

Проведенный размерный анализ подтвердил, что при применении данного метода можно обеспечить почти постоянную величину. Таким образом, использование специальных болтов решает поставленную задачу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алфёрова Е. А., Хайян У. Модернизация конструкции планки быстросъемной на основе размерного анализа //Современные проблемы машиностроения: сборник трудов XIV Международной научно-технической конференции, г. Томск, 25-30 октября 2021 г. – 2021. – С. 80-81.
2. Скворцов, В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов – Томск: Томский политехнический университет, 2009. – 91 с.

У Шаша (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Божко Ирина Александровна,
канд. физ.-мат. наук, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ИОНАМИ МЕДИ

Благодаря своим уникальным свойствам титан и его сплавы широко используются в авиационной, космической и других областях современного производства. Активное развитие науки и техники выдвинуло повышенные требования к служебным характеристикам титановых сплавов, что обусловило проведение глубоких исследований, направленных на поиск путей повышения эксплуатационных характеристик титановых сплавов и создание на их основе новых технологических решений для укрепления титана и сплавов.

Общеизвестно, что ионная обработка является перспективным направлением улучшения физико-механических свойств конструкционных материалов [1]. С помощью сильноточного потока низкоэнергетичных тяжелых ионов можно добиться глубокой модификации структурно-фазового состояния поверхности материала. Для эффективного нано-

структурирования поверхностного слоя титановых сплавов в данной работе были выбраны ионы меди с наиболее подходящими свойствами для ионного модифицирования поверхности титановых сплавов, так как ионы меди имеют меньший атомный радиус, большую массу, чем титан, и могут проникать на относительно большую глубину.

Цель данной работы заключается в изучении микроструктуры и фазового состава титанового сплава ВТ1-0, подвергнутого обработке ионами меди при различном времени обработки.

Результаты и обсуждение

Результаты рентгенофазового анализа показали, что сплав ВТ1-0 без ионной модифицирующей обработки представляет собой фазу α -Ti. В образцах титановых сплавов, подвергнутых имплантации ионами меди, интерметаллические соединения системы Cu-Ti образовались за счет динамического перемешивания имплантации ионов меди и ионов титана. Путем анализа фаз рентгенограммы и сравнения с параметрами медно-титановых сплавов, которые могут существовать на фазовой диаграмме медь-титан, получен вывод, что титановые сплавы, модифицированные ионами меди, могут содержать фазы: CuTi, CuTi₂, CuTi₃, Cu₂Ti, Cu₃Ti₂, Cu₃Ti [2].

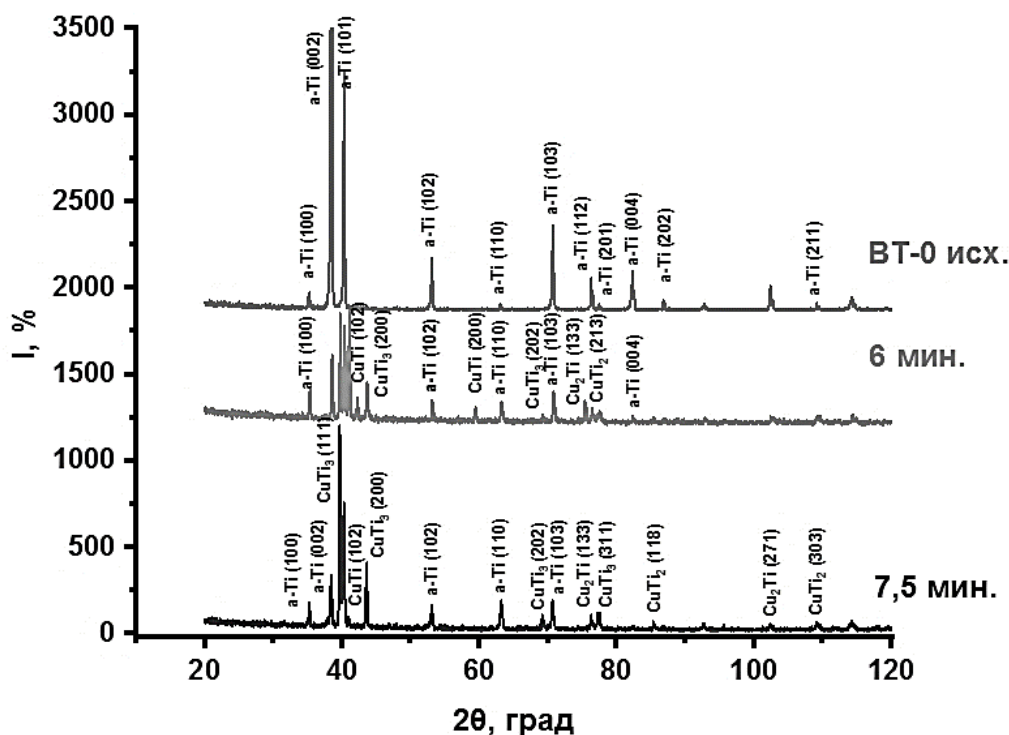


Рис. 1. Рентгенограммы титановых сплав ВТ1-0, подвергнутых имплантации ионами меди при различном времени обработки

