

## **РЕЦЕНЗИЯ**

На дисертационния труд на тема:

### **ИЗСЛЕДВАНЕ ПРОЦЕСА НА ЕЛЕКТРОХИМИЧНО АНОДИРАНЕ НА ТИТАНОВА СПЛАВ Ti-6Al-7Nb**

за присъждане на образователна и научна степен "Доктор" на

**маг. инж. инж. Деян Яношев Веселинов,**

в област 5 Технически науки, професионално направление 5.1 Машинно инженерство,  
специалност 05.01.01 „Технология на машиностроителните материали“

РЕЦЕНЗЕНТ: проф. д-р инж. Иван Максимов Пършоров,

**ИМСТЦХ– БАН, ТЕЛ. 46 26 217, УЛ. ШИПЧЕНСКИ ПРОХОД 67, СОФИЯ**

#### **1. АКТУАЛНОСТ НА РАЗРАБОТВАНИЯ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Представената ми за рецензиране дисертация е едно теоретико-експериментално изследване на възможностите на метода на електрохимичното анодиране за получаване на полезни свойства на повърхността на титанови сплави.

Актуалността на тематиката се обосновава на факта, че в работата се търсят повишени свойства на титанова сплав Ti-6Al-7Nb и замяната в практиката на наложилата се сплав Ti-6Al-4V.

Актуалността на изследванията се корени още и във възможността този метод да намери своето място при изготвянето на медицински импланти, област, която непрекъснато се разширява и придобива все по-нови социални измерения и ползи.

Във връзка с казаното до тук мога да заключа, че дисертационният труд е актуален, задачите, решавани в него - полезни, необходими и иновативни.

#### **2. СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИЯТА**

Дисертационният труд обхваща 164 страници, 86 фигури и 15 таблици и е структуриран в 5 глави, основни изводи и използвана литература.

Глава 1 съдържа литературно проучване, свързано с актуалното състояние на процесите и теорията, гарантиращи ефективност на метода на електрохимичното анодиране. Направен е критичен анализ, формулирани са изводи и са поставени конкретни задачи пред дисертационния труд.

Глава 2 включва преглед на използваните методики и апаратура на изследване. Разглежда се системата за събиране на данни по време на измерването и обработката на получените резултати.

Глава 3 представя същността на процесите на анодиране, на базата на които са извършени експерименталните изследвания. Проведени се и предварителни експерименти за уточняване на цветовата гама на покритията, на използваните електролити и на технологичните параметри на провежданите експерименти.

Глава 4 включва изследване на технологичните и енергийни параметри на

използваната апаратура, като: напрежение на източника, плътност на тока на образеца, заряд и продължителност на реакцията и разстоянието между електродите. Даден е и теоретичен и симулационен модел на растежа на нанасяния окисен слой

Глава 5 включва оценка на микроструктурата на получените покрития и разпределението на отделните елементи в него. Получени са и конкретни данни за грапавостта и микротвърдостта на нанесения слой.

След всяка глава са формулирани съответните изводи, а в края на дисертацията са представени основните изводи, предложения за практиката и приносите на дисертационния труд.

### **3. ПОЗНАВА ЛИ ДИСЕРТАНТЪТ СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОБЛЕМА И ОЦЕНЯВА ЛИ ТВОРЧЕСКИ ЛИТЕРАТУРНИЯ МАТЕРИАЛ**

Задълбочено литературно проучване и критичен анализ на съвременното състояние на проблемите, позволяват реализация на защитни покрития върху метални повърхности, с цел повишаване на експлоатационните им характеристики.

Използваните 191 литературни източници, от които 9 на кирилица и 182 на латиница, са позволили на автора да проникне дълбоко в теорията и практиката на анодното нанасяне на защитни покрития. Считам, че авторът на дисертационния труд добре познава състоянието на проблемите, което личи от направения задълбочен литературен анализ.

