

限度まで速やかに還元するがそれ以上になると、Reduction を行わず $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ の解離反応のみを進行するものである。

さて CO gas の Flowing speed が大いに関係するが本研究では、100cc/mn の速度で 30mn 行つた結果を analysis して還元率を計算したものである。

還元結果: Initial metallic Fe は Pr-C 中に多くあり 0.5% Fe 内外であり Py-C では 0.2~0.3% Fe の程度である。

両滓の Reduction において Solid carbon reduction では Fig. 8 に示す如く Fe_3O_4 の多い Pyrrhotite cinder の方が成績よく、低級酸化物 (Fe_3O_4) をより多く含有しているために酸素除去量が少なくてすむからである。

CO gas reduction では酸化度の高い Py-C は酸化度の低い Pr-C より還元効果が大である。(Ⅱ報にて論及する) これは内質の状態によるもので表面積および繊維状 Hematite その他が重大なる項目となるが Deposit carbon の発生が還元進行を左右することは論を俟たないから将来表面積の大小、Flowing speed の速遅などによる Deposit carbon の発生量と併せ研究し、この疑問点を明確に論及したい。

参考のため還元生成物の顕微鏡写真を添入しておく。なお写真は住友金属鉱山選鉱場の津乗技師の協力によるものであるから紙面を借りて感謝の意を表します。(つづく) (昭和 30 年 5 月寄稿)

文 献

- 1) } Reuleaux: Met Erz 24 (1927) 102
} 嘉村平八: Chem. Met. Eng. 24 (1921) 437
- 2) Hütting. u. Luremann: Z. Angew chem. 39 (1926) 759
- 3) I. Heike: St u. Ei. 33 (1913) 813
- 4) 水曜会誌: 11 (昭 17 年) 229
- 5) 鉄と鋼: 39 (昭 28 年) 299
- 6) Diepschlog & Horn: Arch. Eisenhüttenwes 4 (1930/31) 375
- 7) 佐々木茂式: 鉄と鋼, 10 (昭27) 83
- 8) Mellor: 14 (Fe part) 775
- 9) J. Klarding: St u. Ei. 58 (1938) 1, 143
- 10) 佐々木茂式: 鉄と鋼, 11 (昭28) 1, 221
- 11) Bone Reeve & Saunder: J. Inst. iron and steel advance copy No. IV (1930) 1~48.
- 12) 佐々木茂式: 鉄と鋼, 11 (昭28) 1221

高 炉 作 業 の 改 善 に 就 いて*

堺 千 代 次***

ON IMPROVEMENTS OF THE BLAST FURNACE PRACTICE

Chiyoji Sakai

Synopsis:

No. 2 blast furnace in Kokura Steel Works which started in January 1951, is now producing the low copper, low sulphur pig iron to be used for steel plants.

Recently, in order to increase the output, to decrease coke ratio and to improve the pig quality, improvements in the blast furnace practice was thoroughly performed as follows:

- 1) Preparation and controlled use of raw materials was more improved.
- 2) Sinter production was increased more and sinter qualities were more improved.
- 3) In the furnace operation, the slack-wind-blowing was practiced and the blast pressure was controlled and charging method was found out the best.
- 4) Tuyeres were changed from the circular type to the elliptic type.

As results of this improved operation, especially the output increased to over 400t/day, and the coke ratio decreased below 0.70Q, during the period from December 1953 to April 1954.

This improvement presumably depends mainly on the better sizing of raw materials as well as on the furnace operation matched for it.

* 昭和 29 年 10 月本会講演大会にて発表 ** 住友金属工業 K. K. 小倉製鉄所

I. 緒 言

現在稼働中の小倉製鉄所第 2 高炉は公称能力 350t/day にして昭和 26 年 1 月に吹入れを実施し、同 28 年 7 月より現在まで低銅銑を吹製している。出銑量の増大とコークス比の低下、併せて良質銑の製造のために原料の予備処理の強化、原料管理の強化および焼結銑の増産と品質の向上に努力し Slack wind blowing の採用と送風圧力の管理と装入方法の改善および楕円形羽口の使用等の実行徹底を期した。それらの成果は漸次操業成績に現われ、最近に至り出銑量は増大したコークス比は昭和 28 年 12 月から同 29 年 4 月の間 0.700 を割り特に同 29 年 4 月は平均出銑量 431t/day (出銑率 123%) コークス比 0.679 という成績をあげるに至った。以下実施した対策別に述べ考察を加える。

