

旋回流溶融炉のスケールアップにおける 計算機シミュレーションの活用

D. C. Palter*、鈴木 富雄*、吉ヶ江 武男*
笠井 利雄**、松田 正夫**

* (株) 神戸製鋼所 機械研究所
神戸市西区高塚 1-5-5

** (株) 神戸製鋼所 都市環境エンジニアリング本部
神戸市灘区岩屋南町2-11

概 要

高温・強旋回流下で焼却灰を溶融する旋回流溶融炉のスケールアップにおいて、計算機シミュレーションを活用した。計算機シミュレーションには、汎用プログラムFLUENTを使用した。従来規模の炉において、実験結果と計算結果の比較・検証を行った上で、スケールアップした炉の炉内フローパターン・温度分布・粒子軌跡・スラグ化率を予測した。実験結果と計算結果の比較・検証から、計算機シミュレーションによりスラグ化率の予測が可能であることがわかった。また、計算結果から、スケールアップに伴うスラグ化率の低下はわずかである・炉内フローパターンの変化はほとんど無い・炉内温度はむしろ大型炉の方が高温に維持し易いなどの知見を得て、これを設計に反映するとともに、実証した。

キーワード

旋回流溶融炉 スケールアップ 計算機シミュレーション スラグ化率 フローパターン
温度分布 粒子軌跡

1. 緒言

下水汚泥や都市ゴミの発生量の増加に伴い、焼却灰の処分地の確保、二次公害の防止およびその有効利用が課題となっている。この対応策の一つとして、焼却灰を減容化、無害化、再資源化する溶融処理を行う処理場が増えてきている。特に、溶融処理によって、焼却灰中のダイオキシンもそのほとんどが分解される^{1)・2)}ことから注目を集めている。

当社では、旋回流溶融炉による焼却灰の溶融技術を開発し、下水汚泥焼却灰処理量250 Kg/h 商業プラントを納入して順調に運転されている。そして、更に大規模な溶融システムに対応するため、これをスケールアップし、焼却灰処理量1200 Kg/h の大型旋回流溶融炉を開発した。このスケールアップにおいて、計算機シミュレーションを活用したことによって、設計段階において性能予測が可能となり、良い結果を得たので報告する。

2. 旋回流溶融炉の概要

当社の溶融炉は、焼却灰を強い旋回流に乗せて炉内に導入・溶融する旋回流溶融炉で、その構造をFig. 1に示す。

旋回流溶融炉内は、燃焼空気により強い旋回流が形成され、燃料の燃焼により、焼却灰の溶流点より100度以上高温に維持される。焼却灰は、燃焼空気とともに、固気二相流として、旋回羽根によって旋回を与えられて炉内に吹き込まれ、瞬時に加熱、溶融し、遠心力によって炉壁に衝突、炉壁を融液となって流下し排出される。

3. 計算機シミュレーションと実験結果の比較・検証

焼却灰処理量250 K g / h r の従来規模

(燃焼室寸法 $\phi 550\text{mm} \times 1210\text{mm}$)

の旋回流溶融炉において、計算機シミュレーションと実験結果の比較・検証をおこなった。

比較・検証の一例として旋回羽根の旋回角度とスラグ化率の関係について調査した。

汎用プログラムFLUENTを用いて計算した旋回角度と炉内フローパターンとの関係をFig. 2に、旋回角度と粒子軌跡の関係をFig. 3に示す。

旋回角度が大きくなる程、炉内に発生する内部循環渦の大きさが大きくなり、この内部循環渦が、炉外に飛散し易い微粒子を炉内に長時間滞留させ溶融する。

逆に旋回角度30°の場合には、内部循環渦はほとんどみられず炉外に飛散する微粒子の割合が増加している。

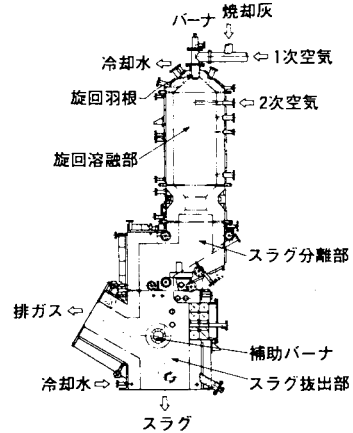


Fig. 1 旋回流溶融炉の構造

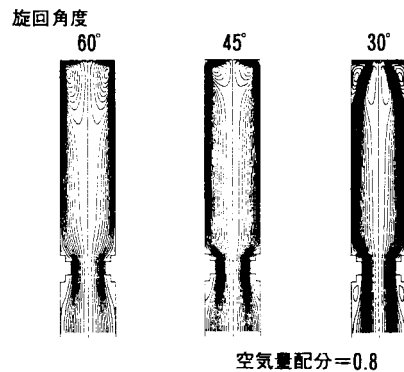


Fig. 2 旋回角度とフローパターンの関係(計算値)

Fig. 3 旋回角度と粒子軌跡の関係(計算値)

