

4. Боресков, Г.К. Пористая структура катализаторов и процессы переноса в гетерогенном катализе / Г.К. Боресков // – Новосибирск: Наука, 1970. –с. 5–15.

УДК 621.762.4.01

## **ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИНТЕГРИРОВАННЫХ С КОМПАКТНЫМИ ПОДЛОЖКАМИ**

**Евтухова, Т.Е., ст. преподаватель**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация:

Разработана технологическая схема формирования пористых композиционных материалов из алюмосодержащих механохимически активированных порошков. Для нанесения пористого композиционного материала использован метод гидратационного твердения алюмосодержащих механохимически активированных порошков, который позволяет создать переходный слой, обеспечивающий адгезию композиционного материала к подложке.

Совмещение в одном изделии принципиально различных по структурному строению и по химическому составу материалов способно обеспечить его уникальные свойства. Использование пористых композиционных материалов, интегрированных с компактными и пористыми подложками, может обеспечить повышение эффективности работы катализаторов и испарителей тепловых труб.

Для получения пористых композитов на основе механоактивированных порошков, интегрированных с пористыми и компактными конструкционными элементами, по итогам проведенных исследований [1-4] разработана технологическая схема, включающая следующие основные операции:

- 1 Подготовка исходных порошков;
- 2 Механохимическая активация исходной шихты;
- 3 Подготовка суспензии на основе механоактивированного порошка;

4 Нанесение слоя суспензии на подложку для гидратационного твердения;

5 Синтез материала методом гидратационного твердения;

6 Сушка полученной заготовки.

7 Отжиг или прокаливание (при необходимости).

Технологическая схема разрабатывалась применительно к компактной подложке из коррозионностойкой стали (труба  $\varnothing 16 \times 1 - 12X18H9T$  ГОСТ 24030-80) для пористого композита из МА порошка  $Al(13 \text{ мас.}\%)-Cu$ . Принималось во внимание, что при получении пористого композита из МА порошка в виде тонких слоев на компактных подложках особенно важно обеспечить формирование фазовых контактов между подложкой и пористым слоем.

В качестве исходных материалов использовали порошок меди ПМС-1 (ГОСТ 4960-75, РФ) и пигментную алюминиевую пудру марки ПАП-2 (ГОСТ 5494-95, РФ). Порошок пудры алюминиевой готовили к дальнейшему использованию прокаливанием.

Для осуществления процесса механохимической активации навеску порошков осуществляли на лабораторных весах AXIS BDM3 4-го класса точности по ГОСТ 24104-88. Взвешивали четыре навески по 150 г порошка ПМС-1 и 19,5 г пудры алюминиевой ПАП-2 (стакан мерный, объем 500 мл, тип 2 ГОСТ 1770-74). Порошки (150 г + 19,5 г) помещали в контейнеры высокоэнергетической шаровой мельницы планетарного типа с водяным охлаждением АПФ-3 (рисунк 1).



Рис. 1. Вид мельницы АПФ-3

Производили механохимическую активацию в течение 6 минут при центростремительном ускорении барабанов в переносном движении  $300 \text{ м/с}^2$  диаметре шаров из коррозионностойкой стали 6 мм и весовом соотношении шаров к шихте 20:1. Режимы механохимической активации могут варьироваться для других составов шихты. После окончания механохимической активации порошок извлекали из контейнеров мельницы и повергали рассеvu на анализаторе ситовом А20 для отделения размольных шаров. Хранение порошка осуществляли в герметично закрывающейся полимерной емкости.

Для получения суспензии механоактивированный порошок Al(13 мас.%)–Cu взвешивали на лабораторных весах AXIS BDM3 4-го класса точности по ГОСТ 24104-88. требуемый объем ацетона технического отмеряли с помощью стакана мерного (стакан мерный объем 500 мл, тип 2 ГОСТ 1770-74). Суспензию приготавливали дисперсионным способом добавлением ацетона в порошок (соотношение компонентов 180 г порошка / 350 мл ацетона) с одновременным перемешиванием магнитной мешалкой типа ПЭ-6110 в колбе конической КН-1-1000-29/32 (Эрленмейера) ТУ 9464-019-29508133-2015 при частоте вращения якоря 200 мин<sup>-1</sup> в течение 60 мин. Объемное содержание дисперсной фазы в суспензии должно составлять 50...55%.