### **4. ИЗБРАНАТА МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕ МОЖЕ ЛИ ДА ДАДЕ ОТГОВОР НА ПОСТАВЕНАТА ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

В представените изследвания дисертантът е показал постиженията и знанията си в решаването на широкообхватни инженерни задачи в областта на измерване и обработка на получените резултати. Използването на методите на планирания експеримент и моделирането на връзката - технологични параметри и свойства, са спомогнали за създаване на съвременни икономосъобразни, оптимизирани технологични режими, които решават поставените пред труда задачи, свързани с практическата реализация на нанасянето на работни покрития чрез електрохимично анодиране.

Използваните актуални за науката експериментални средства за измерване и събиране на данни, методи и специализирани методики, дават възможност за адекватна и точна обработка на получените резултати.

В този смисъл в методичната си част дисертацията носи белега на оригиналност и дава възможност за компетентен отговор на поставените задачи и постигане на поставените цели.

### **5. КРАТКА АНАЛИТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕСТЕСТВОТО И ОЦЕНКА НА**



## **ДОСТОВЕРНОСТТА НА МАТЕРИАЛА, ВЪРХУ КОЙТО СЕ ГРАДЯТ ПРИНОСИТЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Моделирането и постигнатото от дисертанта оптимизиране на процеса на електрохимичното анодно нанасяне на покрития, установеното влияние на технологичните параметри върху свойствата им, дават облика на полезност и актуалност на зрешените в дисертационния задачи.

Методиките и начините за обработка на получените резултати дават възможност да се оценят ключовите фактори и оптимизационни параметри при постигане на необходимото качество на покритията.

Считам, че може да се разчита на пълна достоверност на получените резултати и постигнати реализации, върху които почиват научните и научно-приложни приноси на труда.

## **6. В КАКВО СЕ ЗАКЛЮЧАВАТ НАУЧНИТЕ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИТЕ ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Приносите, които присъстват в дисертационния труд, могат да се систематизират в следната последователност:

### **6.1. Формулиране на хипотеза**

-Проведен е елементарен анализ на разпределението на химичните елементи в окисното покритие. Показано е, че близо до повърхността концентрацията на кислород намалява, а на алуминий и ниобий се увеличава. Предложена е хипотеза, че този факт е свързан с високата активност на титан към кислорода.

### **6.2. Доказване с нови средства на съществуващи нови страни в съществуващи научни проблеми и теории**

-Получени са оригинални резултати, свързани с разкриване на същността на процесите при електрохимично напластяване и с основните технологични параметри.

-На базата на регресионите уравнения и пълен факторен експеримент са разработени оригинални методики за експериментално-статистическо изследване на взаимовръзката между технологичните параметри и свойствата на полученото покритие.

-Чрез математичен модел се доказва влиянието на основните четири технологични параметъра върху ефективността на процеса на електрохимичното анодиране.

-Получени са оригинални данни за изясняване на същността на електрохимичните процеси при анодиране на титанова сплав в електролит, на базата на сярна киселина.

-Създаден е оригинален теоретичен модел и е проведена 3D графична симулация, на базата на софтуерен продукт, на растежа на слоя от титанов окис.

-Получени са оригинални взаимни зависимости между технологичните параметри на електрохимичното анодиране, като електричния заряд, напрежение, време и разстоянието между електродите, като са установени и техните екстремни стойности.

### **6.3. Създаване на нови класификации, методи на изследване, нови материали, нови конструкции, технологии и други**

-Създадена е оригинална методика за мониторинг на измененията на електричните параметри на електрическата верига в процеса на анодиране на детайли от титанова сплав.

-Създадена е оригинална методика за визуализация на процеса на нарастване на титанов оксид при анодиране на изследваната титанова сплав.

-Установено е, че най-значително влияние върху електрическия заряд оказва времето за анодиране.

-Постигнати са най-добри качества на покритието при разработените оптимални режими.

-Иновативни са методиките, чрез които са получени и обработени резултатите от експеримента.

