

Fig. 5. Distribution of top gas temp.

(41年3月)と Fig. 5 b (9月)を比較すると、aでは中心部のガス温度が極端に高く(ガス中のCO%の分布も同一傾向を示す)内部操作の傾向を示しているが、bではこの傾向はなくなり均一化されてきており、上記の通気性の改善をこの面からも見ることができる。Fig. 5 cは10月の測定結果で、さらに均一化されている。10月はペレットを40%配合しているが、ペレットは安息角が小さいことと、球状のため他の鉱石と共に炉の中心部に流れ込み³⁾⁴⁾、中心部の ore/cokeが高くなる結果と考えられる。以上のごとく通気性の大巾な改善により、ガスの利用率も向上し生産量、燃料比共改善されてきたものと考えられる。

8. 結 言

鶴見製鉄所第1高炉は、昭和37~38年の減産後炉況が安定せず、一進一退の成績を続けた。この間、調査の結果シャフト部に壁付を確認し、40年6月から8回にわたって爆破を行なった。原料面ではトップサイズおよび粉率の低下を計った。この結果炉内の通気性は大巾に改善された。また、高風熱対策、事故低減のための対策などの効果と相いまって、41年5月より操業成績は急激に好転し、10月には生産量2000t/day(出鉄比1.75t/day/m³)燃料比502kg/tと非常な好成績をおさめるにいたった。

文 献

- 1) M. P. JOURDE: Iron & Coal Trades Rev., 30 (1959), p. 699
- 2) J. WILLEMS and G. HEYNERT: Stahl u. Eisen, 16 (1964), p. 57

3) J. A. SMEDSTAM: J. Metals, May (1965), p. 465

4) 第25回製鉄部会資料: ペレットの通気性について, 八幡製鉄所

(28) オイルコークス配合による高炉用コークスの使用試験

日本鋼管, 技術部 水野 実
川崎製鉄所

小林 正・林 泰生・高橋鳩輝・○山本亮二
Blast Furnace Experimental Operation with P-C Coke

Minoru MIZUNO, Tadashi KOBAYASHI
Yasuo HAYASHI, Yasuteru TAKAHASHI
and Ryōji YAMAMOTO

1. 結 言

高炉用コークスの製造にあたってその物理的、化学的性状を向上させる目的で原料炭に不活性物質、たとえば、コーライト、粉コークス、オイルコークスなどを添加することは古くから行なわれていた。最近強粘結炭は需要が増加し不足気味となつてきた。その打開策としてふたたびオイルコークスの使用が考えられるようになってきた。

当所4, 5高炉においてそのオイルコークスを配合した高炉用コークス(以下P-Cコークスと称する。)の使用試験を行なったので結果を報告する。

2. 試 験 目 的

当所においては昭和25, 26年にオイルコークスの使用試験¹⁾²⁾を行なったが明確な結論がでなかつた。

その後ベースとなる原料配合が変化し、また高炉操業も変化したのではたして高炉に使用できるかどうかを試験した。さらにP-Cコークスは反応性が低いため高炉における直接還元が減少し、コークス比低下に寄与するという考えもあるのでその点を主として着目し試験した。

3. 試 験 方 法

試験期間中はなるべく原料条件が一定になるよう配慮し鉱石の銘柄変更もほとんど行なわず、焼結配合率も一定になるように心がけた。なお種々検討の結果オイルコークスは全量破砕する予定であつたが作業上破砕不能のものを生じ、試験の後半12月11日から15日は未破砕のオイルコークスを使用した。

製造コークス炉 第4, 第5コークス炉
対象 高炉 第4, 第5高炉

ただし第5高炉は減産実施中であつたので主対象は第4高炉とした。

試験期日

普通操業期間 昭和40年11月1日~11月23日
試験操業期間 昭和40年11月24日~12月15日
普通操業期間 昭和40年12月16日~12月25日

なお昭和41年4月にも未破砕のオイルコークスを原料炭中に5%配合した追加試験を行なった。

4. P-C コークスの性状

オイルコークスの性状をTable 1に示すが、原料炭

Table 1. Technical analyses of oil coke.

