

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на ОНС „доктор“,
в Област на висше образование 5. Технически науки,
Професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика,
Докторска програма: Автоматизация на производството (по отрасли).

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Володя Владимиров Джаров.

Тема на дисертационния труд: Автоматизирано управление на електроннолъчева инсталация за повърхностна модификация, литография и заваряване.

Член на научното жури: проф. д-р инж. Ивайло Стефанов Стоянов - Русенски университет.

1. Основание за изготвяне на рецензията.

Настоящата рецензия е изготвена в изпълнение на Заповед № Р-177 от 27.02.2023 г. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ за назначаване на Научно жури за провеждане на публична защита на дисертация на тема „Автоматизирано управление на електроннолъчева инсталация за повърхностна модификация, литография и заваряване“, представен от маг. инж. Володя Владимиров Джаров, докторант на самостоятелна подготовка към катедра „Автоматизация на производствените системи“, отчислен с право на защита за присъждане на ОНС “доктор” по докторска програма „Автоматизация на производството (по отрасли)“, професионално направление 5.2 „Електротехника, електроника и автоматика” и Решение на заседание на Научното жури, проведено на 27.02.2023 г.

2. Общи сведения за процедурата и представените материали.

Рецензията е изготвена въз основа на следните документи: 1) Протокол №14/06.02.2023 от заседанието на разширен катедрен съвет на катедра „Автоматизация на производствените системи”; 2) Заповед № Р-586/04.08.2022 г. на Ректора на МГУ за зачисляване; 3) Заповед № Р-176/27.02.2022 г. на Ректора на МГУ за отчисляване; 4) Заповед на Ректора на МГУ за състава на научното жури; 5) Удостоверение ССПМ № 362 от 03.02.2023 г. за положени изпити по индивидуалния учебен план; 6) Диплома за завършено висше образование; 7) Автобиография; 8) Дисертационен труд; 9) Автореферат на дисертационен труд; 10) Справка за приносите по дисертационния труд; 11) Списък на публикациите, свързани с дисертационния труд; 12) Резултат от проверка за авторство на дисертационния труд.

Володя Владимиров Джаров е зачислен за докторант на самостоятелна подготовка по докторска програма „Автоматизация на производството” през 2022 г. По време на своето обучение докторантът е положил успешно изпити по учебните дисциплини: „Планиране на експерименти, моделиране и оптимизация в научни изследвания“, „Автоматизация на производството“ и „Английски език“.

Дисертацията на маг. инж. Володя Владимиров Джаров е представена на разширен катедрен съвет, проведен на 06 февруари 2023 г., като след обсъждане тя е насочена към процедура за публична защита. Рецензията е изготвена в съответствие с изискванията на чл.6 (3) от ЗРАСРБ и чл.27 (1) от ППЗРАСРБ.

3. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем.

Електроннолъчевите технологии и инсталациите са съвременни високотехнологични, енергийно ефективни методи за обработка на метали чрез заваряване, изпарение, отлагане на тънки слоеве и покрития, повърхностна модификация, литография, топене и т.н. Те намират широко приложение в различни области на индустрията, както в производството, така и при рециклирането и вторичното оползотворяване на метални отпадъци.

Темата на дисертационния труд, а именно „Автоматизирано управление на електроннолъчева инсталация за повърхностна модификация, литография и заваряване”, е в областта на електротехниката, електрониката и автоматиката и въпреки множеството научни изследвания на проблематиката за електроннолъчевото заваряване и третиране на метални повърхности, тя все още е много актуална и дисертационна. Това се дължи на редицата фактори, оказващи влияние върху електроннолъчевите процеси, които протичат в контролирана вакуумна среда, свободна от кислород и свързаните с процеса на заваряване емисии на метални окиси и други вредни газове. Електроннолъчевите технологии намират множество специфични приложения благодарение на високата мощност на електронния лъч възможностите за автоматично управление на движението и параметрите му и др. Автоматизацията на процесите, развитието на измервателната техника и компютъризираните системи за обработка на информацията е предмет на съвременната наука, в която непрекъснато се предлагат нови технически решения, конструктивни и икономически изисквания, целящи да се оптимизират производствените процеси. Извършването на адекватен контрол на управляващите параметри и качествените показатели на изходния продукт, свързани с изучаването на взаимодействието на електронните лъчи с материалите, са важни инженерни задачи. Всичко това определя актуалността и практическата насоченост на настоящия дисертационен труд.

4. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.

В дисертационния труд са предложени теоретични постановки и алгоритми за изследване на електроннолъчевите процеси и инсталациите за електроннолъчево заваряване, изпаряване и повърхностна модификация на материалите. Анализирани са различни методи за намирането на оптимални стойности на управляемите фактори, които могат да бъдат приложени при оптимизирането на процесите при електроннолъчево заваряване, изпаряване и повърхностна модификация на материалите. С помощта на регресионния анализ са установени количествените връзки между входните и изходните променливи, представящи функционалната връзка между механичните свойства на облъчените образци и основните параметри на технологичния процес - плътността на мощността на електронния лъч и времето на облъчване. Това дава възможност за многокритериална оптимизация и подобряване на механичните свойства на облъчваната област на материала. Извършена е многокритериалната оптимизация чрез желаната функция, която е използвана при изследване на механичните свойства на образци, облъчени с електронен лъч в инсталация тип ЕЛИ – 60.