粒子径 \ 旋回角度	2 μm	10 μm	50 μm
60°			
30°			

この粒子軌跡から、粒子が炉壁に衝突する割合を累計し求めたスラグ化率と実験値の比較をFig. 4に示す。

計算値と実験値は比較的良く一致しており、計算機シミュレーションによってスラグ化率が予測可能であることが確かめられた。

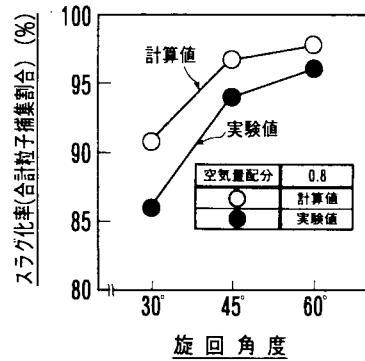


Fig. 4 旋回角度とスラグ化率の関係

4. スケールアップにおける計算機シミュレーションの活用

当社ではこれまで焼却灰処理量250~300Kg/hr（燃焼室寸法φ550mm×1210mm）の旋回流溶融炉の開発を進めてきたが、これをスケールアップし、焼却灰処理量1200Kg/hrの大型旋回流溶融炉を開発した。燃焼室容積基準でスケールアップを行い、大型旋回流溶融炉の燃焼室寸法をφ900mm×1980mmとした。

4. 1 シミュレーションによる性能予測

(1) 炉内フローパターン及び温度分布

Fig. 5にスケールアップによる炉内フローパターンと温度分布の変化の計算結果を示す。スケールアップを行っても流線の変化はほとんど無く、内部循環渦の占める割合も変化しないことがわかった。

温度分布は大型炉の方が、高温域が広くなり、高温に維持し易いことがわかった。この理由として、旋回流溶融炉は燃焼室容積基準でスケールアップを行うので、燃焼室外表面積はあまり大きくなり、熱損失割合が減少することが考えられる。

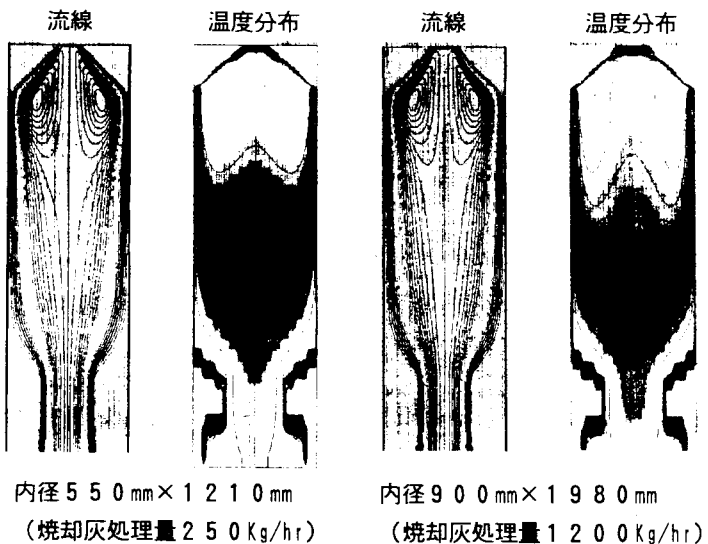


Fig. 5 スケールアップによる流線・温度分布の変化(計算値)

Fig.6 スケールアップによる粒子軌跡の変化(計算値)

(2) 粒子軌跡及びスラグ化率

Fig. 6にスケールアップによる粒子軌跡の変化及びスラグ化率の解析結果を示す。

粒子径50 μ m程度の粗粒子は、炉寸法の大小にかかわらず、全粒子が吹き込まれるとすぐに炉壁に衝突して溶融する。粒子径が10 μ m、2 μ mと小さくなるにしたがって、粒子は内部循環渦に巻き込まれ、炉内で循環し、長い時間滞留とることにより、大部分は炉壁に接触して溶融する。しかしながら、微粒子の一部は、炉壁に衝突せず燃焼ガスに随伴して炉外に飛び出す。

炉外に飛び出る粒子の割合は、炉内径が大きくなる程、粒子に加わる遠心力が小さくなるため、増加する。しかし、計算結果では、焼却灰処理量1200Kg/h規模では、スラグ化率の低下は約2.5%であり、90%以上を維持できることが予測された。

4. 2 実証実験による確認

計算機シミュレーションによる性能予測を基に、焼却灰処理量1200Kg/hの大型旋回流溶融炉を製作し検証した。結果を下記に示す。

- (1) 実証試験によるスラグ化率は93.4%であり(計算値 92.8%)、計算機シミュレーションにより予測されたように、スケールアップによってスラグ化率は若干低下するものの90%以上を維持できることが確認できた。
- (2) 実証試験の結果、大型炉では、炉内を高温に保ちやすく、燃料原単位を25%低減できることがわかり、計算機シミュレーションによる予測を確認できた。

5. おわりに

旋回流溶融炉のスケールアップに計算機シミュレーションを活用することによって、大型炉の性能を精度よく予測できることがわかった。今後は、各規模の旋回流溶融炉の設計に計算機シミュレーションを活用する予定である。

参考文献

- 1) 鈴木 富雄(1992). 自動車シュレッダーダストの焼却溶融特性、エネルギー・資源学会第11回研究発表会講演論文集、219-222
- 2) 河端 博昭(1992). 旋回流溶融炉における飛灰処理、第13回全国都市清掃研究発表講演論文集、177-179

粒子径	2 μ m	10 μ m	50 μ m
炉規模			
焼却灰処理量 250 kg/H ϕ 550 ^{mm} ×1210 ^{mm} 計算スラグ化率 95.3%			
焼却灰処理量 1200 kg/H ϕ 900 ^{mm} ×1980 ^{mm} 計算スラグ化率 92.8%			