

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОГО АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

***Аннотация.** Работа посвящена анализу применения титановых сплавов в медицинских целях. Несмотря на существенные преимущества титановых сплавов перед другими традиционными сплавами, антифрикционные свойства довольно низкие, что требует модифицирование поверхности титановых сплавов. Для этой цели перспективно использование электролитно-плазменной обработки.*

A.S. Kalinichenko, V.G. Lugin

Belarusian State Technological University,
Republic of Belarus

SOME FEATURES OF SURFACE PHASE ANALYSIS OF TITANIUM ALLOYS' PARTS

***Abstract.** The work is devoted to the analysis of the titanium alloys' application for medical purposes. Despite the significant advantages of titanium alloys over other traditional alloys, the antifriction properties are quite low, which requires modification of the titanium alloys surface. The use of electrolyte-plasma treatment is rather promising for this purpose.*

Благодаря особым свойствам титан и сплавы на его основе получили в настоящее время широкое распространение при производстве ряда ответственных изделий в авиастроении, атомной энергетике, космической технике, ультразвуковой технике, а также при производстве изделий медицинского назначения. Особый интерес представляет производство изделий медицинского назначения, что в последнее время является одной из важнейших сфер применения титана и его сплавов. К таким изделиям относятся, например, зубные и костные имплантаты, искусственные клапаны сердца, инструменты и приспособления для травматологии, черепные пластины, фиксаторы позвоночника, и многое другое. К важнейшим преимуществам титана и титановых сплавов относятся малая плотность, высокая удельная прочность (почти вдвое превышает удельную прочность легированных сталей), высокая жаропрочность и чрезвычайно высокая коррозионная стойкость, обусловленная способностью титана образовывать на поверхности тонкие сплошные оксидные пленки.

Титан подобно железу является полиморфным металлом и имеет фазовое превращение при температуре 882°C. Ниже этой температуры

устойчива гексагональная плотноупакованная кристаллическая решетка α -титана, а выше –объемно центрированная кубическая решетка β -титана. При этом имеются недостатки, которые ограничивают, а в некоторых случаях делают невозможным применение титана при изготовлении многих изделий. К ним относятся низкая износостойкость и усталостная прочность, плохие антифрикционные свойства, обусловленные налипанием частиц титана на контртело, в особенности при работе пары трения титан-титан. Поэтому применение изделий из титана и его сплавов в узлах трения и в подвижных соединениях является крайне ограниченным. Обладая незначительной толщиной окисной пленки и большой реакционной способностью участков поверхностей, образующихся в процессе трения, титан склонен к схватыванию с последующим повреждением поверхностей контакта. Особо этот недостаток проявляется при повышенных температурах контакта. Примерами таких деталей являются плунжеры насосов, детали типа вал-втулка, работающие в условиях агрессивной среды, винтовые пары конструкций, используемых в травматологии и ортопедии [1].

Существующие способы повышения твердости, износостойкости и антифрикционных характеристик поверхности изделий авиационной техники, машиностроения и медицины из титана и его сплавов, применяемые в настоящее время в мировой практике, основаны на модифицировании поверхностного слоя с применением ионно-плазменных и химико-термических методов. Применяемые методы позволяют получать на поверхности титана и его сплавов упрочненные слои с микротвердостью до 20 ГПа и толщиной до 0,2 мм. Повышение прочностных и антифрикционных свойств поверхности титана и его сплавов методом химико-термической обработки достигается за счет диффузионного насыщения азотом, бором, кремнием, металлами. Наиболее распространенным видом химико-термической обработки титана и титановых сплавов является азотирование, позволяющее добиться высоких значений микротвердости. Химико-термическое азотирование титана проводится в атмосфере аммиака или азота при температуре 870 и 980 °С соответственно. Недостатком данного метода является ухудшение таких механических свойств титана как прочность, пластичность и вязкость из-за образования на поверхности детали как с нитридных, так и гидридных соединений. Другим недостатком способа является малая глубина упрочненного слоя – до 0,16 мм. Кроме того, максимальное упрочнение поверхности достигается после очень продолжительной обработки, которая составляет 16 часов [2].

Ионно-плазменное азотирование обеспечивает диффузионное насыщение поверхностного титана и титановых сплавов азотом в азотной плазме при температуре 800–950 °С. Кроме повышения износостойкости и антифрикционных характеристик, метод обеспечивает повышение коррозионной стойкости поверхности титана. К недостаткам метода необходимо отнести сложность его реализации, необходимость дорогостоящего технологического оборудования и достаточно большую длительность обработки – 3–6 часов, в зависимости от марки титанового сплава [3].

