した装入物が、停止期間中に爐胸及び朝顔に於て凝集し、再び風を吹込むときガスの流れを困難にするからである。最も簡単な對策は、爐の停止前に爐胸の高きの約半分まで装入物を下げ、再吹込後直ちに爐胸を満すことである。

通常鑄滓は直徑 48 mm の鑄滓口から故障なく流出する。その平均分析は次の如くである。

SiO₂ 42.0~45.0%, Al₂O₃ 22.0~26.0%, CaO 14.0~17.0%,
MgO 4.0~6.0%, MnO 1.2~2.2%, P₂O₅ 0.07~0.25%,
FeO 5.0~8.0%, Femet, 0.4~0.8%, S 0.1~0.4%,
アルカリ 2.0~3.0%.

鑄滓の凝固後の表面又は吹飛ばされた粒が、褐色乃至明黄色を呈し、流れが悪く暗黒色乃至黒色の断面を有するときは鹽基含有量が低い。外皮の明るい色は鑄滓のアルカリ含有量の高いことと關係があり、酸化アルカリの量が 1.5% 以下のときは現はれない。鑄滓は粒化し又は金型で急冷すれば不定形に凝固し、空氣に觸れさせれば數耗の強い硝子狀の外皮を造つて結晶形に凝固する。鑄滓は爐外に出ると直ちに表面が黒くなるので、明瞭な温度測定値が得られない。出滓口及び距離 1 m の所の温度の直接測定を多數行つた所では、既に 100° の温度降下がある。出滓口に於ける温度測定では、補正しないで 1,450~1,490° 平均 1,461° で、通常鹽基性製銑の時と同様か、時に依つては少し高い。銑鐵の温度も同様、未補正值で 1,325~1,390° で、鹽基性銑鐵よりも少し高い。

豫備製銑銑鐵は低珪素低マンガンのトーマス銑と流れが酷似してゐる。鑄銑工場での鑄銑金型まで爐から 30 m 以上の砂に溝を通つて行つてこれを満すに充分な程、流動性がよい。銑は 0.7% 以上の珪素を含む場合には、凝固した時の表面は滑かで多少中高となる。分析値は次の範囲内に保持される。即ち 2.0~3.0% C, 1.0~3.0% Si, 0.1~0.3% Mn, 1.7~1.9% P, 0.7~1.5% S.

高壓の下で金型に入れられた銑は、冷却後、一部は自己崩壊し、一部は軽く叩くことにより崩壊する。この性質は以後の處理を容易にする。Si < 0.5% の銑は熔融結晶となつて流れが悪く砂溝に強い殻を作り殆ど金型を満すことが出来ず、しかも冷却後の破碎は極めて困難である。Si > 4% を含む豫備製銑銑鐵も粘稠で流れが悪い。冷却に際して生ずる黒鉛の分離は銑の流れを悪くし破碎を困難にする。従つて銑は 1~3% Si の範囲で製銑するのが適當である。

第8表 豫備製銑銑鐵の珪素量と硫黄量の關係

出銑回収	Si% による配列	平均 Si%	平均 S%
30	0.5~1.0	0.81	1.30
96	1.0~1.5	1.27	1.24
132	1.5~2.0	1.79	1.11
108	2.0~2.5	2.24	1.04
24	2.5~3.0	2.74	0.99

同一装入の場合の數百回の出銑から珪素と硫黄含有量の關係を求めれば第8表の如し。珪素の増加 1.93% は硫黄の減少 0.31% に相當し、即ち除去された硫黄量の約 6 倍だけ珪素が増加する。これと以前の經驗とから考へると、硫黄量を下げるために又は出銑量を上げるために操業温度を上げるのは得策でない。

