

Fig. 5. Change curve of relative temperature in sinter bed.

Table 3. Effect of gas consumption on the maximum temperature and cooling rate.

| Sample | Maximum temp. in the depth of 50 mm from surface (°C) | Cooling time to 800°C from max. temp. | Cooling rate | |
|---------|---|---------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| | | | Max. temp. -800°C (°C/min) | 800-200°C (°C/min) |
| Curve ① | 1190 | 2'10" | 180 | 109.2 |
| Curve ② | 1284 | 2'40" | 181.5 | 128.6 |
| Curve ③ | 1312 | 2'40" | 184.5 | 128.6 |

Note ① : Ignt. room 1200 m³/hr
 ② : Ignt. room 1600 m³/hr
 ③ : Ignt. room 1600 m³/hr
 Heating room 300 m³/hr

量を 1200 m³/hr から 1600 m³/hr に増加する場合のストランド速度の低下度合は 0.17 m/min であり、生産性の低下度合は 9.8 t/hr (5%) である。

(2) 点火炉および保熱炉ガス量の増加とともに配合コークス % は低下する。その低下度合は、保熱炉を使用する場合、点火炉のみ使用する場合に比較して若干低い。

(3) ガス量の増加とともに、24 W. B. における排ガス圧力は上昇し温度は低下した。これは表面層溶融帯が大となり通気性を阻害するためと考えられる。成品性状に関しては、保熱炉使用時にシャッター指数が幾分か向上した。

(4) 焼結層内温度におよぼすガス量の影響を知るべく層内に熱電対を挿入し、温度の時間経過を測定した。それによると、表層下 50 mm 位置での最高温度はガス

量増加とともに確実に上昇しているが、100 mm 以上の深層部では最高温度上昇の効果は認められない。冷却速度については、最高温度の上昇とともに早くなる。

(5) 保熱炉の効果については、焼結表層部の急冷防止よりも最高温度の上昇および高温維持時間の延長にあることが考察され、とくに、吸引有効面積を減少せしめずに燃焼ガス量を増加し得る点の有効なることが確認し得た。

622,785.5 : 662,95

(30) 焼結作業におよぼす点火炉ガス空燃比の影響

(点火炉燃焼管理についての考察—II)

八幡製鉄, 戸畑製造所

古賀生美・石川 泰

小林 晃・渡辺 芳光

Influence of Air/gas in Ignition room on Sintering Operation.

(Studies on combustion control of ignition room—I)

Narumi KOGA, Yasushi ISHIKAWA,

Akira KOBAYASHI and Yoshimitsu WATANABE.

1. 緒 言

点火炉燃焼管理において、焼結面積の有効度を高めるべく表面着火の深層部伝達を可能にする十分な酸素分圧の確保が重要である。とくに、点火炉燃焼ガスの空燃比を変えた場合の焼結作業におよぼす影響を理論的に考察し、また、実験的に確かめ得たので報告する。

2. 点火炉燃焼管理についての理論的考察

2.1 空燃比 air/gas のストランド速度におよぼす影響

DL機, 点火炉で使用されるガス分析値に基づき, 空燃比 5.0, 5.5, 6.0, および使用ガス量 1200, 1400, 1600 m³/hr の各水準における点火炉余剰空気量は Table 2 のようになる. 点火炉内余剰空気量は, 全量ストランド上の配合原料コークスの燃焼に消費されるものとして点火炉内での装入層燃焼深さを求める. 今, 原料装入密度 1.8 t/m³, コークス C% 85%, パレット容積 0.7875 m³ とすると,

$$\begin{aligned} & \text{パレット内装入C量} \\ & = \text{配合コークス\%} \times 0.85 \times 0.7875 \times 1.8 \\ & \text{パレットあたり消費ガス量 } V_g \\ & = \text{ガス量/ストランド速度} \times 60 \\ & \text{パレットあたりの余剰空気量 } V_{ea} \\ & = V_g \cdot (\text{Air/gas 比率} - 4.512) \end{aligned}$$

また, 炭素 1 kg 当たりの所要空気量 8.889 m³ (1.8667 m³O₂)であることから点火炉内燃焼深さを求め Table 3 に示す. 一方, 焼結層内温度の測定結果¹⁾によると, 表層下 50 mm 位置の最高温度到達距離は点火開始後 11m (ガス量 1200 m³/hr, ストランド速度 3.2 m/min, 空