Moisture	Ash	Volatile matter	Fixed carbon	S	Calorific value
6.5%	0.3%	11.4%	88.3%	2.2%	kcal/kg 8510

Table 2. Properties of P-C coke.

% Oil coke in coal mix	0	5	10	10*	Remarks
Strength DI50 (30ReV)	33.6	35.6	37.4	35.8	Strength (150 ReV) is not changed
DI38	73.3	72.6	73.4	70.2	
DI25	89.1	89.5	88.1	89.0	
DI15	92.8	93.1	92.3	92.8	
Mean size	72.9	72.6	80.4	78.8	
Reactivity	41.3	28.3	23.7	29.7	Increase Decrease
Apparent Specific gravity	0.95	0.95	1.02	1.05	Increase
Porosity	52.4	51.8	47.1	45.6	Decrease Normal cokes contents
S	+0.075 +0.15 +0.15				0.5%
Coal ash	-0.26 -0.52 -0.52				Normal coal ash contents 7%

* Precrushed oil coke
Others: crushed oil coke

Table 3. Properties of normal coke and P-C coke.

Kinds of coke	Normal coke	P-C coke*	Normal coke
	1965 11/1~22	1965 11/23~12/13	1965 12/14~12/25
Coke oven	No. 5 C.O	No. 5 C.O	No. 5 C.O
Strength DI50	53.3%	50.0	49.7
DI15	92.7%	92.8	92.5
Size mean	89.5 mm	77.1	76.5
>75 mm	67.2%	49.2	51.3
Reactivity	38.69	34.48	—
Apparent Specific gravity	—	0.95	0.87
Porosity	—	48.5	56.4
S	0.46%	0.53	0.47
Coke ash	9.9%	10.0	10.1

* Prepared from coal mix containing 5% of oil coke

に比較して、灰分、揮発分は低く良好であるが硫黄、バナジウムの含有率が高い欠点がある。

Table 2 および Table 3 に普通コークスと P-C コークスの性状を示す。なお試験操業前に試験炉、実窯（コークス炉）による製造テストを行なっているのもそれらあわせて併記する。

P-C コークスは普通コークスと比較し L 米 5% 減としオイルコークスと振りかえた。

灰分はオイルコークスの配合により当然低下するはずであるが他炭と組合せ試験前後ではほぼ一定とした。

ドラム強度 DI-50 はオイルコークス配合率を増すことにより向上するが DI-15 はほとんど変化しなかつた。粒度は 10% 配合で若干上昇の傾向にあるが、5% 配合ではパラッキの方が大きく不明である。

反応性、気孔率は普通コークスに比べ低下しており高炉用コークスとしては望ましい方向にあると考えられる。

S はオイルコークスの配合率とほぼ直線関係で上昇している。

5. 試験結果

5.1 普通コークスと P-C コークスの切替時観察状況

(1) 4, 5 高炉とも全量一時に P-C コークスに切替えたがコークス、蒸気、風熱などの操作は行なわなかつた。またそれに伴う炉熱変動も認められなかつた。

(2) 外国他社の例では羽口先の光輝が増すといわれていたが当所においても 4 高炉では羽口先輝度が増したように見うけられた。また普通コークスへの切替時は羽口先がいくらか暗くなつたように見うけられた。

5 高炉では羽口先の動きが良好になつたごとく感じられたが、普通コークスへの切替時にはそれ程明りょうでなかつた。

5.2 作業成績

(1) 4 高炉の試験期間中の操業諸元を Table 4 に示す。操業は比較的安定して普通コークスの場合と大差なかつた。

(2) コークス比——4 高炉は P-C コークス使用前より冷え目傾向をたどり試験開始の 11 月 24, 25 日頃にコークス比が上昇したが、26 日以降比較的良好な安定した成績を示した。また普通コークスに切り替つてからも順調な成績を示し P-C コークス使用期間とほとんど同じコークス比を示した。これより P-C コークスを使用してコークス比は下つたとはいえない。なお 5 高炉でも、また 41 年 4 月の追加試験でもコークス比、修正コークス比とも変化しなかつた。

