

Матюхин П. В., канд. техн. наук, доц.,  
Павленко В. И., д-р техн. наук, проф.,  
Ястребинский Р. Н., канд. физ.-мат. наук, доц.,  
Кирияк И. И. аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

## КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, СТОЙКИЙ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

mpvbgtu@mail.ru

В статье рассмотрен композиционный материал, состоящий из теплопроводной матрицы (алюминиевой) и стойкого к воздействию высокоэнергетических излучений наполнителя (на основе железосодержащих систем). Изучена структура композиционного материала до и после воздействия на него высокоэнергетических излучений до 1,2 МэВ. Приведены основные физико-механические характеристики композиционного материала.

**Ключевые слова:** композиционный материал, структура, свойства, поверхность, воздействие, излучение.

Интенсивное развитие строительной и атомной промышленности, так же как и широкое внедрение ядерно-энергетических объектов практически во все отрасли жизнедеятельности человека выдвигает на первый план проблему выполнения требований обеспечения норм радиационной безопасности. Это может быть достигнуто, если подвергающиеся воздействию ионизирующих излучений строительные конструкции экранируемых объектов будут изготовлены с применением материалов, обладающих высокими показателями физико-механических характеристик и радиационно-защитных свойств.

В настоящее время в строительной и атомной промышленности, медицине, широком спектре различных производств применяются радиационно-защитные материалы и смеси различной природы (как органические так и неорганические), состоящие из одного и более компонентов [1-3].

Особый интерес представляют собой композиционные материалы, состоящие из теплопроводных матриц (алюминиевой, алюминиевых сплавов) и стойких к воздействию высокоэнергетических излучений наполнителей (на основе железосодержащих систем) [4].

В зависимости от требуемых условий эксплуатации, композиционный материал может получаться наполнением матрицы на основе алюмосодержащей системы железосодержащим наполнителем в количестве до 90 мас. %.

На рис. 1 приведены оптические фотографии внешнего вида композиционного материала на основе модифицированного высокодисперсного оксида железа (гематита) и металлического алюминия.

Внешний вид, оптические фотографии поверхности и скола композиционного материала позволяют утверждать о его однородности.

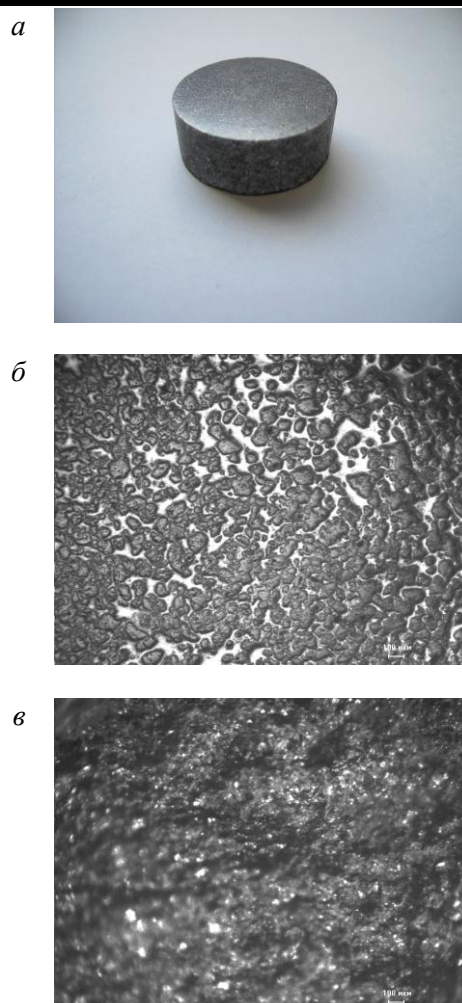


Рис. 1. Внешний вид лабораторно-промышленного образца композиционного материала (а), оптические фотографии поверхности (б×90) и скола (в×90) композиционного материала

Особый интерес представляет изучение физико-механических свойств композиционного материала, а также его структуры поверхности при воздействии на материал высокоэнергетических излучений до 1,2 МэВ.