В качестве альтернативы существующим методам модифицирования поверхности титана и титановых сплавов может быть использован метод электролитно-плазменного нагрева в азот- или углеродсодержащем электролите с последующей закалкой. При подаче напряжения в диапазоне 100–300 В на электрохимическую ячейку, вокруг заготовки происходит локальное вскипание жидкости за счет выделения джоулева тепла. В этих условиях электролит вблизи поверхности заготовки разогревается до температуры кипения и обрабатываемая заготовка, оказываясь отделенной от основной массы электролита, разогревается до температуры 400–1100 °С [4].

Преимуществами разработанных методов перед другими существующими методами термической обработки являлась высокая скорость нагрева заготовки (до 250 К/с), а также высокая скорость диффузионного насыщения. Высокие температуры заготовки позволяют проводить насыщение поверхности атомами легких элементов, содержащихся в веществах-донорах, растворенных в электролите. Наличие в электролите углеродсодержащих и азотсодержащих компонентов обуславливает определенный углеродный или азотный потенциал парогазовой оболочки, в результате чего становится возможной химико-термическая обработка. В условиях электролитно-плазменного нагрева интенсифицируются диффузионные процессы, что позволит значительно сократить время химико-термической обработки до 5–10 мин. Кроме того, применение электролитно-плазменного нагрева позволит сформировать на поверхности защитный оксидный слой, обеспечивающий дополнительное повышение коррозионной стойкости.

Проведенный структурно-фазовый анализ подтвердил возможность модифицирующей электролитно-плазменной обработки для повышения триботехнических свойств изделий из титановых сплавов (рис. 1).

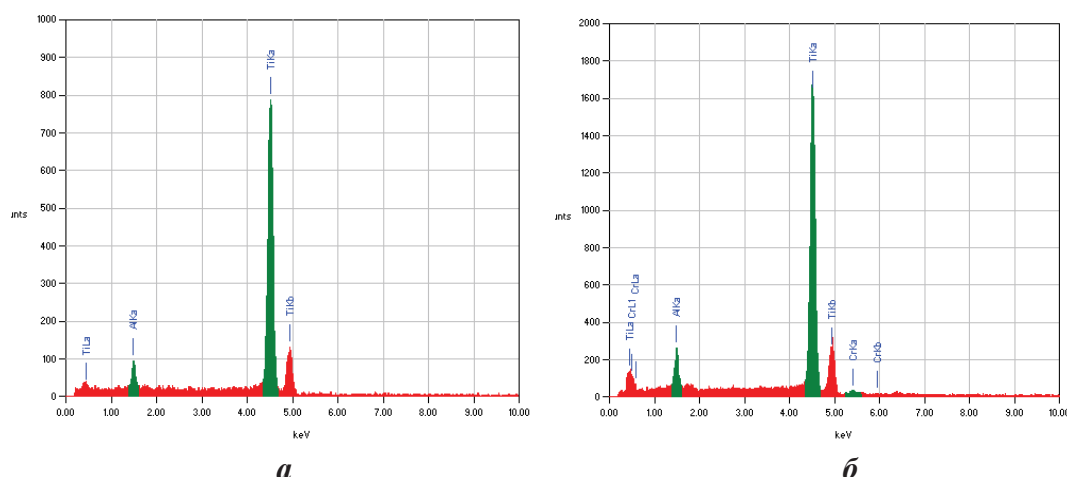


Рис. 1 – Структурно-фазовый анализ исходного сплава (а) и после модифицирования (б).

Анализ данных свидетельствует о появлении новых пиков, подтверждающих модификацию поверхности.

Выводы. Проведенный анализ показал перспективность применения электролитно-плазменной обработки для повышения триботехнических свойств изделий из титановых сплавов, работающих в условиях трения.

Список использованных источников

1. Модификация поверхности титановых имплантатов и ее влияние на их физико-химические и биомеханические параметры в биологических средах / В. В. Савич, Д. И. Сарока, М. Г. Киселев, М. В. Макаренко ; под науч. ред. В. В. Савича. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 244 с.
2. Яшкова, С. С. Повышение прочностных характеристик титановых сплавов / С. С. Яшкова, Н. В. Бобков. // Молодой ученый. — 2016. — № 28 (132). — С. 215-217. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/132/36752/> — Дата доступа: 24.03.2021).
3. Погребняк А.Д., Базыль Е.А., Свириденко Н.В. Влияние облучения электронными и ионными пучками на физико-механические свойства титановых сплавов // Успехи физ. мет. 2004, т. 5, сс. 257–281
4. Особенности электроимпульсного полирования металлов в электролитной плазме. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://melt-spb.ru/oborudovanie/elektrohimicheskaya-polirovka-metalla.html> – Дата доступа: 26.03.2021 г.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования Республики Беларусь в рамках задания 3.2.9 ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии».