

1,2BF では粒度変更前後で著しく ore/coke が変化しているため、同一 ore/coke での比較はできないが、明らかに通気性は改善されていると思われる。風圧/風量を従来のレベルに維持しながら ore/coke が上昇できたのであるから、送風温度上昇、送風湿度低下も粒度減少の効果と考えられる。それらの効果を Table 6 に示す。

3BF は 1,2BF とは異なつた傾向を示しているがこれは 3BF が羽口数も多く、また炉口径も大きいなどプロフィールの相違により炉内分布が異なつているためと考えられる。

5. 結 言

戸畑高炉工場では昭和39年10月より鉄石粒度を従来の8~40mm から8~30mm へ変更した。また同時に焼結鉄も75mm 以下に破碎して操業した。これらの効果につき理論式、回帰式にて推定したものと実績とを比較検討し、次の結果を得た。

- 1) 鉄石粒度を小さくした結果、ガス還元率が上昇して鉄石の被還元性が向上し、約 11kg/t のコークス比低下がえられた。
- 2) 通気性が改善され、同一 ore/coke のもとでは風圧/風量は低下した。そのため送風温度上昇、送風湿度低下が可能となり、さらに約 10kg/t のコークス比低下が可能となつた。

文 献

- 1) 和田, 他: 鉄と鋼, 47 (1961) 11, p. 1617
- 2) 兎玉, 他: 鉄と鋼, 51 (1965) 10, p. 1763
- 3) 本田, 他: 鉄と鋼, 49 (1963) 10, p. 1292

622, 341.1-188: 669, 162, 228, 3

(31) マルコナペレット使用試験について

富士製鉄, 室蘭製鉄所

米沢 泰三・永井 忠弘
野崎 充・鈴木 清策

Blast Furnace Practice with Marcona Pellet up to 60% in Burden.

Taizō YONEZAWA, Tadaniro NAGAI,
Mitsuru NOZAKI and Seisaku SUZUKI.

Table 1. Chemical analysis of Marcona pellet and sinter.

Chemical analysis	T·Fe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Mn	P	S	Cu	Slag	Lime
Pellet	66.30	2.15	3.04	0.53	0.55	0.89	0.03	0.025	0.009	0.018	6.6	3.7
Sinter	61.80	13.18	3.93	1.87	4.60	1.62	0.27	0.086	0.007	0.024	11.2	-1.6

Table 2. Size distribution of Marcona pellet.

m/m	+15	15~12	12~9	9~6	-6	mean	
Not screened	2.5%	14.5	46.0	26.5	10.5	9.5m/m	
m/m	+15	15~10	10~7	7~5	5~3	-3	mean
Screened	1.5%	74.5	18.9	2.3	1.1	1.7	11.5m/m

1. 結 言

ペレットの高炉操業におよぼす影響については、すでに各社の操業試験から、種々の検討が行なわれている。当所においても昭和40年2月と3月に入荷した約20,000 tのマルコナペレットについて、第2高炉(内容積1249 m³, 羽口数19)で、自溶性焼結鉄との置換で約60%の配合試験を実施し、その影響についての検討を行なつたので報告する。

なお、第2高炉は高圧操業を実施しており、本試験は比較的低下鉄時におけるものである。

2. マルコナペレットの性状

Table 1 および2にマルコナペレットの性状と焼結鉄のそれを示す。学振法による被還元率は77.5%で、膨張率は4.48%であつた。本ペレットが従来のものより性質が若干向上しているのは、焼成方法の変更(重油バーナーの本数を増す)によつて、最高温度保持時間を若干延ばしたことにより、ベッド下層部の温度が上昇し、焼成が以前より良くなる行なわれるようになったためと思はれる。

3. 試 験 方 法

3.1 置換方法

置換率(ペレット/焼結鉄)は、ペレットと焼結鉄の鉄滓量および所要石灰石の差から生ずる所要コークスの差を考慮して決定し、両原料の還元性の差異による所要熱量は風温で補なうことにした。置換率の計算方式を次に示す。

