

(11) 充填層内におけるコークスの燃焼反応速度

東北大学 選鉱製錬研究所 ○武富 洋文 (現 日本鋼管 京浜製鉄所)
葛西 栄輝 (工博) 大森 康男

1. 緒言 焼結鉱の品質管理は高炉の安定操業, 低燃料比操業を行う上で大きな要因を占める。このため近年, 焼結プロセスの数学的モデルが重要視されているが, これに必要とされる, 物性値, 反応速度式等に不明確な点が多く残されている。コークスの燃焼速度式もその一つであり, 単一粒子を対象とした結果を使用しているのが現状である。本報告では, 数学モデルに使用し得る, 信頼性の高いコークスの燃焼速度式を得ることを目的として, アルミナ粒子充填層内のコークス燃焼実験を行い, この結果をもとに, 数学的シミュレーションを行って燃焼速度式について検討した結果について述べる。

2. 実験方法 内径 20mm^φ のアルミナ反応管に整粒したコークスおよび 2mm^φ の球形アルミナ粒子の混合物を充填し, その上下層には予熱等のためアルミナ粒子のみを充填する。N₂を 10Nℓ/min (空筒線速度 0.53m/s) を下方より流しながら外部ヒーターにより所定温度まで加熱する。層内が定常に達した後, 空気組成に混合したN₂+O₂ガス (10Nℓ/min) に切替え, 試料層直上に置いた熱電対および赤外線ガス分析計により層内温度, CO, CO₂ 濃度を連続的に測定する。コークス粒度は, 0.84~1.0, 1.0~2.0, 2.0~2.83 (mm), 予熱温度は, 800~1200°C の間の5レベルとした。コークス充填量は, 実機条件で 4wt%相当 (0.076g/cm³-bed) とし, 燃焼速度は, ガス分析結果より算出した。

3. 結果および考察 Fig. 1 に燃焼ガス中のCO, CO₂ 濃度, η (=CO₂/CO+CO₂) および層内温度の経時変化の一例を示す。各条件における η の平均値は 0.4~0.7 の間にあり, 予熱温度が高い程大きくなる傾向にある。これは, バルクでのCOの酸化速度が大きくなるためと考えられる。また, 燃焼速度に対する予熱温度の影響を見ると, 1000°C までは速度の増加が認められるが, それ以上の温度ではほとんど認められないため, 本実験条件下では, 1000°C 以上でガス境膜内拡散律速となるものと考えられる。一方, コークス粒度の燃焼速度に対する影響は顕著であり, 粒度が大きくなる程低下し, 表面反応であることを示している。

<数学的シミュレーション> コークスの燃焼とガス・固体間伝熱に関して熱収支, 物質収支式より成り立つ基礎式を立て, 特性曲線法により常微分化し, Runge-Kutta-Gill法により数値積分を行った。(1)式中のK_sを(2)式のようにおいて, 実測の燃焼速度に一致するようなxおよびyを求め, x = 10.0, y = 0.5 が得られた。

$$R_c^* = n_c \cdot 4 \pi r_c^2 K_s C_{O_2} \dots\dots\dots(1)$$

$$1/K_s = 1/x \cdot K_c + 1/y \cdot K_f \dots\dots\dots(2)$$

R_c^{*}: 総括反応速度, n_c: 粒子数, r_c: 粒子半径, K_s, K_c: 反応速度定数, K_f: 境膜内物質移動係数, C_{O₂}: O₂ 濃度

結果の一例をFig. 2に示す。燃焼速度について, 実測および計算値は比較的良好に一致している。

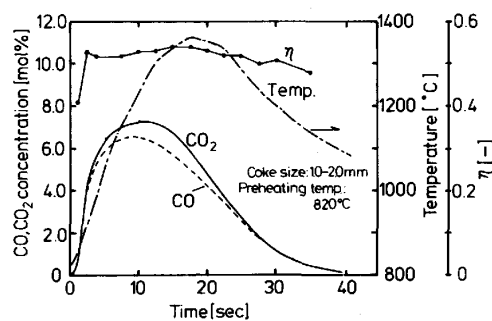


Fig. 1 Time dependences of CO, CO₂ concentration, η and bed-temperature.

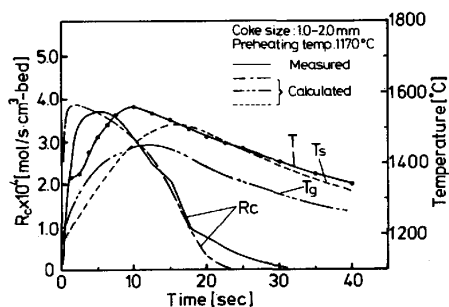


Fig. 2 Comparison of measured Rc and bed-temperature with calculate Rc, gas and solid temperature.