

УДК 621.9

ПОРОШКИ СИСТЕМЫ НИКЕЛЬ–АЛЮМИНИЙ ДЛЯ ВЫСОКОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

А. С. САФОНОВ

Научный руководитель А. С. ФЕДОСЕНКО
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Материалы на основе никеля находят широкое применение для изготовления деталей, работающих в тяжелых температурно-силовых условиях. Никелевые сплавы обладают хорошими механическими свойствами, высокой жаропрочностью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью [1]. Их широко используют в авиастроении и энергетике для изготовления лопаток турбин и прочих элементов оборудования, работающего при высоких температурах. Существенным недостатком таких материалов является их высокая стоимость. Для снижения затрат на изготовление перечисленных деталей, перспективным является нанесение на их рабочую поверхность защитных покрытий. В этом случае деталь может быть изготовлена из относительно не дорогого сплава, поверхность которой будет защищаться слоем с более высокими эксплуатационными характеристиками. К наиболее стойкой группе таких материалов относятся композиции на основе системы никель–алюминий [2].

Среди существующих способов нанесения покрытий интерес представляет плазменное газотермическое напыление. Основными технологиями получения порошков для напыления является распыление расплава, реже – химические способы. При этом номенклатура выпускаемых композиций сильно ограничена, а используемые технологии не позволяют существенно повысить свойства получаемых материалов, например, за счет получения дисперсно-упрочненных порошков.

В связи с этим, была исследована возможность получения порошков системы никель-алюминий по технологии реакционного механического легирования [3,4] и нанесения плазменных покрытий из них.

Установлено, что порошки, полученные обработкой исходных компонентов в вибрационной мельнице, состоят из частиц размером менее 250 мкм и имеют форму, близкую к сферической. Данные характеристики материалов являются оптимальными для классических способов газотермического напыления, что исключает их дополнительную подготовку перед использованием (измельчение, конгломерация и т. д.).

Исследование распределения химических элементов в частицах показало, что все компоненты, входящие в состав композиций, располагаются в частицах равномерно (рис. 1).

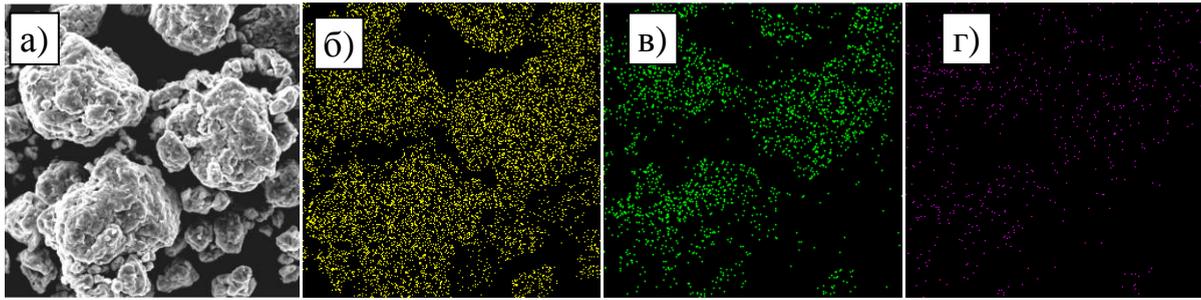


Рис. 1. Топография поверхности частиц порошка Ni – 10 % Al – (9,78 % Ni₂O₃ – Al) (СЭМ) и распределение интенсивности рентгеновского излучения основных элементов в нем: а – топография поверхности частиц; б – Ni; в – Al; г – O

Исследования поперечных шлифов плазменных покрытий из разработанных порошков показали, что они имеют классическую структуру, характерную для слоев, полученных газотермическими способами напыления, и состоят из вытянутых в продольном направлении пластин, плотно уложенных одна на другую (рис. 2).

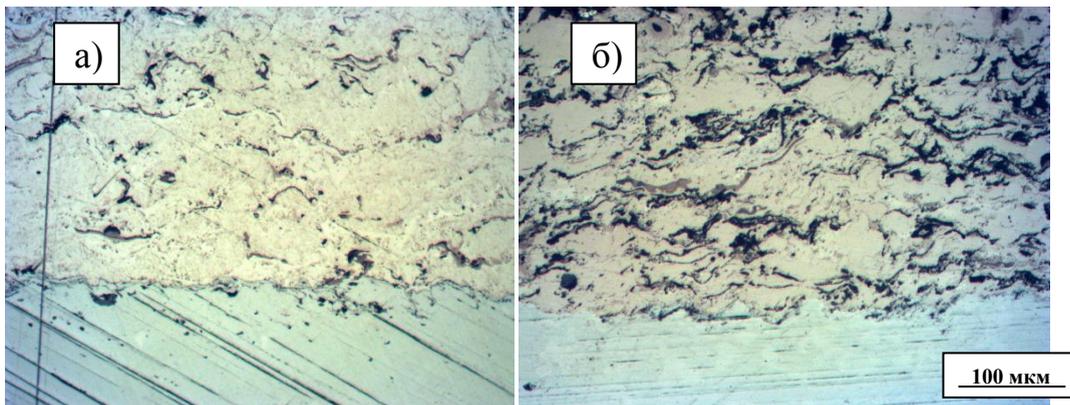


Рис. 2. Структура покрытий из порошков полученных по технологии реакционного механического легирования: а – ПН95Ю5; б – ПН85Ю15

