

## 高融点材料用球状化システム

### New CERAMELT™ for High-Melting Point Material

村上 真二\*  
MURAKAMI Shinji

鈴木 一路\*  
SUZUKI Kazuro

萩原 義之\*  
HAGIHARA Yoshiyuki

#### 1. はじめに

当社は、半導体封止材用シリカフィラーの製造技術としてセラミックス球状化システム「CERAMELT™」を開発し、販売している<sup>1-5)</sup>。本システムは、酸素燃焼火炎中にセラミックス粉体を投入・加熱溶融し、その熔融液滴の表面張力により粒子を球状化する技術である。近年では、ガラスビーズのような低融点材料から酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) などの高融点材料まで、球状化材料に関する市場ニーズは拡大し、本システムの適用範囲を広げていく必要性が出てきた。

このような状況の中、酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ ) などの高融点材料粉体を効率的に球状化させる酸素燃焼バーナについて新たに開発・商品化したので、そのバーナ燃焼特性および本システムにより得られる球状化粉体の特性について紹介する。

#### 2. セラミックス球状化システムの概要

図1にセラミックス球状化システム「CERAMELT™」のプロセスフローを示す。本システムは原料供給装置、球状化用酸素燃焼バーナ、球状化炉、製品回収設備で構成される。原料供給装置から定量供給された原料粉体は気流搬送により球状化用酸素燃焼バーナに供給され、高温火炎中に吹き込まれる。球状化炉内において原料粉体は高温火炎中で溶融され、熔融液滴自身の表面張力で球状化される。さらに、球状化した製品粉体は、後段のサイクロンおよびバグフィルターで回収される。

本システムで使用される球状化用酸素燃焼バーナは、各セラミックス粉体の物性（融点・軟化点、酸化・還元特性、粒径分布など）に応じて、火炎中球状化に適した火炎を形成し、かつ原料粉体を火炎中に最適な条件で噴出・分散させるバーナノズル構造を備えていることが重要である。

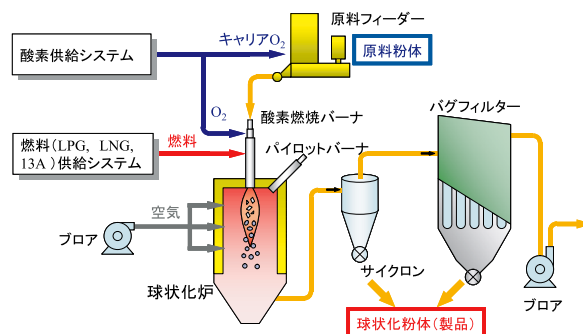


図1 セラミックス球状化システム「CERAMELT™」プロセスフロー

#### 3. 高融点材料用球状化酸素燃焼バーナの特徴

酸化アルミニウム ( $Al_2O_3$ , 融点: 2050℃) などの高融点材料粉体を高効率に球状化させるためには、従来と比較して火炎温度を高め、かつ高温域の広い火炎を形成すること、そして材料粉体を効率良く火炎中に噴出・分散し、火炎中滞留時間を増大させ、粉体への伝熱量を増加させるノズル構造が必要である。

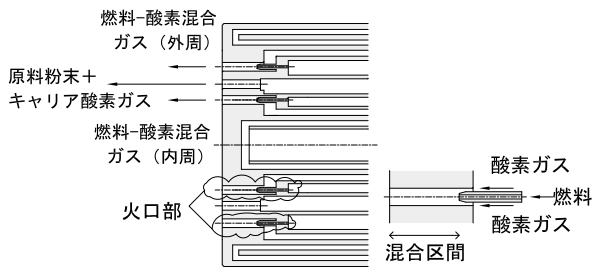
今回開発した高融点材料用球状化酸素燃焼バーナの構造を図2に示す。本球状化バーナは、内・外の円周上に配置された複数の噴出孔から燃料ガスと純酸素ガスの混合ガスが噴出され火炎を形成する。高温の火炎を得るためには燃料ガスと純酸素ガスとの混合促進が重要であり、内・外周の混合ガス噴出孔内に、図2bのように混合室を設けることで、燃料ガスと純酸素ガスとの混合を促進する。さらに、燃料ガスは純酸素ガスの吹き出し速度に比べ十分に速い速度で混合室内に噴出させ、混合を促進するように設計した。

本球状化バーナで採用した部分予混合燃焼方式は、拡散燃焼方式のバーナに比べ高温火炎が得られる特徴がある。また、予め燃料ガスと酸素ガスが完全混合され、ノズル噴出孔から一様に噴出され火炎を形成する予混合燃焼バーナ方式では、逆火が起こり易く運転条件が制限されるのに対して、本球状化バーナでは燃料と純酸素ガスとの適切な混合区間を設けているので、