-Оригинални са установените технологични режими за получаване на минимална и максимална стойност на грапавостта и на микротвърдостта на полученото покритие, като са определени екстремумите и влиянието на отделните технологични параметри.

#### **6.4. Получаване на потвърдителни факти**

-Потвърдено е, че електрохимично формираните микроструктури показват характерна нееднородност и пористост.

-Потвърдена е връзката между флукуациите на общия ток в началото и края на процеса, свързана с по-ниското съпротивление в електрическата верига преди наслойването на покритието.

-Установено е изменението на цветовата гама на анодирани детайли от изследваната титанова сплав в електролит на сярна киселина, в зависимост от подаваното напрежение.

#### **6.5. Приноси свързани с практиката**

-Създадена е работна апаратура за анодиране на детайли с оригинално решение за разширени възможности на подаваното напрежение до 80V, с възможности за контролиране на технологичните параметри.

-Разработените технологии могат да бъдат използвани за анодиране на различни детайли и възли с конкретно приложение в практиката.

### **7. МОЖЕ ЛИ ДА СЕ ОЦЕНИ В КАКВА СТЕПЕН ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД И ПРИНОСИТЕ ПРЕДСТАВЛЯВАТ ЛИЧНО ДЕЛО НА ДИСЕРТАНТА?**

От всички 5 научни труда на дисертанта, публикувани по темата на дисертацията, самостоятелен е един, а в два авторът е на второ място, което говори, че приносите в дисертацията са основно негова заслуга.

Не са посочени данни за цитирания от дисертанта.

### **8. ПРЕЦЕНКА НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Резултати от дисертацията са отразени в 5 научни труда, основно в български



издания. Считам, че резултатите са публикувани на достатъчно широки форуми и са достатъчно добре огласени.

## **9. МОТИВИРАНИ ПРЕПОРЪКИ ЗА БЪДЕЩО ИЗПОЛЗУВАНЕ НА НАУЧНИТЕ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИТЕ ПРИНОСИ: КАКВО И КЪДЕ ДА СЕ ВНЕДРИ**

По мое мнение, дисертационният труд не се нуждае от препоръки за бъдещо използване, тъй като той е основна и съществена част от постигнатите резултати по отношение на използването на електро-химичното обработване в практиката.

## **10. АВТОРЕФЕРАТ**

Авторефератът е съобразен, съгласно изискванията и отразява подробно основните положения в разработката и научните приноси на дисертационния труд.

## **11. КРИТИЧНИ БЕЛЕЖКИ ПО ДИСЕРТАЦИЯТА**

Основните си критични забележки, които мога да спомена носят само формален характер:

1. За мен изводът – «Формираната микроструктура в процеса на електрохимично анодиране се насища /с какво ?/ и придобива по-висока плътност /как?/ с увеличаване на напрежението...» е неясно формулиран.

3. Хипотезата, че близо до повърхността концентрацията на кислород намалява, а тази на алуминий и ниобий се увеличава, което се дължи на високата активност на титан към кислорода, е спомената, но не е добре обоснована и изисква допълнителни изследвания и трактовки.

4. За труд № 5 не е представен документ, че е приет за публикуване.

Като цяло критичните ми бележки не са по съществото на изложения материал, поради което те не намаляват в никакъв случай стойността на постигнатите резултати.

## **12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На базата на всичко казано дотук считам, че представеният ми за рецензиране дисертационен труд „ИЗСЛЕДВАНЕ ПРОЦЕСА НА ЕЛЕКТРОХИМИЧНО АНОДИРАНЕ НА ТИТАНОВА СПЛАВ Ti-6Al-7Nb“ за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ в област 5. Технически науки, професионално направление 5.1 Машинно инженерство, специалност „Технология на машиностроителните материали“, отговаря напълно на изискванията на ЗРАСРБ и правилата за неговото приложение и предлагам да се присъди на маг. инж. Деян Яношев Веселинов образователната и научна степен „доктор“.

Изготвил:

(проф. д-р инж. Иван Пършоров)

София, 28.08.2019 г.