Table 1. Gas composition.

| Composition (%) | | | | | | |
|---|----------------|-------------------------------|-----|-----------------|----------------|----------------------|
| CO ₂ | O ₂ | C ₂ H ₂ | CO | CH ₄ | H ₂ | N ₂ |
| 3.5 | 0.3 | 4.5 | 7.8 | 28.1 | 47.4 | 8.4 |
| Required air volume for theoretical combustioning | | | | | | 4.512 m ³ |

Table 2. Depth of combustion layer in charge bed.

| Comb. gas volume | Strand speed Coke add. Air/gas | 3.3 m/min | | | 3.5 m/min | | | 3.7 m/min | | |
|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 3.8% | 3.9% | 4.0% | 3.8% | 3.9% | 4.0% | 3.8% | 3.9% | 4.0% |
| | | 1200 m ³ /hr | 5.0 5.5 6.0 | 2.27 4.63 6.98 | 2.22 4.51 6.79 | 2.17 4.40 6.63 | 2.16 4.37 6.58 | 2.10 4.25 6.40 | 2.05 4.15 6.25 | 2.04 4.13 6.23 |
| 1400 m ³ /hr | 5.0 5.5 6.0 | 2.67 5.41 8.14 | 2.60 5.26 7.92 | 2.54 5.14 7.74 | 2.52 5.10 7.68 | 2.45 4.96 7.47 | 2.39 4.84 7.29 | 2.38 4.82 7.26 | 2.32 4.69 7.07 | 2.26 4.58 6.90 |
| 1600 m ³ /hr | 5.0 5.5 6.0 | 3.05 6.18 9.31 | 2.97 6.01 9.05 | 2.90 5.87 8.84 | 2.88 5.83 8.77 | 2.80 5.67 8.54 | 2.73 5.54 8.33 | 2.72 5.51 8.30 | 2.65 5.36 8.07 | 2.59 5.24 7.89 |

Table 3. Relation between air/gas in ignition gas and sinter strand speed.

| Change of air/gas | Change of strand speed | Calculating formula for change of strand speed |
|-------------------|------------------------|--|
| 5.5→5.0 | -0.81% | $X = \frac{\text{Combustion depth in ignt. room at air/gas 5.5} - \text{combustion depth in ignt. room at air/gas 5.0}}{\text{Combustion depth in ignt. room at air/gas 5.5}}$ |
| 5.5→6.0 | +0.81% | |

Note X; Case I 5.0, Case II 6.0

燃比 5.5) であり, これから求めた点火炉出口での燃焼深さ, 4.5 mm は Table 3 の値と一致する. また, 点火炉後のコークス燃焼速度は, 10 mm/1.81 m 進行 (3.4 sec) であることから, ガス量 1400 m³/hr, ストランド速度 3.5 m/min, コークス 3.9%, 時の空燃比のストランド速度への影響を Table 3 に示す.

2.2 空燃比の点火炉内温度におよぼす影響

点火炉内における熱バランスおよび点火炉内温度は (入熱) (出熱)

$$\text{ガス燃焼熱} + \text{ガス顕熱} + \text{空気顕熱} = a \cdot \left(\frac{\text{ストランド速度}}{\text{D}} \right) + K$$

ただし, K; ストランド速度に無関係な出熱

$$\text{点火炉内温度} = \frac{(\text{入熱}) - a \cdot (\text{ストランド速度}) - K}{\text{排ガス量} \cdot \text{比熱}}$$

上式に前報¹⁾の試験結果を代入して求めた a, K を用いて, v = 3.5 m/min 時の熱精算を行なうと Table 4 のようになる.

$$\begin{aligned} & \text{また, (入熱)} = 4471 \cdot G + 0.62 \cdot m \cdot G \\ & \quad \text{(比熱)} \cdot (\text{排ガス量}) \cdot (\text{点火炉内温度}) \\ & \quad = (0.364 + 0.329 \cdot m) \cdot G \cdot t \end{aligned}$$

したがって, 点火炉内温度は

$$t = \frac{\{(4471 + 0.62 \cdot m) \cdot G - 654,000 \cdot v - 513,600\}}{(0.364 + 0.329 \cdot m)}$$

となり, m, G, v の各要因を代入して Table 5 が得られる.

