

РЕЦЕНЗИЯ

На дисертационния труд на тема:

„ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА ТИТАН И ТИТАНОВИ СПЛАВИ С ИНДИРЕКТЕН ПЛАЗМОТРОН“

за присъждане на научната степен

"Доктор на техническите науки" на проф. д-р инж. Христо Костов Скулев
в професионално направление: 5.1. Машинно инженерство,
научна специалност: „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 теоритико-експериментално изследване на възможностите за приложение на метода на плазменото газово азотиране с индиректен плазмотрон за повърхностна обработка на титанови сплави.

Актуалността на труда се определя от поставените и постигнати три основни цели, свързани с:

-Създаване на реална, оптимизирана и модернизирана конструкция на индиректен плазмотрон, комплектован с катод с три електрода, пряко насочена към възможността да се приложи в повърхностна обработка на титана и сплавите му;

-Разработване на оригинални технологични решения с оптимални параметри за конкретно приложение на създадената апаратура за обработка на титанови сплави при максимална ефективност на работния процес.

-Провеждане на експериментални изследвания и компютърно моделиране на процесите, протичащи при плазмено азотиране с индиректен плазмотрон, както по отношение на топлинната, така и по отношение на деформационната задача.

Като цяло считам, че дисертационният труд е актуален. Задачите, решавани в него са полезни, необходими и иновативни, особено в рамките на

нашата страна, където методът на плазменото нанасяне на покрития получава полагашо му се място и практическа реализация.

2. СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Дисертационният труд съдържа 400 страници с включени 168 фигури, 43 таблици, 149 математически зависимости, включително 3 приложения с 71 фигури и 2 таблици и е структуриран в 8 глави, изводи и списък на използваната литература.

Глава 1 съдържа литературно проучване, свързано с възможностите за повърхностна обработка на титан и титанови сплави, с механизмите на плазмено повърхностно обработване на материалите с индиректен плазмотрон, с особеностите на стабилността на работата, с коефициентите на стабилност и полезно действие на конструкциите. От критичния анализ и литературното проучване са формулирани конкретни задачи, заложи като цели на дисертационната работа.

Глави 2 и 3 включват изследвания и оптимизации на работата на индиректния плазмотрон, отнасящи се до работните параметри, геометричните размери, системата за охлаждане и т.н. във връзка с повърхностната обработка на титан и сплавите му, както и създаването на оригинална конструкция за повърхностно им модифициране.

Глава 4 и 5 съдържат изследвания на влиянието на технологичните параметри върху изходните електрически величини на плазмотрон PN 50, свързани с ефективността на работа и стабилността на дъгата.

Глава 6 се отнася до създаването на методика за компютърно моделиране на процесите на топлопренасяне и на напрегнато и деформационно състояние на титанова сплав, както и реализация на оптимални работни режими на апаратурата, свързани с качествата на азотираната повърхност.

В глави 7 и 8 се демонстрират експериментални изследвания на повърхностно плазмено газово азотиране и на нанасянето на покритие от TiO_2 , $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ върху титанови сплави с разработения плазмотрон, предназначени за биомедицински цели.

Дисертационният труд завършва с основни изводи и предложения за практиката, научни, научноприложни и приложни приноси, използвана

литература и три приложения, отасящи се до практическата реализация на съоръжението .

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

Задълбочено литературно проучване и критичен анализ на съвременното състояние на проблемите, свързани със създаването на индиректни плазмотронни системи и на метода на плазменото газово азотиране за повърхностна обработка на титанови сплави, които се съдържат в дисертационния труд, разкриват компетентно и точно проблемите, свързани с обекта на дисертацията у нас и в световен мащаб. Това дава основание да се твърди, че съществуват големи възможности за приложение на създадената апаратура за повишаване експлоатационните свойства на титановите сплави, като същевременно може да се прогнозира тяхното поведение в работна среда. Подобни изследвания дават на практиката огромни възможности за постигане на желани цели в технологичен аспект.

В дисертационния труд са използвани 620 литературни източника, от които 95 на кирилица и 525 на латиница, което е позволило на автора да проникне дълбоко в теорията и практиката на плазмотронните системи и перспективните области на тяхното приложение.

Считам, че авторът на дисертационния труд, не само познава добре състоянието на проблемите, което личи от цитираните литературни източници и направения задълбочен литературен анализ, но самият той е част от световното познание по третираните от него научни въпроси, свързани с теорията и практиката на плазмотроните системи.

Във връзка с направения фактологически анализ на използваната литература, мога да твърдя, че задачите, поставени пред дисертацията са формулирани точно и почиват на основата на обобщените изводи, направени на базата на цитираните източници. Като цяло считам, че авторът на дисертационния труд добре познава състоянието на проблемите в научната област, свързани с обекта на изследване.

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

В изследванията, представени в дисертационния труд, дисертантът е показал постиженията и знанията си в решаването на широкообхватни инженерни задачи в областта на измерване, компютърно моделиране и обработка на получените резултати.

