

プラズマ溶射による微細鑄物廃砂の造粒方法の検討

Resizing of sand dust generated during recycling process of casting waste sand by plasma spraying

武 成祥, 笠原 麻菜美*, 渥美 太郎, 松沼 宏佳**, 熊倉 俊寿**

S. TAKE, M. KASAHARA, T. ATUSMI, H. MATSUNUMA, T. KUMAKURA

微細鑄物廃砂の再利用させるため、プラズマ溶射法を用い、砂の粒径を大きくする可能性を検討した。その結果、プラズマ溶射後、微細鑄物廃砂が集合体となり粒径が大きくなったことが確認された。また、プラズマ溶射条件によって造粒状態が異なることは分かった。電子顕微鏡とEPMAによる分析の結果、プラズマ溶射によって融解し造粒に寄与したのは微細鑄物廃砂のケイ素を含有する塩と酸化物などによるもので、鉄を中心とする部分に変化がなかったことが判明した。本実験によって、プラズマ溶射による造粒は実験室レベルで実現できることが分かった。

1. 目的

鑄造砂は鑄物鑄造工場の生産過程で型枠の原料として使われ、工程完了後鑄造廃砂として排出される。近年、コストダウンや環境負荷低減のため、鑄造廃砂をリサイクルし再生砂として利用される傾向にある^{1), 3), 4)}。本研究のパートナーである日立化成コーテッドサンドでは、鑄造廃砂のリサイクル（再利用）が行われ、再利用砂は原料砂の70%~80%を占めている。ただし、鑄造砂のリサイクル過程で生じたより微細な鑄物廃砂は、そのまま再生砂として利用できず、産廃として大量に排出されていることが現状である。今まで、微細鑄物廃砂の一部はセメントの原料として利用されてきたが、需要量と費用の問題で完全にリサイクルできない。

微細鑄物廃砂の粒径を大きくすることができれば、再生砂として再利用できる。微細な鑄物廃砂の造粒方法に焼結や溶射など考えられる。そこで、本実験では、数千℃に達する熱プラズマアークの高温を利用し、微細な鑄物廃砂を瞬間的に熔融状態にして、溶射時に起こる粒子間の衝突で砂の粒径を大きくする方法を試みた。溶射前の砂の前処理、溶射時の条件などを変え、プラズマ溶射による造粒効果を詳細に調べた。

2. 実験方法

2-1. 微細砂の前処理

生産現場から提供された微細砂に不純物（有

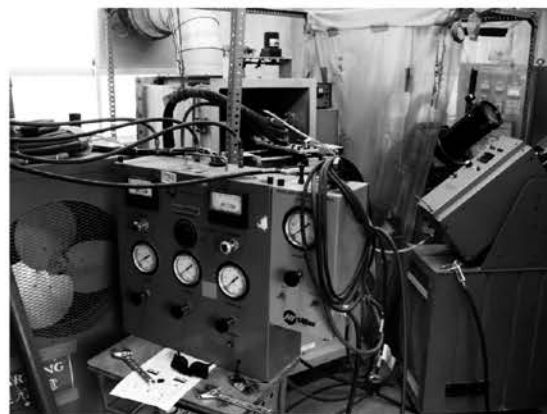


図1. プラズマ溶射装置制御部



図2. プラズマ溶射装置粉供給部

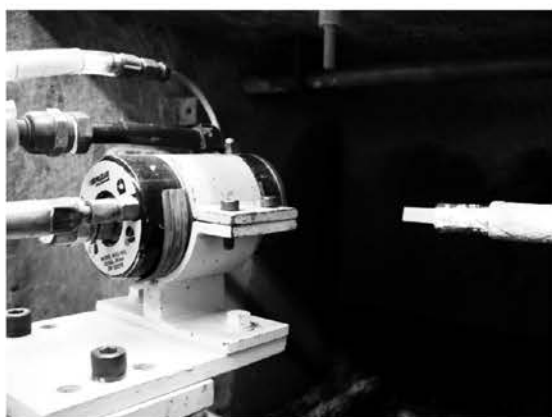


図3. プラズマ溶射装置溶射ガン部



図4. 溶射電流600Aの条件下で得られた試料

機成分など)や水分が含まれているため、プラズマ溶射前に乾燥焼結処理を行った。粉末を大気雰囲気中の電気炉に入れ、800℃で12時間乾燥させた。乾燥後の砂は処理前の黒色から褐色に変化したことが分かった。

