

乾式回収粉の粒度調整技術開発 (10) 粉体衝突に対する耐摩耗性評価

Technological development of the particle size adjustment of recycle powder

(10) Evaluation of erosion resistance against powder impact

*瀬川 智臣¹, 高島 颯人¹, 山本 和也¹, 小野 高德¹, 川口 浩一¹, 石井 克典¹

¹ 日本原子力研究開発機構

本研究では、粉砕処理時の粉体衝突に対する材料の耐摩耗性評価を目的とし、脆性材料および展性材料を用いて、粉体衝突状態を模擬し、アルミナ粉体の噴射量と衝突角度が摩耗量に及ぼす影響を確認した。

キーワード：乾式リサイクル、粉体衝突、耐摩耗性、脆性材料、展性材料

1. 緒言

原子力機構では、規格外 MOX 燃料ペレットを粉砕した乾回粉を原料として再利用する乾式リサイクル技術開発の一環として、乾式リサイクル設備の設計検討を進めている[1]。当該設備においては、高い安全性および耐久性が求められるため、粉砕処理時の粉体衝突に対する材料の耐摩耗性が重要となる。材料の耐摩耗性に関して、脆性材料においては脆性破壊、展性材料においては切削作用による摩耗が大きく影響する。

本研究では、粉砕処理時の粉体衝突状態を模擬し、脆性材料および展性材料の試験片へアルミナ粉体を噴射し衝突させた際の噴射量と衝突角度をパラメータとした試験を実施し、試験片の摩耗量の評価を行った。

2. 試験方法

脆性材料として、アルミナ(Al_2O_3)、窒化ケイ素(Si_3N_4)、炭化ケイ素(SiC)、炭化タングステン-コバルト(WC-Co)、展性材料として、ステンレス鋼(SUS304)を使用した。各材料の試験片に対して、不定形状のアルミナ粒子を衝突速度約 70 m/s、衝突角度 30° 、 45° 、 60° 、 90° で噴射し、所定の累積噴射量に達する毎に試験片の質量測定を行った。

3. 試験結果および考察

異なる材料における衝突角度依存性を比較するため、初期状態から累積噴射量 1.0 kg までの噴射量当たりの摩耗体積を評価した結果を図 1(a)に示す。摩耗体積は、試験片の質量変化から算出した。

さらに、粒子の運動エネルギー E を次式により、法線方向と接線方向の 2 成分に分離した。

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2\sin^2\theta + \frac{1}{2}mv^2\cos^2\theta \quad (1)$$

ここで、 m は粒子質量、 v は粒子速度、 θ は噴射角度である。法線方向の成分が脆性破壊、接線方向の成分が切削作用に寄与するものと考えられる。法線方向の成分による摩耗は、噴射角度 90° における摩耗 ΔV_{90° を基準に、 $\sin^2\theta$ に比例するものとして推定した。評価結果を図 1(b)に示す。また、全摩耗量から法線方向の成分による摩耗を差し引いたものを、接線方向の成分による摩耗とした。評価結果を Fig. 1(c)に示す。

脆性材料の場合、噴射角度 90° 未満における摩耗量は、接線方向の成分には依存せず、材料毎に概ね一定となる傾向を示した。一方、展性材料の SUS304 の場合、摩耗量は、接線方向の成分の増加に伴い増大し (図 1(c))、既存知見[2]と整合する結果を得た。

乾式リサイクル設備の設計検討を行う上で、噴射量と衝突角度を考慮し適切な耐摩耗性の材料を選定することが重要と考えられる。

4. 結論

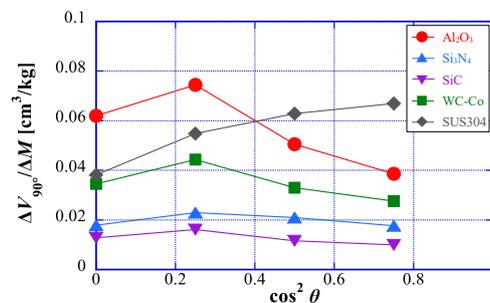
粉体衝突に対する脆性材料および展性材料の耐摩耗性評価を実施し、粉体噴射量と衝突角度が材料の摩耗量に及ぼす影響を確認した。得られた評価結果を今後の乾式リサイクル設備の設計検討に反映する。

参考文献

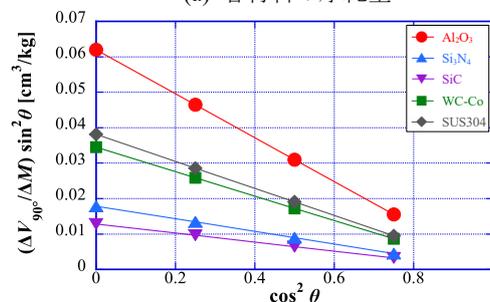
[1] 山本 和也, 他, 日本原子力学会 2022 年春の年会, 1109 (2022). [2] A. Suman, et al., Acta Astronautica, 214 (2024) 380–388.

*Tomoomi Segawa¹, Hayato Takashima¹, Kazuya Yamamoto¹, Takanori Ono¹, Koichi Kawaguchi¹ and Katsunori Ishii¹,

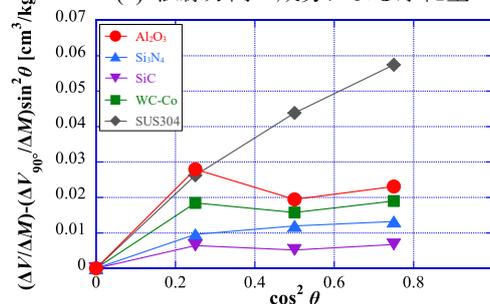
¹Japan Atomic Energy Agency



(a) 各材料の摩耗量



(b) 法線方向の成分による摩耗量



(c) 接線方向の成分による摩耗量

図 1 摩耗量の衝突角度依存性