珪素含有量と關聯して、炭素含有量と湯溜温度との關係を操業結果から求めることは、温度測定値が充分多數なければ出来ない。

強酸性製銑の湯溜の作用と銑鐵及び鑄滓の組成の關係を明かにすることは未決の問題である。

豫備製銑銑鐵の處理

製鋼工場に於て豫備製銑銑鐵に直接次の處理を施すことは、脱硫の爲に大きい熱損失を生じない場合には決して差支へない。吹製能 (Verblasebarkeit) から云へば銑中の炭素量が低いことは珪素量の高いことに相當する。炭素量が低い場合には CO の發生が少いために轉爐の浴の動搖が小さい。珪素量が高い場合には湯の流れは悪いが、珪素燃焼の際は泡を生じないで固體生成物を生ずる。銑の熱が高く流動性が充分よいときは、高い珪素量は熱源として利用される。云ふまでもなく轉爐の容量及び風の送入量が銑鐵の吹製能に大きい影響を及ぼす。更に浴の深さ、風壓、爐の横断面を適當に選べば、高珪素銑鐵の吹製に成功出来る。

豫備製銑銑鐵も、硫黄量の高い點を考慮して、も一度鹽基性鑄滓の下で溶解しませすれば立派な銑鐵となる。製銑作業により炭素、珪素、マンガン及び磷を通常の轉爐用に適するやうに調整することが出来る。併し銑量に比し量の少い鑄滓に對する硫黄の配分率がどの程度であるかは直ちに知ることが出来ない。此等の關係は第9表で説明する。

即ち a 行は強酸性製銑前 6 箇月間の操業成績の平均であり、b, c 行は酸性製銑後 9 箇月及びそれ以上の操業成績の平均で夫々豫備製銑銑鐵の添加 24.8% 及び 28.3% のものである。第6項から硫黄 0.83% のものは鑄滓の保持能力が充分に利用されてゐない事が知られる。鑄滓中の硫黄量が 77.6% から 64 及び 68% に下るのは、銑に對する鑄滓の重量比が異なるため、之から二物質間の硫黄配分を知ることが出来る。硫黄損失は恐らく鑄滓が外氣と作用する時の

第9表 豫備製鍊鉄鐵を配合せる場合とせざる場合の鹽基性高爐の硫黃平衡

組	鹽基性作業高爐	12											13					
		採業月數	全生産量 t/月	豫備製鍊鉄配合量 鉄%	鍊鉄滓 噸當 鉄%	5 CaO+MgO SiO ₂ +Al ₂ O ₃ P ₂ O ₅	6 鍊滓中硫黃%	7 ソ鉄1鐵ダ中添硫加黄前%	8 ソ鉄1鐵ダ中添硫加黄後%	9 除(絶去對)硫黄%	10 除去硫黄量%	11 鉄ソ鉄1鐵ダ中當消費%	12 入つた硫黄%			13 出た硫黄%		
													コークス	鍊石	豫備製鍊鉄	鍊滓	鉄	損失
a	3	6	17690	—	1.030	1.15	0.83	0.1045	0.064	0.0405	38.7	0.34	93.4	6.6	—	77.6	9.5	12.9
b	2	9	19150	24.8	0.652	1.15	0.952	0.124	0.055	0.069	35.6	0.56	72.6	6.6	20.8	64.0	12.8	23.2
c	2	9	19050	28.3	0.594	1.26	1.087	0.120	0.049	0.071	59.2	0.58	74.8	3.4	21.8	68.0	12.6	19.4

硫黃の酸化に依るものであらう。亜硫酸ガスの臭は製鍊鍊滓では異常に強くするが、爐頂ガス中には全然定量されな。出鉄後の脱硫用のソーダ添加(第11項)は0.34%、0.56%及び0.58%でその増加は僅かである。

轉爐用鉄鐵の高爐による熔解に必要なコークス量は、私の経験では8%の計算となる。豫備製鍊鉄鐵の熔解の際は珪素が燃焼に與るので更に低くコークス量3~5%とすれば充分である。熔解に要するコークス量は、豫備製鍊鉄鐵に對し500kg以上の装入物を入れる場合の燃料消費に比して僅かなものである。コークス節約によつて得た所のものは、出鉄後の豫備製鍊鉄鐵の處理、冷却、破碎、輸送及び爐頂への運搬等の費用のため打消される。