Използваните методи за компютърно моделиране на връзката-технологични параметри и свойства, дават възможност за създаване на съвременни икономосъобразни, оптимизирани технологични режими, които решават поставените пред труда задачи, свързани с практическата реализация на повърхностно третиране на титана и титановите сплави.

Използвани са актуални за науката експериментални средства за измерване и събиране на данни, методи и специализирани методики, които гарантират адекватна и точна обработка на получените резултати. Съчетаването на всички тези прийоми е позволило да се направи цялостна оценка на възможностите за прогнозиране на свойствата на титановите сплави, отнасящи се до модифицираните с плазмотрон повърхности и тяхната структура, резултат от многостранни технологични въздействия.

В този смисъл в методичната си част дисертацията носи белега на оригиналност и дава възможност за даване на компетентен отговор на поставените задачи в труда, а оттам и на постигането на поставените цели.

5. КРАТКА АНАЛИТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕСТЕСТВОТО И ОЦЕНКА НА ДОСТОВЕРНОСТТА НА МАТЕРИАЛА ВЪРХУ КОЙТО СЕ ГРАДЯТ ПРИНОСИТЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Постигнатите от дисертанта резултати позволяват оптимизиране на технологичните процеси на плазмено нанасяне на покрития върху титанови сплави и то във връзка с установеното влияние на технологичните параметри върху свойствата им, което дава облика на полезност и актуалност на застъпените в дисертационния труд проблеми.

Методиките и начините за обработка на получените резултати дават възможност да се оценят ключовите фактори и оптимизационни технологични параметри на разработената оригинална конструкция на плазмотрон.

Представените изследвания и дисертационният труд като цяло, характеризират проф. Скулев като изключителен ерудит в теоритичната, експериментална и технологична сфера на научното познание, свързано плазменото получаване на азотирани слоеве върху титанови сплави.

Във връзка с казаното до тук, 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 считам, че присъстват в дисертационния труд, могат да се систематизират в следната последователност:

6.1. Формулиране или обосноваване на нов научен проблем (област) или на нова теория (хипотеза)

-Формулирана е хипотеза за влиянието на плазмената струя, формирана от индиректен плазмотрон, върху напрегнатото и деформационно състояние и повърхностното модифициране на титан и титановите сплави.

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

-Установен е характерът на изменение на изходната и входната мощност на плазмотрон PN50, комплектуван с катод с три електрода, както и влиянието на режима на работа върху структурата и свойствата на обработваните сплави.

-Доказано е, че формата и размерите на електродъговата камера и канала на дюзата оказват съществено влияние за стабилността на работа на индиректния плазмотрон, както е определена и граничната му мощност при която микроструктурата на азотираната сплав остава хомогенна.

-Установено е, микротвърдостта на покритието от механична смес от 50% TiO_2 и 50% $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ върху Ti-6Al-4V, като е обяснено влиянието на съставките върху нея.

-Допълнена е общата теория за повърхностно обработване на титан и титанови сплави с индиректен плазмотрон, като е формулирано влиянието на

ресурсните и електрически параметри върху стабилност на процеса, коефициента на полезно действие и качествата на покритията.

-Установено е влиянието на процеса плазмено газово азотиране с PN50, при работа с катод с три волфрамови електрода, върху корозионната устойчивост на сплавите Ti-8Al-1Mo-1V и Ti-6Al-4V в различни корозионни среди и температури.

-Теоретично е описана взаимовръзката между цялостния енергиен баланс на апаратурата за плазмено напластяване и стабилността на процесите в газоразрядната камера на индиректен плазмотрон, като са дефинирани параметрите, оказващи влияние върху тях.

-Теоретично е обосновано разпределението на енергията на дъгата в газоразрядната камера на индиректен плазмотрон в честотен спектър, както и причините за формирането на отделните съставки в един такъв спектър.

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

-Разработена е методика за топлинно пресмятане на аноден и катоден възел в индиректен плазмотрон и е създаден теоретичен модел на формиране на електрическата дъга в индиректен плазмотрон.

-Създадена е методика за определяне стабилността на електрическата дъга на плазмотрон PN50. Изследвани са основните фактори, влияещи върху процеса.

-Разработен е компютърен симулационен модел за влиянието на флуидните потоци върху ресурса на катодния и анодния възел.

-Създадена е методика за компютърно моделиране на конструкции на индиректен плазмотрон в програмния продукт SolidWorks. Моделирани са три работни конструктивни разновидности с един, три и пет отделни волфрамови катода с общо охлаждане.

-Разработени са математически модели за определяне на влиянието на технологичните параметри на режима плазмено газово повърхностно модифициране на титан и титанови сплави с индиректен плазмотрон. Установено е, че най-висока степен на влияние имат работният ток и дебитът на азот.

-Предложен е математичен модел и е разработен софтуерен продукт за

определяне на оптималните технологични условия за плазмено азотиране на титанова сплав Ti-6Al-4V с плазмотрон PN50, комплектуван с катод с три електрода.