II. 実施した対策とその成果に就いて

A) 原料関係

① 原料予備処理の強化

出銑量の増大とコークス比の低下はまず原料予備処理の強化にあることに着意し昭和 28 年 12 月第 2 次クラッシャー (35mm 以下) および振動篩の設備を完成し鉄銑石の徹底的なサイジングが行われる様になつた。現在の小倉製鉄所における銑石破碎系統を Fig. 1 に示す。

現在原料粒度は over size のみを規定し粉銑石は一部焼結する以外は全て粉塊混合のまま高炉に装入されて

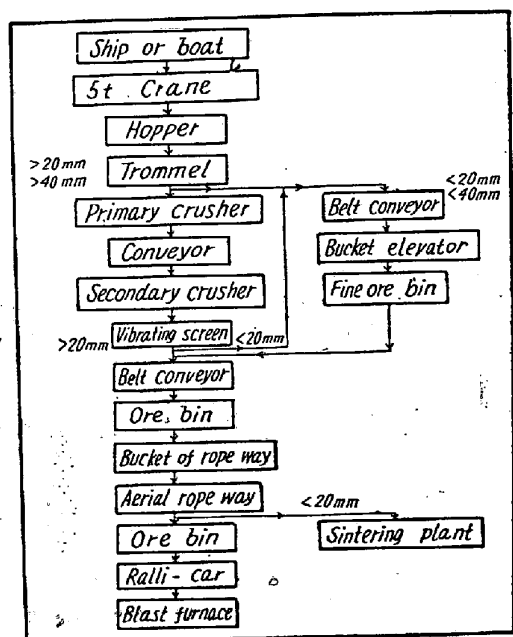


Fig. 1. The ore crushing system in Kokura Steel Works.

いる。然しなお近き将来においては粉塊別装入を実施する様計画中である。銑石副原料の規定粒度は下記の通りである。

磁鉄銑 35mm 以下、赤鉄銑、褐鉄銑 40mm 以下
 焼結銑 10~100mm 石灰石 15~50mm
 平炉滓 6~50mm

次に銑石のサイジング強化と並行してコークス粒度にも意を注ぎ従来粉化防止のため落差を縮小して (コークスビンに在庫する迄) いたものを逆に落差を大にして落下衝撃を与え大塊をできるだけ破碎するようにスキップ装入直前で 15mm 以下の粉を振動篩にて篩い落とし整粒を行い併せて高炉装入後の炉内における粉化防止を計った。鉄銑石のサイジングが 2 次クラッシャーと振動篩の正常な稼働によつて強化され、所期の目的粒度が得られた。28 年 12 月の前 4 ヶ月後 5 ヶ月の鉄銑石とコークスの平均粒度は Table 1 の操業記録に示した。また Table 2 に銑石の配合とコークス品質を示した。Table 3 に主要銑石および副原料の粒度を示す。

なお、昭和 30 年 2 月より coke cutter による coke sizing を実施し、粒度 70~30, 30~15mm の区分をなし層状装入をなし物理的・化学的両面からの炉況安定を図っているがこの結果は改めて報告する。

原料の予備処理強化により操業記録の Table 1 から判るように送風量の減少と送風圧力の上昇 CO/CO₂ の低下 ore/coke の増大即ちコークス比の減少、出銑量の増大等が操業成績に現われてきた。

② 原料管理の強化

鉄銑石の銘柄別の入荷量を基礎として銑石比、還元の難易、造滓量、原料中の成分 (特に Al₂O₃, S, Cu, TiO₂, SiO₂) 等を検討の上原料の使用計画を実行した。一方当所使用コークスは三菱化成黒崎工場より購入しており雨天の場合水分 3% から 10% の間を大巾に変動するため、水分の迅速検定により 1 回装入量の調整管理を行った。またラリーカーの秤量精度の向上に努力した。以上のように原料管理の強化は炉況の安定性の維持に寄与し Table 4 に示す如き成分の銑鉄を吹製することができたものと考えられる。

③ 焼結銑の増産と品質の向上

Table 2 に示す如く鉄銑石の大半は焼結銑が占めている状況でその品質の良否は密接に炉況および操業成績の良悪に反映することを深く経験しその品質の向上に力を注ぎ特に化学的品質面では T.Fe, Cu, FeO, TiO₂, S の管理を行い物理的品質面では他原料のサイジング強化に伴う送風圧力の極端な上昇を緩和するために焼結銑の