鉄石を置換して行く場合のコークス比の変化を ΔCR とすると

$$\Delta CR = \alpha_1 \Delta SR + \alpha_2 \Delta LR + \dots + \beta_1 \Delta X_1 + \beta_2 \Delta X_2 \dots \dots \dots (1)$$

ただし, SR, LR : 鉄滓比および石灰石比

α_1, α_2 : 鉄滓および石灰石のコークス当量

X_1, X_2 : 焼結鉄およびペレットの配合比

β_1, β_2 : 焼結鉄およびペレットの被還元性等のコークス当量

ここで, $\beta_1 \Delta X_1 + \beta_2 \Delta X_2 = 0$ とすれば

$$\Delta CR = \alpha_1 \Delta SR + \alpha_2 \Delta LR \dots \dots \dots (3)$$

この(3)式について、基準時の操業条件(CR_0, SR_0, LR_0)および焼結鉄とペレットの造鉄量(P_1, P_2), 鉄滓量(S_1, S_2), 石灰石所要量(L_1, L_2)を考慮すれば、置

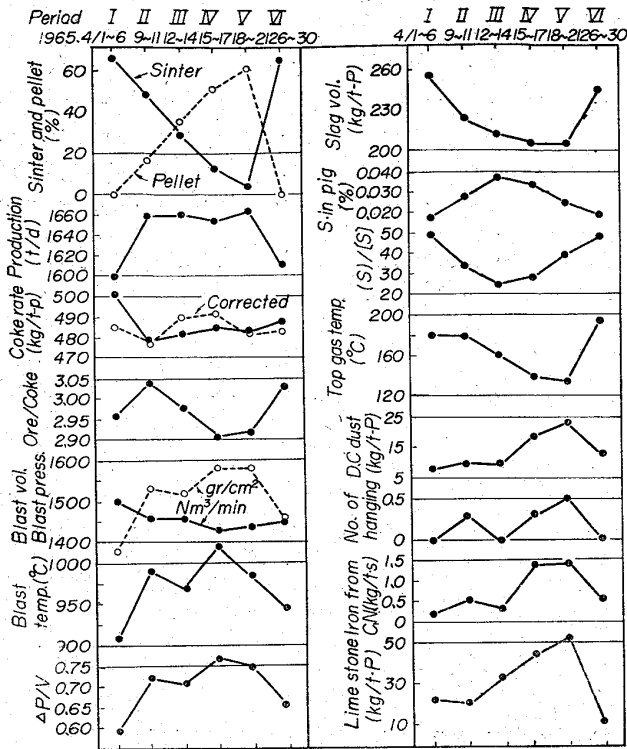


Fig. 1. Operation results.

換率 α は次のようになる。

$$\alpha = \frac{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 L_1 + (CR_0 - \alpha_1 SR_0 - \alpha_2 LR_0) P_1}{\alpha_1 S_2 + \alpha_2 L_2 + (CR_0 - \alpha_1 SR_0 - \alpha_2 LR_0) P_2} \dots \dots \dots (4)$$

(4) 式に焼結鉄およびマルコナペレットの諸成分を代入し、 $\alpha_1 = 0.20$, $\alpha_2 = 0.14$ とすれば、 α は 0.94 となる。

3.2 鉄滓量について

焼結鉄とマルコナペレットの 60% の置換は、鉄滓量の大巾な低下をきたし、炉況へのトラブルを予想させた。このため、試験に先立って鉄滓量の下限を 200kg/t-p 以上に保つように、外鉄の選択と転炉滓の増量をはかった。

4. 試験結果

Fig. 1 に期間毎の操業結果を示す。

これから次のことが判明した。

(1) ペレット使用増とともに風圧は明らかに上昇したが、高圧操業であることと、生産性がまだ低い(出鉄比 1.3 程度) 時点での試験であつたことによるものか、棚吊りは特に発生せず、61% の配合を維持しえた。

(2) TiO_2 装入量の低下 (10kg/t-p \rightarrow 5kg/t-p) にもかかわらず、鉄滓口からの流鉄は増加した。

(3) 送風温度はペレット使用増とともに漸次上昇した。これをコークス比に対して補正してみたところ、試験期間中ほとんど変化していないことになつた。従つてこの試験ではマルコナペレットと焼結鉄の置換率は、鉄分等量で行なえばよかつたということになり、前式で考へた 0.94 の置換率では、荷が重かつたことになる。

