

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Степановой Кристины Вячеславовны на тему:
**«НАНОПОРИСТЫЕ АНОДНО-ОКСИДНЫЕ ПЛЕНКИ НА
ПОРОШКОВОМ СПЛАВЕ ТИТАН-АЛЮМИНИЙ»**, представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
01.04.07 - физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Степановой Кристины Вячеславовны посвящена развитию актуального научного направления - разработке формирования нанопористых оксидных пленок на вентильных металлах анодированием.

Известен ряд работ, посвященных исследованию процессов анодирования чистых вентильных металлов – Al, Ti, Ta, Nb, получения этим методом плотных диэлектрических оксидных пленок. Имеются отдельные исследования, показавшие возможность формирования анодированием нанопористых оксидных слоев, представляющих собой тонкий барьерный слой, прилегающий к металлу, и пористый слой в виде совокупности гексагонально плотноупакованных трубчатых пор, нормальных к металлической подложке и к барьерному слою, открытых к наружи. Если плотные оксидные пленки на вентильных металлах давно используются при производстве анодов электролитических конденсаторов высокой удельной емкости, то нанопористые оксидные пленки перспективны в качестве: сенсоров газоанализаторов; каркасов композиционных покрытий различного назначения (после заполнения нанопор другим функциональным компонентом); шаблонов для выращивания нановолокон; ультрафильтров (после травливания барьерного слоя) и др. Чистые металлы после анодирования имеют хоть и несколько повышенные рабочий диапазон температур и коррозионную стойкость в агрессивных средах, чем до этой обработки, но в ряде случаев эти функциональные характеристики недостаточны для перспективного применения. Известно, что алюминиды титана обладают жаропрочностью и жаростойкостью, сравнимой с никелевыми суперсплавами, а нанесение на их поверхность защитных покрытий (вакуумным напылением, металлизацией и микродуговым оксидированием) увеличивает температурный интервал эксплуатации до 1073-1173 К. Поэтому исследования процесса формирования оксидных пленок при анодировании интерметаллидов системы Ti-Al: TiAl, TiAl₃, Ti₃Al, поиск параметров анодирования, соотношения компонентов сплава, обеспечивающих получение на их поверхности самоорганизованных оксидов с нанопористой или нанотрубчатой структурой является актуальной научной и практической задачей. Одним из путей решения этой проблемы является комплексное исследование особенностей формирования и структуры оксидных пленок, полученных анодированием образцов во фторсодержащих электролитах, влияния параметров процесса (состав электролита, плотность тока, j_a , напряжение, U_a , время анодирования) на характеристики микро- и наноструктуры оксидного слоя.

Автором путем исследования влияния условий анодирования порошкового материала Ti-40Al на кинетику роста оксидных пленок во фторсодержащем водном электролите (10% H₂SO₄+0.15% HF) установлено, что оптимальным для формирования саморганизованной нанопористой структуры является применение гальваностатического режима при плотности тока $j_a=0.2$ мА/см². Показано, что при оптимальных условиях на поверхности частиц исходного порошка формируется пористая оксидная пленка толщиной порядка 350 нм и эффективным диаметром основных пор $\langle d_p \rangle = (70 \pm 10)$ нм. Химический состав оксидной пленки представлен в основном Al, Ti, O, а ее структура соответствует совокупности TiO₂ и Al₂O₃ в соотношении, близком 1:1. Использование термообработки на воздухе или в вакууме после анодирования позволяет провести преобразование рентгеноаморфных оксидов в кристаллические. Это позволило, в свою очередь, установить эффекты увеличения ширины запрещенной зоны оксидного слоя на порошковом сплаве Ti-40Al после отжига на воздухе с $E_g=2.5$ эВ до $E_g \approx 2.8$ эВ и уменьшения до $E_g \sim 2.2$ эВ после отжига в вакууме. Таким образом,

для разработанной технологии анодирования интерметаллидов титана системы Ti-Al характерно появление фотокаталитической активности под действием электромагнитного излучения видимого диапазона с длиной волны $\lambda \sim 500-560$ нм.

Достоверность полученных в работе результатов исследований подтверждается правильной методологией и современными приборами: СЭМ, в том числе высокого разрешения и с энергодисперсионным рентгеновским анализом электронов (ЭДСА); инфракрасная Фурье-спектроскопия (ИКФС); рентгеноструктурный анализ (РСА) и рентгеноэлектронная спектроскопия (РЭС). Для количественного анализа СЭМ-изображений объектов использовались программы структурно-морфологического анализа неоднородностей и др. Высказанные теоретические положения не противоречат научным представлениям механики, физики и материаловедения. Основные выводы и результаты работы прошли апробацию на научно-технических конференциях и конгрессах, опубликованы в достаточном объеме в ведущих специализированных международных изданиях, научно-технических журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, в материалах международных конференций, защищены двумя патентами РФ на полезную модель.

Замечания по автореферату.

1. Использованный в названии работы и в самой работе термин «анодно-оксидные пленки» (АОП) является неудачным, отсылает к уже недействующему стандарту ГОСТ 9.031-74. ПОКРЫТИЯ АНОДНО-ОКИСНЫЕ. Следовало бы применить, например, термин «анодное оксидное покрытие».

2. Режимы термообработки оксидированных образцов на воздухе и в вакууме в работе одинаковы (температура и время) и не аргументированы. Следовало бы провести термообработку еще хотя бы при одном меньшем и одном большем значении температуры и еще одной продолжительности времени – 60 минут.

3. На стр.5 указано, что материалы диссертации опубликованы в 50 работах, в то время как в автореферате (с.15-17) указаны всего 13 работ и 2 патента с участием диссертанта.

Указанные замечания не умаляют несомненных достоинств диссертационной работы. Диссертационная работа «НАНОПОРИСТЫЕ АНОДНО-ОКИСНЫЕ ПЛЕНКИ НА ПОРОШКОВОМ СПЛАВЕ ТИТАН-АЛЮМИНИЙ», является законченным научным исследованием, а ее автор Степанова Кристина Вячеславовна заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 - физика конденсированного состояния.

Первый заместитель директора –
заместитель директора по науке
ГНУ «Институт порошковой металлургии»,
кандидат технических наук, доцент

В.В. Савич

«06» января 2017 г.

Савич Вадим Викторович, к.т.н. по специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы», доцент по специальности «Материаловедение», первый заместитель директора – заместитель директора по науке ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси, 220005, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Платонова, д. 41, Телефон: (+375 17) 232-25-26, Факс: (+375 17) 210-05-74. e-mail: savich@pminstitute.by. Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Верно:
Заведующий ОК