(3) 出鉄量——4 高炉ではコークス比が変化しなかつたしまた増風できる状態にもならなかつたので P-C コークス使用により出鉄量の変化は認められなかつた。

(4) 炉況（通風性）——送風圧, V/P, スリップ回数, 棚落し回数はいずれも変化しなかつた。

(5) S——P-C コークス中の S は当然のことながら増加しており鉄中 S も若干の傾向が見られた（後述）。

(6) シャフト温度推移——4, 5 高炉とも切り立ち、シャフト下, 中, 上段, 東西南北に温度計が埋め込まれている。4 高炉は切り立ち、シャフト下中段の温度は変化がなかつたが、シャフト上段は平常からパラッキが多いが P-C コークス使用中特に温度上昇をつづけ、使用中止後温度は低下しはじめた。これは相当明白なので P-C コークスの影響と見ることができる。

5 高炉は壁付の生長が大きいいためかほとんど変化はなかつた。

6. 考 察

従来報告³⁾されているオイルコークスの使用例は Hesseische Berg und Hütten Werk A. G., CF & I, Kaiser

Table 4. Operation results (No. 4 BF at Kawasaki).

	Base period	Test period	Base period
Periods	1965 11/1~11/20	1965 11/26~12/15	1965 12/16~12/25
Production (t/day)	1442	1449	1473
Coke rate (kg/t)	479	467	467
Corrected coke rate (kg/t)	482	473	472
Si (%)	0.66	0.71	0.73
S (%)	0.032	0.036	0.033
CaO/SiO ₂	1.21	1.28	1.28
V/P	1.34	1.33	1.31
Blast pressure (g/cm ²)	1020	997	1011
Blast temperature (°C)	1019	1011	1015
Humidity (g/Nm ³)	8.3	5.6	4.5
Slip (times/day)	2.9	2.9	1.1
Hanging (times/day)	0.5	0.5	0.8
Top gas CO ₂ (%)	18.7	18.8	18.7
Coke ash(%)	9.9	10.0	10.1
Sinter rate (%)	62.8	62.9	61.3
Slag rate (kg/t)	335	321	322
Oil rate (kg/t)	46	49	49

* Coke rate is corrected for changes in metallic charge, slag rate, coke ash, CaO/SiO₂, Si, blast temperature, blast humidity, sinter rate and oil rate.

** V/P; (Blast volume)/(Blast pressure)

Steel, Salzgitter A. G. などであるがこれらの報告の要約は

- (1) コークス比——オイルコークス 5~15% 配合した P-C コークス使用によりコークス比 22~50 kg/t 低下.
- (2) 出鉄量——0.6~6.2% 上昇.
- (3) 羽口先温度が上昇し 燃料油の燃焼効果が上がる.
- (4) シャフト部における壁落ちの現象.
- (5) 鉄中 S はコークス中 S% の上昇に伴い上昇.
- (6) 送風圧がやや上昇する.

の 6 項目にまとめられる。以下主なものについて当所の試験結果と比較検討する。

6.1 コークス比

P-C コークス使用によるコークス比低下の理由として

- コークス灰分の低下.
- コークス反応性の低下.

羽口先温度上昇による重油の燃焼効率上昇

以上 3 つをあげているが 灰分低下によるコークス比低下⁴⁵⁾ は当然考えられるが当所ではコークス灰分一定としたためこれによる効果はないと考えられる。

反応性については G. HEYNERT の説⁹⁾, O. STEINHAUER⁹⁾ らの説が正しいとすれば反応性の低下により若干のコークス比低下が期待できる。

G. HEYNERT 説; 1100°C での反応性が 2 倍になるとコークス比は 50~70 kg/t 増加。

反応性 20% 減少でコークス比 7 kg/t 減少。

O. STEINHAUER 説; 1000°C での反応性が 2 倍になるとコークス比は 20 kg/t 増加 (C. R. 70 kg/t)

しかしわが国の高炉ではソリューションロスカーボンが 60~90 kg/t のオーダーになっておりこれ以上の大巾なコークス比の低下は困難と見るべきであろう。

重油燃焼効率上昇については別途のべるが顕著な効果は認められなかった。

以上より判断して当所においては P-C コークスを使用してもコークス比に変化を与えなかったのは当然といえる。

同様に 出鉄量についても同じ理由で上昇しなかったと考える。

6.2 羽口先温度

前述したごとく当所においても羽口先の輝度が改善されたように判断されたので、2 色高温計で羽口先温度を測定したが明確な結果は得られなかった。このような状況からこれに関する 2, 3 の試験を行なった。

