

**Рисунок 2 – Массовый износ образцов после анодного бороазотирования при различных температурах**

А.В. Павлов,  
Т.Н. Ефимова  
ФГБОУ ВО «ЯГТУ» Ярославль

## **ОСОБЕННОСТИ НАНЕСЕНИЯ НИКЕЛЬ-ВОЛЬФРАМОВОГО СПЛАВА НА МЕТАЛЛИЗИРОВАННУЮ ТКАНЬ**

Создание гибких слоистых радиационно-защитных материалов входит в число приоритетных направлений развития техносферы, в частности развития радиационной и ядерной технологии.

Одним из вариантов решения задачи по созданию гибких слоистых радиационно-защитных материалов является применение резиноктаневой конструкции с металлизированной тканью, содержащей защиту от жестких электромагнитных излучений, включая радиацию.

С этой целью была выбрана металлизированная ткань, обладающая высокой электропроводностью за счет мишурных нитей из меди, покрытых серебром, соответствующая требованиям ТУ 17 РСФСР 62-4504-77. Для создания защиты от жестких

электромагнитных излучений, включая радиацию, на мишурные нити этой ткани электрохимическим методом наносился никель-вольфрамовый сплав. Нанесение чистого вольфрама или другого тяжелого металла на текстильную основу другим способом, например газо-плазменным распылением, не обеспечивает равномерность калибра покрытия и заданную прочность связи между защитным покрытием и мишурной нитью. Применение электрохимической технологии получения сплавов с высоким содержанием вольфрама из водных растворов электролитов обеспечивает равномерность калибра покрытия и достаточную прочность связи между защитным покрытием и мишурной нитью [1].

Известно, что вольфрам легче всего соосаждается с металлами подгруппы железа из водных растворов электролитов, но в зависимости от условий проведения процесса электроосаждения его содержание в сплаве может меняться [2].

В работе использовался цитратный электролит с добавлением лимонной кислоты в качестве комплексообразователя. Этот электролит обладал достаточной седиментационной устойчивостью и показал высокую работоспособность при широком диапазоне значений pH и плотностей тока.

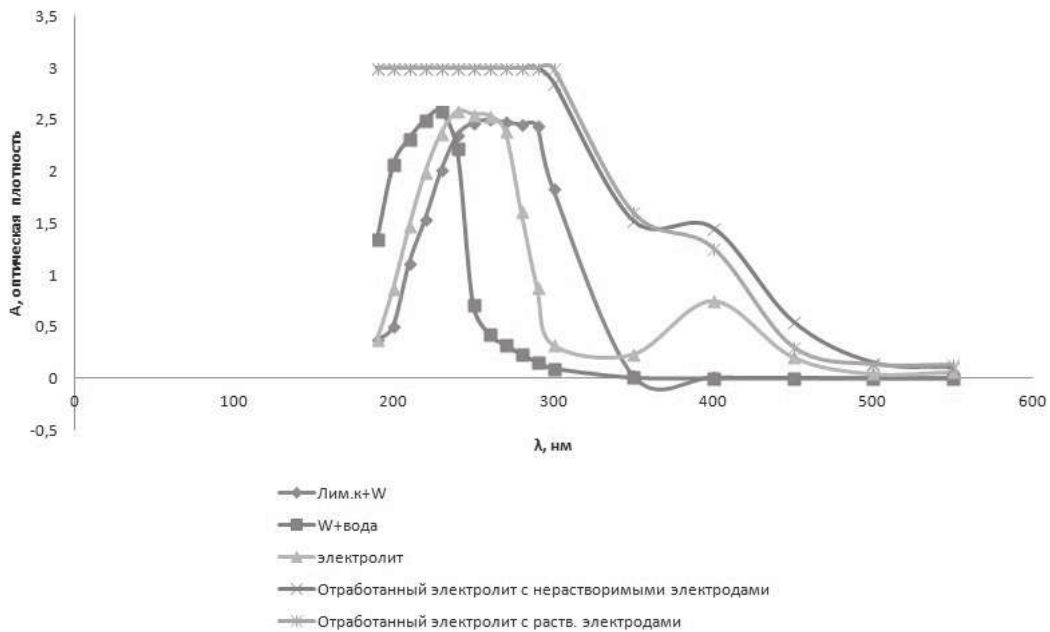
Электролит, содержащий добавки триэтанолamina и цитрата калия, и аммиакатный - обладали низкой седиментационной устойчивостью, покрытия из них получались низкого качества.