Подложку в виде трубы с размерами  $\varnothing 16 \times 1$ , L 240 мм использовали в состоянии поставки, без дополнительной механической обработки. Перед нанесением покрытия трубу обезжиривали ацетоном техническим (ГОСТ 2768-84) и нагревали до температуры 90 °С. Нанесение суспензии на подложку осуществляли по технологии жидкостного нанесения покрытий окунанием нагретой подложки в суспензию. После погружения деталь извлекали с постоянной скоростью для обеспечения равномерной толщины покрытия. Толщина покрытия зависит от массового соотношения дисперсная фаза/дисперсионная среда и температуры суспензии. Затем поверхность подложки, не требующую нанесения слоя пористого композита, протирали мягкой влажной губкой ГОСТ 50962-96. Сушку осуществляли в сушильном шкафу СНОЛ-3,5-01 в течение 1 часа при температуре 150 С.

Синтез покрытия методом гидратационного твердения осуществляли в проточном реакторе, помещенном в вытяжном шкафу, при непрерывной подаче водно-паровой смеси при температуре 97–

100 °С в течение 3 ч. В процессе гидратационного твердения порошка Al(13 мас.%)–Cu формируется пористый композит, связанный с подложкой фазовыми контактами Al/Al(OH)<sub>3</sub> (рисунок 2).

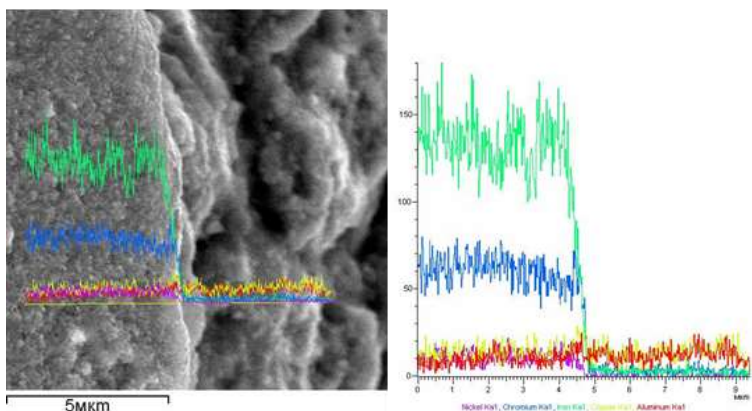


Рис. 2. Микроструктура зоны адгезии между компактной подложкой из коррозионнотойкой стали и композиционным материалом на основе МА порошка Al–Cu

Переходный слой необходим для композиционных материалов, состоящих из компонентов различной химической природы, поскольку обеспечивает адгезию пористого композита из МА порошков к компактной подложке. Морфология наночастиц в переходном имеет форму многогранников размером до 100 нм.

На рисунке 2 приведены результаты исследования химического состава композита методом МРСА. Из результатов исследования следует, что на фоне подложки из стали 12Х18Н9Т (хром – синие пики, железо – зеленые, никель – малиновые) наблюдаются интенсивные пики Al (красные), подтверждающие наличие переходного (модифицирующего) слоя на поверхности компактной подложки. Данные МРСА демонстрируют также выраженную границу между элементным составом компактной подложки и пористого слоя.

### Список использованных источников

1. Евтухова, Т.Е. Пористый композит для гетерогенного катализа / Т.Е. Евтухова [и др.]. // Вести НАН Беларуси. – Минск, 2015, – №4, – С.11–15.

2. Евтухова, Т.Е. Формирование металлических межчастичных контактов в спекаемом пористом материале из порошка алюминия / Т.Е. Евтухова, [и др.]. // Порошковая металлургия: Респ. межвед. сб. науч. трудов / редкол.: А.Ф. Ильющенко [и др.]. – Минск: НАН Беларуси, 2018. – Вып. 41. – С. 104–110.

3. Романенков, В.Е. Формирование пористого слоя композита Al/Al(OH)<sub>3</sub> на подложках различного химического состава / В.Е. Романенков [и др.] // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: Материалы X междунар. научно-техн. конф. – Минск: НИИ ПМ НАН Б, 12–14 сентября 2012. – С. 110–111.

4. Мазюк, В.В. Формирование наноструктурированного слоя на компактной алюминиевой подложке / В.В. Мазюк, В.Е. Романенков, Е.Е. Петюшик, Т.Е. Евтухова // Порошковая металлургия: Инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. Сварка: сб. докл. 10-го междунар. Симп., Минск, 5–7 апр. 2017 г.: в 2 ч. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: А.Ф.Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2017. – Ч. 2 – С. 337–349.

УДК 691.327.332

## **БЕТОН ДЛЯ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФАСАДОВ ЗДАНИЙ**

**Евсеева Е.А., к.т.н., доцент,**

**Яглов В.Н., д.х.н., профессор,**

**Шагойко Ю.В., ст. преподаватель**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация:

Представлены результаты исследования свойств облегченного модифицированного бетона и изучена возможность его использования для изготовления декоративных элементов фасадов зданий.

При изготовлении накладных элементов фасадного декора преимущественно используется полимербетон, который отличается прочностью, атмосфероустойчивостью и долговечностью. Однако