2.3 空燃比のコークス原単位におよぼす影響

前報¹⁾の試験結果によれば, ガス量 100 m³/hr の増加によるコークス原単位低下は 0.4 kg/t であつた. 生産量 195 t/hr 時にガス量を 1200 から 1400 m³/hr まで上げた場合のコークス燃焼熱量の減少は 1,170,000 kcal/hr (= 0.8 × 195 × 7500) となる. 一方, 空燃比 5.5

Table 4. Heat balance in ignition room.

| Terms | | Amount of heat | Pct. |
|--------|---------------------------|----------------------|------|
| Input | | kcal/hr 5,711,900 | 100 |
| Output | Temperature in ignt. room | 2,909,300 | 50.9 |
| | Heating of strand bed | 2,289,000 | 40.1 |
| | Others | 513,600 | 9.0 |

Note $a = 654,000$ kcal/hr/m/ min
 $K = 513,600$ kcal/hr

Table 5. Temperature in ignition room.

| Strand speed | 3.3 m/min (°C) | | | 3.5 m/min (°C) | | | 3.7 m/min (°C) | | |
|-------------------------|----------------|------|------|----------------|------|------|----------------|------|------|
| | Air/gas volume | | | Air/gas volume | | | Air/gas volume | | |
| 1200 m ³ /hr | 1214 | 1122 | 1043 | 1160 | 1072 | 997 | 1105 | 1022 | 950 |
| 1400 | 1277 | 1181 | 1098 | 1231 | 1138 | 1058 | 1184 | 1095 | 1018 |
| 1600 | 1396 | 1290 | 1200 | 1355 | 1253 | 1165 | 1314 | 1215 | 1130 |

時の点火炉内熱量増は

ガス量の増加 895,000 kcal/hr(4474.7×200)

ストランド速度の減少 58,800 kcal/hr(654,000×0.09)

パレットに与える熱量 953,800 ㏎

となり、以上の両値から、ガス量とコークスは熱量的に有効に置換されていると考察される。

3. 燃焼ガス空燃比の変化と焼結作業の関連試験

点火炉における空燃比の変化の焼結性におよぼす影響について理論的に考察したが、その結果の確認のために戸畑DL機において試験を実施した。

3.1 試験方法

ガス量を一定とし、空燃比を4水準に変化する。

| Condition | No. 1 D.L | No. 2 D.L | Air/gas ratio |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|
| Manual-gas vol. constant | m ³ /hr 1400 | m ³ /hr 1100 | 5.0, 5.5 |
| Automatic-temp. constant | 1180°C | 1130°C | 6.0, 6.5 |

3.2 試験結果 (別表示)

3.3 考察

3.3.1 ストランド速度への影響

理論的考察によれば、空燃比の増加とともに点火炉内の余剰燃焼空気が原料中のコークスを燃焼させ、焼結速度を促進し、ストランド速度を上昇せしめると予期された。本試験結果によれば、空燃比を変えた場合のストランド速度への影響は Fig. 1 のようになり、理論値と良く一致している。このことから点火炉内の余剰空気は有効に焼結に寄与していると考えられ、また、空燃比は炉内温度との関連で、できるだけ高値の方が良いことが判明する。

3.3.2 生産性への影響

DL型焼結機における生産性は一定原料の場合、ストランド速度と sinter/sinter cake の関数で表わされる。

Table 6. Relation between air/gas and strand speed.

| Change of air/gas ratio | Change of strand speed | |
|-------------------------|------------------------|-------|
| | m/min | % |
| 5.0 → 5.5 | +0.05 | +1.45 |
| 5.5 → 6.0 | +0.04 | +1.15 |
| 6.0 → 6.5 | +0.01 | +0.28 |
| Average | +0.5 | +0.92 |
| Theoretical value | +0.5 | +0.82 |