6.2.1 タイゼン汚水の明度

羽口先の輝度上昇により吹込燃料 (タール) の燃焼効率の上昇が期待されたので 5 高炉のタイゼン汚水明度測定⁹⁾を行なった。結果は Fig. 1 のごとく P-C コークス使用前後で汚水の明度が変ったとはいえずタールの燃焼効率も上昇したとは認められない。

6.2.2 羽口先ガス組成

コークスの反応性、気孔率などの変化により、羽口先のガス分布の変化すなわち羽口先温度の変化が予想されたのでガス組成の測定を行なった。その結果を Fig. 2 に示す。

	普通コークス	C-P コークス
CO ₂	400~600 mm でピークを示し以後降下.	炉芯に近づく程上昇
CO	炉芯に近づく程上昇	山がある。(?)
O ₂	600 mm 付近で 0%	炉芯部でも存在

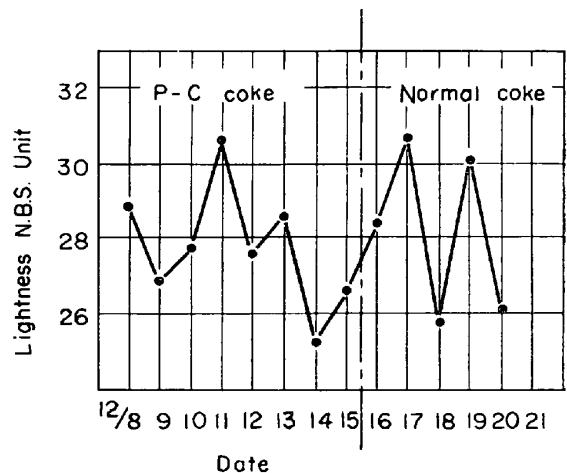


Fig. 1. The lightness of Theisen drain.

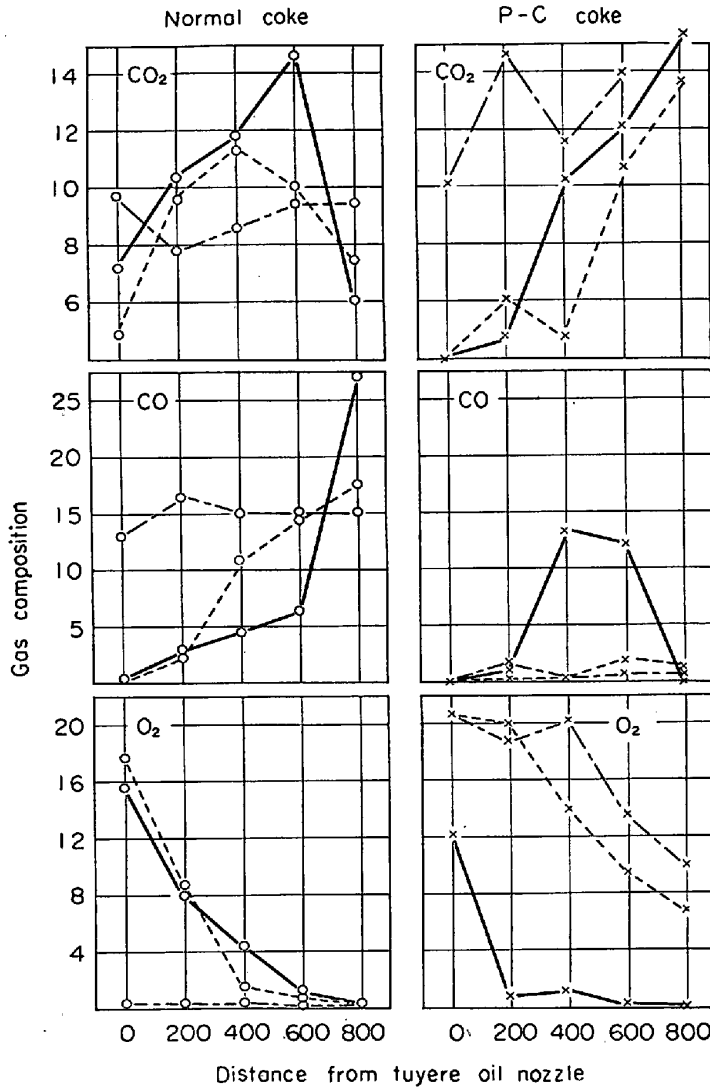
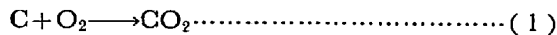


