ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/66

**ВЛИЯНИЕ КРИСТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОРИЕНТАЦИИ ЗЕРЕН СПЛАВА ВТ1-0
НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ
СКРЕТЧ-ТЕСТИРОВАНИЯ**

¹Шугуров А.Р., ^{1,2}Панин А.В., ^{1,3}Дмитриев А.И., ^{1,3}Никонов А.Ю.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия*

²*Томский политехнический университет, Томск, Россия*

³*Томский государственный университет, Томск, Россия*

Благодаря уникальному сочетанию таких свойств как высокое соотношение механических характеристик к плотности, высокая коррозионная стойкость и низкая теплопроводность титан и сплавы на его основе являются одними из наиболее перспективных конструкционных материалов. Однако их существенным недостатком остается низкая износостойкость. Для повышения трибологических характеристик титановых сплавов необходимо детальное исследование влияния их микроструктуры на механизмы их абразивного, адгезионного, усталостного и др. видов изнашивания и их зависимости от микроструктурных параметров. Данная работа посвящена изучению влияния кристаллографической ориентации зерен образцов титанового сплава ВТ1-0 на их пластическую деформацию при скретч-тестировании, которое является аналогом абразивного изнашивания.

Исследуемые образцы представляли собой пластины из технически чистого титана ВТ1-0 в состоянии поставки, подвергнутые механической шлифовке и последующей электролитической полировке. Кристаллографическую ориентацию зерен на поверхности образцов определяли методом дифракции обратно рассеянных электронов. Твердость и модуль упругости зерен измеряли методом наноиндентирования с использованием пирамидки Берковича. При проведении скретч-тестов использовался конический индентор. Топографию поверхности образцов после скретч-тестирования исследовали методом атомно-силовой микроскопии.

Показано, что различие кристаллографических ориентаций зерен сплава ВТ1-0 обуславливает различный характер их пластической деформации в процессе царапания индентором. Результат пластического оттеснения материала из области контакта определяется ориентацией плоскостей легкого скольжения относительно направлений приложения к индентору нормальной и тангенциальной нагрузок. Навалы из вытесненного материала могут образовываться как преимущественно с одной стороны царапины, так и по обеим ее сторонам (рис. 1). При этом не наблюдается однозначной корреляции между твердостью зерен и остаточной глубиной царапин на их поверхности, т.е. в более твердых зернах объем вытесненного из царапины материала может быть больше, чем в более мягких.

Для того чтобы детально проследить эволюцию деформационных дефектов в зернах поликристаллического титана при скретч-тестировании и учесть в явном виде влияние их кристаллической структуры на механизмы пластического оттеснения, было проведено молекулярно-динамическое моделирование процесса их царапания жестким индентором. Установлено, что в зависимости от кристаллографической ориентации модельных кристаллитов титана дислокации, возникающие в процессе латерального перемещения индентора, могут как локализоваться в верхней части кристаллита, так и распространяться в объем материала. В первом случае локальная плотность дислокаций в области контакта индентора с кристаллитом оказывается существенно выше.

На основании результатов экспериментальных исследований и молекулярно-динамического моделирования предложена модель, связывающая отсутствие корреляции между остаточной глубиной царапин в зернах титана и их твердостью с различным характером пластического оттеснения материала из зоны контакта с индентором. Согласно этой модели, в зависимости от ориентации зерен по отношению к их свободной поверхности и направлению движения индентора материал, находящийся в области навала перед

Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

Рис. 1. АСМ-изображения (а, б) и соответствующие профили поперечного сечения (в, г) царапин, сформировавшихся при перемещении индентора на поверхности зерен образца ВТ1-0 с различной кристаллографической ориентацией. Стрелками показано направление движения индентора

индентором и испытавший деформационное упрочнение под действием тангенциальной силы, может как вытесняться из царапины, так и оставаться внутри нее. В первом случае, индентор в процессе царапания взаимодействует с исходным неупрочненным материалом, а во втором случае в области контакта преимущественно находится деформационно-упрочненный материал. Поскольку твердость упрочненного материала может быть существенно выше, чем величина, определенная в данном зерне до его нагружения, то и остаточная глубина царапины оказывается меньше.

Полученные в работе результаты свидетельствуют о необходимости учета влияния кристаллографической ориентации кристаллических материалов на механизмы их пластического оттеснения при прогнозировании их стойкости к абразивному износу. Выявленные закономерности важны как для понимания процессов, развивающихся в микро- и нанотрибологии, где даже в случае поликристаллических материалов контактное взаимодействие происходит в пределах одного зерна, так и для разработки методов повышения износостойкости материалов путем модификации структуры их поверхностного слоя с целью направленного формирования в нем преимущественной ориентации зерен с максимальным сопротивлением износу.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Томской области в рамках научного проекта № 18-48-700009.