На рис. 2 (а, б) представлены микрофотографии структуры поверхности композиционного материала до облучения радиоизотопом  $^{60}\text{Co}$ . При изучении свойства структуры композита по всему полю сканирования, а также профилограммы по отдельно выбранному участку поверхности (рис. 3, а), были определены статистически важные характеристики поверхности в пределах анализируемой области (рис. 3, б): разница между максимальным и минимальным значением координаты Z на поверхности ( $R_{\text{max}}$ ),

достигающая значения 870,947 нм; величина среднего значения координаты Z на поверхности ( $R_{\text{mean}}$ ), составляющая 355,854 нм; величина среднего значения шероховатости поверхности ( $R_a$ ), составляющая 101,619 нм; величина среднеквадратичного отклонения координаты Z на поверхности ( $R_q$ ), составляющая 129,762 нм; величина асимметрии ( $R_{\text{sk}}$ ) и эксцесса ( $R_{\text{ku}}$ ) поверхности образца, равные 0,515 и 4,088 соответственно.

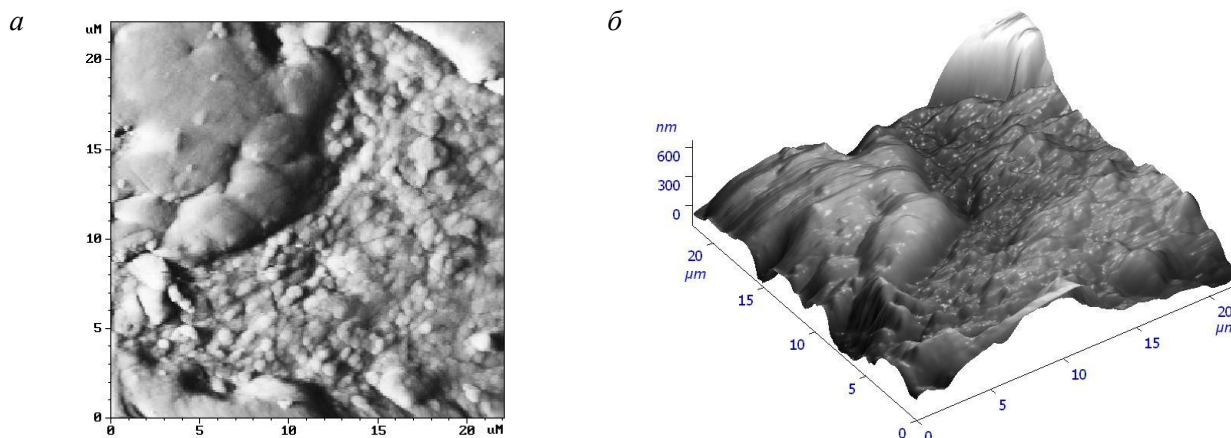


Рис. 2. Структура поверхности композиционного материала до воздействия высокоэнергетических излучений:

а – 2D 22,1×22,1 мкм; б – 3D 22,1×22,1 мкм ×600 нм

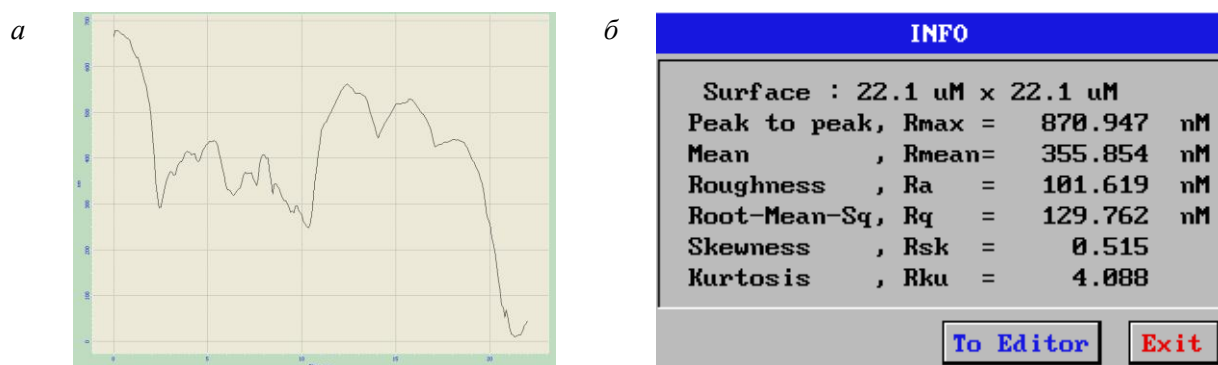


Рис. 3. Поверхность композиционного материала до воздействия высокоэнергетических излучений:

а – профилограмма по отдельно выбранному участку поверхности;

б – статистические характеристики поверхности

На рис. 4 (а, б) представлены микрофотографии поверхности композиционного материала после воздействия на него высокоэнергетических излучений до 1,2 МэВ. При изучении свойства поверхности композита подвергнутого воздействию гамма-квантами, по всему полю сканирования, а также профилограммы по отдельно выбранному участку поверхности (рис. 5, а), были определены статистически важные характеристики поверхности в пределах анализируемой области (рис. 5, б): разница между максимальным и минимальным значением координаты Z на поверхности ( $R_{\text{max}}$ ), достигающая значения 1000,692 нм; величина среднего значения координаты Z на поверхности ( $R_{\text{mean}}$ ), составляющая 595,441 нм; величина среднего значения

шероховатости поверхности ( $R_a$ ), составляющая 106,842 нм; величина среднеквадратичного отклонения координаты Z на поверхности ( $R_q$ ), составляющая 138,247 нм; величина асимметрии ( $R_{\text{sk}}$ ) и эксцесса ( $R_{\text{ku}}$ ) поверхности образца, равные 0,690 и 3,993 соответственно.

При сравнении вышеперечисленных основных свойств поверхности композита по всему полю сканирования до и после воздействия на него высокоэнергетических излучений видно, что после воздействия на композиционный материал гамма-квантов, в структуре его поверхности явных изменений не происходит. Различия значений разницы между максимальным и минимальным значением координаты Z на 12,5%, величины среднего значения координаты

Z на 40%, величины среднего значения шероховатости поверхности на 5%, величины среднеквадратичного отклонения координаты Z на 6%, величины асимметрии на 25% и эксцесса на 2%,

обуславливаются увеличением в 2 раза геометрических размеров исследуемой поверхности после облучения.

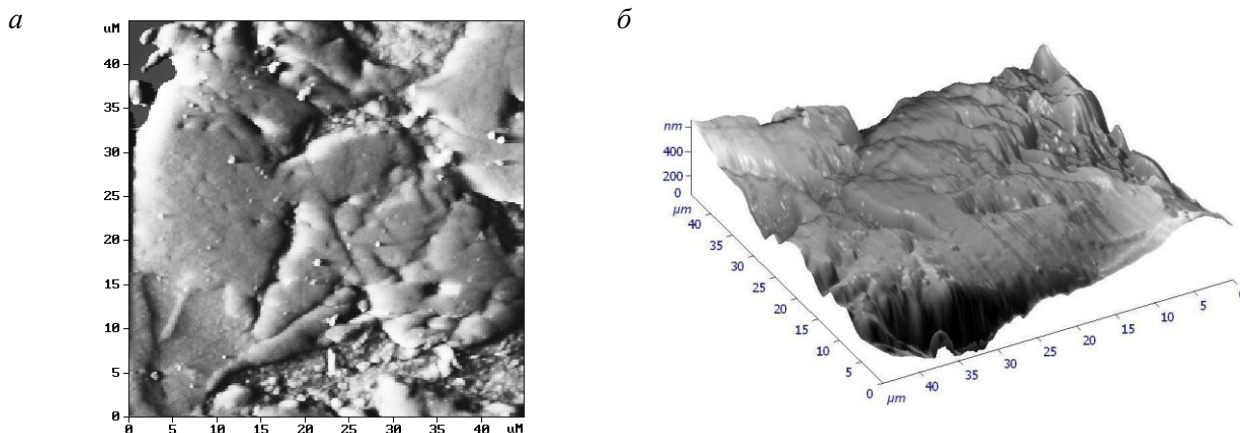


Рис. 4. Поверхность композиционного материала после воздействия на него высокоэнергетических излучений:

а – 2D 44,8×44,8 мкм; б – 3D 44,8×44,8 мкм ×600 нм

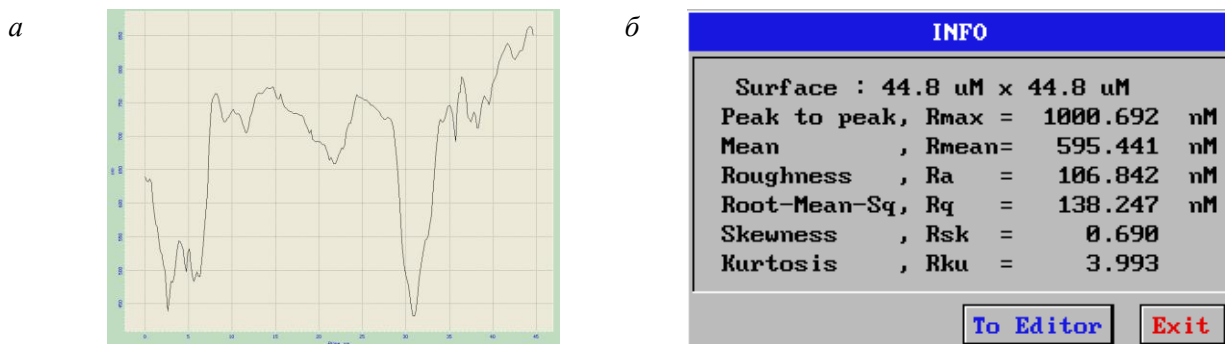


Рис. 5. Поверхность композиционного материала после воздействия на него высокоэнергетических излучений:

а – профилограмма по отдельно выбранному участку поверхности;  
б – статистические характеристики поверхности

При этом, композиционный материал обладает высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками: плотностью до 3980 кг/м<sup>3</sup>, прочностью на сжатие до 710 МПа, прочностью на изгиб до 260 МПа, прочностью на растяжение до 198 МПа. Композит стоек без потери массы к агрессивным средам при рН=4-9, не поглощает влагу (водопоглощение за 30 сут. составляет 0 %).

Композиционный материал может быть использован в качестве строительного радиационно-защитного материала, работающего при температурах до 550°C и внешних нагрузках до 710 МПа, способного обеспечить биологическую защиту от гамма-излучения с энергией до 1,2 МэВ (<sup>60</sup>Co) и поглощенной дозой до 10<sup>19</sup> Гр.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павленко, В.И. Основные аспекты разработки современных радиационно-защитных

конструкционных материалов / В.И. Павленко, П.В. Матюхин // Современные наукоемкие технологии.- 2005.- № 10.- С. 85-86.

2. Болдырев А. М. Ресурсосберегающие технологии получения металлобетонных строительных композитов / А. М. Болдырев, А. С. Орлов, Е. Г. Рубцова // Изв. вузов. Строительство.- 2002, №4.- С. 38 – 43.

3. Ястребинский Р.Н. Композиционный материал для защиты от гамма-излучения / Р.Н. Ястребинский, В.И. Павленко, П.В. Матюхин, Н.А. Четвериков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. Научно-теоретический журнал.- Белгород, 2011.- №3.- С.27-29.

4. Матюхин П.В. Неорганический радиационно-защитный металлокомпозиционный материал строительного назначения / П.В. Матюхин // Изв. вузов. Строительство.-2007.- № 9.- С. 39-43.