

Сведения о выполненных работах и полученных научных результатах
в период с 27.07.2022 г. по 30.06.2023 г.

по проекту **«Разработка методики компьютерного моделирования деформации и разрушения титановых сплавов в условиях динамических воздействий с целью создания конструкций транспортных систем и энергетического оборудования»**,
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 22-79-00162

Руководитель: Скрипняк Владимир Владимирович, канд. физ.-мат. наук

Проектирование легких и надежных 3D конструкций из титановых сплавов для эксплуатации в условиях квазистатических и динамических режимов нагружения требует разработки расчетных методов и моделей повышенной точности и адекватности. Решение этой задачи связано с необходимостью валидации моделей с использованием экспериментальных данных о механическом отклике сплавов на физико-механические воздействия, выходящих за рамки стандартных испытаний на одноосное растяжение и сжатие. Полученные результаты исследований общих закономерностей деформирования и разрушения альфа-титановых сплавов с гексагональной плотноупакованной (ГПУ) кристаллической решеткой при испытаниях на продавливание пуансоном могут быть использованы для обоснования определяющих зависимостей, моделей повреждения и разрушения других ГПУ сплавов на основе на Zr, Be, Hf. Испытания на продавливание тонких пластин из металлов и сплавов полусферическими инденторами позволяют изучать механическое поведение материалов при упругопластическом деформировании в условиях сложного напряженного состояния.

В отчетный период были выполнены следующие работы:

1. Подготовлены и проведены экспериментальные исследования по продавливанию полусферическим индентором диаметром 20 мм дискообразных образцов титанового сплава BT1-0 толщиной 0.8 ± 0.005 мм со скоростями от 0.5, 1, 5, 10 м/с.
2. Подготовлены и проведены экспериментальные исследования по продавливанию полусферическим индентором диаметром 20 мм дискообразных образцов титанового сплава BT5-1 толщиной 1.2 ± 0.005 мм в диапазоне скоростей от 0.5, 1, 5, 10 м/с.
3. Разработана вычислительная модель для имитационного численного моделирования процессов продавливания дискообразных тел полусферическим индентором.
4. Проведено имитационное численное моделирование процессов продавливания дискообразных тел полусферическим индентором для условий проведенных экспериментов для определения закономерностей развития деформаций и вязкого разрушения титановых сплавов.

5. Выполнен анализ и обобщение полученных экспериментальных данных и полученных в результате моделирования диаграмм «напряжения-деформации» при продавливании дискообразных плоских образцов титановых сплавов (BT1-0, BT5-1) в диапазоне скоростей от 0.5, 1, 5 м/с при комнатной температуре.

6. Подготовлены и опубликованы три статьи с результатами исследований, включая статью в журнале Materials, реферируемом в базах Scopus и/или WoS (Q2).

7. Подготовлены и представлены на двух международных конференциях устные доклады о полученных результатах.

При выполнении проекта были получены экспериментальные данные при продавливании дискообразных плоских образцов титановых сплавов (BT1-0, BT5-1) со скоростями 0.5, 1, 5, 10 м/с и обобщены в виде определяющих уравнений и моделей разрушения. Были получены новые экспериментальные данные об изменении во времени прогибов и усилий продавливания плоских дискообразных образцов титановых сплавов BT1-0, BT5-1 под воздействием полусферического индентора со скоростями 0.5, 1, 5, 10 м/с. С помощью имитационного численного моделирования экспериментов получены закономерности изменения полей эквивалентных напряжений и деформаций в дискообразных телах в процессе динамического продавливания полусферическим индентором. Анализ эволюции полей напряжений и деформаций показал, что максимальные значения пластической деформации в зоне трещины разрушенных пластин из сплавов BT1-0 и BT5-1 значительно превышали известные в литературе значения макроскопического удлинения δ . Полученные результаты свидетельствуют о том, что на пространственное распределение повреждений и форму трещины в тонком листе титанового сплава при продавливании полусферическим пуансоном существенное влияние оказывает его скорость и деформационная анизотропия материала. Результаты видеосъемки показывают, что при всех режимах нагружения в сплаве BT1-0 формировавшаяся трещина была окружного типа и радиального типа в сплаве BT5-1. Разрушение сплавов BT5-1 и BT1-0 имеет вязкий характер при скоростях деформации от 10 до 1000 1/с, при значениях параметра трехосности напряжений 0.65 и начальной температуре 295 К.