潰裂強度の管理限界を炉況に応じて変更し管理を強化した。1例として Fig. 2 に焼結鉱の落下強度と「風圧/風量」の動静を 29 年 3 月 4 月について 5 日毎の平均値をプロットしたものを示した。また焼結鉱の装入量を増加することは高炉に極めて有利であることを認識しその増産態勢を整え銑鉄コストの低下をもたらした。焼結鉱の最近の品質および生産量は Table 5 に示した。

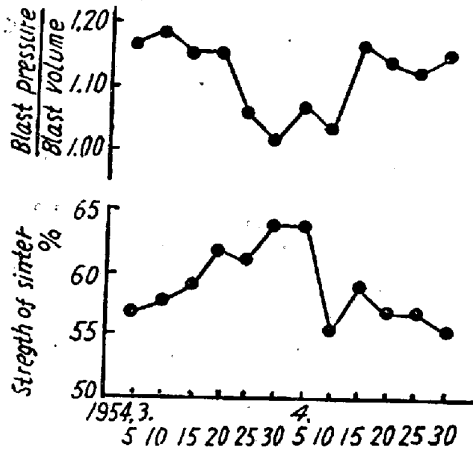


Fig. 2. Strength of sinter and blast pressure/blast volume.

B) 操業関係

① Slack wind blowing の採用

装入物のサイジング強化に伴う極度な送風圧力の上昇と炉内ガスの分布の不均一防止のため Slack wind blowing を採用し併せて羽口面積の適正化 (180×125 楕円口径を 180×108 楕円口径に変更) を図つた。その結果は炉内ガスの均一上昇により鉄鉱石のガス還元が良好になり heavy charge 操業を維持することができ、銑鉄屯当りの送風量の大幅な減少となつた。昭和 26 年 11

月から同 29 年 4 月まで実績の銑鉄屯当り送風量とコークス比との関係を Fig. 3 に示した Fig. 4 に炉頂ガスの CO/CO₂ とコークス比との関係を示した。

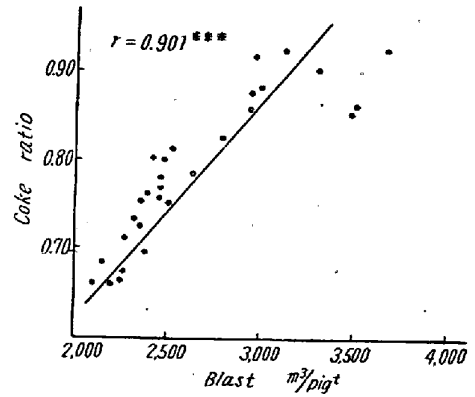


Fig. 3. Correlation between blast per ton of pig and the coke ratio.

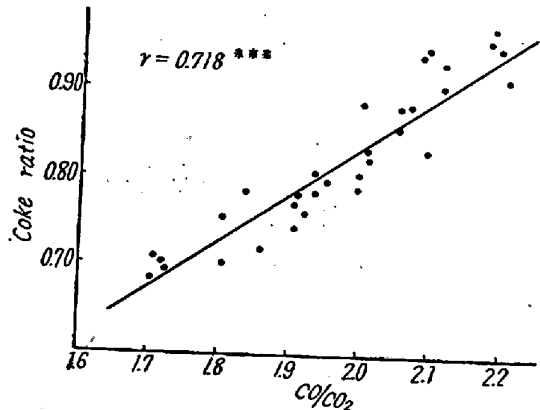


Fig. 4. Correlation between CO/CO₂ and coke ratio.

② 炉内送風圧力の管理と装入方法の改善

炉内ガス滞留時間の延長とガス密度の増大による鉄鉱石のガス還元率増進を図るため送風圧力の管理限界を

Table 1. Operating practice.

