

Результаты для контрольных образцов отмечены белым фоном, экспериментальных – серым фоном. Заключение. Анализ результатов испытаний на одноосное растяжение однонаправленных углекомполитов выявил сложный и разноплановый характер изменения их механических свойств при воздействии физико-химических факторов космической среды, зависящий от вида полимерного связующего, типа воздействия и направления армирования. Так, гамма-облучение в большинстве случаев привело к снижению модуля упругости на 4–8 %, в то время как прочность демонстрировала как рост до 23 % для поперечного направления углекомполита № 1, так и снижение до 5 % в этом направлении при испытании углекомполита № 2.

Воздействие атомарного кислорода также проявилось в разноплановых изменениях механических свойств, например, в одних случаях наблюдалось увеличение прочности (на 10 % в продольном направлении углекомполита № 1 и поперечном направлении углекомполита № 2), в других – ее снижение (до 13 % в поперечном направлении углекомполита № 1).

Полученные данные показали существенную роль полимерной матрицы, деградация или модификация которой под действием факторов космической среды определяет прочность и модуль упругости углекомполитов, что является критическим фактором, обеспечивающим долговечность и формостабильность ответственных композитных конструкций аэрокосмического назначения.

*Исследование поддержано БРФФИ (проект № Т24Т-067 «Биоподобные композиты конструкционного и триботехнического назначения на основе полимеров и эластомеров, реализующие самоупрочнение и самозалечивание структурных повреждений».*

#### Список литературы

1 Аттестация физико-механических свойств направленно-армированных полимерных композитов для элементов конструкций, эксплуатируемых в экстремальных условиях / С. В. Шилько, Т. В. Рябченко, И. В. Ермошкевич [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. ОИМ. – Минск, 2017. – Вып. 6. – С. 329–333.

2 **Bansal, N.** Exploring the impact of gamma rays and electron beam irradiation on physico-mechanical properties of polymers & polymer composites: a comprehensive review / N. Bansal, S. Arora // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2024. – Vol. 549. – 165297. – DOI: org/10.1016/j.nimb.2024.165297.

3 **Нуруллаев, Э. М.** Механические характеристики полимерного композитного материала на основе низкомолекулярных каучуков, подвергнутых воздействию гамма-излучения / Э. М. Нуруллаев, В. Д. Онискив // Химия высоких энергий. – 2021. – Т. 55, № 2. – С. 150–154. – DOI: 10.31857/S0023119321020108.

4 **Гайдар, А. И.** Воздействие кислородной плазмы на структуру и физико-механические свойства полимерных и полимерных материалов : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / Гайдар Анна Ивановна. – М., 2013. – 113 с.

УДК 621.762.-52:620.191

### ДЕФЕКТНОСТЬ СТРУКТУРЫ ЕДИНИЧНЫХ ТРЕКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

*И. В. ШКОБАРА, Т. Л. НГУЕН, В. Н. ДОБРЯНСКИЙ*  
*Московский авиационный институт (НИИ), Российская Федерация*

В работе исследован процесс селективного лазерного плавления (СЛП) порошка сплава AlSi10Mg различного гранулометрического состава. Установлено существенное влияние среднего размера частиц на теплофизические свойства порошкового слоя, оптимальные параметры его плавления, а также морфологию ванны расплава и дефектность единичных треков.

Экспериментальные исследования проводились на 3D-принтере AddSol D50 (ООО «Титан-Авангард», г. Москва). В исследовании использовался порошок различного гранулометрического состава, полученный путем просеивания стандартного порошка AlSi10Mg, мкм (ОК РУСАЛ, г. Москва): 35,5 (Стандарт); 20,2; 26,4; 36,9; 50,2 и 73,4.

Для каждого порошка были получены единичные треки в широком диапазоне варьирования скоростей (100 до 1980 мм/с с шагом 235 мм/с) и мощностей (40–400 Вт с шагом 36 Вт) лазерного источника. Толщина слоя для всех экспериментов оставалась неизменной – 60 мкм.

