

穿孔を有するセラミックシェルボールの作製とその蓄熱槽への適合性評価

(名古屋大学 大学院工学研究科 物質制御工学専攻) ○小泉充弘, 山下誠司, 北英紀

[背景と目的] 日本の全エネルギー消費量の内, 工業炉の加熱に用いられるエネルギー消費は約20%もの割合を占めており, 省エネのためには工業炉の高効率化は重要な課題の一つとされている. 工業炉の加熱システムの事例としてリジェネレーターシステムが挙げられる. 同システムは蓄熱槽と一体になったバーナーを用いて, 排熱エネルギーを蓄熱槽で回収-燃焼用空気を蓄熱槽で昇温というサイクルを数十秒間隔で繰り返す, 1000°C前後の高温域バーナーである. 従来, 蓄熱槽には直径20mm程度のアルミナ中実球を充填した槽が用いられている. しかしながら短時間の昇降温のサイクルでは中実球内部まで熱が十分に伝わらず, 蓄熱の観点では無駄容積となっている. そこで我々は蓄熱体の形状や構造に着目し, 短時間の昇降温サイクルにも有効に蓄熱が可能なセラミック構造体に関する一連の研究を進めている. 本研究では, 対流が伴う環境での熱移動を想定し, 熱容量と熱伝達係数を制御するために有効な形状を統計学的に決定し, その伝熱特性をFEMを使って検証する. また有用と考えられる形状を簡便なプロセスにより製作する方法についても併せて報告する.

[実験] 事前検討として高温ガス流中という使用環境を考え, 通気性をもつシェル構造が有望と考えた (以下穿孔シェルボール, と記す). 部材内部を中空かつ表面に穿孔を設けることで, 従来品に比べて熱伝達係数の増大, 熱慣性の低減, またシェルの表裏両面からの受熱により蓄熱効率を向上させることが可能と考えた.

穿孔シェルボールの構造を決定するにあたり, まず, モデル実験により, 穴径や数を変えたアクリル製穿孔シェルボールを作製し充填層の圧力損失を測定した. そのデータから統計学的手法 (タグチメソッド) を用いて最適な構造を決定した. また, 決定された最適構造でFEMを用いて流動解析, 伝熱解析を行った. さらに石膏型を用いた鋳込み成形法による加工レス成形により, 穿孔を有するアルミナ中空体を作製した.

[結果・考察] アルミナ中実球を用いて高速で蓄熱-放熱過程を行った場合において, 外表面のみが熱交換に寄与していることを明らかにした. 穿孔シェルボール充填層の圧力損失測定実験の結果から, 最適構造は穿孔径8mm, 穴の数6個であると判断した. また, 最適構造の穿孔シェルボールの管内における流れ解析を元に伝熱面積を見積り, それをもとに伝熱解析を行った結果, 中実球と比較して蓄熱速度の向上が確認された.

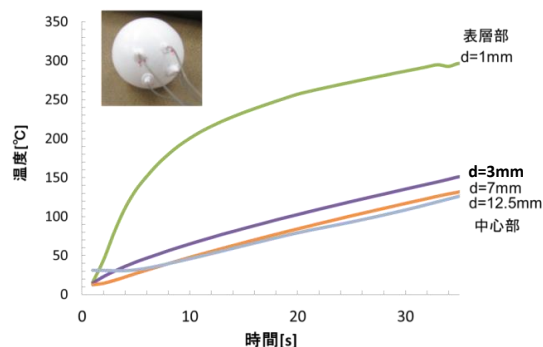


Fig. 1 異なる深さ(d)で熱電対を取り付けたアルミナ中実球の昇温挙動

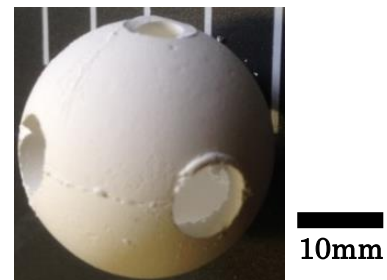


Fig. 2 穿孔セラミックシェルボール