

УДК 544.032.65

Исследование химического состава поверхности массивного титана после воздействия лазерного излучения в режиме формирования микроструктур

Ильин Е. В. (ГБОУ №693 Невского района г. Санкт-Петербург)

Научный руководитель – инженер ИЛТ, Рудь Д.А.

Введение. В последние десятилетия применение титана широко распространено, так как он обладает рядом уникальных физических и химических свойств (способность к фотокаталитическим реакциям, хорошие адгезивные свойства, коррозионная стойкость и др.), что делает его оптимальным для использования в различных областях в качестве конструкционных материалов [2]. В рамках исследования особый интерес представляет изучение изменений, происходящих на поверхности металла под воздействием лазерного излучения при формировании лазерно-индуцированных поверхностных периодических микроструктур (ЛИППС).

Текущее исследование направлено на изучение свойств титана после окончания воздействия лазерного излучения, что связано с широким спектром его соединений, которые формируются при воздействии лазерного излучения. Это основано на его способности быстро вступать в реакцию с кислородом, создавая защитный оксидный слой.

Основная часть. Применение лазерных технологий при обработке материалов является эффективным методом изменения поверхностных свойств материала, включая формирование микроструктур и основано на ключевых преимуществах лазерного излучения: высокая точность, что объясняется способностью сконцентрировать большое количество энергии на сравнительно маленькой площади воздействия.

Исследование изменения поверхности массивного титана после воздействия лазерного излучения в режиме формирования микроструктур на предмет выявления типовых модификаций, возникающих, согласно литературе, в исследуемых температурных режимах воздействия. Производится анализ химических свойств поверхности образцов путем исследования микрофотографий рельефа, полученных на ранних этапах изучения [2].

Полученные ЛИППС при помощи коммерчески доступной установки на базе волоконного источника «Минимаркер-2» с параметрами: мощность $P = 0-20\text{Вт}$, $\lambda = 1,064\text{ мкм}$, диаметр пучка – 50 мкм. Микрофотографии высокого разрешения получены при помощи просвечивающего электронного микроскопа - ПЭМ (Теснаи Osiris, FEI).

Для исследования поверхностного слоя титанового образца проанализированы микрофотографии рельефа и сделана выборка по результатам совпадения пиков дифракционной картины на кристаллической решетке модификаций в приповерхностном слое. Проведено измерение расстояний между пучками через центр симметрии дифракционной картины, полученной методом 2D-Быстрого Фурье преобразования с определением кристаллографических направлений; получены следующие численные результаты: $\text{mp-556754}(\text{Ti}_3\text{O}_5)$ - 18 случаев совпадения, $\text{mp-2657}(\text{TiO}_2)$ - 15 случаев, $\text{mp-390}(\text{TiO}_2)$ - 13 случаев, $\text{mp-655656}(\text{TiO}_2)$ - 12 случаев, $\text{mp-556480}(\text{Ti}_3\text{O}_5)$ - 9 случаев, $\text{mp-1439}(\text{TiO}_2)$ - 7 случаев [3]. Полученные данные позволяют определить изменения и идентифицировать химические соединения на поверхности, и выявить наиболее популярную вариативную модификацию ($\text{mp-556754}(\text{Ti}_3\text{O}_5)$ - 18 случаев).

Выводы. Проведен анализ изменения химического состава поверхности массивного титана после воздействия лазерного излучения в режиме формирования микроструктур. Полученные данные позволяют сделать вывод об изменении в химическом составе поверхности титана после лазерной обработки, а также трансформации кристаллической решетки с кубической формы на форму параллелепипеда.

Финансирование исследования выполнено за счет НИРСИИ Университета ИТМО (проект №640114 Метод синтеза параметров обработки материалов на основе строгих (математических) и нестрогих (машинных) предсказаний).

Список использованных источников:

1. Изменение структуры титана при его лазерной обработке : материалы 14-й Междунар. конф., посвящ. 100-летию Белорус. гос. ун-та, Минск, Беларусь, 21–24 сент. 2021 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: В. В. Углов (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2021. –269-273 с.
2. Sipe J. E. et al. Laser-induced periodic surface structure. I. Theory //Physical Review B. – 1983. – Т. 27. – №. 2. – С. 1141
3. Titanium // Materials Project URL: <https://nextgen.materialsproject.org/> (дата обращения: 06.02.2025).