2-2. プラズマ溶射

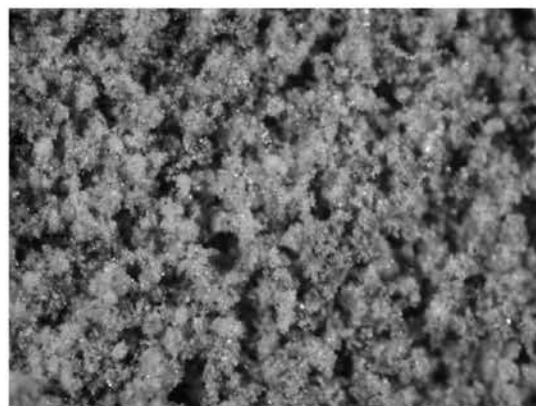
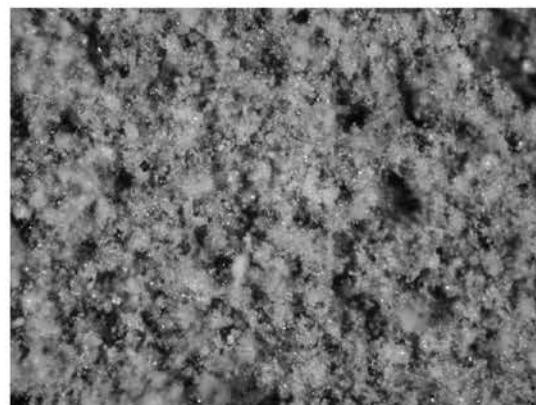
予備実験の結果から、現場より供給された砂をそのままプラズマ溶射すると砂のサイズのばらつきが大きいため、粉体がプラズマに乗らせることができず溶射集合体をえることができなかった。それを改善するため、乾燥後の微細鑄物廃砂をふるい(ふるい目開き75 μ m)かけをし、大きな粒子を取り除き75 μ m以下の粉末を集めた。75 μ m以下の微細鑄物廃砂をステンレス板上にプラズマ溶射で微細鑄物廃砂の集合体を得た。プラズマ溶射を行う際、溶射ガンとステンレス板との距離を12cmとし、溶射電流は400A、500A、600Aとした。図1～3にプラズマ溶射装置を示す。また、溶射ガンの前にステンレス容器を設置し、プラズマ溶射ガンから出た溶射後の微細鑄物廃砂を収集した。

各条件下で得られた試料に対して、デジタルカメラ、光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡(SEM)による観察を行った。また、各段階で得られたサンプルについてEPMAにより元素分布を調べた。

3. 実験結果

3-1. 溶射による砂の色の変化

図4に溶射電流が600Aの条件で試料のデジカメ写真を示す。400A及び500Aの場合も同様な結果が得られた。どの試料でも砂はステンレス板上に

図5. 溶射電流400Aで得られた試料の表面
光学顕微鏡写真図6. 溶射電流500Aで得られた試料の表面
光学顕微鏡写真

固まったことがわかる。また、砂の色はオレンジ系の褐色から灰色になったことは分かった。プラズマ溶射アークの高温で微細鑄物廃砂は少し変質したと思われる。しかし、これらのサンプルに対して元素分析(EPMA)を行った結果、元素構成は殆ど変化していないことが明らかと

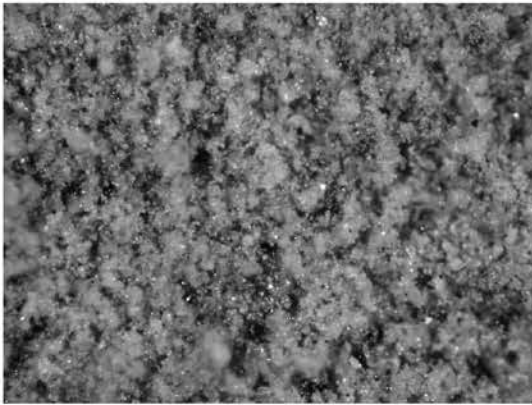


図7. 溶射電流600Aで得られた試料の表面
光学顕微鏡写真

なった。このことから、変色は微細鑄物廃砂中微量に存在した有機不純物などの汚れによるもので、砂全体の組成は大きく変わっていないと考えられる。

3-2. プラズマ溶射による粒子サイズの変化

図5～7に溶射電流が400A、500Aと600Aの条件で微細鑄物廃砂をステンレス板表面に溶射した後の表面光学顕微鏡写真を示す。溶射電流が400Aである場合に得られた試料に空隙が多く見られた。溶射電流が高くなるにつれその空隙が少なくなり、より緻密な物に変わったことが分かる。また、どの試料に関しても、無色透明な粒子はお互いに融合し粒成長していることが確認できるが、茶色のついた粒子に関してはプラ

