

Fig. 7. Effect of load on the increase of gas pressure.

を取り囲んでいる。ペレットBおよびCにおいても同様な fayalite が見られるが、Aに較べれば極めて微々たるものである。B、Cでは荷重に関係なく wüstite 粒の外周部よりの崩壊、粉化の傾向が見られ、特にBにおいて甚しく、還元粉化性がBにおいて最も著しく次いでC、Aの順になることと良く一致している。膨脹性がペレットAにおいて著しいのは hematite 粒間の結合性が良好である点が影響しているように思われる。

すなわち、ペレットAを構成する hematite 粒はB、Cに較べて一般に小さいが円味を帯びた形状を示し、粒間の拡散結合がよく進行しており焼結温度が比較的高かつたことが推定される。一方B、Cでは hematite 粒はペレットAに較べてかなり大きいにもかかわらず angular な形状を示し拡散結合は進んでいない。ペレットCはBよりも hematite 粒の大きいのが特徴である。SlagはAがB、Cに較べて格段に多いが、Aでは SiO₂ が他の造滓成分に較べて異常に高いのであまり溶融せず粒として散在することが多い。ペレットCではBより slag が多く見られる。

IV. 結 言

還元気流中における膨脹、荷重軟化および回転還元による粉化性を9種類の試料について粒度 10~15mm の充填層試料について実験し、還元雰囲気下でペレットおよび焼結鉄の膨脹が大きいこと、荷重軟化試験にて回転還元試験と同一の粉化傾向が示された。なお軟化曲線にて塩基度 1.30 前後の焼結鉄が 900°C~950°C で収縮開始後一時進行が遅れ 1050°C 附近より再び収縮が大となることわかった。これはペレットおよび鉄鉱石では認められない現象である。なお、荷重軟化試験で荷重の増加とともに粉化率の増加および充填層試料の通気度が悪化することを明らかにするとともに、ペレットの顕微鏡下の組織について2、3の観察を行なった。

文 献

- 1) 渡辺, 大竹, 道祖田: 鉄と鋼, 50 (1964) p. 1672
- 2) 渡辺, 大竹, 道祖田: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 349~352
- 3) 児玉, 重見, 堀尾: 鉄と鋼, 50 (1964) 3, p. 327~330
- 4) G. SCHWABE u. H. RELLERMEYER: Stahl u. Eisen 82 (1962) 8, p. 449~457
- 5) 神戸製鋼所: 学振54委 667 (1962)

マルコナペレット高配合試験について

日本鋼管, 鶴見製鉄所

○長谷川友博・根本秀太郎

阪本英一・黒田浩一・中谷源治・中島龍一

Blast Furnace Operation Using Marcona Pellet up to 65% in Burden.

Tomohiro HASEGAWA, Hidetaro NEMOTO,

Eichi SAKAMOTO, Koichi KURODA

Genji NAKATANI and Ryuichi NAKAJIMA.

I. 緒 言

最近、わが国においても、高炉装入原料としてペレットが注目されつつあり、出鉄量、コークス比については焼結鉄と同等ないしそれ以上の効果が期待されている。

当所においては、試験購入したマルコナペレット約 20,000トンについて、S. 39. 3 下旬より約1ヶ月半にわたり第2高炉で焼結鉄と代替し、65%までの高配合試験を実施し、出鉄量、燃料比におよぼす影響、高配合時における低高滓比の問題などについて調査した。当第2高炉は、炉床径 5.4m, 内容積 516m³, 羽口数 10本の高炉で、酸素と重油の複合送風を行なっている。

II. マルコナペレットの性状

(1) 粒度組成

扇島本船受入時および高炉々前(3×3mmで篩分使用)粒度組成を Table 1 に示す。

(2) 化学分析

Table 2 に化学分析結果を示す。本ペレットは製造過程において、20 lbs/t のベントナイトが添加されている。

(3) タンブラー強度および還元後の強度

Table 3 に A.S.T.M. 法に準拠したタンブラー強度と学振法還元後の耐摩耗強度を示す。

III. 操 業 結 果

当試験では、焼結鉄とマルコナペレットの比較評価を目的とし、生鉄配合率を 25% 一定とし、焼結鉄をペレットと漸次置換え、65%までの高配合操業を実施した。

Table 1. Size distribution of Marcona pellets.

(mm)	+16	16~10	10~6	-6
Size distribution at Oogishima berth (%)	7.0	81.0	7.0	5.0
(mm)	25~10	10~5	5~3	-3
Size distribution at Tsurumi blast furnaces (%)	80.0	16.8	1.0	2.2

Table 2. Chemical analysis of Marcona pellets.