Установлено, что с увеличением содержания алюминия в композиции, растет количество включений с высокой концентрацией кислорода, что можно объяснить интенсивным окислением алюминия в плазменной струе, т. к. последний гораздо активнее основы (никеля) (рис. 3).

С увеличением содержания алюминия в составе порошка наблюдается рост твердости и жаропрочности покрытий, что объясняется увеличением содержания интерметаллидов в структуре (NiAl, Ni₃Al, Ni₂Al₅ и т.д.), а также повышением содержания оксида алюминия, присутствующего на поверхности частиц исходной шихты. К росту жаропрочности приводит и введение в состав исходной шихты оксида никеля, который выступает в роли поставщика кислорода, необходимого для образования упрочняющих частиц в виде оксида алюминия.

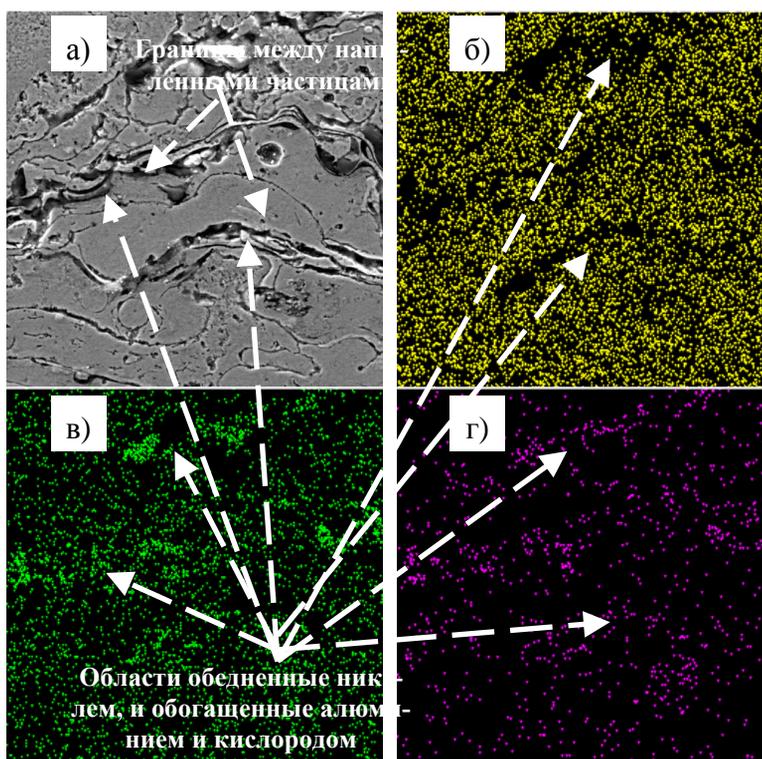


Рис. 3. Распределение элементов в плазменном покрытии, полученном напылением порошка Ni – 15 % Al (микрорентгеноспектральный анализ): а – электронное изображение; б – Ni; в – Al; г – O

Покрытия из разработанных материалов по твердости превосходит аналог (ПН85Ю15) до 30 %, а по прочности сцепления более чем в 2 раза [3]. Последнее существенно снижает риск образования дефектов в виде отслоения и трещин, что повышает надежность эксплуатации деталей.

Проведенная работа позволяет сделать вывод, что технология реакционно-механического легирования является перспективным способом получения порошкообразных материалов системы никель-алюминий для газотермических покрытий, отличающихся высокой плотностью и однородностью структуры, и обладающих повышенной твердостью, жаропрочностью и прочностью сцепления.

СПИСОК литературы

1. Nickel, Cobalt, and Their Alloys. Edited by J.R. Davis // ASM International. – 2000. – 421 p.
2. **Schneider, K. E.** Thermal Spraying for Power Generation Components / K. E. Schneider [and etc.] // WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. – 2006. – 271 p.
3. **Ловшенко, Г. Ф.** Закономерности формирования фазового состава, структуры и свойств механически легированных материалов : монография / Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2016. – 420 с.
4. **Ловшенко, Ф. Г.** Композиционные наноструктурные механически легированные порошки для газотермических покрытий : монография / Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т. – 2012. – 216 с.