(4) 鉄滓量は 50kg/t-p 程低下し、S 分配率も低下したが、これには塩基度の低下が影響している。

(5) 他に、ダスト発生量の増加および炉頂温度のかなりの低下がみられた。

5. 考 察

5.1 ペレット使用時の風圧上昇について

前述したごとく、ペレット使用時に風圧が上昇したがこの現象が純粹にペレット使用によるものか、それとも操業条件に起因するものかを明らかにする必要がある。以下に、若干の考察を試みた。

一般に、圧損失は次式で示される。

$$\Delta P = F \cdot G^2 / \rho \dots \dots \dots (5)$$

ただし、 ΔP : 圧損失 (kg/m²)

F : 定数

ρ : ガスの密度

G : 質量速度 (kg/sec, ここでは Nm³/min で代表される)

(1) 圧力取出口 (環状管入口) から羽口までの圧損失

この圧損失は、これまでの測定によると 30g/cm² 位にすぎず、送風量や送風温度が若干変つても、風圧に対しては全く無視してよい位の大きさにしかならない。

(2) 高炉内の圧損失

高炉の操業条件によつて、 ρ および G が変つた場合、圧損失がどう変化するかを考えると、(5) 式は次のように示される²⁾。

$$P_{B1}^2 = \Delta P_0 \cdot \left(\frac{G_1}{G_0} \right)^2 \cdot \frac{\tilde{T}_1}{\tilde{T}_0} \cdot (P_{B0} + Pt_0) + Pt_1^2 \dots (6)$$

ただし、 $P_{B1}, G_1, \tilde{T}_1, Pt_1$: ペレット使用時の風圧, ガス量, 炉内平均温度, 炉頂温度

$P_{B0}, G_0, \tilde{T}_0, Pt_0$: 基準時の風圧, ガス量, 炉内平均温度, 炉頂温度

ΔP_0 : 基準時の圧損失 ($P_{B0} - Pt_0$)

今、基準時として第 VII 期をとり、操業条件の差のみによつて風圧 (P_B) がどう変るかを求め、計算値が実際の風圧より低ければ、風圧の上昇は、ペレット使用によるものと考えても大体間違いなと思われれる。Table 3 にその計算結果を示す。

Table 3 の結果によれば、単なる送風条件の差だけでは、風圧にはほとんど影響をおよぼさないことになり、ペレット配合増とともに風圧が著るしく上昇した現象は、試験期間が短かい点で問題はあつても、主にペレットの物理化学的性質によるものと考えてよいと思われれる。

5.2 炭素および熱バランスについて

Table 4 に第 I, IV, V および VII 期についての炭素および熱バランスを示した。これから、ペレット使用によつて次のような特徴が見出されよう。

(1) Solution loss が増加し、間接還元率が低くなつた。

Table 3. The actual and calculated blast pressure.

Period	I	II	III	IV	V	VI
Actual	1380	1530	1520	1580	1580	1460
Calcd	1502	1494	1492	1485	1487	1460

Table 4. Carbon and heat balance.

