

(80) 微粉炭吹込み操業における羽口先の燃焼反応の解析

名古屋大学大学院
名古屋大学工学部

赫冀成
桑原守 巖巖

1. 緒言 本研究では、高炉の羽口先における微粉炭の燃焼過程について理論的に解析を行い、送風温度、微粉炭の炭種と粒径、吹き込み位置および吹き込み量が羽口先の温度、ガス組成等に及ぼす効果について数値解析した結果について報告する。

2. 微粉炭の燃焼反応 微粉炭の燃焼は揮発分と C_x の各燃焼過程に大別される。高炉の場合には、送風管内に送入された微粉炭粒子は高温ガスからの対流と管壁からのふく射によって急速に加熱され、揮発分を放出して燃焼し、さらに C_x が着火され、レスウエイ内でも引き続いて燃焼する。

(1) 揮発過程 揮発速度は1次反応で表わされる。
$$\frac{dV}{dt} = k(V^* - V),$$
$$k = k_0 \exp(-E/kT_p), \quad V^* = Q(1 - m_c)m_0$$
。Fig.1には高温ガスジェットに伴う高揮発分炭種粒子の熱履歴を考慮した揮発過程の計算例を示した。送風温度と粒子径は粒子の加熱速度のため揮発速度を支配する。すなわち、これらは羽口先まごに揮発を完了させるための微粉炭送入位置に大きな影響を及ぼす。

(2) 燃焼帯の反応モデル 羽口先の燃焼帯内でのコークスの燃焼は前報と同様に取扱う。同時に起こる C_x の燃焼過程は、表面反応より生成したCOの気相酸化反応も考慮して下記の反応を考慮した。
$$\text{C} + (\frac{1}{2})\text{O}_2 \rightarrow \text{CO},$$
$$\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}, \quad \text{CO} + (\frac{1}{2})\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$$
。各不均一反応は1次反応とし、総合反応速度は $R_j^* = k_j C_j$ で表わす。 k_j は流体境界内拡散と表面化学反応の複合律速として、 $1/k_j = 1/(1/k_f + 1/k_c)$ で決定する。各ガス成分の消失速度 $r_i = \sum_{j=1}^n \nu_{ij} R_j^*$ と反応熱、そして C_x とガスおよびコークスの間の対流とふく射による伝熱および物質移動を考慮し、さらに、コークスの燃焼反応と組み合わせの結果、ガスの流動、ガスと C_x の温度、各ガス成分、 C_x 粒子径に関する9元連立の1階非線形常微分方程式が得られた。

3. 解析結果と考察 下記の操業条件を基準条件として採用した。送風量 $F_b = 24.7 \text{ Nm}^3/\text{s}$ 、送風温度 $T_b = 1273 \text{ K}$ 、微粉炭吹込み量 $N = 20 \text{ g/Nm}^3$ 、粒子径 $d_p = 50 \mu\text{m}$ 。計算結果より、微粉炭を吹き込むことによる最高温度の位置は、羽口側に移動し、かつ最高温度も高くなる(Fig.2)。揮発分量はその効果に大きな役割を果たし(Fig.3)、吹き込み量の増加に伴ってその効果も大きくなることかわかる(Fig.4)。また、ある粒子径(最適粒子径)以上になると、燃焼効率は悪くなる(Fig.5)。

[記号] E : 活性化エネルギー (J/mol), k : 揮発反応速度定数 (s^{-1}), k_0 : 頻度因子 (s^{-1}), m_0 : 工業分析による揮発分含有量 (%), m_c : $t = \infty$ で C_x に残留した工業分析揮発分の分率 (%), Q : 揮発による質量損失と工業分析揮発分の損失の比 (-), R : 気体定数 (J/mol K), t : 時間 (s), $T_{g,0}$: 送風温度 (K), T_p : 粒子温度 (K), V, V^* : 時間 t と $t = \infty$ までに放出された揮発分量 (X), ν_{ij} : j 番目の反応における i 成分の化学量論係数 (-). [文献] 1) D.B. Anthony: AIChE J. 22(1976) 614 2) 桑原守: 鉄と鋼 66(1980) P. 1918

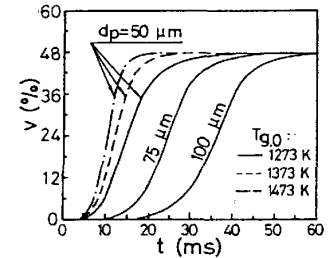


Fig.1 Effect of operating condition on devolatilization rate

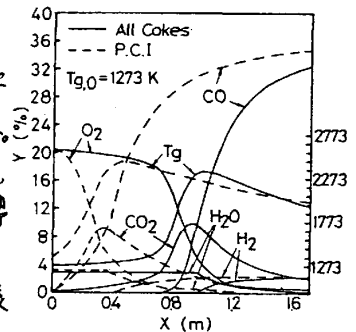


Fig.2 Comparison with all-Coke operation

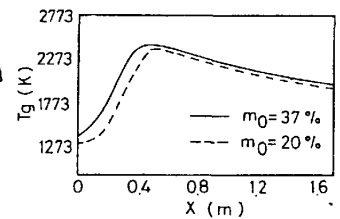


Fig.3 Effect of different kind of coal on temperature distribution

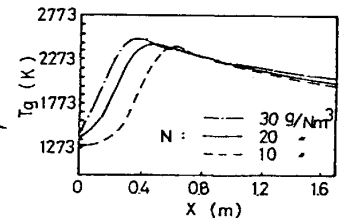


Fig.4 Effect of injection rate of coal on temperature distribution

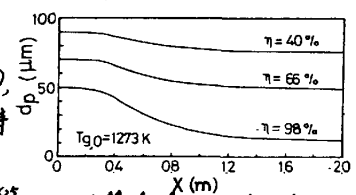


Fig.5 Effect of diameter of coal on combustion efficiency