ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/176

ВЛИЯНИЕ ИМПЛАНТАЦИИ АЛЮМИНИЯ НА СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОГО ТИТАНА

¹Никоненко А.В., ²Попова Н.А., ^{2,3}Никоненко Е.Л., ^{3,4}Калашников М.П., ¹Окс Е.М.,
⁵Курзина И.А.

¹*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск*

²*Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск*

³*НИИ Томский государственный политехнический университет, Томск*

⁴*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

⁵*НИИ Томский государственный университет, Томск;*

Ионная имплантация ультрамелкозернистого (УМЗ) α -титана (средний размер зерна – 0.2 мкм) проведена на ионном источнике MEVVA-V.RU при температуре 623К, ускоряющем напряжении 50 кВ, плотности тока ионного пучка 6.5 мА/см², расстоянии 60 см от ионно-оптической системы. Доза облучения составляла $1 \cdot 10^{18}$ ион/см², времени облучения – 5.25 ч. Изучение микроструктуры и фазового состава проведено на просвечивающем электронном микроскопе ЭМ-125 при ускоряющем напряжении 120 кВ. Изучение микроструктуры и фазового состава имплантированного титана проводили в области модифицированного слоя на глубине 50-70 нм от облученной поверхности.

Исследовано структурно-фазовое состояние поверхностных слоев α -Ti в УМЗ состоянии. Установлено, что в результате облучения УМЗ-титана ионами алюминия образуется полифазный имплантированный слой на основе зерен α -титана, содержащий алюминидные, оксидные и карбидные фазы. А именно: 1) зерна β -Ti, имеющие ОЦК кристаллическую решетку (пространственная группа Im3m), обладающие пластинчатой формой и располагающиеся по границам зерен α -Ti; 2) фаза Ti₃Al – упорядоченная фаза со сверхструктурой D019 и пространственной группой P63/mmc, обладающая ГПУ кристаллической, формирующаяся в виде пластинчатых выделений по границам зерен α -Ti; 3) фаза TiAl₃ – упорядоченная фаза со сверхструктурой D022, обладающая ОЦТ кристаллической решеткой с пространственной группой I4/mmm и локализуемая в виде округлых частиц в тройных стыках и по границам зерен α -Ti; 4) частицы карбида титана (TiC) имеющие ГЦК кристаллическую решетку (пространственная группа Fm3m), располагающиеся внутри зерен α -Ti и обладающие округлой формой; 5) включения оксида титана TiO₂ (иначе – брукит), обладающие орторомбической кристаллической решеткой (пространственная группа Pbcn), располагающиеся на границах и внутри зерен α -Ti на дислокациях и обладающие округлой формой.

В условиях ионной имплантации наблюдается реструктуризация титановой матрицы – имплантация приводит к уменьшению продольного размера зерна α -Ti (с 1.9 мкм до 0.7 мкм), при этом коэффициент анизотропии зерен уменьшается в 3 раза.

Проведен расчет прочностных составляющих, входящих в предел текучести. Показано, что имплантация приводит не только к существенному изменению структурно-фазового состояния материала, но и к дополнительному упрочнению практически в 2.5 раза. Оценена доля вклада отдельных механизмов упрочнения в общее упрочнение сплава: $\Delta\sigma_n$ – напряжение трения дислокаций в кристаллической решетке α -Ti; $\Delta\sigma_{тв}$ – упрочнение твердого раствора на основе α -Ti атомами легирующих элементов (Al, C, O); $\Delta\sigma_l$ – упрочнение дислокациями «леса»; $\Delta\sigma_d$ – упрочнение дальнедействующими полями напряжений; $\Delta\sigma_{ор}$ – упрочнение материала некогерентными частицами при обходе их дислокациями по механизму Орована; $\Delta\sigma_3$ – упрочнение за счет границ зерен. Показано, что доля вклада неодинакова. И вклад каждого из этих механизмов разный. Тем не менее, основной вклад в общее упрочнение после имплантации вносит $\Delta\sigma_{ор}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 19-08-01041