-Създадени са методики, за оценяване на процеса на топлопренасяне и движението на топлинните потоци в индиректен плазмотрон PN50 с катод три електрода, както и за изследване на напрегнатото и деформационно състояние на титанови сплави след плазмено газово азотиране.

6.4. Получаване на потвърдителни факти

-Изследвано е влиянието на технологичните параметри върху температурата и скоростта на азотиране на плазмотрони PS50 и PN50, като е показано, че получените резултати удовлетворяват изискванията, но не гарантират еднаквост на дълбочината и хомогенност на модифицирания слой.

-Установено е влиянието на контролируемата работна атмосфера от азот, върху твърдостта, грапавостта на повърхнината, фазовият състав и дебелината на получения слой.

-Показано е, че микроструктурата за плазмено азотирана титанова сплав Ti-6Al-4V в камера при мощност на плазмотрона 18kW и 25kW за различни периоди от време е еднородна и хомогенна.

-Установено е, че процесът плазмено прахово напластяване с TiO_2 влияе върху микротвърдостта на титановата сплав Ti-6Al-4V.

6.5. Приноси свързани с практиката

-Създадена е технология за азотиране на титанови сплави с индиректен плазмотрон PN50.

-Разработена е конструктивна документация и прототип на индиректен плазмотрон за плазмено газово азотиране, с един, три и пет волфрамови електрода, с общо водно охлаждане .

-Разработена е технология за нанасяне на покрития от хидрооксипатит ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) и титанов двуокис (TiO_2) върху дентални импланти, доказана практически върху опитни животни.

-Оригинална е предложената методика за пресмятане на работните параметри, геометричните размери, системата за охлаждане, както и

методика за пресмятане работния ресурс на основните възли в индиректен плазмотрон PN50 при химико-термично азотиране на титанови сплави.

-Получени са регресионните уравнения за изследване на взаимовръзката на работните фактори - мощност, време, разход и вид на плазмообразуващия газ и микротвърдостта и грапавостта на обработваната повърхност след плазмено газово азотиране с индиректен плазмотрон.

-Чрез предложена методика е изследвано влиянието на температурата, термическия цикъл и скоростта на охлаждане върху процеса на плазменото газово азотиране, както и върху структурата и качеството на получените азотирани слоеве. Това е създавало възможност за прогнозиране на появата на дефекти и остатъчни напрежения и деформации в обработваните обекти.

-Предложена е методика за прогнозиране качествата на денталните импланти, както и за съкращаване времето за осъществяване процеса на остеоинтеграцията им.

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

От всички 14 научни труда на дисертанта, публикувани по темата на дисертацията, самостоятелни са шест, в четири авторът е на първо, което говори, че приносите в дисертацията са основно негова заслуга.

8. ПРЕЦЕНКА НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Два от 14-те научни труда, в които са отразени резултати от дисертацията, са публикувани в пълен текст в чуждестранни списания, а останалите основно на международни конференции. Считаю, че резултатите, получени в дисертационния труд са публикувани на широки форуми и са достатъчно добре огласени.

9. РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД ИЗПОЛЗУВАНИ ЛИ СА ВЕЧЕ В НАУЧНАТА И СОЦИАЛНАТА ПРАКТИКА?

Основните практически приноси на дисертационния труд са в областта на теорията и практиката на създаване метода на плазменото газово азотиране с индиректен плазмотрон за повърхностна обработка.

Резултатите от дисертационния труд са използвани в научната и социалната практика и са свързани със създаване на реална, оптимизирана и модерна конструкция на индиректен плазмотрон, комплектован с катод с три електрода, пряко насочена към приложение в практиката на химико-термичното обработване. Разработени са оригинални конструктивни и технологични решения с оптимални параметри на работния процес.

В тази връзка трудът решава проблеми, свързани със създаването на съвременни иновационни технологии, тяхното оптимизиране и ефективност, насочени пряко за приложения в индустрията. Тук се отнася и създаването на множество модели и методични решения за прогнозиране на свойствата на нанесените покрития, в зависимост от технологичните и физически параметри, което, според мен, представлява значителен практически интерес.

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

Считам, че основната и съществена част от постигнатите в дисертацията резултати, са вече използвани в практиката за биоимпланти и не се нуждаят от допълнителни препоръки.

11. АВТОРЕФЕРАТ

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

12. КРИТИЧНИ БЕЛЕЖКИ ПО ДИСЕРТАЦИЯТА

Като цяло нямам критични бележки по същността на изложения материал, а само препоръчвам постигнатите резултати да бъдат публикувани в реномирани чуждестранни издания с имакт фактор, което да им даде реално заслужено място в световната теория и практика на постигнатото в областта на плазмените покрития.

13. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на всичко казано дотук считам, че представеният ми за

рецензиране дисертационен труд „ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА ТИТАН И ТИТАНОВИ СПЛАВИ С ИНДИРЕКТЕН ПЛАЗМОТРОН“ на проф.д-р инж. Христо Костов Скулев 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 му се присъди научната степен “доктор на техническите науки”.

Изготвил:

(проф. д-р инж. Иван Пършоров)

София, 12.12.2016 г.