Fig. 2. The gas composition at tuyere level.

すなわち普通コークスの場合は比較的常識的な傾向を示しているが、P-C コークスの場合はかなり異なった様相を示している。P-C コークスの場合は CO₂ の分圧が高く CO の分圧が低いために反応熱の関係から、羽口先温度が上昇し輝度が増したものと見られる。しかしこれまでの試験では断定できずさらに追加試験を試みたがサンプリングに失敗した。

6.2.3 反 応 性

燃焼帯の温度上昇の1つの理由としての反応性については先にもふたれが、(1) 式の反応は 1000°C 以上ではほとんど瞬間反応と認められる (反応平衡恒数 (CO₂)/(O₂) = 10¹⁷)。



一方 (2) 式の反応は化学平衡反応であるが温度と炭素の種類によって反応速度恒数には大きな差があるとされており⁹⁾、グレートレークス社の普通コークスと P-C コークスの温度による反応性の変化の試験結果によると 1200°C までは普通コークスの方が反応性が悪いが 1300°C を越えるとこの関係は逆転する。このデータを羽

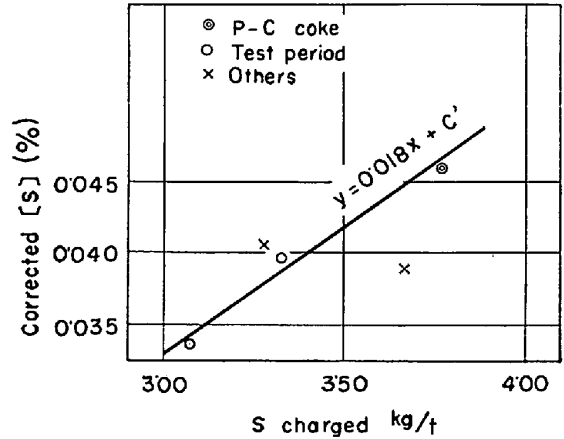


Fig. 3. The relation between S charged and S in pig iron

口先の温度 2000°C まで外挿することは問題であるが、このように反応性の差によつて燃焼帯の温度上昇が起こっている可能性があることは考慮すべきである。

6.3 装入物中 S と銑鉄中 S との関係

オイルコークスには S が 1.60~2.20% 存在し高炉用コークスを製造した場合に問題を生ずる可能性があつた。5 高炉の銑鉄中 S を Si, CaO/SiO₂, 鋸滓比で修正した修正 S と、装入 S との関係を Fig. 3 に示すが比較的良好な回帰直線が引け当初予想していたごとく銑鉄中 S は上昇した。4 高炉の解析ではデータがバラッキ一定の傾向を示さなかつた。またオイルコークス中の S はガス化するという仮説が一部にあつたがその傾向は認められなかつた。

7. 結 言

- (1) オイルコークスを 5% 配合した P-C コークスを高炉に使用した結果、棚つり、スリップ、など通風性の問題は何らなく高炉で十分使用できるものと判断された。
- (2) コークス比、出銑量など操業成績は普通コークスと差は認められなかつた。
- (3) P-C コークス中の S は当然増加し、それに伴い銑鉄中 S も増加するので今後の検討課題となる。
- (4) P-C コークス使用により羽口先輝度の変化、ガス組成の変化など興味ある現象が見られた。これはコークスの反応性と関係があるかもしれない今後検討を要する。