	Coke ratio	Output t/day	CO/CO ₂	Blast volume	Blast volume	Blast pressure	Blast press.	Ore in one charge	Ave. size of coke	Ave. size of ore	Output of sinter
				m ³ /t pig	m ³ /mn	g/cm ³	Blast vol.	ore/coke	mm	mm	t/day
1953. 8.	0.776	352	1.89	2.484	632	706	1.12	1.99	66.19	31.62	210
9.	0.780	394	1.93	2.462	680	765	1.12	1.98	65.37	29.16	251
10.	0.755	401	1.91	2.325	697	831	1.19	1.99	64.95	27.98	307
11.	0.738	404	1.90	2.279	654	838	1.28	2.02	61.18	26.72	324
8~10 Average	0.767	388	1.91	2.388	666	785	1.18	1.99	64.42	28.87	273
1953. 12.	0.681	399	1.69	2.169	622	780	1.25	2.11	60.25	24.98	286
1954. 1.	0.699	402	1.79	2.239	638	804	1.26	2.10	66.53	23.41	311
2.	0.695	419	1.72	2.234	659	808	1.23	2.14	54.40	24.04	286
3.	0.709	386	1.85	2.318	634	822	1.30	2.08	53.36	27.51	296
4.	0.679	431	1.75	2.067	632	814	1.29	2.26	58.42	24.33	339
1953. 12~ 1954. 4 Ave.	0.693	407	1.76	2.205	637	806	1.27	2.13	58.59	24.85	306

Table 2. Distribution of the ore charge and quality of coke.

	Materials consumed (%)			Quality of coke (%)	
	Sinter	Imported ore	Home ore	Ash	Strength
Aug. 1953	34.0	62.8	3.2	11.06	92.0
Sep. "	29.0	67.0	4.0	11.25	92.4
Oct. "	45.5	52.4	2.1	11.44	92.6
Nov. "	45.8	51.5	2.7	11.61	92.4
Dec. "	43.4	54.7	1.9	11.38	92.5
Jan. 1954	45.0	52.9	2.1	11.58	92.5
Feb. "	46.2	51.7	2.1	11.49	92.2
Mar. "	36.9	62.6	1.4	11.59	92.1
Apr. "	47.1	50.9	2.0	11.41	92.7

Table 3. Particle size of main materials consumed.

	mm <10	mm 10~50	mm 50~100	mm >100
Sinter	35 41	45 45	15 14	6 —
Dungun	47 48	43 47	10 5	0 —
Larap	40 22	51 72	9 6	0 —
Orissa	26 17	56 80	18 3	0 —
Lime stone	4 5	73 83	23 7	0 0

Table 4. Chemical analysis of pig iron.

	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
Aug. 1953	4.47	0.76	1.53	0.245	0.030	0.11
Sep. "	4.37	0.84	1.52	0.244	0.032	0.10
Oct. "	4.33	0.85	1.51	0.260	0.027	0.10
Nov. "	4.35	0.85	1.56	0.248	0.027	0.11
Dec. "	4.38	0.84	1.51	0.245	0.030	0.11
Jan. 1954	4.43	0.87	1.56	0.246	0.029	0.11
Feb. "	4.42	0.86	1.53	0.244	0.032	0.11
Mar. "	4.47	0.80	1.69	0.225	0.030	0.10
Apr. "	4.44	0.89	1.38	0.202	0.029	0.10

Table 5. Production and quality of sinter.

	Production t/day	Chemical analysis					Strength
		T.Fe	FeO	S	Cu	TiO ₂	
Aug. 1953	210	58.54	22.74	0.038	0.13	3.20	65.0
Sep. "	251	59.45	24.54	0.051	0.13	3.00	67.3
Oct. "	307	60.18	12.71	0.024	0.11	2.80	58.3
Nov. "	324	59.66	12.59	0.033	0.10	2.60	59.5
Dec. "	386	60.24	17.28	0.031	0.11	2.30	63.8
Jan. 1954	311	60.75	15.97	0.022	0.11	2.30	61.7
Feb. "	286	59.12	12.48	0.026	0.09	2.48	58.5
Mar. "	296	59.08	14.12	0.042	0.12	2.68	61.0
Apr. "	339	60.05	14.08	0.028	0.12	2.60	60.0

[送風圧力 g/cm² (絶対値)/送風量m³/mn (絶対値)] = 1.15~1.30 と指定して操業を行った。この比を維持するためコークスの1回装入量を 3t~5t に種々変更を行いコークスと鉱石のスパイラル装入、混合装入、層状装入等を種々調査研究した結果、現状のコークス、鉱石、副原料の粒度および送風量の関係から1回装入のコークスを 5t としコークス4スキップ、鉱石4スキップの

層状装入の場合が最適であると結論を得て、この装入方法を実行した。またコークス振動篩の篩目の調整と焼結鉱の潰裂強度の調整管理或いは Charging line の操作等により上記送風圧力の管理を行った。最近の送風圧力の推移は Table 1 に示す通りである。