*Цитратный электролит*

NiSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O.....	20 г/л
Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O.....	50 г/л
C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> .....	66 г/л
Температура.....	65-75°С
Плотность тока.....	2-10 А/дм <sup>2</sup>
pH.....	7,5-8

В качестве анодов были использованы нерастворимые платиновые пластины и растворимые вольфрамовые стрежни по ГОСТ 23949-80 диаметром 2 мм и длиной 150 мм марки ЭВИ-3. Также в паре с вольфрамовыми анодами использовались листы из никеля по ГОСТ 849 - 97 марки Н-1

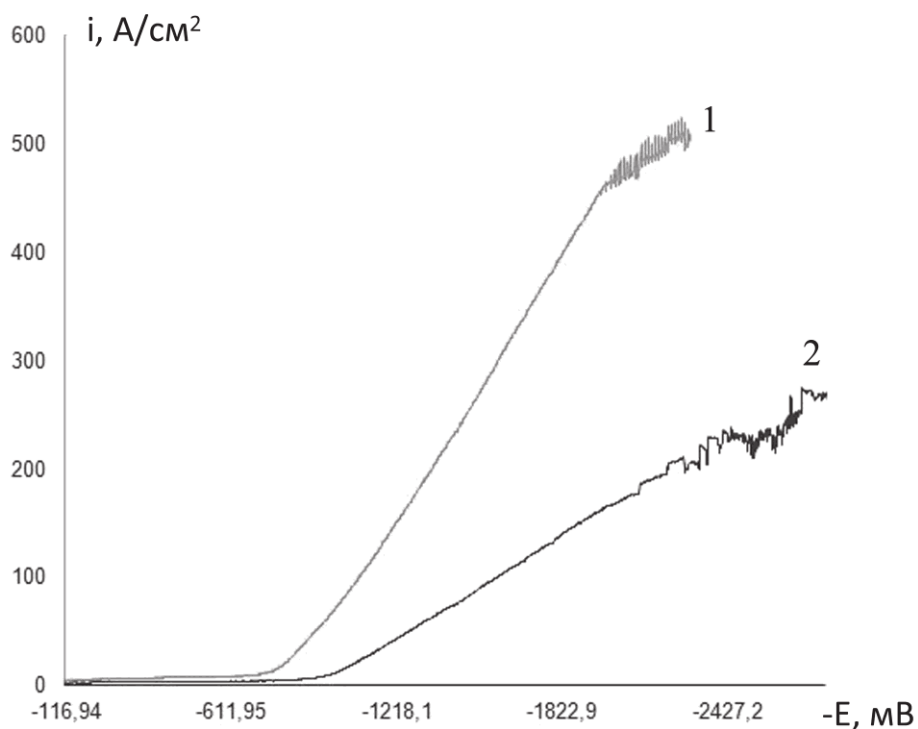
Проведя оценку состава электролита с использованием спектрофотометра ПЭ-5400УФ, было обнаружено (рисунок 1), что при использовании нерастворимых платиновых анодов с течением электролиза состав раствора электролита обедняется по вольфраму.



