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: 10.17223/9785946219242/297

ИССЛЕДОВАНИЕ УГЛОВЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВЫХОДА УПРУГО И ДИСКРЕТНО РАССЕЯННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ИЗ ДЕФОРМИРОВАННОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V

¹Шулепов И.А., ²Ломыгин А.Д., ^{2,3}Ботаева Л.Б., ²Лаптев Р.С., ¹Наркевич Н.А., ²Кашкаров Е.Б., ²Сыртанов М.С.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²НИИ Томский политехнический университет, Томск

³Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск

При любой модификации твердого тела, таких как имплантация высокоэнергетических ионов, термическая обработка, деформация, легирование, изменяются энергетические состояния электронов атомов, составляющих твердое тело. Это связано с тем, что атомы меняют своё расположение в кристаллической структуре, изменяется химическое окружение атомов, деформируется кристаллическая структура по сравнению с исходным состоянием.

Известны работы [1,2], посвященные выявлению влияния модификации твердого тела на изменение формы спектров вторичных электронов, включая упруго и дискретно рассеянные электроны, а так же изменению этих спектров в зависимости от угла выхода вторичных электронов.

В данной работе ставилась задача исследования изменения выхода упруго и дискретно рассеянных электронов в зависимости от угла выхода из поверхности сплава ВТ6 после продольно винтовой прокатки при температуре 1000°C. Образцы имели размеры 5x10 мм², толщиной 1 мм. Поверхность шлифовалась и полировалась до шероховатости по R_a = 0,05 мкм и промывались, с целью удаления загрязнений.

Оже-спектрометр 09ИОС10 оснащён энергоанализатором типа «цилиндрическое зеркало» (АЦЗ). Анализатор этого типа состоит из двух коаксиальных полых металлических цилиндров (см. рис. 1а). Во внутреннем цилиндре 5 имеются окна 5 и 6 для прохождения входящих и выходящих вторичных электронов соответственно. К внешнему цилиндру 1 прикладывается отрицательное, по отношению к внутреннему цилиндру, изменяющееся напряжение, которое модулируется синусоидальным сигналом частотой f .

Электронный пучок 4, энергией E_0 , формируемый источником электронов 3 иницирует вторичную электронную эмиссию 7 из приповерхностной области образца 9. Электроны, влетевшие в энергоанализатор с некоторой скоростью под углом влета θ в результате отклонения от первоначальной траектории под действием электрического поля, будут двигаться по криволинейной траектории и сфокусируются на выходе в точке, в которой располагается электронный умножитель 8. При этом образец 9 должен находиться также в фокусе анализатора, в данном случае на расстоянии 12 мм от торца внешнего цилиндра, при этом угол вылета вторичных электронов $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ составляет 10 градусов.

Зависимости от угла выхода (см. рис. 2) из поверхности сплава ВТ6 определялись из спектров (см. рис. 1б), регистрируемых при приближении образца 9 из фокуса анализатора, уменьшая расстояние до него с 12 до 4 мм. При этом изменение угла регистрации $\Delta\theta$ составило 22 градуса.

Результаты исследований (см. рис. 2) выявили значительное изменение спектров упруго и дискретно рассеянных электронов. Во-первых, интенсивности выхода электронов не равномерно распределены в облаке вторично-электронной эмиссии. Во-вторых, интенсивности выхода и энергии электронов из деформированного сплава отличаются по сравнению с исходным состоянием. Таким образом, можно сделать вывод, что при деформации происходит перестроение энергетических уровней электронов, а из-за этого изменяется энергия плазмонов. Скорее всего это связано с перестройкой кристаллической решётки при деформации, когда атомы меняют своё положение [3].

Рис. 1. а – трёхмерное изображение выхода вторичных электронов 7 из поверхности образца 9; б – спектры упруго и дискретно рассеянных электронов, при угле регистрации $\alpha = 33$ градуса (фокус анализатора) из поверхности сплава ВТ6: $\circ$ – исходное состояние; Δ – подвергнутый продольно винтовой прокатке при 1000°C

Рис. 2. Спектры упруго и дискретно рассеянных электронов в зависимости от угла выхода α из поверхности сплава ВТ6: а–исходное состояние, б-подвергнутый продольно винтовой прокатке при 1000°C . Энергия первичных электронов 980 эВ

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда (проект РНФ № 18-19-00198 от 26.04.2018).

1. Афанасьев В.П., Лубенченко А.В., Федорович С.Д., Паволоцкий А.Б. Отражение электронов килоэлектронвольтовых энергий от многослойных поверхностей. Журнал технической физики. 2002. Т. 72, вып. 11. С. 100–108.
2. Бронштейн И.М., Пронин В.П., Хинич И.И., Чистотин И.А. Спектроскопия упругого отражения электронов как эффективный метод диагностики поверхности твердого тела // Известия РГПУ им. А.И. Герцена: Научный журнал: Физика. 2006. № 6 (15). С. 151–165.
3. Панин В.Е., Шулепов И.А., Панин А.В., Перевалова О.Б., Власов И.В. Влияние наномасштабных мезоскопических структурных состояний, связанных с кривизной кристаллической решетки, на механическое поведение титанового сплава Ti-6Al-4V // Физ. мезомех. 2019. Т. 22. № 6. С. 14–23. DOI: 10.24411/1683-805X-2019-16002.