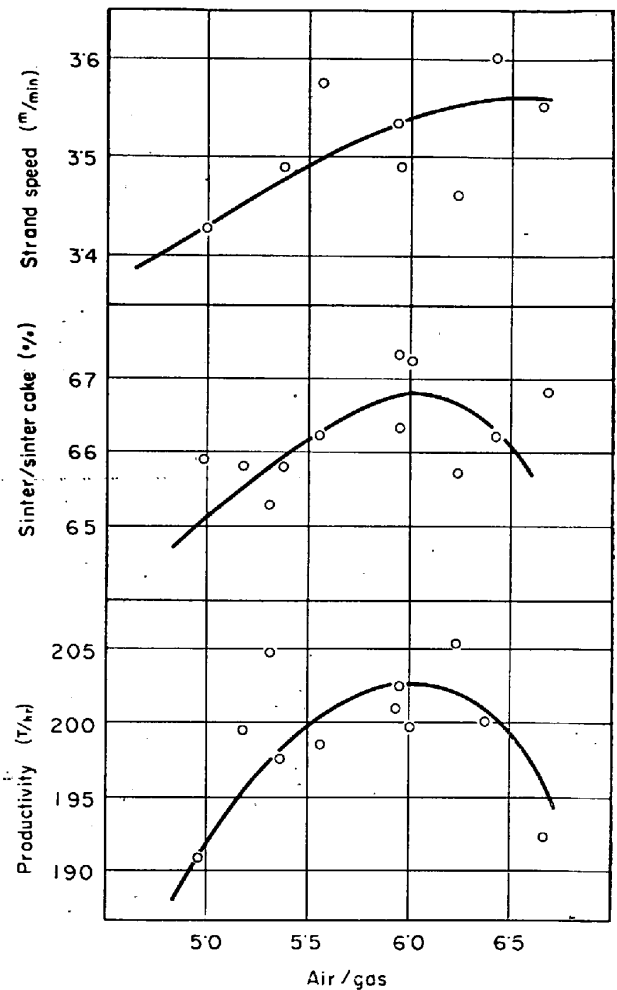


Fig. 1. Relation between air/gas in ignition room and sinter productivity.

sinter/sinter cake については空燃比の増加とともに向上し、6.0 近傍で極大値を示す。このことは点火炉下ウィンド・ボックスの吸引により炉内負圧が促進され、バーナ空気以外に側、前後面より進入する冷風が空燃比により変化するためと考えられ、とくに空燃比 6.0 を越えた場合は漏風減少の影響よりも過剰空気過大による炉内温度低下の影響が大きいため現象と考えられる。Fig. 1 に空燃比と補正生産性の関係を示すが、6.0 近傍までは空燃比の増加とともに生産性も向上するが、それ以上の範囲では減少する。

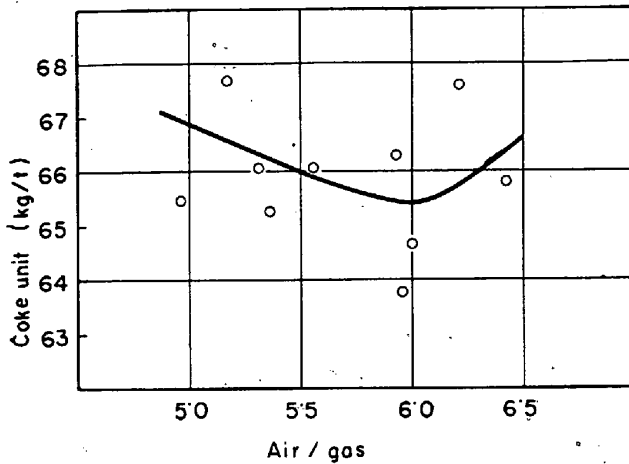


Fig. 2. Relation between air/gas in ignition room and coke unit.

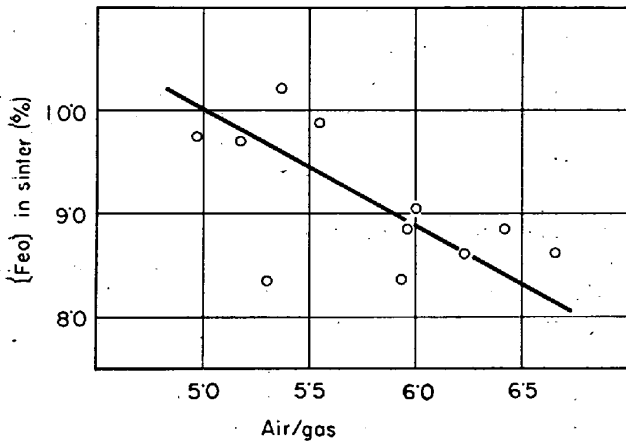


Fig. 3. Relation between air/gas in ignition room and [FeO] in sinter.