По результатам экспериментальных исследований установлено, что с увеличением среднего размера частиц увеличивается диапазон параметров, при которых не происходит проплавления порошкового слоя – порошковый слой, сформированный из более крупных частиц, требует большего энергозатрата. Также установлено, что в процессе изготовления единичных треков могут появляться различного рода дефекты: комкование (balling effect) (рисунок 1, а), трещины (рисунок 1, б), дефекты у основания трека (рисунок 1, в), поры (рисунок 1, г), глубокое проплавление (keyhole) (рисунок 1, д), комбинированные дефекты (рисунок 1, е). Параметры, при которых такие дефекты появлялись для порошков различного размера, отличаются. Установлено, что появление треков с дефектами в виде трещин характеризуется определенным отношением глубины ванны расплава к ее ширине.

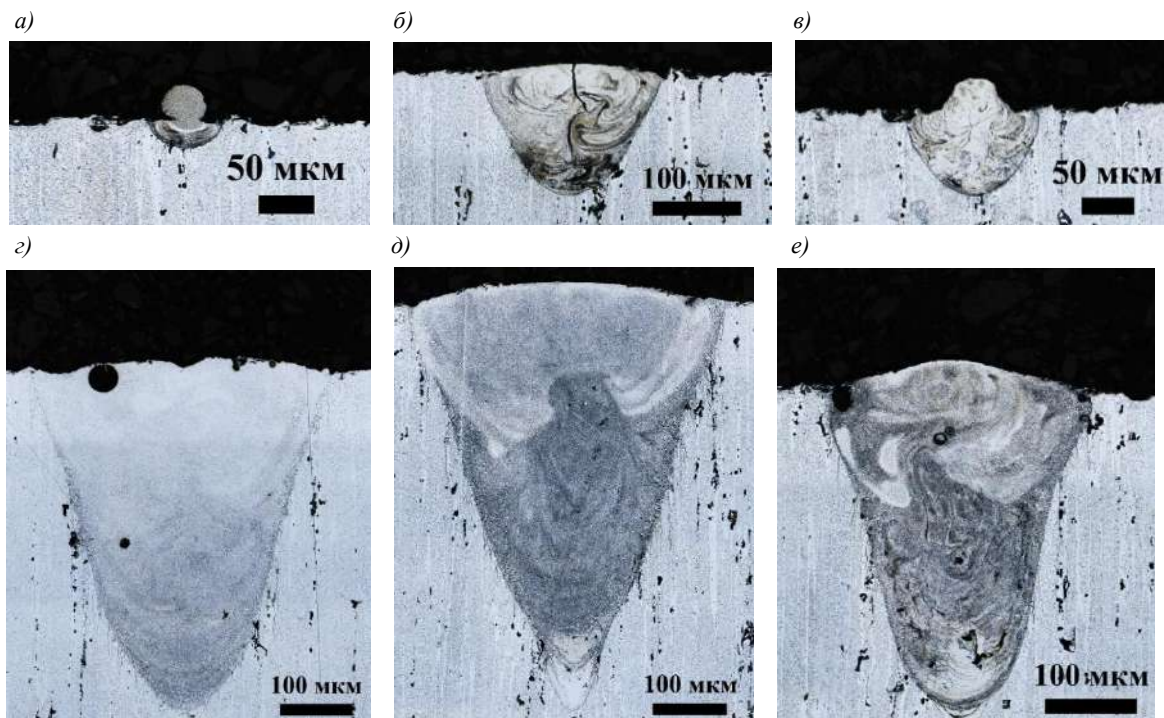


Рисунок 1 – Виды дефектов единичных треков: комкование (а), трещины (б), дефекты у основания трека (в), поры (г), глубокое проплавление (д), комбинированные дефекты (е)

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (код проекта FSFF-2023-0004).*

УДК 539.374

## РЕЗОНАНСНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИНУСОИДАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

А. В. ЯРОВАЯ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Слоистые, в том числе трехслойные, элементы конструкций широко применяются в различных отраслях промышленности. В связи с этим имеется необходимость разработки методов расчета подобных элементов на прочность, жесткость и устойчивость при статических и динамических нагрузках и воздействиях. В монографиях [1–4] предлагаются расчетные модели трехслойных стержней, пластин и оболочек, учитывающие не только различные внешние силовые нагрузки, но и влияние температурных и радиационных воздействий. Описаны гипотезы, применяемые для постановки краевых и начально-краевых задач. В статьях [5–7] рассмотрены колебания трехслойных круговых пластин, приведены аналитические решения ряда частных задач о динамическом воздействии различных равномерно распределенных локальных и нагрузок.

В данной работе исследованы малые осесимметричные поперечные колебания упругой трехслойной круговой пластины с легким наполнителем, возбужденные динамической поперечной