

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Аникина Василия Алексеевича**  
«Модифицирование поверхности углеродного волокна из полиакрилонитрильных  
волоконистых материалов высокодозным облучением ионами инертных газов»,  
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 05.16.06 - Порошковая металлургия и композиционные материалы

Диссертационная работа Аникина В.А. посвящена актуальной и важнейшей проблеме по разработке ионно-плазменных методов получения углеродного волокна с гофрированной поверхностью путем установления закономерностей и факторов ионно-индуцированного субмикронного гофрирования с использованием современных ионно-плазменных методов обработки и исследования поверхности.

Композиционные материалы, армированные углеродным волокном обладают очень высокими прочностными свойствами, в т.ч. при экстремальных температурах, что делает их незаменимыми при использовании в современных и перспективных ядерных и ракетных энергетических установках. Однако, существуют проблемы, связанные с обеспечением высокой адгезии волокна и применяемой матрицы композиционного материала, что влияет кардинальным образом на функциональные свойства материала. Одним из методов модифицирования волокон является ионно-плазменное травление. Изучение закономерностей эволюции микроструктуры волокон и разработка метода ионно-плазменного травления является перспективной задачей, решаемой в работе Аникина В.А.

Актуальность и новизна материалов, представленных в диссертации Аникина Василия Алексеевича обусловлена тем, что полученные результаты вносят заметный вклад в установление принципов модифицирования углеродных волокон ионно-плазменной обработкой, обеспечивающей высокие прочностные свойства, представления о термической стойкости подученной гофрированной структуры волокон.

Большой научно-практический интерес вызывают результаты исследования роли сорта и энергии ионов на характер образования гофрообразных субмикронных структур. В частности, установлено, что развитая субмикронная гофрированная структура поверхности волокна при пробеге ионов в графите 20-40 нм образуется, начиная с температуры, соответствующей температуре динамического отжига радиационных нарушений в графитовых материалах. Автором обнаружены закономерности, заключающиеся в образовании гофрообразных структур при повышенных температурах облучения с зависящим от сорта и энергии ионов минимумом величин углов наклона и доли гофров на вершинной части волокна. С практической точки зрения работа очень важная, т.к. автором показано, что ионно-индуцированная гофрированная структура является термически стойкой до температур не менее 2400°С и практически не изменяет механические свойства углеродного волокна.

К автореферату имеются следующие замечания:

1. Для оценки адгезионных свойств волокна целесообразно провести анализ гофрированной структуры с помощью высокоразрешающей микроскопии.
2. Из данных, представленных на рисунке 5б, не ясно, почему доля гофрированной структуры при облучении ионами аргона обращается в «0» при 350 – 500 °С.

Несмотря на высказанные замечания, считаю, что диссертация в целом по новизне, научной и практической значимости полученных результатов отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор Аникин Василий Алексеевич заслуживает учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 - Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Научный сотрудник отдела нанотехнологий Государственного научного центра Российской Федерации – федерального государственного унитарного предприятия «Исследовательский центр имени М.В. Келдыша», кандидат технических наук  
125438, Москва, ул. Онежская 8,  
тел. (495) 456-64-12 доб. 773,  
e-mail: trynano@gmail.com

Л.Е. Агуреев

02 декабря 2019 года

Подпись научного сотрудника Агуреева Леонида Евгеньевича удостоверяю:

Учёный секретарь  
ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша»,  
к.в.н.



Ю.Л.Смирнов