3.3.3 コークス原単位におよぼす影響

前報¹⁾においてガス量増加によりコークス原単位は低下し、その置換比はガス原単位 1 m³/t ; コークス原単位 1.34 kg/t であつた。この値を用いて算定した補正コークス原単位と空燃比の関係を Fig. 2 に示す。

3.3.4 焼結鉄成品中 [FeO] について

焼結鉄成品中 [FeO] は配合原料中の (FeO) によつて大きな影響を受けるが、今回実施した試験結果では空燃比との関係も極めて有意に表われている。Fig. 3 にその状況を示すが空燃比を増加することにより [FeO] % の減少する傾向が見受けられる。

3.3.5 その他

点火炉内温度について理論的には、空燃比の増加とともに低下するが、焼結表層 450 mm 位置での温度測定結果は、空燃比 6.0 近傍まではむしろ上昇する傾向を示した。このような結果は、(1) 空燃比増加による表層部コークスの燃焼活発化および高温化、(2) 冷風侵入の減少の理由によるものと考えられる。

4. 結 言

点火炉燃焼管理方法の確立を目的として、点火炉ガス空燃比の影響について理論的に考察し、また、その考察

結果の実験的確認を行ない下記の事項が確かめられた。

(1) 点火炉ガス空燃比のストランド速度におよぼす影響について、点火炉内における焼結層燃焼深さに与える空燃比の効果から考察した結果と、実験値から得た結果は比較的良好な一致性を示し、その影響は空燃比 +0.5 に対しストランド速度 +0.8% である。

(2) ガス量のコークス原単位におよぼす影響について点火炉熱精算に関し考察した結果、ガス量とコークスは熱量的に有効に置換されていることが判明した。

(3) 空燃比の生産性におよぼす影響は、ストランド速度と sinter/sinter cake の関連から空燃比 6.0 範囲までは向上する。

(4) 種々の空燃比におけるコークス原単位について調査した結果、空燃比 6.0 で極小値を示すことが判明した。

(5) 焼結鉄性状について、成品中 [FeO] と空燃比はきわめて有意な関係があり空燃比の増加とともに [FeO] % は減少した。

文 献

- 1) 古賀, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p.

(31) LD-OG 転炉スラジの焼結実験について

日新製鋼, 呉製鉄所

入谷 喜雄・○福田 富也

On the Sintering Test of LD-OG Converter Sludge.

Yoshio IRITANI and Tomiya FUKUDA.

1. 結 言

LD-OG 転炉の廃ガス中に含有されるダストを回収したいいわゆる転炉スラジは、T. Fe 60~70%, CaO 1.5~2.5% (CaO/SiO₂=1.5) 等と製鉄原料としてみれば、鉄鉱石と同等かあるいはそれ以上の有効成分を含有している。

しかし廃ガス中に含有されるダストを、湿式電気集塵機で捕集したものであるため、文字どおりスラジ状を呈しており、各粒子の平均粒径も約 0.5 μm と微細をきわめ、含有水分も 30~40% と非常に高い。

したがつて、現有の代表的な粉鉄処理法である焼結操業での使用も問題があるのではないかと懸念される。そこで、30 kg 試験鍋を用い、種々の添加方法による転炉スラジの焼結実験を実施したので、その結果について報告する。

2. LD-OG 転炉スラジ

先にも述べたように LD-OG 転炉の廃ガス中から回収される転炉スラジの各粒子は、Photo. 1 に示すように微細をきわめ、平均粒径は約 0.5 μm 程度である。その化学組成の 1 例を Table 1 に示す。

Table 1 の分析例からもわかるように転炉での製錬状況あるいは装入されるスクラップ等の影響を受け、かなりその化学組成にばらつきが認められる。

したがつて、長期的に製鉄原料として使用する場合に