

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Игнатьева Семена Дмитриевича «Вязкость разрушения и внутренние напряжения композиционных материалов на основе карбонизованных полимерных матриц», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 25.12.2024.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 14.10.2024, протокол № 23.

Диссертация выполнена на кафедре физической химии и НИЦ композиционных материалов НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – с.н.с. Центра композиционных материалов НИТУ МИСИС, доцент кафедры физической химии НИТУ МИСИС, к.т.н. Степашкин Андрей Александрович.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 23 от 14.10.2024) в составе:

1. Конюхов Юрий Владимирович – д.т.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС, и.о. заведующего кафедрой обогащения и переработки полезных ископаемых и техногенного сырья НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. Ховайло Владимир Васильевич - д.ф.-м.н, профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС;

3. Коссович Елена Леонидовна - д.т.н., старший научный сотрудник НИИЛ физико-химии углей НИТУ МИСИС;

4. Бурмистров Игорь Николаевич - д.т.н., директор инжинирингового центра федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова»;

5. Страумал Борис Борисович – д.ф.-м.н., заведующий лабораторией поверхностей раздела в металлах федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твёрдого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук.

В качестве ведущей организации утверждено Акционерное общество «Комполит», г. Королёв.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Разработан комплексный алгоритм оценки величины остаточных напряжений в композиционных материалах с карбонизованной полимерной матрицей от микромасштабного до макромасштабного уровня;

- Установлены взаимосвязи между составом композиционных материалов на основе карбонизованных полимерных матриц, температурными режимами их получения и величиной остаточных напряжений;

- Определена геометрия поля деформаций у вершин наведенных трещин, показана применимость коэффициента интенсивности напряжений для оценки вязкости разрушения композиционных материалов с полимерными матрицами, подвергнутыми карбонизации;



- Произведен анализ влияния предельных температур карбонизации, состава композиционного материала, геометрических параметров наведенной трещины на величину критического коэффициента интенсивности напряжений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Предложена модель оценки остаточных напряжений, позволяющая проанализировать их разномасштабное распределение в структуре материала;
- Проведена модернизация существующего алгоритма расчета остаточных напряжений с помощью метода микрокольцевого ионного травления посредством сегментации областей микромасштабного анализа;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Для композиционных материалов с карбонизованными матрицами произведена экспериментальная оценка остаточных напряжений от микромасштабного до макромасштабного уровня. Определены величины и характер распределения напряжений в матрице, в отдельных частицах наполнителей на границах раздела наполнитель-матрица;
- Определены величины внутренних напряжений в вулканизованных и карбонизованных образцах. Показано, что формоизменения в процессе карбонизации образцов композиционных материалов обусловлены величиной внутренних напряжений, возникающих на стадии вулканизации;
- Изучено распределение полей деформаций у вершины наведенной трещины, а также динамика ее распространения в зависимости от структуры композиционных материалов;
- Выявлены закономерности влияния предельных температур карбонизации, состава композита и геометрических параметров наведенной трещины на величину критического коэффициента интенсивности напряжений;
- С использованием статистических моделей показано отсутствие влияния размеров наведенной трещины на величину критических коэффициентов интенсивности напряжений. Установлены закономерности их изменения от состава и температурных режимов карбонизации композиционных материалов;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность экспериментальных результатов обеспечивается за счет использования современного аналитического оборудования, научно обоснованных современных методик проведения измерений, необходимого количества измерений характеристик материалов, обеспечивающих последующую систематизацию и анализ с использованием статистических моделей

Личный вклад соискателя состоит в:

анализе литературных источников и формировании аналитического обзора литературы, подготовке образцов карбонизованных композитов для последующих испытаний, разработке алгоритма оценки разномасштабных остаточных напряжений, подборе наиболее оптимальных статистических моделей анализа гипотез, проведении

экспериментальных работ по оценке остаточных напряжений, вязкости разрушения и физико-механических характеристик карбонизованных композитов, систематизации и статистической обработке данных.

Соискатель представил 12 печатных работ, из которых 4 работы в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ и в базы Web of Science/Scopus.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Игнатъева С.Д. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований предложены новые теоретические и экспериментальные подходы к исследованию механизмов возникновения и развития внутренних напряжений в процессе карбонизации полимерных матриц, в композиционных материалах, обеспечивающие оптимизацию технологических параметров и составов, с целью минимизации формоизменений и увеличения вязкости разрушения, что имеет важное значение для индустрии полимерных композиционных материалов.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Игнатъеву Семену Дмитриевичу ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 - «Физика конденсированного состояния».

При проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



/Конюхов Ю.В./

25.12.2024