**Рисунок 1 – График зависимости оптической плотности растворов электролитов от длины волны**

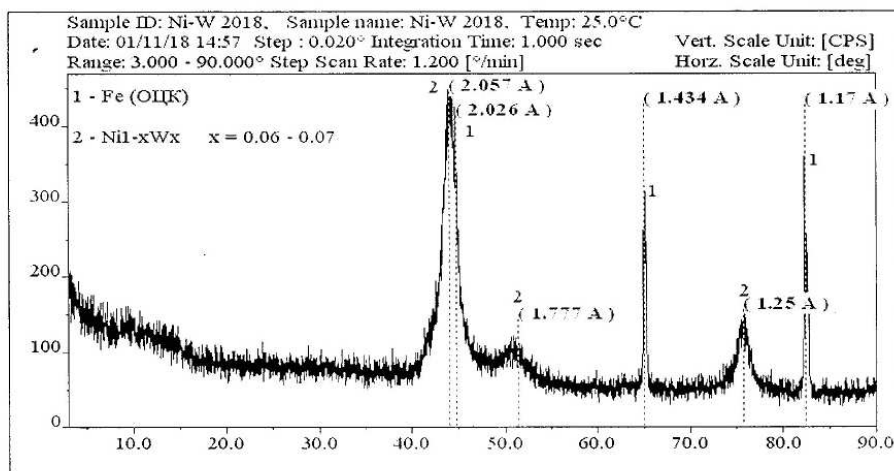
Из рисунка 1 следует, что спектр вольфрамата натрия находится в ультрафиолетовой области (от 200 до 400 нм), а спектр сульфата никеля - в видимой области.

Анализ поляризационных кривых, полученных на потенциостате *IPC-pro* с использованием хлорид серебряных электродов сравнения, выделения никель - вольфрамового сплава (рисунок 2) в диапазоне потенциалов от минус 115 мВ до минус 2800 мВ на металлизированной ткани при использовании нерастворимых и растворимых анодов позволяет сделать предположение, что применение растворимых никель - вольфрамовых анодов повышает допустимую рабочую плотность тока и позволяет проводить осаждение покрытия в области больших положительных потенциалов, чем в случае использования нерастворимых анодов.



**Рисунок 2 – Поляризационные кривые выделения никель - вольфрамового сплава с использованием растворимых (1) и нерастворимых (2) анодов**

Согласно результатам, полученным на рентгеновском дифрактометре ARLX'Tr, электрохимическое покрытие состоит из твердого раствора вольфрама в никеле и, непосредственно, из никеля (рисунок 3). Однако при использовании растворимых анодов, катодное покрытие содержит вольфрам в виде твердого раствора вольфрама в никеле с общей формулой  $Ni(1-x)W(x)$ , где  $x = 0,06 — 0,07$ , а при использовании нерастворимых анодов -  $x = 0,02 — 0,04$ .



**Рисунок 3 – Рентгеновская дифрактограмма сплава Ni- W**

Увеличение содержания вольфрама в покрытии при использовании растворимых электродов подтверждается результатами анализа, полученного с использованием сканирующего электронного микроскопа Quanta 3D 200i с программно-аппаратным комплексом для энергодисперсионного анализа EDAX с тонкопленочным дрейфовым кремниевым детектором Apollo X.

При использовании растворимых анодов содержание вольфрама в твёрдом растворе находится в диапазоне от 5,3 до 7,15 % атомных, и от 15,9 до 20,6 % весовых, а при использовании нерастворимых анодов содержание вольфрама в твёрдом растворе не превышает 3,7% атомных, но может достигать 8,0% весовых.

Таким образом, показано неоспоримое преимущество применения растворимых анодов при нанесении никель-вольфрамового сплава на металлизированную ткань

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов А.В., Ефимова Т.Н. О влиянии никель-вольфрамового сплава на прочность связи между металлизированной тканью и полимером / Семьдесят первая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. Часть 1. Сборник материалов конференции. Электронное издание. Ярославль. Издательский дом ЯГТУ. 2018. с.413

2. Вячеславов П. М. Электрохимическое осаждение сплавов. Издание 3-е, дополненное и переработанное. Л.: Машиностроение, 1971. 144 с.

УДК 66.087.7

Н.В. Тарасова, доцент, канд. техн. наук  
ЛГТУ, г. Липецк

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ**

Возможности применения защитных покрытий металлического типа в машиностроении и строительстве предусматривают их высокую коррозионную стойкость, что с точки зрения современного материаловедения предполагает формирование нанокристаллического состояния в результате технологического процесса получения и последующей обработки материала. Применительно к гальваническим