

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ВСЕРОССИЙСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО МАТЕМАТИКЕ И МЕХАНИКЕ

2 – 4 октября 2018 г.

Тезисы докладов

Издательский Дом Томского государственного университета

2018

# Исследование распространения волн в монокристаллах жаропрочных никелевых сплавов\*

Кривошеина М.Н.<sup>1,2</sup>, Туч Е.В.<sup>1</sup>, Майер Я.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,*

<sup>2</sup>*Томский государственный университет*

Развитие современных авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) привело к необходимости создания специальных жаропрочных никелевых сплавов для литья монокристаллических лопаток газовой турбины, работающих в экстремальных условиях (высокие температуры – порядка  $0,8T_{пл}$ , экстремальные механические напряжения, длительная эксплуатация до 10 000 ч, агрессивные среды). Современная тенденция развития литейных жаропрочных никелевых сплавов заключается в использовании дефицитных элементов – таких как рений и рутений. Применение рения и рутения обеспечит повышение на 50–60°C рабочей температуры монокристаллических лопаток из этих сплавов. Сплав характеризуется ауксетичностью (отрицательным коэффициентом Пуассона – способностью испытывать деформацию того же знака в перпендикулярном направлении, что и у нагрузки) в некоторых направлениях, а также отличием упругих постоянных в 2,5 раза вдоль некоторых направлений. Из-за значительной анизотропии механических свойств монокристаллов жаропрочных никелевых сплавов характеристики прочности при растяжении будут зависеть от кристаллографической ориентации. Поэтому для расчетов конструкционной прочности монокристаллических лопаток и ресурсного проектирования ГТД используются данные о температурно-ориентационной зависимости упругих и прочностных свойств этих сплавов, таких как модуль упругости Юнга, коэффициент Пуассона, предел текучести и прочности вдоль кристаллографических осей.

С помощью численного моделирования получены волновые картины деформирования преград из жаропрочного никелевого сплава V поколения ВЖМ8 при их ударном нагружении алюминиевым ударником со скоростью 212 м/с. Механические свойства, использованные в расчетах, определены в работе [1] при рабочей температуре 800° С. Получены профили скоростей тыльной поверхности

---

\*Работа выполнена по проекту 23.1.2 в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы.

преграды из сплава ВЖМ8 для случаев ударного нагружения в направлениях кристалла (001), (111) и (011) с начальной скоростью 212 м/с.

### Список литературы

1. Соловьев А.Е., Голынец С.А., Хвацкий К.К. Анизотропия характеристик упругости при растяжении монокристаллических жаропрочных никелевых сплавов: Электронный научный журнал «Труды ВИАМ», 2017, №10. DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-10-12-12.

## Деформирование и разрушение полимерных композитов, армированных стекловолокном\*

Кривошеина М.Н.<sup>1,2</sup>, Туч Е.В.<sup>1</sup>, Негматов М.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,*

<sup>2</sup>*Томский государственный университет*

В последние годы полимерные композиты, армированные S2-стекловолокном, рассматриваются в качестве важного компонента в системах композитной цельнолитой брони. По этой причине вызывает интерес отклик таких материалов на ударное нагружение в широком диапазоне напряженных состояний. Обширные исследования упругих свойств, откольной прочности и уравнения состояния в рамках высокоскоростного нагружения были проведены [1] Дандекармом, Ботелером, Троттом и Юанем, в диапазоне более низких скоростей - (100-250) м/с эти исследования дополнены работами [2] Цая и Пракаша. Распространение ударных волн в полимерные композиты, армированных S2-стекловолокном, сопровождается расслаиванием стеклянных нитей и полимерной смолы, возникновением микротрещин в нитях, разрывом нитей при растяжении. Эти процессы приводят к рассеиванию, затуханию и дисперсии распространяющихся ударных волн. Скорость распространения ударных волн в полимерных композитах, армированных S2-стекловолокном, из-за анизотропии упругих свойств зависит от направления распространения. Например, упругие свойства стеклопластика на основе полимерной смолы Сусом 4102, армированной S2-стекловолокном, характеризуются шестью независимыми упругими постоянными. Поэтому наряду с многочисленными экспериментальными исследованиями упругих и прочностных свойств стеклопластиков при их ударном нагружении является актуальным исследование волновой картины деформирования и разрушения с помощью численных ме-