Item		Period	I	IV	V	VI
Carbon balance (kg/t-p)	Carbon input		449.4	435.0	433.3	437.7
	Carbon gasified in furnace		404.7	390.7	388.2	390.9
	Top gas vol.	Nm ³ /t-p	1811	1703	1696	1737
	Blast vol.	//	1304	1192	1196	1242
	Carbon gasified at tuyeres		310.8	284.1	285.1	300.2
	Solution loss carbon		79.7	90.8	85.0	77.8
	O ₂ reduced from Fe-O		359.0	368.2	354.9	357.7
	Indirect reduction	%	70.4	67.1	68.0	71.0
	Direct reduction	//	29.6	32.9	32.0	29.0
	CO gas utilization (η _{CO})	//	58.2	62.5	60.7	60.1
Heat balance (1000 kcal/t-p)	Combustion heat of C at tuyeres		713.0	651.7	653.9	679.2
	Reduction heat of ore by CO		37.0	45.9	47.6	36.0
	Sensible heat of blast		395.2	404.9	392.3	390.8
	Sensible heat of moisture		11.6	11.9	11.5	14.4
	Formation heat of slag		35.8	28.8	28.8	34.3
	<Total input>		1193.3	1143.2	1134.1	1154.7
	Reduction heat of ore by H ₂		6.3	5.5	5.9	7.5
	Reduction heat of Si, Mn, P		64.0	59.5	62.1	63.6
	Heat of solution loss reaction		255.8	291.5	272.9	249.7
	Decomposition heat of lime		9.2	18.1	21.7	5.0
	Sensible heat of hot metal		300.0	300.0	300.0	300.0
	Sensible heat of slag		128.0	103.0	103.0	122.5
	Decomposition heat of moisture		41.8	38.2	38.4	49.7
	Sensible heat of top gas		128.2	101.1	98.4	133.7
	Emission and others		260.0	226.3	231.7	223.0
	<Total output>		1193.3	1143.2	1134.1	1154.7

(2) 銑鉄 t 当り所要熱量は若干減少しているが、大差はない。(第 I 期は不安定な炉況であった)

(3) スラッグの持ち去る熱の減少と solution loss に要する熱の増加とが、ほぼ相殺しあっている。

(4) 炉頂ガスの顕熱が著しく減少している。

さて、ペレット使用時に、solution loss が増加した現象について、最も安定している第 V 期および第 VI 期を取りあげて、考えてみたい。

第 VI 期を基準として、第 V 期に理想的な置換(鉄分当量)を行なったとしたら、第 V 期の solution loss は次のように補正してよいであろう。

$$\Delta SL = \Delta V \times 0.42 \times 12 / 22.4 \times \zeta_{CO} \dots \dots (7)$$

$$SL_1' = SL_1 + \Delta SL \dots \dots (8)$$

ただし、 ΔSR : 第 V 期に対し補正すべき solution loss の量

ΔV : 送風量の差 (第 V 期—第 VI 期)

ζ_{CO} : ボッシュガスの利用率

SL_1, SL_1' : 第 V 期の実績, 補正 solution loss

(7) および (8) 式に、Table 4 の各値を代入すると、 $SL_1' = 85.0 - 6.2 = 78.8$ (kg/t-p) となり、第 VI 期の solution loss の 77.8 kg/t-p とほとんど同じになる。また、送風湿分による補正を同様に行なうと、 SL_1' は 76.8 (kg/t-p) となり、第 VI 期よりむしろ減少することになる。

以上の計算結果より、ペレット使用時に Solution loss が増加した原因は、ペレット自体にあるのではなく、置換率が適正でなく、送風条件が変化した結果であると推定してよいだろう。すなわち、ペレット使用時には、次のような理由で、必然的に solution loss が増え、送風温度を高めねばならなかったと考えられる。

(1) 置換率が重すぎて、銑鉄 t 当り所要風量が減少させられたので、CO による間接還元が減った。

(2) その結果、基準期間に較べ、未還元のままに炉胸下部に降下する鉱石が増し、これを直接還元で還元しなければならないことになった。

(3) そのため、送風温度を直接還元に相当する熱量だけ、さらに上昇させねばならなかった。

なお、熱バランスから見ると、コークス比はペレット 60% 使用によつて、わずか (-5 kg/t-p 位) ながら低下するはずだと考えられる。

6. 結 言

室蘭第 2 高炉で焼結鉱とマルコナペレットを置換し、61% までの高配合試験を実施した結果、次のことが明らかとなった。

1) マルコナペレットの使用増とともに風圧が上昇し、鉱滓口からの流銑も増加したが、操業上に支障は生じなかった。しかし、高出銑時や低圧高炉で使用する際にはさらに品質の改善が必要と思われる。

2) マルコナペレットと焼結鉱との置換は鉄分当量で行なつてよい。

3) ダスト発生量の増加と、炉頂温度の低下がみられた。

文 献

- 1) 三社, (八幡, 富士, 住金) マルコナペレット調査報告書 (1965年7月), p. 53
- 2) 化学工学便覧, (1958), p. 133