鉄鐵を冷却し更に熔解のため加熱すると云ふ迂路を避け、豫備製鍊鉄鐵を鹽基性高爐の湯溜に直接注入する場合には、費用は低減する。豫備製鍊鉄鐵をこの方法により通常の轉爐用鉄鐵に變じ得ることは、高爐湯溜の反應に就ての從來の研究、發表を覆すものである。

目的に適ふ如く試験を行ふためには、技術的な立場から、熔鉄、湯溜への注入は送風面と鍊滓面の中間が考へられる。第2圖には熔鉄注入の實際に行ふ順序をスケッチ風に示す。注入口は小さく羽口の下で適當な傾斜をつける。第3及び4圖は熔鉄溝と爐壁との連結を示す(圖略)。

第10表 二基の鹽基性採業高爐の比較

	第1爐	第2爐
鉄鐵貯藏能力	40t	70t
平均出鉄量	30t	36.3t
爐の製鉄能力	11t/h	16t/h
豫備精鍊鉄鐵注入量	20~27t	平均24t
單位時間當注入量平均		1.5~2t/mn
平均反應時間	30~40mn	2h12mn
爐より出した鉄鐵に對するソーダ添加量	1.75%	1.03%

移注に關する詳細は第10表に掲げる。第1の爐は注入量貯藏能力製鉄能力から推論される如く豫備製鍊鉄鐵の注入前に空にするので最高1hの反應で目的を達することが出来る。91回の移注では、平均1.46% Si, 1.09% Sの豫備製鍊鉄鐵を鹽基性高爐の湯溜に移し、更にソーダ處理を施せば0.44% Si及び0.039% Sを含む通常のトーマス鉄となる。珪素及び硫黃除去量は平均反應時間30~40mnのとき爐内反應及び出鉄後のソーダ處理に依るものを合せて0.62% Si, 0.67% Sに及ぶ。この除去量は前回の出鉄及び注入前に湯溜に残存する鉄鐵の組成を考へれば豫備製鍊鉄鐵の注入量と出鉄直前に新しく熔解した鉄鐵の量から、混合分析により計算することが出来る。

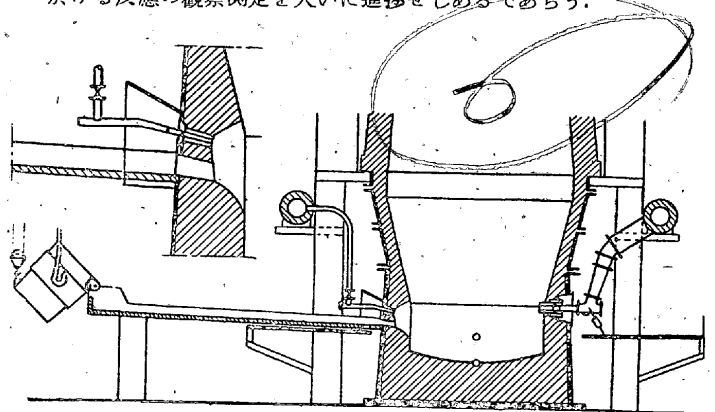
第2の鹽基性高爐による54回の移注試験では次の如き結果を得た。平均1.58% Si, 1.133% Sの鉄鐵が混鉄爐に移される時には0.39% Si, 0.04% Sとなる。湯溜の鉄鐵貯藏能力が大きいため鉄鐵組成の確實性は向上した。

豫備製鍊鉄鐵の反應時間を成るべく延ばすために注入前に爐を殆ど空にする。平均出鉄量と湯溜の能力とから、混合鉄鐵出鉄後爐内に残存するもの、大部分は豫備製鍊鉄鐵である。移注後の出鉄の際に脱硫用のソーダを使用する。移注と常に同時に溢流する鍊滓は短時間の後に淡色を呈するが、これは鉄鐵中の珪素が酸化し鍊滓が酸性となるにも拘らず鍊滓中に含有されてゐる金屬が除去された事を示す。

16個の二重定量による平均除去量は次の如くである。

移注前		移注後	
Fe	0.68	Fe	0.64
Mn	0.90	Mn	0.86

この結果が確實であると斷言し得る程多くの定量は行つてゐない。併しこの研究を更に擴大し平衡の方面に利用すれば高爐湯溜に於ける反應の觀察測定を大いに進捗せしめるであらう。