Анализ рентгенограмм показал, что структурно-фазовое состояние поверхностного слоя титанового сплава изменялось с увеличением продолжительности обработки. После обработки образцов титана ионами меди в течение 6 минут было обнаружено формирование следующих фаз системы Ti-Cu, обогащенных титаном: CuTi_3 (тетрагональная решетка, $a=4,158 \text{ \AA}$, $c=3,594 \text{ \AA}$), CuTi_2 (тетрагональная решетка, $a=2,944 \text{ \AA}$, $c=10,786 \text{ \AA}$), CuTi (тетрагональная решетка, $a=3,113 \text{ \AA}$, $c=5,887 \text{ \AA}$), а также наблюдается формирование фазы Cu_2Ti (орторомбическая решетка, $a=4,4018 \text{ \AA}$, $b=7,9530 \text{ \AA}$, $c=4,5132 \text{ \AA}$) в следовых количествах. При увеличении продолжительности обработки до 7,5 мин интенсивность дифракционного пика Ti продолжала ослабевать и появлялись более богатые медью фазы, такие как Cu_2Ti с орторомбической решеткой, где $a = 4,4018 \text{ \AA}$, $b = 7,9530 \text{ \AA}$, $c = 4,5132 \text{ \AA}$. В конечном итоге, практически вся поверхность состоит из медно-титановых интерметаллических соединений. Это также означает, что толщина модифицированного слоя с увеличением времени обработки существенно увеличивается.

Результаты ПЭМ показывают, что тонкая структура титановых сплавов, модифицированных медью, существенно различается при разной продолжительности обработки.

В первом случае (время обработки 6 минут) четко прослеживаются слои, имеющие различный контраст и, соответственно различное соотношение элементов. Первый слой соответствует спектрам 1-5. Здесь содержание внедренной меди соответствует 50%. Далее виден слой (спектры 5-7) с содержанием меди около 30 ат.%. И затем видна структура титанового сплава с небольшим содержанием внедренной меди. Во втором случае структура модифицированной поверхности сильно неоднородна и по морфологии, и по составу. Предположительно, имела место более высокая температура обработки. Максимальное количество внедренной меди находится на расстоянии 0,15-0,9 мкм от поверхности в количестве около 35 ат.%. Соответственно, здесь должны образовываться другие фазы диаграммы Ti-Cu. Далее содержание меди снижается практически до нуля и затем непрерывно увеличивается до 30 ат. % на расстояния от поверхности до 4,5 мкм и только затем снижается.

Микротвердость обработанного сплава ВТ1-0 в 4 раза превышает микротвердость исходного титанового сплава, в зависимости от времени обработки достигает 10,35 ГПа. Важно отметить, что модуль упругости и коэффициент восстановления также увеличиваются.

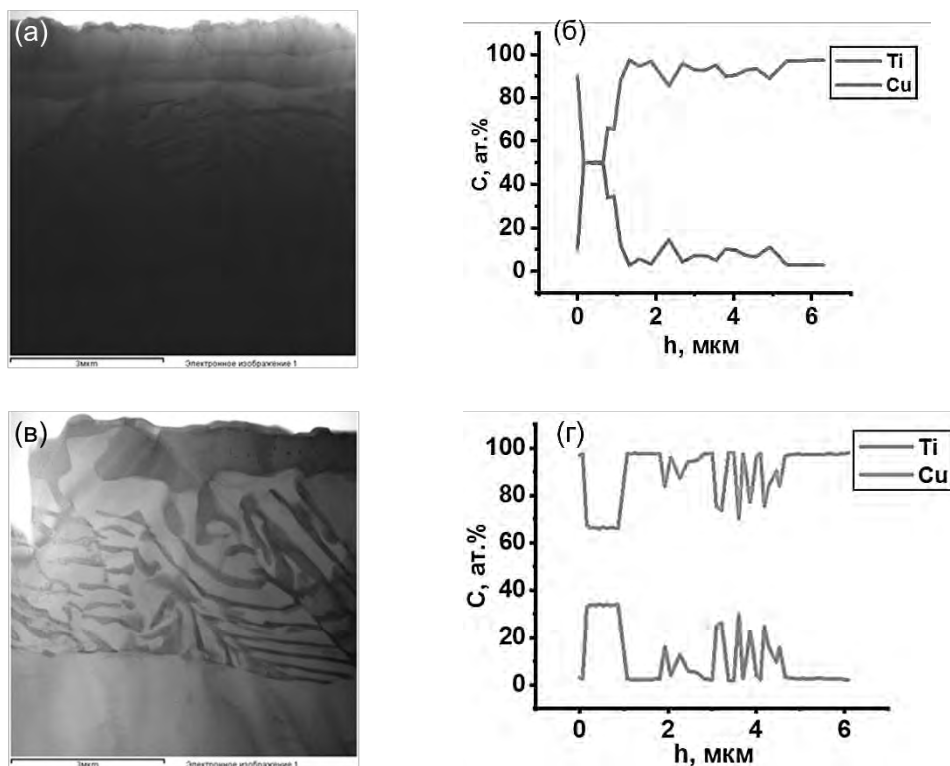


Рис. 2. ПЭМ изображение титанового сплава модифицированного ионами меди и распределение элементов по глубине в этом сплаве со временем обработки 6 минут (а, б) и 7,5 минут (в, г)

Таким образом, можно сделать вывод, что модификация титанового сплава ВТ1-0 ионами меди приводит к изменению фазового состава и морфологии поверхности. Механические характеристики значительно улучшаются.

В работе применялось оборудование ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-202-710.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овсеенко А. Н., Серебряков В. И., Гаек М. М. Технологическое обеспечение качества изделий машиностроения. – М.: Янус-К, 2004. – 296 с.
2. Elrefaey, A. Solid state diffusion bonding of titanium to steel using a copper base alloy as interlayer // Journal of materials processing technology. – 2009. – Т. 209. – №. 5. – P. 2746-2752.