\* 開発・エンジニアリング本部ガスアプセセンター

逆火の危険性が低く、運転条件が制限されることはない。

一方、原料粉体は純酸素ガスにより搬送され、バーナ先端面において円周上に配置された複数の粉体噴出孔から低速で噴出するように設計され、内・外周の火炎噴流との速度差により粉体の分散が促進される。また、噴出された原料粉体は内周炎と外周炎の間に形成される高温域を燃焼ガスに同伴されながら後流に進み、火炎から逸脱することが少ないので、全粉体平均の火炎中滞留時間が大きくなる。これにより、火炎からの効率的な伝熱促進が図られ、高融点材料粉体の溶融・球状化が達成される。



a バーナ先端部断面図      b 火口部拡大図

図2 高融点材料用球状化バーナの先端部概略図

#### 4. 高融点材料用球状化酸素燃焼バーナの火炎特性

球状化バーナの 대기開放雰囲気下での燃焼火炎を図3に示す。拡散燃焼方式の標準型球状化バーナの火炎に比べ輝炎部分がほとんどなく、燃焼火炎温度が高いことが確認できる。



a 標準型球状化バーナ



b 高融点材料用球状化バーナ

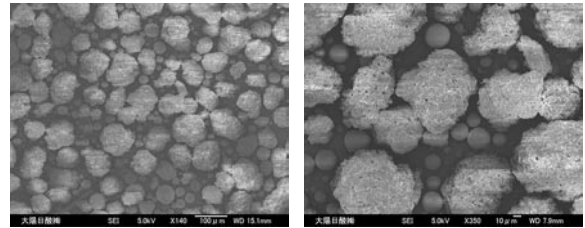
図3 火炎写真の比較 (LPG: 30 m<sup>3</sup>/h (normal))

#### 5. 高融点材料球状化試験結果

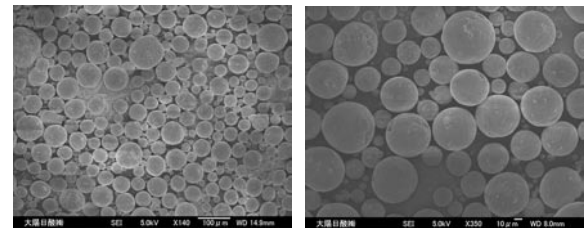
本球状化バーナに高融点材料粉体を実際に供給し、炉内球状化試験を行った結果について説明する。燃料ガスとしてLPG (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> >97% (volume)) を用い、酸化アルミニウム粉体 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 平均粒径: 60 μm) を原料とした。図4にサイクロン回収粉の走査型電子顕微鏡

(SEM) 写真を示す。標準型球状化バーナに比べ、球状化性能が向上していることがわかる。

また、サイクロン捕集粉体の円形度の画像解析結果を表1にまとめる。図4のSEM観察と同様に、高融点材料用球状化バーナで、より球形度の高い酸化アルミニウム球状粉体が得られることがわかった。



a 標準型球状化バーナ処理粉体



b 高融点材料用球状化バーナ処理粉体

図4 球状化バーナ処理粉体 SEM 写真の比較

(原料: 酸化アルミニウム Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 平均粒径: 60 μm)

表1 サイクロン回収粉の円形度

球状化バーナ	円形度
標準型	0.915
高融点材料用	0.987

#### 6. まとめ

今回、セラミックス球状化システム「CERAMELT™」の材料適用範囲を拡大するために、酸化アルミニウム (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 粉体を対象として、高融点材料用球状化酸素燃焼バーナを新たに開発した。従来と比較して球状化性能の優位性を確認することができた。

#### 参考文献

- 1) 三宅新一, 木野村暢一, 鈴木喬, 諏訪俊雄. シリカの球状化における火炎バーナの特性. 無機マテリアル. 1997, 4, p.139-147.
- 2) 矢島尊, 村上伸吾, 三宅新一. 酸素燃焼による酸化物粒子の球状化技術. 日本酸素技報. 1998, (17), p.43-53.
- 3) 三宅新一, 木野村暢一, 鈴木喬. 酸化物粒子の球状化技術と複合材料. 無機マテリアル. 1998, 5, p.612-621.
- 4) MIYAKE, S.; KINOMURA, N.; SUZUKI, T.; SUWA, T. Fabrication of spherical magnetite particles by the flame fusion method. J. Mater. Sci. 1999, 34, p.2921-2928.
- 5) 山本康之, 萩原義之, 北村祐一郎. 数値シミュレーションを用いた酸素燃焼火炎内での粉体挙動の予測. 大陽日酸技報. 2008, (27), p. 6-11.