

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль 22.06.01 Технологии материалов (05.16.06)  
Школа Исследовательская школа новых производственных технологий  
Отделение материаловедения

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
Гетеромодульные композиционные материалы на основе $Zr_x(B,C)_y - (SiC, BN, C)$ , получение и свойства

УДК 620.22-419.8:004.942

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-48	Мировой Юрий Александрович		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин Сергей Викторович	д.т.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель отделения материаловедения	Клименов Василий Александрович	д.т.н., профессор		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Буюкова Светлана Петровна	д.т.н., профессор		

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Разработка гетеромодульных керамических композитов открывает новые возможности для высокоскоростных фрикционных контактов с позиции стабильности коэффициента трения в широком интервале скоростей. Пиролитический углерод, гексагональный нитрид бора и полифазная керамическая матрица в композитах  $Zr_x(B,C)_y - (SiC, BN, C)$ , представляют собой мягкие и жесткие фракции, соответственно, и играют при этом разные роли в процессе трения и изнашивания. Углерод и нитрид бора обеспечат смазку, предотвращающую заедание во время торможения, а полифазная керамическая матрица обеспечит высокое сопротивление изнашиванию в процессе торможения. Преимущество присутствия в разрабатываемых композитах соединений циркония  $ZrB_2$ ,  $ZrC$  и  $SiC$  в том, что они могут быстро образовывать защитный окисленный слой во время торможения для предотвращения окисления углерода. Гетеромодульные материалы обладают экстраординарно высокой толерантностью к различным механическим статическим и динамическим нагрузкам, имеют повышенную ударную вязкость и ударную прочность, обусловленные присущим им способностям поглощать и рассеивать упругую энергию, выделяемую при распространении трещины, затуплять и отклонять распространяющуюся трещину. Высокая вязкость и ударная прочность достигаются при выполнении неравенства для отношения энергии адгезионного разрыва границы раздела «матрица-включение» к энергии когезионного разрушения матрицы. Актуальность данного направления подтверждается выполнением исследований, представленных в настоящей работе, при финансовой поддержке Федеральной Целевой Программы «Разработка гетеромодульных наноструктурных керамических композитов и методов их 3D формования», тема № 14.584.21.0026, проекта РНФ № 18-72-00057 «Физическая кинетика самозалечивания макродефектов в гетеромодульных керамических

композитах», программы фундаментальных исследований СО РАН Ш.23.2.3 «Разработка научных основ синтеза и исследование свойств материалов с иерархически организованной внутренней структурой на основе оксидов, боридов, карбидов».

**Цель исследования** выявление роли низко модульных включений в высоко модульной матрице тугоплавких соединений циркония в формировании механических свойств гетеромодульных композитов.

**Научная новизна.**

1. В работе предложен метод определения коэффициента интенсивности напряжений с применением образца с односторонним V-образным боковым надрезом, для корректного описания поведения материала при реализации механизма Кука-Гордона при взаимодействии трещины с интерфейсом «матрица-низко модульные включения».
2. Предложен метод послойного снятия отпечатков пирамиды Виккерса на гетеромодульных композиционных материалах, для установления роли низко модульных включений и реализации механизма диссипации энергии трещины на границе «матрица-включение».