

Анализ структуры и свойств волокнистых материалов на основе компьютерной томографии

С. В. Ломов

Department of the Materials Engineering, KU Leuven, Belgium

<https://www.researchgate.net/profile/Stepan-Lomov>

<https://scholar.google.com/citations?user=oT5tHMEAAAAJ&hl=ru>

Волокнисто-армированные композиты — это иерархические материалы с особой микроструктурой на микро- (волокна, организованные в нити или слои, пропитанные связующим) и мезоуровне (слои, организованные в ламинаты, нити, организованные в текстильное армирование). На макроуровне текстиль или ламинаты преобразуются в трехмерные детали. Применение композитов определяется их макроскопическими термомеханическими и функциональными свойствами, особенно превосходными удельными свойствами. Иерархическая природа волокнистых композитов позволяет осуществлять проектирование материала с требуемыми макро-свойствами на мезо- и микроструктурном уровне.

Рентгеновской компьютерная томография (КТ) визуализирует внутреннюю структуру материала. Проектирование должно проводиться на основе количественной оценки визуализируемых характеристик и установления связи этих характеристик с механическими и функциональными свойствами. КТ открывает для этого два пути:

- Количественная оценка микроструктуры, производственных дефектов и повреждений в процессе эксплуатации. Примерами такой количественной оценки являются распределение ориентации волокон, размер, форма и пространственное распределение пустот, трещин в связующем или плотность разрывов волокон. Результаты количественной оценки могут быть использованы для присвоения локальных свойств в конечно-элементных моделях или служить основой для прогнозирования глобальных характеристик, а также для определения диапазонов свойств материала и их ухудшения из-за повреждений. При интеграции с процессом оптимизации проектирования результаты количественной оценки позволяют анализировать и совершенствовать конструкции, опираясь на глубокое понимание микроструктуры материала.
- Создание «цифрового двойника» материала, который воспроизводит геометрию микроструктурных элементов и дефектов с максимально возможной точностью; пространственное разрешение рентгеновской компьютерной томографии является одним из факторов, ограничивающих эту точность. Это является основой для построения механических и физических моделей (чаще всего конечно-элементных), которые позволяют моделировать поведение материала в процессе эксплуатации и рассчитывать его характеристики, а следовательно, и свойства.

Доклад основан на исследованиях, проведенных на кафедре материаловедения Лёвенского университета в сотрудничестве с другими группами по всему миру, которые обобщены в главе книги:

S.V. Lomov, S. Ahmadvash Aghbash, Ch. Breite, R. Guo, R. Karamov, M. Mehdikhani, J. Soete, I. Straumit, S. Upadhyay, Y. Zhao, M. Wevers, Y. Swolfs, *Quantifying tomographic images of fiber-reinforced composites*, In: *Visualisation in industrial X-ray computed tomography*, eds. Ch. Heinzl, T. Sauer, N. Uhlmann. Springer, to appear in 2026

а также вошли в обзорную статью

He, D., Y. Chen, C. Breite, M. Y. Matveev, L. Turpin, E. Syerko, G. Couégnat, J. Soete, M. Mehdikhani, S. V. Lomov, Y. Swolfs and P. J. Withers (2025). "Multiscale image-based modelling of composite materials." *International Materials Reviews*, 70: 615 - 647.

<https://doi.org/10.1177/09506608251363653>