第2圖 熔鉄移注装置

再熔解の熱平衡としては1%以上のSiの燃焼により發生する熱量は熔融狀豫備製鍊鉄鐵の加熱及び加炭に要する熱量より大きいことが指示出来るに過ぎない。一旦凝固した鉄鐵の再熔解に要する燃料添加は其後は必要でないのみならず、含有珪素のため鹽基性爐内の熱量が増加する。

鹽基性高爐の製鉄能力、豫備製鍊鉄鐵の注入量、湯溜での反應時間、移注時の靜置時間から製鍊される豫備製鍊鉄鐵量は殆ど一定で、装入物に應じた爐の固有製鉄能力により定まることが推論される。移注の量及び度数は反應に要する時間によるが、又移注後出鉄する鉄鐵を酸性爐に用ひるか鹽基性爐に用ひるかに依つても變る。併し

何れの場合でも湯溜の熔銑貯蔵能力、隣の高爐の出鋼作業及び製鋼工場での銑鐵の需要に依り影響を受ける。

従来豫備製銑鐵の處理は熔融状態で行つてゐるが、この場合貯蔵が問題となる。酸性爐の熔銑能力に對し少くも二つの鹽基性爐を備へ豫備製銑鐵の處理を行へば貯蔵は可能である。

本法の批判及び利用價值

上記の方法に依る豫備製銑鐵の製造は技術的には簡單且廉價である。この問題の解決は酸性銑石の強酸性製銑に關聯した問題をも最終的に解決する。本法の特殊な操業は新しい操業法と考へられる。考慮の重點が置かれるのは熔銑の組成を適當なものとするのではなく、銑滓量を出來るだけ減少しこれにより燃料消費を節約するにある。高酸性銑滓は湯溜溫度が高ければ充分流動性がある。流動性を上げるために装入物にソーダ滓を添加する。ソーダ滓添加の場合はその硫黄の一部は豫備製銑鐵中に入つて循環すると考へられる。従つて酸性装入物へのソーダ滓添加量は勝手に高くする譯には行かない。銑中に増加させない爲には過剰の硫黄は操作によつて除去する。この目的の爲に鹽基性爐の銑滓を淺くするか、或は多量のソーダを爐外脱硫に用ひて生ずるソーダ滓の一部を他の目的に使用するかは場合によつて定める。ソーダ滓の脱硫を行ひその含有するアルカリをも利用出来る新しい有望な方法がある。

コークス消費を更に低下せしめる爲には、前提として爐操業の基礎平衡條件を考慮する必要がある。この法則から外れれば爐内反應は妨げられ、銑鐵中珪素の急速な低下と、鐵分歩留の著しい減少が起る。送風溫度を出來るだけ上げれば、例へば爐内への空氣導入量の不足による溫度降下を防ぎ、熱量の急激な變動はない。併しこの爲にはコークス装入量を多くすることが必要であるので、僅少なコークス消費に依り出銑能力を高くする強酸性製銑の長所は、比較的鹽基度の高い酸性製銑の場合に發揮される。

強酸性製銑の際生ずる銑滓は酸化鐵を含むためと Al_2O_3 が高いために結晶し易く、鐵道の基礎や鋪裝用に使用しない場合には、銑滓砂として堤防工事又は撒砂として用ひる。鑄造して鋪石製造用に利用することは従來の豫備實驗によれば充分の結果を得る將來性がある。組成上餘り容易には結晶しない酸性銑滓の場合にもこれに鹽

基性銑滓を加へれば新しい性質を得ることが H. Schmachler により示されてゐるので更に利用は容易となるであらう。異つた組成の別の銑滓が生ずるので純鹽基性でも純酸性でも得られない銑滓利用の方面が拓かれた。