Chemical analysis	Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
%	66.94	1.01	2.20	0.43	0.36
Chemical analysis	MgO	Mn	P	S	Cu
%	0.87	0.13	0.02	0.04	0.02

Table 3. Tumbler index and abrasion strength after reduction.

Size (mm)	+10	10~5	5~2	2~0.5	-0.5	-5
Tumbler index (%)	81.6	12.7	0.6	0.04	5.1	5.7
Abrasion* strength after reduction (%)	81.1	4.3	0.5	0.4	13.7	14.6

* Pellets after reduction by Gakushin process are charged in Linder's apparatus, rotating 900 rev. at 23±r.p.m.. Size distribution of discharged pellets shows degree of abrasion strength after reduction.

鉄滓率は 65% 配合時で 200 kg / t 程度に低下したが操業上支障は生じなかつた。操業結果を Table 4 に示す。

IV. 考察

(1) 出鉄量

Fig. 1 に補正出鉄量 (酸素 Si% 補正) とペレット配合率の関係を示す。補正出鉄量はペレットと焼結の代替によりほぼ直線的に上昇し、10%のペレット使用に対し約 1%の出鉄増が得られた。これはペレットの使用により燃料比が低下したことならびに通気性の改善により若干送風量が上昇したことによる。しかし、第 2 高炉の現状では送風機の最大能力で操業しているので、ペレット高配合により P/V が低下し通気性の改善が見られても増風できず、送風機に余裕のある際には更に出鉄増が可能と思われる。

(2) 燃料比

Fig. 2 に、補正燃料比 (風熱, 酸素, Si%補正) とペ

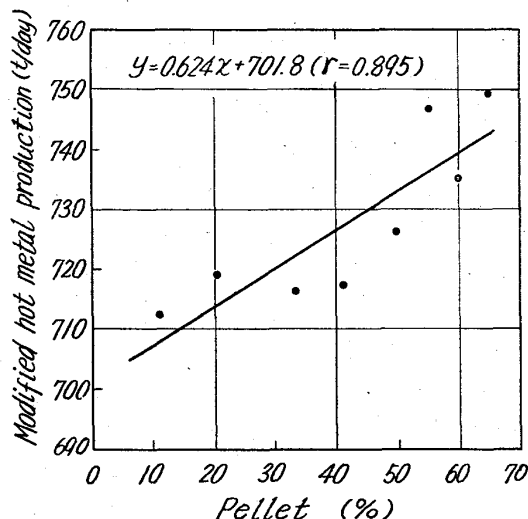


Fig. 1. Relation between modified hot metal production and pellet percent in burden.

レット配合率の関係を示す。補正燃料比はペレット配合率の上昇に伴いほぼ直線的に低下し、ペレット10%配合につき、2.5 kg / t の節減が得られた。ペレットと焼結鉄 10% の代替により鉄滓率は 10 kg / t 低下するので、これによるコークス比の低下は 0.25 kg / kg × 10 kg = 2.5 kg となり、上記の 2.5 kg に対応する。一方、物質精算および熱精算上では、Table 5 に示すように、ペレット配合率の上昇に伴い、ソリューションロスカーボンが低下し、CO ガス利用率が上昇し、その結果、鉄鉄トンあたりの所要熱量は低下している。

(3) 低鉄滓率の影響

低 SiO₂ のマルコナペレット高配合時においては、鉄滓率が大幅に低下するので、脱硫、鉄鉄成分の調整、そ

Table 4. Operational results.