③ 操業技術の標準化

高炉操業者の操業技術の標準化を期し操業法の管理を

行い作業標準を作成した。

C) 設備の改善

楕円型羽口の採用

各羽口間の死角の減少と炉内ガスの均一なる上昇および炉内装入物に対する浸透性を助長する目的から円形羽口を楕円羽口に改造し上下 3° 左右 3° に角度をもたせ炉内に突出せしめた (炉内突出300mm) 方法は Slack wind blowing の項に述べた。昭和 28 年 9 月より使用しその成果は操業に現われている。

III. 考 察

以上実施した対策について述べたがこれらの成果として Table 1 に示すようなコークス比の低下, 出銑量の増加および良質銑の製造を得たことについては次のように考察される。原料の予備処理強化により装入物の炉内分布がより均一化され炉内上昇ガスと装入物との接触が有効に行われ特に鉄鉱石の予熱およびガス還元が容易になった。またこれと併行して Slack wind blowing と羽口の改造, 送風圧力の管理, 装入方法の改善等の操業方法がよくマッチした。更に原料管理の強化, 焼結銑の使用量の増加と品質の向上等, 炉況の安定化に成功した。これらが総合された結果増産が可能となり安定した炉況で heavy charge 操業を続けることができたと考えられる。

IV. Coke Cutter の設置

鉄鉱石, 副原料のサイジングと相俟つて Cokes sizing の必要性は当然起るべき問題であるが今迄の消極的な整粒から脱却して Coke cutter を設備し, 昭和 30 年 2 月より積極的な Cokes sizing を開始した。その実績と成果は未だ短期間なるため結論的数値の発表は後日にする。しかして積極的な Cokes sizing によつて次の成果が得られるものと推測される。

(1) 炉内における装入物の void と gas の通気度はコークスの潰裂強度と装入時における粒度分布が大きな因子となつていることは今更言を要しないが, ①原料予備処理の項に述べたる如く鉄鉱石, 副原料の粉塊混合装入時における sizing の強化が必然的に void と gas 通

気度の低下を伴うことが考えられるが其の欠陥は coke の整粒に依つて調整される。

(2) 粒度 >70 mm のものは Cutter を通して切碎し振動篩にて 70 mm ~ 30 mm, 30 mm ~ 15 mm としこの粒度区分をもつて層状に炉内に装入している。70 mm 以

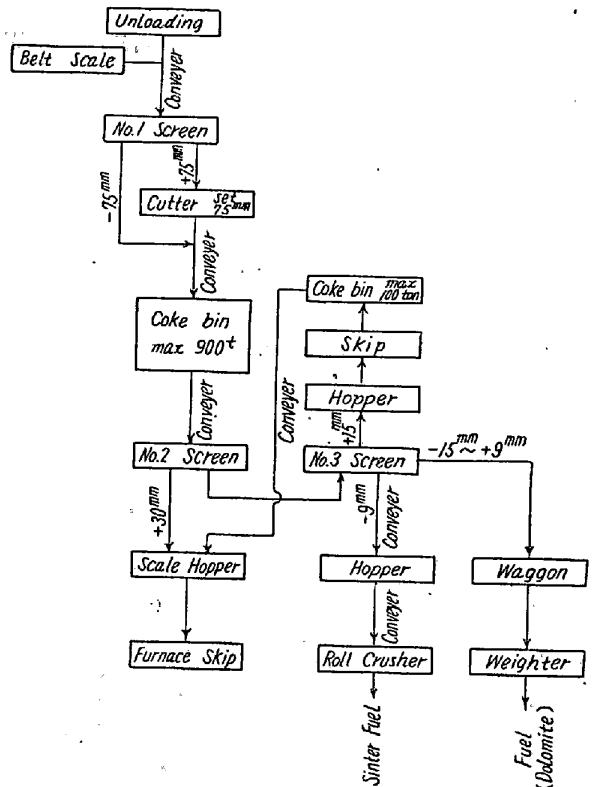


Fig. 5. Flow sheet of coke sizing.

上の大塊を押え上記粒度区分に層状に炉内に装入されることは, 粒度のバラッキを縮小し, 物理的, 化学的両面からして炉況安定に好結果をもたらすものと推測される。

(3) >70mmのものを cutter を通し切碎することによつて, 炉内における粉発生を減少し得ることが考えられる。

(4) 大塊 (>70mm) を皆無とし整粒された事によりコークスの燃焼率を高め酸化帯を縮小し炉況の安定およびコークス比の低下に好結果をもたらすことが考えられる。

Coke cutter による Cokes sizing の系統図を Fig. 5 に示す。