

(89)

焼結プロセスの近似迅速シミュレーション法の開発

(焼結操業近似シミュレーションモデルの開発 - I)

新日本製鐵(株) 室蘭技術研究部 ○和島正巳 相馬英明 神坂栄治

1. 緒言 焼結プロセスに関する数学モデルは、これまで数多く発表されているが演算時間が長く、焼結操業をリアルタイム的にシミュレーションできるものは少ない。<sup>1-2)</sup> そこで、従来の反応速度、伝熱速度に基づくシミュレーション法に代り、焼結進行過程に関する半理論式で近似したシミュレーション法を新たに開発した。

2. 焼結層内のHeat Wave 進行過程

Fig. 1 に焼結進行過程の模式図をしめす。heat wave は一般にfront側とbehind側で非対称性が見られ、front側での不変性とbehind側での可変性傾向がみられる。また、Fig. 1で*i* = 2を乾燥ゾーンとすると、heat waveの進行は乾燥ゾーン(*i* = 2)の進行と見掛け上一致する。従って乾燥ゾーンの進行速度を決定することが、heat wave全体の進行を推定する大きなポイントといえる。

2.1 Heat Frontゾーンの進行速度

一般にheat waveの進行速度は層通過風速に比例するとされている。従って、front側の各ゾーンの進行速度は、 $u_i = C_i G_o (\theta) \dots (1)$  ところで、層内の水分蒸発・凝縮挙動を考えると、乾燥過程で蒸発した水分は下層の低温帯で凝縮する。水分凝縮が定常状態に達した段階では水分凝縮ゾーンは極めて安定して存在するので、<sup>3)</sup> 水分バランスより、水分蒸発速度と水分排出速度は等しいといえる。従って、乾燥ゾーンの進行速度式が近似的に導き出される。 $u_2 = C_2 G_o (\theta) = (Wg' - Wg_o) / (\rho_b Ws^\circ) \cdot G_o (\theta) \dots (2)$

2.2 Heat Behindゾーンの進行速度

Behindゾーンの進行はガスと固体の熱交換に依存する。従って、behindゾーンの温度分布をある分布関数で近似できるとすると、層内の熱バランスよりゾーンの進行速度を決定できる。(Fig. 2)

3. Heat Wave 進行の律速過程の考察

3.1 コークス燃焼速度

柴田ら<sup>4)</sup>の基礎式により焼結過程の主反応であるコークス燃焼速度について検討した。コークス燃焼速度は低温では化学反応律速のため遅いが、高温になって境膜拡散律速になると著しく速くなり、通常操業では、反応に伴う酸素分圧の低下を考慮してもheat frontゾーン進行の律速になることはほとんどないことが分かった。(Fig. 3)

3.2 伝熱速度

焼結層を向流式移動層とみなすと、<sup>1)</sup> heat frontゾーンの進行速度は、 $u_f = w \cdot C_g G_o / C_s \rho_b \dots (3)$  これより、 $u_f$ には熱流比 $w$ が関与する。そこで、従来の数学モデル<sup>4)</sup>でシミュレーションしたところ、 $w$ は原料水分によって変化し、 $u_f$ の値は(2)式による $u_2$ とほぼ一致することが分かった。すなわち、伝熱による水分蒸発速度、熱移動媒体としての層通過風速に支配される水分排出速度は、伝熱速度と密接に関連しているものと推察された。以上の考察から、(2)式のheat wave進行速度式は、妥当なものと考えられた。

4. 結言

焼結層内のheat wave進行過程について検討した結果、層通過風速が与えられれば、heat waveの進行速度を近似的に解析解として求め得ることが分かった。これにより演算時間は大幅に短縮可能となる。

記号  $C_i$ : *i*ゾーンの進行速度係数、 $C_g, C_s$ : ガス、固体比熱、 $G_o$ : 層通過風速、 $T_{max}$ : 最高到達温度、 $T$ : 無次元温度、 $u_i$ : *i*ゾーンの進行速度、 $u_f$ : frontゾーンの進行速度、 $w$ : 熱流比、 $Wg_o, Wg'$ : 吸引ガス、排出ガス湿度、 $Ws^\circ$ : 水分凝縮ゾーンの含水率、 $Z, y$ : 層高方向距離、 $a, n$ : 温度分布関数パラメーター、 $\theta$ : 時間、 $\rho_b$ : 固体充填率

参考文献 1) 堀尾ら: 鉄と鋼, 60 (1974) 5, p.465 2) 柴田ら: 鉄と鋼, 62 (1976) 12, p.1567

3) 和島ら: 鉄と鋼, 68 (1982) 13, p.1719 4) 柴田ら: 鉄と鋼, 70 (1984) 2, p.178

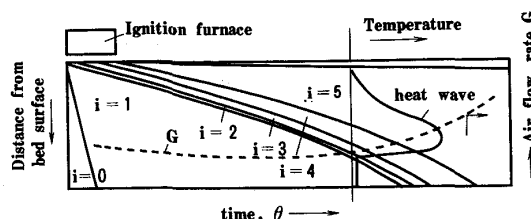


Fig. 1 Schematic diagram of sintering process.

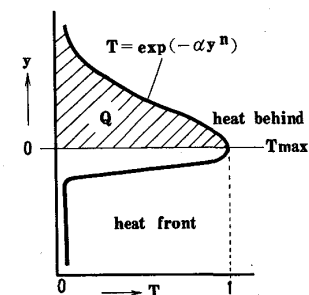


Fig. 2 Temperature distribution in heat behind zone.

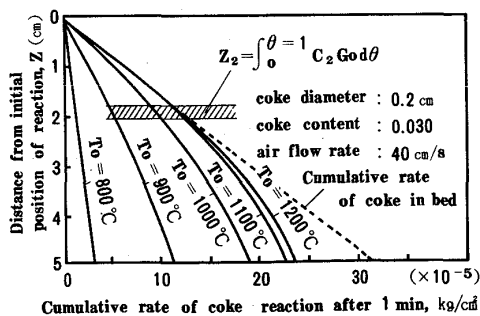


Fig. 3 Effect of temperature ( $T_o$ ) on coke reaction in bed.