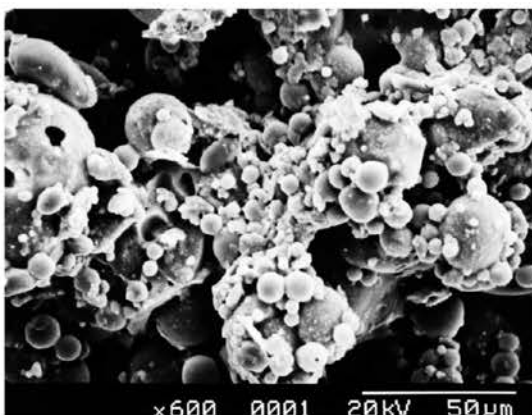


図8. 溶射電流400Aで得られた試料の表面
電子顕微鏡写真

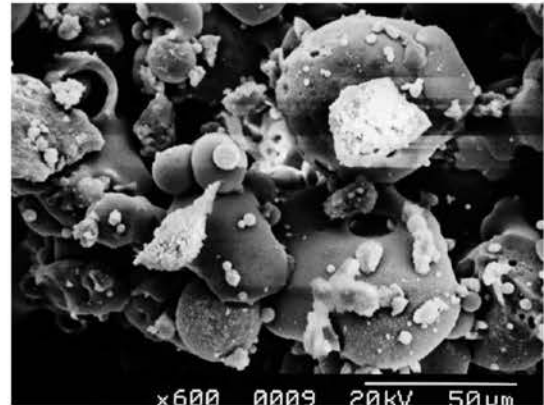


図9. 溶射電流500Aで得られた試料の表面
電子顕微鏡写真

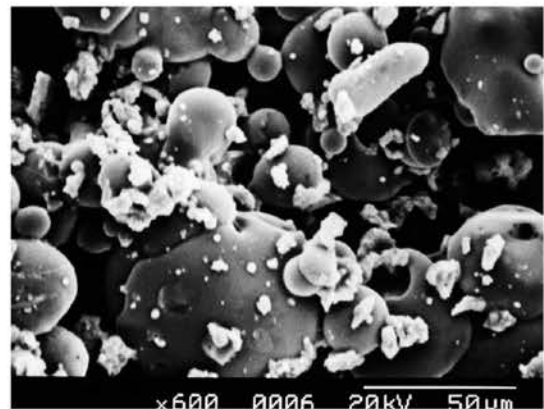


図10. 溶射電流600Aで得られた試料の表面
電子顕微鏡写真

ズマ溶射後も分散しており、顕著な粒成長は起こっていないと思われる。

図8～10には、各試料のSEM写真を示す。40倍での観察においてはそれぞれの試料に大きな違いは見られなかった。300倍、600倍での観察結果を比較すると、やはり溶射電流400Aの試料は粒径が小さく成長があまり起こっていないことが伺える。一方、溶射電流500A、600Aの試料については、粒径50 μ mほどの粒子が多く見られ、粒子成長が起こっていることが確認できた。

3-3. 砂の組成と溶射後の変化

図8～10に示す各試料に対してEPMAによる元素分析を行った。どの試料についても、試料全体（広い範囲）を分析した結果と、粒成長が起こったと思われる滑らかな球状の粒子を分析した結果を比較すると、前者においてはFeやCの存在が認められるが、後者においては主にSi、O、

Alの存在が認められた。よって、プラズマ溶射によって粒成長に寄与したのはケイ酸塩部分のみであると考えられる。

4. 結論

プラズマ溶射法用い、再利用を目的とする微細鋳物廃砂の造粒を検討した。その結果により、下記のことは分かった：

1. 現場の廃棄微細砂に対して乾燥処理を行う必要がある。
2. 砂の粒径を一定範囲以下に絞る必要がある（75 μm 以下）
3. 前加熱乾燥処理及びプラズマ溶射により砂の色が変化した。
4. 砂中のケイ酸塩部分の溶解により粒子サイズが大きくなった。
5. 溶射電流の増大に伴い、得られた粒子サイズが大きくなる。
6. 溶射前後の組成変化が小さい（安定性がある）。

上記の結果から、微細鋳物廃砂の造粒を検討し、実験室レベルでは実現可能という結論となった。実用技術を目指す最終的な目的からみて一方前進であるが、今後実用段階での処理工程コストなどを考慮しより詳細な調査と実験が必要である。

5. 参考文献

1. 毛利 敦雄、佐藤 健、田中 亙、久保田 順一：鋳物廃砂ダストをシリカ原料とする有用物質製造の研究，中越技術支援センター研究報告書，38，2009
2. 武 成祥、笠原 麻菜美、澤井 亮、三井 謙一、糸井康彦：生体用ハイドロキシアパタイト被覆材の界面特性に関する研究，電気化学会第74回大会講演要旨集（2007）、374.
3. 使用済み鋳物砂等の再利用・リサイクルシステム調査委員会編：「使用済み鋳物砂等の再利用・リサイクルシステム」調査報告書，日本鋳造技術協会，p.60(2004). 特許公開2000-44362 (2000).
4. 永坂博文，新山茂利，今西敏人：廃鋳物砂

の再利用に関する研究，平成13年度和歌 山県工業技術センター研究報告，34-36(2002).

5. 吉野敦郎，大塚秀樹，杉山和夫，麻生信之，鈴木昌資：鋳物廃砂を利用するオゾン蓄積型シリカ系鮮度保持剤の開発，埼玉県産業技術総合センター研究報告，6，(2008).
6. 中村明男：鋳物廃砂のリサイクルの現状，鋳造工学，Vol.75, No.4, p293-295 (2003)
7. 武 成祥、笠原 麻菜美、黒田 翔平、糸井康彦、伊澤 悟：生体適合ハイドロキシアパタイト被覆材の密着性に関する研究 (I) ；電気化学会第75回大会講演要旨集p121 (2008) .

* 2008年度小山高専専攻科物質工学専攻修了
 ** 日立化成コーテッドサンド株式会社

小山工業高等専門学校 物質工学科
 E-mail : wuc@oyama-ct.ac.jp

「受理年月日 2009年9月30日」