文 献

- 1) 稲原: 本邦コークス工業最近の進歩, (1950), p. 36
- 2) 入, 鈴木: 本邦コークス工業最近の進歩, (1951), p. 46
- 3) A. A. TRISKA: Blast Furn. & Steel Plant, 53 (1965) 6, p. 508
- 4) R. V. FLINT: Blast Furn. & Steel Plant, 50 (1962), 1, p. 47
- 5) 小林, 萩原, 他: 鉄と鋼, 47 (1961), 10, p. 1263
- 6) G. HEYNERT: (7) の文献の Discussion

- 7) O. STEINBAUER, et al.: Stahl u. Eisen, 82 (1962), S. 547
- 8) JIS-Z-8721
- 9) 矢木, 国井: 工業窯炉

(31) 高炉付着物の生成機構とその防止対策について

神戸製鋼所, 中央研究所

国井和扶・前川昌大・○稲葉晋一

On the Mechanism of Scaffold Formation in Blast Furnace and its Prevention

Kazuo KUNII, Masahiro MAEKAWA
Shin-ichi INABA

1. 緒言

高炉炉壁付着物は炉壁レンガの保護という大きな意味を有しているが、付着量が増加すると有効内容積の減少、炉況悪化を招来し大巾な出鉄減となる。

高炉付着物に関する研究はすでに各所で多く実施されており、その生成原因としては、シャフト部におけるアルカリ成分および亜鉛の付着、装入物の軟化性および粉率、冷却箱の作用、装入物中の焼結鉱の割合などが考えられているが^{1)~3)}、その生成機構に関してはまだ明らかにされていない。

そこで今回はまず操業中の灘浜第2高炉の付着物について、化学分析、X線回折、顕微鏡組織の観察および溶融点の測定を実施して、付着物生成機構を推定すると

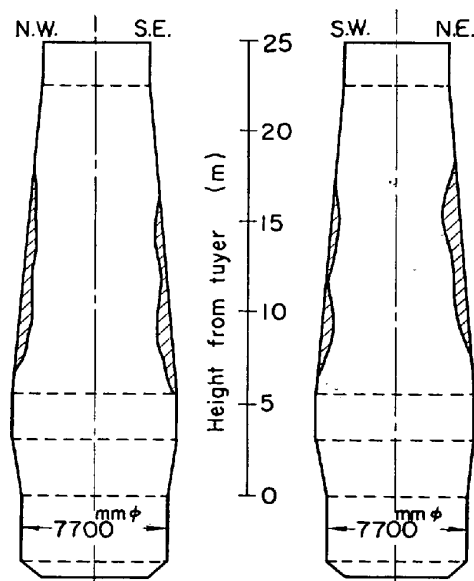


Fig. 1. Profile of scaffold in No. 2 BF at Nadahama Works.

もに、それに基づく付着物生成に対する 2, 3 の防止対策を示した。

2. 供試試料および外観性状

灘浜第2高炉付着物の付着状態を推定したものを Fig. 1 に示すが、これによると羽口から高さ約 6~17m にわたり、厚さ最大約 1000 mm の付着物が存在することになる。供試試料は羽口上 10.5m においてボーリングによつて直径 30~40 mm に採取したものである。採取

Dieneza (m)	No. 1 Shell ~ 300 outside	No. 2 Shell ~ 300 inside	No. 3 300 ~ 720	No. 4 720 ~ 1000 outside	No. 5 720 ~ 1000 intermediate
Character-istic	Original refractory		Changed refractory, gray or black, partly dark green	Scaffold, very brittle with carbon deposited	Scaffold, brittle
Appearance					
Character-istic	Almost dark green, high strength. yellowish green crystalline square column		Gray, sintered spongy iron		
Dieneza (m)	720 ~ 1000 inside No. 6	1000 ~ 1330 outside No. 7	1000 ~ 1330 intermediate No. 8	1000 ~ 1330 inside No. 9	

Photo. 1. Appearance and characteristic of scaffold at Nadahama No. 2 BF.