本法を他の工場に適用すべきか否かは一般に銑石、燃料及び利用し得る銑石の物理的及び化學的性質の如何により定まる。この關係は工場により異り相應する價值を生ずる。強酸性製銑は主として酸性夾雜物の含有量の高い銑鐵に適し、銑石の鐵分が低い場合に特に特長を發揮する。鐵分の高い酸性銑石を取扱ふ場合には、通常の銑鐵製造法の方が高硫黄の豫備製銑鐵を造る迂路よりも優れてゐる。この場合特に考慮すべきは、各高爐に於ける銑石の破壊、操業中に鐵に起る急變、鐵分回收率、脱硫剤の費用及び銑滓の經濟的價值であり、何れも燃料を節約し製造能率を上げるためである。これは酸性で特に鐵分の低い銑石の製銑法として新しい方法であり、強酸性製銑を多くの冶金工場に適用すれば經濟的に大きな利益を得ることは明かである。上記の製銑法の特記すべき長所は殆ど従來あるまゝの冶金設備を用ひて利益を得ることが出来る點である。

總 括

装入混合物の鹽基度 ($CaO: SiO_2 = P$) 0.3~0.4 で行ふ強酸性製銑では、通常の鹽基性製銑に比し、コークス消費量を 35% 減少し、燃料節約量に相應して出銑量を増す。製造された銑鐵は極めて多量の硫黄を含むので、出銑後ソーダ脱硫を行ひ製鋼工場にて直接處理を施すのは適當でない。通常組成の銑鐵に變ずる爲には、熔銑が凝固して後鹽基性操業の高爐に入れるか、又は熔融状態の銑鐵を鹽基性高爐の湯溜に移注する。出銑後の脱硫により生じたソーダ滓は強酸性操業の装入成分として使用される。アルカリの含有は高酸性銑滓の熔融點を低下し、強酸性操業を著しく容易にする。酸性爐滓は結晶能力よく鋪裝用として銑滓バラスとして利用される。この方法の利用價值は處理銑石の物理的性質及び化學的組成により左右される。良好なる操業結果を得るためには前提として嚴密なる装入、爐内の衝風及びガス分布のよきこと、湯溜が高溫に保持されることを必要とする(昭和製鋼所調査月報 3(康8) No. 9 より)。

與 炭 と 脱 炭

(F. A. Loche: Carburization and Decarburization. *Iron Age* June 12, 1941, 41) (通俗的な參考記事)

高溫に加熱した際鋼の外殼に最初から含有されてゐる炭素を保存するといふ問題は今に始つたことではないが、近年に至つてこの問題の重要性は愈々注目せられるやうになつてきた。高溫に加熱した鋼の表面に於ける炭素に變化を及ぼす諸要素を調節することは、顧客側からの仕様書に應ずるためにも、また相互の競争に捷つためから云つても、必須の條件事項となつてきたのである。

鋼の表面に於ける炭素含有量の増加、即ち與炭といふことは、きはめて古くから大いに研究せられた。この反對の鋼の表面から炭素を除くこと、即ち脱炭といふことは炭素に變化を與へる方法として、與炭と等しく古くから研究されたがこれが、大なる問題となるに至つたのはこの數年のことである。鋼が高溫に熱せられた際この與炭、脱炭のいづれか一方からの、乃至はその雙方からの影響を防止するためには、加熱せられた鋼の表面に於ける炭素に變化を及ぼす諸要素についての理解が必要である。

先づ第一に、表面炭素の増加、即ち與炭について考へてみる。炭素は鋼中に於ては炭化物の形で、通常炭化鐵 Fe_3C で、乃至は Cr その他の合金元素との炭化物として存在する。既に炭化物を含有してゐる鋼においては、鋼中の鐵は臨界溫度(通常の炭素鋼においては約 $1340^{\circ}F - 727^{\circ}C$) に達しないうちは、更に炭素と結合して炭化物を形成せぬ。與炭に與る諸條件は次の如くである。

- 1). 處理を受ける材料の成分。
- 2). 處理溫度。
- 3). 該溫度に於ける時間の長さ。
- 4). 與炭物質の性質。

本論文の扱ふところは、主として與炭物質の性質についてである。しかしながら、次に列挙した法則は他の因子にも大體適用されるといふことを指摘しておく。

- 1). 一定の時間および溫度に於ては、與炭の容易さは材料に含有せられてゐる既存の炭素含有量に反比例する(炭素含有量の少い鋼