

F304

転動ミルのボール径分布が粉砕に及ぼす影響

東北大学多元研 ○八木 圭亮, 曾田 力央, 加納 純也, 齋藤 文良

1. はじめに

転動ミルは機構が単純であり、操作も簡単であることから、セメント工業をはじめとして様々な工業分野で利用されている。一般に粉砕機のエネルギー効率は低く、僅かな粉砕効率の向上でも、経済的効果が無視できないため、そのための努力が望まれる。粉砕効率向上のための方策の一つとして、経験的ながら転動ミル内での媒体(ボール)に粒径分布を持つようにすることがある。しかしながら、その粒径分布の粉砕に及ぼす影響についての普遍的な情報はない。

本研究では転動ミルにおいてボール径が3段階に変化させた場合の試料の粉砕に及ぼす影響を解析するため、ボール群の運動を離散要素法(DEM)によって再現し、その運動と粉砕性能との関連性を検討し、ボール径分布の粉砕能に及ぼす影響に関する普遍的な関係を検討した。その結果、興味ある知見が得られたので報告する。

2. 粉砕実験と粉砕性能の評価指標

用いた転動ミルは内径 12.1cm, 奥行き 14.2cm (臨界回転速度 $N_c=121.6$ rpm)のステンレス製である。ボール径は 5, 10, 20mm の 3 種類であり、その中から単独あるいは1~2 段階のボール径を用い、各ボールの充填率は20% (合計のボール充填率 $f=40\%$)とした。また、被粉砕物はギブサイト($Al(OH)_3$)である。

粉砕性能の評価指標として粉砕速度定数 K_p を用いた。ここに D_i は時刻 t における粒子径、 D_0 は初期粒子径、 D_l は限界粒子径を表す。

$$\frac{D_i - D_l}{D_0 - D_l} = \exp(-K_p \cdot t) \quad (1)$$

3. DEM シミュレーションによるボール運動の解析

転動ミル内のボール運動はDEMシミュレーションによって再現させた。粉砕現象は(2)式で定義される衝突エネルギー E_w と密接な関係にあることが知られている¹⁾。ここで、 m はボールの質量、 v_r は相対速度、 n は衝突回数である。

$$E_w = \sum_{j=1}^n \frac{1}{2} m v_r^2 \quad (2)$$

3. 結果および考察

Fig.1 にはボール径組み合わせをパラメータとした場合の E_w と (N/N_c) との関係を示す。 E_w は (N/N_c) の増加と共に上昇し、また、ボール径が小さいほど E_w は大

きい。更にボールに粒径分布を持たせると E_w は上昇する条件がある。

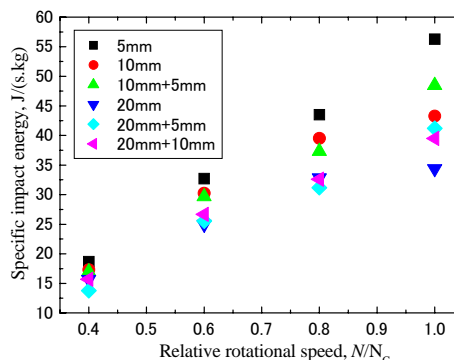


Fig.1 Specific impact energy of balls as a function of relative rotational speed in the mill

Fig.2 には種々のボール径組み合わせにおける K_p とミル回転速度比 (N/N_c) との関係を示す。 K_p は (N/N_c) が増加するにつれて上昇する。実操業条件に近い $(N/N_c)=0.8$ で両図を比較すると、 K_p は E_w の大きさ順にはなく、ボール径に粒径分布を持たせると K_p は大幅に向上する条件がある。

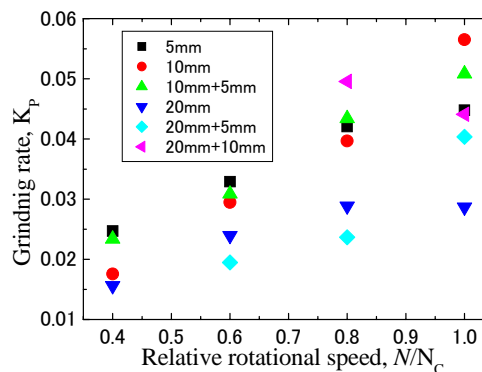


Fig.2 Grinding rate constant as a function of relative rotational speed in the mill

5. むすび

転動ミル粉砕において、異径ボール組み合わせによるギブサイトの粉砕性に及ぼす影響を検討した結果、組み合わせによってはボール群の衝突エネルギーが大になる条件があり、また、粉砕速度定数も大幅に大になる可能性があることが分かった。

参考文献

- 1) Junya Kano and Fumio Saito: *Powder Technology*, **98**,166-170(1998)