Item	Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
		3/21~3/26	3/27~3/28	3/29~3/30	3/31~4/5	4/6~4/10	4/11~4/14	4/15~4/17	4/18~4/21	4/22~4/26
Pellet ratio	%	0	11.0	20.3	32.8	41.3	49.6	55.3	59.4	65.1
Sinter ratio	%	58.2	66.5	56.8	45.5	35.9	24.8	18.1	14.6	11.2
Hot metal	t/day	703	712	719	716	717	726	747	735	749
Coke ratio	kg / t	521	514	507	508	502	507	510	504	493
Oil ratio	kg / t	52	54	51	50	56	50	47	53	59
Fuel ratio	kg / t	573	568	558	558	558	557	557	557	552
Blast volume	Nm ³ /min	640	637	631	633	639	642	649	649	650
Oxygen enrichment	%	2.61	2.68	2.59	2.48	1.88	3.35	3.56	3.54	2.26
Blast moisture	g / Nm ³	13.5	13.9	19.6	21.1	19.6	25.8	23.5	16.7	12.5
Blast pressure	g / Nm ³	995	1006	1014	1013	1002	999	970	952	967
Blast temperature	°C	908	909	865	897	872	849	890	892	876
Hot metal Si	%	0.76	0.89	0.92	0.77	0.80	0.82	0.76	0.64	0.76
Hot metal S	%	0.038	0.037	0.038	0.033	0.034	0.036	0.040	0.046	0.038
Slag volume	kg / t	270	265	257	248	235	220	217	213	204
Slag CaO/SiO ₂		1.20	1.21	1.27	1.24	1.24	1.23	1.22	1.20	1.26
Top gas CO	%	27.2	27.1	26.5	26.0	25.3	25.8	25.3	25.8	25.4
Top gas CO ₂	%	16.8	17.2	17.6	17.3	17.3	18.7	19.3	18.6	18.4
Top gas H ₂	%	3.4	3.5	3.6	3.8	3.3	3.3	3.1	3.6	3.5
Top gas temperature	°C	283	288	267	257	274	265	236	236	276
D.C. Dust	kg / t	4.2	4.9	4.6	4.5	6.2	7.6	5.8	4.9	6.0
Iron flushing	kg/day	120	260	160	90	40	50	100	200	60
Hanging	No/day	0.2	0	0.5	0.1	0	0	0	0	0
Slip	No/day	0.5	0	0.5	0.4	1.0	0.5	2.0	0.5	1.5

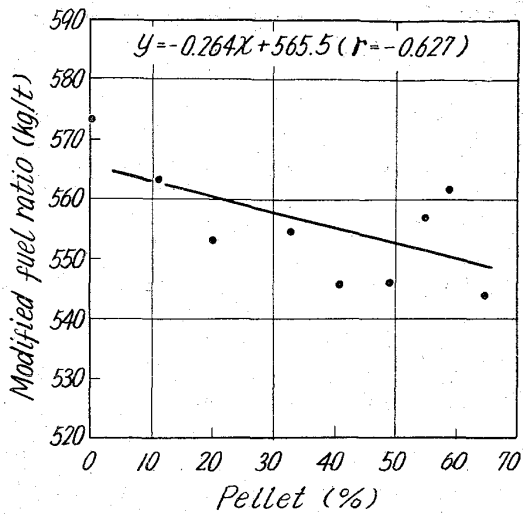


Fig. 2. Relation between modified fuel ratio and pellet percent in burden.

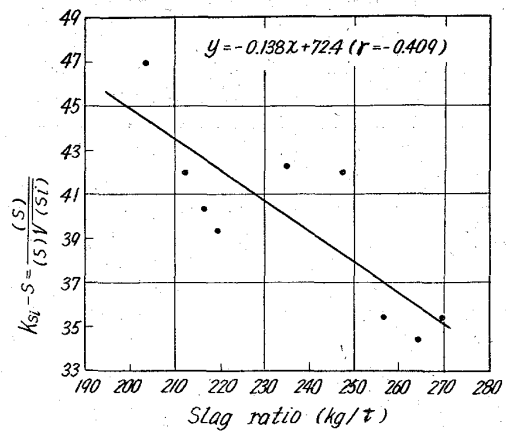


Fig. 3. Relation between desulphurization index and pellet percent in burden.

Table 5. Material balance and heat balance.

