ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

**посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/269

**ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V, ПОДВЕРГНУТОГО УЛЬТРАЗВУКОВОЙ
УДАРНОЙ ОБРАБОТКЕ В РЕЖИМЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ**

Синякова Е.А., Панин А.В., Мартынов С.А., Буйлук А.О.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Обработка поверхностным пластическим деформированием является одним из перспективных методов для повышения износостойкости титанового сплава Ti-6Al-4V, характеризующегося высоким коэффициентом трения и низкой стойкостью к изнашиванию. Ультразвуковая ударная обработка первоначально была разработана как метод снижения концентраций напряжений и смены остаточных растягивающих напряжений на сжимающие в сварных соединениях. В настоящее время ультразвуковая ударная обработка успешно применяется для повышения износостойкости конструкционных материалов, в том числе и титанового сплава Ti-6Al-4V, путем создания в их поверхностных слоях нанокристаллической структуры и формирования остаточных сжимающих напряжений. Совмещение ультразвуковой ударной обработки и электроискрового легирования может обеспечить формирование твердых и износостойких покрытий на образцах титанового сплава Ti-6Al-4V не только за счет измельчения микроструктуры поверхностного слоя, но и за счет образования оксидных, карбидных и интерметаллидных титановых фаз. Кроме того, в покрытии и под ним может образовываться поле сжимающих остаточных напряжений, что также будет способствовать значительному улучшению механических характеристик титанового сплава Ti-6Al-4V. В настоящей работе изучены микроструктура, элементный и фазовый состав, а также механические свойства модифицированных поверхностных слоев титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных путем совмещения ультразвуковой обработки и электроискрового легирования.

Ультразвуковую ударную обработку в режиме электроискрового легирования поверхностных слоев титанового сплава Ti-6Al-4V проводили на установке И-4/1-2.0 путем возбуждения в обрабатываемом инструменте (индентор) ультразвуковых колебаний. Амплитуда и частота колебаний рабочей поверхности волновода составляли 15 мкм и 23 кГц, соответственно. Скорость сканирования индентора по поверхности пластины при ультразвуковой обработке составляла по оси x –1.7 мм/с, по оси y –4.4 мм/с, шаг сканирования ~ 0,1 мкм. Нагрузка на индентор составляла 27 кг. Индентор был изготовлен из твердого сплава Co-WC и его химический состав (в вес.%) составляет 11.47% Co, 78.07% W, 8.60% C, 1.86% O. Чтобы объединить ультразвуковую ударную обработку и электроискровое легирование образец из титанового сплава и индентор были подключены к источнику тока в качестве анода и катода, соответственно. Воздействие током проводили в импульсном режиме с частотой тока 300 Гц, длительностью импульса 30 мкс и силой тока 500 А. Показано, что в процессе ультразвуковой ударной обработки в режиме электроискрового легирования на поверхности образцов Ti-6Al-4V происходит сильный нагрев и локальное плавление как самого образца, так и индентора, что приводит к переносу материала индентора на поверхность титанового образца. Кроме того, в процессе обработки происходит интенсивный захват кислорода и азота из атмосферы. В результате на поверхности образцов титанового сплава Ti-6Al-4V формируется непрерывное сплошное покрытие без трещин и плотно сцепленное с подложкой. Толщина покрытия составляет 50 мкм. Ниже наблюдается область, испытывающая пластическую деформацию, в результате ударного процесса. Методом оптической микроскопии, энергодисперсионного и рентгеноструктурного анализа продемонстрировано влияние ультразвуковой ударной обработки в режиме электроискрового легирования на микроструктуру, фазовый и элементный состав образцов титанового сплава Ti-6Al-4V.

Измерение микротвердости на боковой грани исследованных образцов Ti-6Al-4V наглядно демонстрирует, что ультразвуковая ударная обработка в режиме электроискрового

Секция 7. Тонкие пленки и многослойные покрытия как иерархически организованные структуры

легирования приводит к увеличению твердости поверхностного слоя. На кривых распределения микротвердости по глубине на боковой грани образцов Ti–6Al–4V можно выделить участок с постоянной твердостью, ограниченный толщиной покрытия, за которыми следует участок градиентного уменьшения твердости, соответствующий зоне пластической деформации. Максимальное увеличение твердости до 15 ГПа наблюдается в покрытии, а общая толщина упрочненного слоя составляет 200 мкм.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 18-19-00559.