УДК 621.9

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДОГРЕВА КОМПОЗИЦИОННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ НА ИХ СЫПУЧЕСТЬ

А. С. ФЕДОСЕНКО, В. А. БЕЛЯКОВИЧ, С. А. СУХОЦКИЙ
Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Плазменное газотермическое напыление керамических материалов позволяет формировать покрытия с комплексом ценных свойств: высокой износостойкостью, термической стабильностью, коррозионной стойкостью и низкой электропроводностью. Помимо этого, использование современных методов напыления, таких как суспензионное плазменное напыление, позволяет получать слои, отличающиеся низкой шероховатостью и высокой плотностью, что обеспечивает дополнительное повышение их эксплуатационных характеристик.

Благодаря низкому коэффициенту трения и высокой износостойкости покрытия на основе Al_2O_3 востребованы для упрочнения поверхностей, подверженных абразивному воздействию и интенсивному трению. Их наносят на валы, плунжеры, направляющие, ролики, лопатки, гребные винты и другие детали, эксплуатирующиеся в экстремальных условиях.

Для повышения эффективности нанесения плазменных керамических покрытий прибегают к различным технологическим приемам, включая использование материалов в виде суспензий, применение шнуровых материалов и другие, что во многом обусловлено сложностью подачи порошка в высокотемпературный поток. Это связано с физическими и реологическими характеристиками материалов: для напыления необходимы мелкодисперсные порошки, склонные к комкованию, зависанию в дозирующих устройствах и застреванию в подающих каналах и т. д.

В ходе лабораторных исследований было установлено, что предварительная обработка керамического порошка, основанная на введении органической добавки с последующей сушкой и прокаливанием при температуре до 350 °С, позволяет существенно увеличить сыпучесть материала.

Исследования проводили на композициях состава Al_2O_3–13 % TiO_2. Использовали порошок оксида алюминия со средним размером частиц 24 мкм и диоксид титана с размером частиц не более 0,5 мкм.

Сыпучесть изучали по углу естественного откоса, поскольку стандартный метод с воронкой Холла в данном случае неэффективен по ряду причин. Для определения изменения угла естественного откоса с изменением температуры использовали платформу диаметром 50 мм и стальной цилиндр. Цилиндр устанавливали на платформу, а в образовавшуюся полость засыпали исследуемый порошок. Разборную емкость помещали в печь. После нагрева в течение 30 мин ее извлекали из печи и устанавливали на горизонтальную поверхность, медленно поднимали цилиндр – порошок свободно высыпался на платформу, образуя конусообразную горку с определенным углом естественного откоса.

Исследования показали, что повышение температуры порошка существенно изменяет его реологические характеристики. Это выражается в переходе из состояния несыпучего материала с углом откоса относительно горизонтали более 50° (рис. 1, *а*) в хорошо текучий, угол естественного откоса в котором составляет менее 40° (рис. 1, *б*). Существенное снижение угла естественного откоса с повышением температуры, вероятно, связано с уменьшением сил взаимодействия между отдельными керамическими частицами – об этом свидетельствует практически полное отсутствие комков в нагретых материалах.

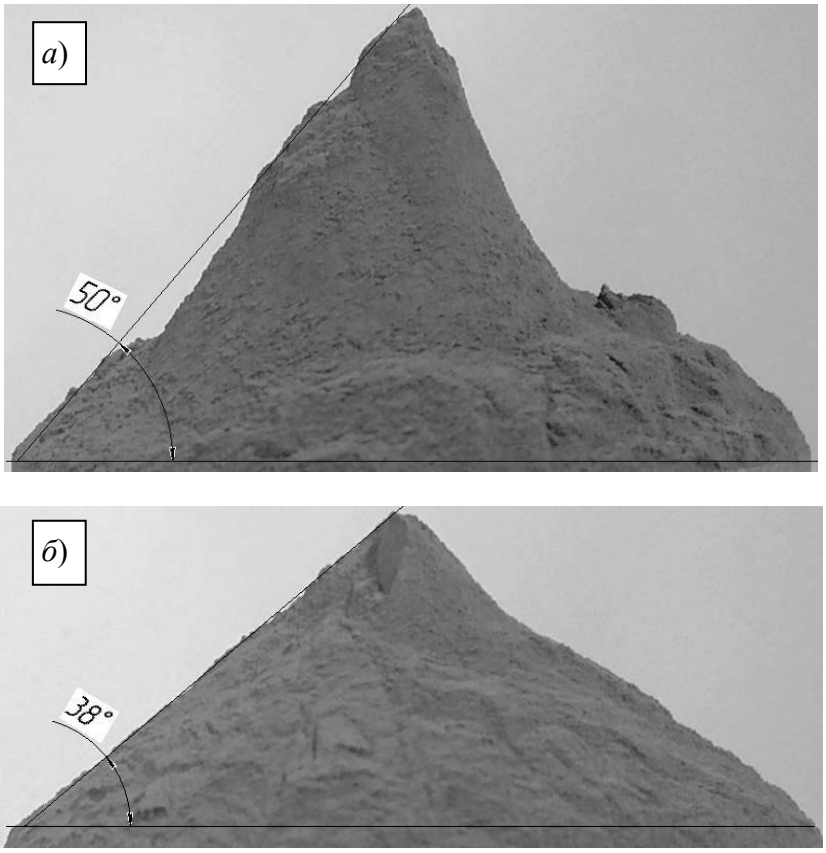

Рис. 1. Изменение угла естественного откоса порошка в зависимости от температуры нагрева: *а* – 100 °С; *б* – 200 °С

Увеличение температуры подогрева материала до 300 °С снижает угол естественного откоса на 38 % по сравнению с углом откоса порошка при комнатной температуре.

Результаты, полученные в ходе проведенных исследований, однозначно свидетельствуют о высокой эффективности выбранного способа предварительной подготовки композиционных керамических порошков. Его применение на практике позволит увеличить стабильность подачи порошка и значительно расширить химический состав композиционных порошков, которые можно эффективно использовать для формирования слоев плазменным напылением.

Для максимального эффекта от предлагаемой технологии необходимы дополнительные исследования влияния на сыпучесть типа органического вещества и режимов термообработки.