Item	Period	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		3/21~3/26	3/27~3/28	3/29~3/30	3/31~4/5	4/6~4/10	4/11~4/14	4/15~4/17	4/18~4/21	4/22~4/26
Combustion carbon	kg/t	345.2	339.5	334.5	345.0	343.3	345	348.8	349.1	330.1
Solution loss carbon	%	83.1	84.5	75.7	64.3	63.7	57.8	55.4	64.7	79.4
Dry blast volume	Nm ³ /t	1982.9	1957.7	1934.9	1983.0	1997.3	1917.7	1913.0	1928.2	1929.9
CO reduction ratio	%	63.9	63.7	66.1	69.3	69.6	72.1	73.4	70.0	65.6
H ₂ reduction ratio	"	7.94	8.04	9.41	8.91	12.52	13.35	12.51	9.07	9.07
Direct reduction ratio	"	28.2	28.3	24.5	21.8	17.9	14.6	14.1	20.9	25.4
H ₂ utilization	"	35.8	36.0	38.6	34.0	45.8	48.4	48.6	37.3	39.3
CO utilization	"	36.0	36.5	37.5	37.5	38.0	39.3	40.5	39.1	39.2
Combustion heat of C to CO at tuyeres	kcal/t	807,660	794,437	782,759	807,796	803,234	807,271	816,069	816,944	772,355
Reduction heat of ore by CO	"	41,250	41,291	42,844	42,624	42,898	44,613	45,401	43,593	40,753
Sensible heat of dry blast	"	414,910	407,359	383,400	412,141	408,920	375,979	395,024	396,659	388,550
Sensible heat of moisture	"	8,847	8,686	11,768	13,337	12,551	15,118	14,624	10,309	7,683
Sensible heat of burden	"	4,231	3,857	2,952	5,108	4,989	5,080	5,798	5,634	5,708
Sensible heat of oil	"	2,340	2,430	2,295	2,273	2,520	2,250	2,115	2,385	2,655
Formation heat of slag	"	39,200	35,560	34,440	35,420	32,900	31,360	31,500	30,380	29,260
Total input	"	1318,438	1293,619	1260,457	1318,698	1308,012	1281,670	1310,532	1305,904	1246,965
Sensible heat of top gas	"	188,447	189,616	173,985	170,672	184,108	171,803	152,949	153,786	179,884
Sensible heat of hot metal	"	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000	300,000
Sensible heat of slag	"	120,400	109,220	105,780	108,790	101,050	96,320	96,750	93,310	89,870
Reduction heat of Mn, P, Si	"	56,610	62,963	64,045	56,713	58,594	58,653	55,608	47,418	55,864
Decomposition heat of lime	"	27,118	29,700	32,713	38,955	39,170	43,044	46,057	45,196	44,766
Decomposition heat of moisture	"	30,129	29,548	42,070	45,944	44,510	55,064	50,813	35,739	27,122
Decomposition heat of oil	"	22,880	23,760	22,440	22,220	24,640	22,000	20,680	23,320	25,960
Reduction heat of ore by H ₂	"	8,524	8,509	9,983	8,956	12,460	13,124	12,301	8,884	8,798
Evaporation heat of burden	"	23,178	22,548	22,332	22,817	22,332	22,919	23,218	22,535	23,728
Solution loss heat	"	269,330	273,920	245,213	208,394	206,454	187,288	179,524	209,714	260,508
Emission and others	"	271,822	243,833	241,896	335,224	314,695	311,456	372,632	306,600	230,465
Total output	"	1318,438	1293,619	1260,457	1318,698	1308,012	1281,670	1310,532	1305,904	1246,965

Table 6. \bar{X} , σ of Si and S content in hot metal.

Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Si (%)	\bar{X}	0.76	0.89	0.92	0.77	0.80	0.82	0.76	0.64	0.76
	σ	0.15	0.12	0.17	0.19	0.18	0.15	0.19	0.21	0.11
S (%)	\bar{X}	0.038	0.037	0.038	0.033	0.034	0.036	0.040	0.046	0.038
	σ	0.007	0.007	0.007	0.009	0.006	0.006	0.008	0.009	0.008

の他実作業上の問題について検討した。

(i) 脱硫能力

Fig. 3 に 鋳滓比と Oelsen の脱硫指数 K_{Si-S} の関係を示す。鋳滓比の低下に従い、鋳滓中 S% が上昇し脱硫指数も上昇した。その結果、低鋳滓比においても塩基度を従来と同じく、 1.25 ± 0.05 の範囲で調整したが鋳中 S の上昇はみとめられなかった。

(ii) 銑鉄成分の変動

Table 6 に、各操業期における銑鉄成分 Si, S の平均値 \bar{X} 、標準偏差 σ を示す。低高滓比においても、 \bar{X} 、 σ は基準期と変わらず、成分調整上問題はなかった。

(iii) 流銑量

Table 4 に示すように、滓口流銑量は普通操業と変わらず、操業上問題はなかった。

V. 総 括

(1) 鶴見第 2 高炉において、焼結鋳をマルコナペレットに置換え、65% までの高配合試験を実施した、

(2) 出銑量は、ペレット 10% の配合により約 1% 上昇し、燃料比は 2.5 kg/t 低下した。前者はコークス比の低下および若干の送風量上昇によつて得られ、後者は焼結鋳と比較し鋳滓比の低下に見合うものである。しかし、現状では、送風機の最大能力の操業を行なっているため、増風可能な場合には、更に出銑増が期待される。

(3) ペレット配合率 65% 時においては、鋳滓比は 200 kg/t に低下したが、脱硫、銑鉄成分の変動、滓口流銑などにも問題がなく安定操業を維持し得た、