

Сведения о выполненных работах  
в период с 15.07.2020 г. по 30.06.2021 г.

по проекту **«Создание методики компьютерного моделирования механического поведения титановых сплавов в условиях сложного напряженного состояния при квазистатических и динамических воздействиях»**,  
поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 20-79-00102

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

Титановые сплавы являются важными конструкционными материалами для изготовления легких, надежных и коррозионностойких деталей механизмов и машин, элементов конструкций авиационно-космических и транспортных систем. Несмотря на большой объем проведенных исследований, проектирование 3D изделий из титановых сплавов со сложной геометрической формой, допускающих динамические воздействия при эксплуатации, представляет серьезную научно-техническую задачу. Сложности прогнозирования механического отклика титановых сплавов обусловлены чувствительностью их деформационных и прочностных свойств к изменению фазового состава, зеренной структуры и текстуры при квазистатических и динамических нагрузках.

Получение более полной информации о закономерностях локализации пластической деформации при квазистатическом и высокоскоростном растяжении альфа+бета титанового сплава ВТ6 (Ti-6Al-4V) и технически чистого титана ВТ 1-0 (Grade 2) способствует повышению точности прогнозов ресурса ответственных конструкций энергетических и транспортных систем, авиационно-космической техники из титановых сплавов при динамических нагрузках, а также получению требуемых прочностных и деформационных свойств титановых сплавов в результате целенаправленного изменения их структуры.

В соответствии с техническим заданием проекта в 2020-2021 г проведены:

- исследования влияния сложного напряженного состояния на механическое поведение и разрушение технически чистого титана ВТ1-0 (Grade 2) и альфа+бета титанового сплава ВТ6 в диапазоне скоростей деформации от 0.1 до 1000 1/с. Испытания проводились на стенде Instron VHS 40/50-20 на плоских образцах с постоянным сечением рабочей части и образцах с надрезом. Поля деформаций в образце определялись методом корреляции цифровых изображений (DIC).

- исследования влияния параметра трехосности напряженного состояния на распределение пластических деформаций в объеме титановых сплавов с различной фазовой структурой (ВТ1-0, ВТ6) при квазистатическом и динамическом нагружении;

- исследования распределений пластических деформаций при зарождении микрповреждений, стадии формирования и роста трещины в титановых сплавах с различной фазовой структурой;

- исследования влияния комбинации скорости деформации и параметра трехосности напряженного состояния на пластичность, закономерности деформационного упрочнения титановых сплавов с разным фазовым составом на примере сплавов ВТ1-0, ВТ6.

При выполнении проекта были получены новые экспериментальные данные об эволюции полей перемещений и деформаций во времени плоских образцов титановых сплавов ВТ1-0, ВТ6 с радиусами надрезов 10,5, 2.5 мм и образцов без надрезов при растяжении со скоростями деформации 0.1, 100, 1000 1/с при комнатной температуре

Анализ эволюции полей деформации показал, что технически чистый титан ВТ1-0 разрушается за счет зарождения, роста и слияния микроповреждений в полосах локализованной пластической деформации.

Обнаружено, что снижение сопротивления деформированию из-за разогрева материала в зоне локализации деформации в результате диссипации работы напряжений, приводит к уменьшению чувствительности предельных деформаций к концентратору напряжений в технически чистом титане (сплаве ВТ1-0). Отметим, что при скорости деформации 1000 1/с влияние сложного напряженного состояния на предельную деформацию до разрушения сплава ВТ1-0 минимально.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в сплаве ВТ6 трещина зарождается в зоне наибольшего градиента эквивалентной пластической деформации, реализующегося вблизи полос локализации. Поэтому влияние параметра трехосности напряженного состояния на предельные деформации в сплаве ВТ6 сохраняется с ростом скорости деформации в диапазоне от 0.1 до 1000 1/с.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены диаграммы деформирования титановых сплавов ВТ1-0 и ВТ-6 (зависимости технических напряжений от условных деформаций, истинных напряжений от истинных деформаций) при растяжении плоских гладких образцов и образцов с надрезами, имевших радиусы 10, 5, 2.5 мм. Диаграммы деформирования получены при скоростях эффективной деформации 0.1, 100, 1000 1/с при комнатной температуре.

Результаты выполненных исследований по проекту указывают на то, что скорость деформации и вид напряженного состояния относятся к факторам, определяющим развитие разрушения альфа и альфа+бета титановых сплавов при растягивающих нагрузках, и должны быть учтены для получения адекватного прогноза ресурса изделий.