

(46) 還元剤内装ペレットの高温流動還元 —— 研究の趣旨と予備検討の結果 ——

東京大学工学部 工博 国井大蔵

日本鋼管 技術研究所 ○田島 治 松原健次

京浜製鉄所 森山幸治

1. 研究の趣旨 鉄鉱石と石炭などの固体還元剤を、共に微粉碎し、混合して造粒したペレットを高温に加熱して、主として直接還元反応により酸化鉄を還元して還元ペレットを作る、という方法は、従来から考えられている。還元剤内装ペレットの直接還元反応は、次のような特徴を持っている。

A1) ペレットを構成する微粉鉱石が、ペレット内部で一様に還元されるので、総括反応速度が大きい。

A2) 吸熱反応であり、その反応熱が非常に大きいので、何らかの手段による熱量供給が必要である。

A3) 内装する還元剤によって酸化鉄を還元するので、外部雰囲気中の還元ガス濃度は高くなくてよい。

これらの特徴を考慮して、還元装置内に燃料と共に酸素(空気)を吹込んで燃焼を起し、ペレットを加熱する、という方法をとることを考えた。この場合、一番心配なのは、燃焼による局部加熱とそれらもとづくペレットのムラ焼けや融着などのトラブルである。そこで、還元装置を流動層にすれば、こういうトラブルを避けることができる、と考えた。ここでは、流動層の次の特性に注目している。

B1) 粒子の活潑な運動によって、層内が均一な温度に保たれる。

B2) 同じ理由から、粒子間の焼結や融着のキッカケとなるブリッジの生成を防止できる。

B3) この反応の場合、熱分解反応と同じく、反応物質が粒子内にあるので、粒子を加熱するだけで反応が進む。したがって、粒子-流体間伝熱係数の大きい流動層が、その点からも有利である。

流動層については、基本的に次の二点が問題となる。

C1) 在来の流動層は、sub-millimeterの小粒子が流動化する層である。10mmφ前後のペレットが同じように流動化するか？

C2) 流動還元による製鉄法は、従来からいくつか開発されているが、いずれも反応温度500~900℃である。直接還元反応の進む1000℃以上で流動層が操作できるか？

これについては、次のような想定から、解決可能と考えた。

D1) 粒子が大径でも、層内の上昇ガス流速を粒子径 D_p に応じて大きくとれば流動化する。もう少し定量的にいうと、粒子レイノルズ数 Re_p の小さい粘性域では最小流動化速度 U_{mf} 、終端速度 U_t とも D_p の2乗に比例するのに対して、 D_p が10mmφでは $Re_p \approx 500$ の慣性域となり、 $U_{mf} \cdot U_t$ ともほぼ D_p の1/2乗に比例し、空塔速度 $10^m/sec$ (2Nm/sec)程度で流動化する。

D2) 従来の流動還元法は、sub-millimeterの小粒子を流動化するものなので、反応温度が低いレベルに制約される。一方、ペレットの流動層は、粒子間の接触点が少なく、粒子の運動量が大きいので、制約となる温度限界が高くなる。また、B1), B2)に述べた理由により、シャフト炉よりも高い温度にすることができる。

2. 予備検討とその結果 以上に述べた考え方に従って、次の実験的検討を行なった。

(1) 堅型管状炉による1個の還元剤内装ペレットの還元実験

(2) 30mmφ流動層モデルによる数mmφ粒子の流動化挙動観察

(3) 30mmφ流動層による5mmφの還元剤内装ペレットのバッチ還元実験

上記の三項目の実験によって、次のことが分った。

(1) 還元剤内装ペレットは、温度1050℃においては約10分で金属化率90%まで還元する。

(2) 流動層モデルにおいて、径が12mmφまでの粒子(ガラス球)は、予期の通り流動化する。

(3) 流動層温度1050℃において、ペレットは、格別のトラブルもなく流動化し、金属化する。