За реализация на поставените цели в дисертацията е използван програмируем логически контролер тип Simatic S7-300 и микроконтролер тип Atmega328. Те са използвани за автоматично управление на инсталацията и манипулатора. Съгласно алгоритъма за управление е проведено

експериментално пускане и спиране на инсталацията за електроннолъчево заваряване. Отчетени са температурата на дифузионната помпа и показанията на сензорите за високо и ниско налягане. Етапите, които определят времетраенето на процесите на пускане и спиране на инсталацията са: достигане на висок вакуум при пуск на инсталацията и охлаждането на дифузионната помпа при спиране на работата. Изследвани са преходните характеристики на тези процеси като след подходяща математическа обработка те са апроксимирани с такива за обекти от първи и втори ред. След определянето на времеконстантите, тяхната стойност е оптимизирана по метода на сканирането с променлива стъпка, чрез минимизиране на средно квадратичната грешка.

Електронният лъч се управлява от фокусиращи лещи и четири отклонителни електромагнитни бобини, отклоняващи електроните формиращи лъча в различни посоки. Променяйки нивото на напрежението, подавано към електромагнитните бобини, лъчът може да бъде отклонен в желаната посока в зависимост от заварявания продукт. Фокусното разстояние е друг параметър, който се управлява чрез промяна на височината и позицията на продукта с помощта на манипулатор, контролиран от микроконтролер.

След направени измервания са синтезирани модели, описващи отделни модули, системи и елементи от електроннолъчевата инсталация. Направен е проект за управление, базиран на налични и допълнителни технически средства за автоматизация. Получени са преходните характеристики на параметрите на процеса, които са критични за времетраенето на въвеждането в работен режим и спиране на работата на инсталацията. Оценените параметри на преходните характеристики са уточнени чрез минимизиране на средноквадратичната грешка по отношение на стойностите на времезакъсненията. Направена е идентификация на технологичните параметри, свързани с процесите пускане и спиране на инсталацията, които са критични за времетраенето на целия работен цикъл. Разгледан е методът на сканирането с променлива стъпка, чрез минимизиране на средно квадратичната грешка, чрез които са изчислени преходните характеристики на температурата на дифузионната помпа, ниското и високото налягане във вакуумната камера. Представена е изчислената зависимост на достигната скорост на изпомпване от налягането във вакуумната камера. Изследвана е зависимостта на налягането във вакуумната камера от времето при работа само на ротационната помпа РП1. Извършена е симулация и емпирично е показана възможността за отклонение на електронния лъч чрез промяна на тока, приложен към отклоняващите електромагнитни намотки, разположени в електронната пушка.

Изведеният математически модел позволява да се определят компонентите на формата на вълната. Резултатите от числените изчисления са сравнени с експериментални данни, получени по време на лабораторния експеримент. Сравнението показва добро съответствие между теоретичните и експерименталните данни. Полученият математически модел е проверен чрез изчисляване на средната грешка на приближение или средното отклонение на изчислените стойности от действителните стойности. Извършена е проверка на значимостта на получения модел с помощта на теста на Фишер.

Разработена е система за управление на кръгов манипулатор с помощта на микроконтролера Arduino Uno. Манипулаторът се задвижва от стъпков биполярен мотор. Направено е калибриране на движението на кръговия манипулатор, в права и обратна на часовниковата стрелка посоки. Оценени са модели за скоростта на движение на кръговия

манипулатор в зависимост от времезакъснението между стъпките на мотора. Оценена е грешката при различните скорости на въртене на манипулатора.

Извършени са експерименталните изследвания по управлението на кръгов манипулатор чрез платформата Ардуино по време на повърхностна модификация на неръждаема стомана тип 316L. Представени са блоковете и елементите на специално изградената подсистема за управление на кръговия манипулатор, чието задвижване е осъществено с помощта на стъпков мотор. Определен е броят на стъпките на мотора, необходими за реализиране на пълен оборот на подвижната част на манипулатора. Извършено е изследване на скоростта на движение на биполярния стъпков мотор в зависимост от времезакъснението между стъпките на ъгловото преместване, оказващи влияние на скоростта на движение на диска на манипулатора за сметка на пропорционалното увеличение на въртящия момент. Извършено е изследване на изменението на механичните свойства на стомана 316L след модификация на повърхността с електронен лъч. Пробите са обработени в инсталация тип ЕЛИТ-60 в Института по електроника на БАН. Оценени са регресионни модели за зависимостите на механичните свойства на облъчените образци от параметрите на процеса на промяна на електронния лъч. Моделирането на свойствата на стоманата 316L е осъществено чрез използването на регресионен анализ, свързан с намирането на количествена връзка между входните и изходните променливи. Проведен е статистически анализ на получения модел и е доказана неговата адекватност. Чрез анализ по метода на Тагучи са получени данни за съотношението сигнал/шум и средните стойности на времето и мощността в отношение на пластичната деформация. Извършен е дисперсионен анализ и е оценена пластичната деформация от параметрите на процеса на модификация на електронния лъч - мощност на електронния лъч и време на облъчване.

Дисертационният труд е в обем от 142 страници, включващи увод, 5 глави, научно-приложни и приложни приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература и 3 приложения. Цитирани са общо 124 литературни източници, от които 113 са на латиница, а 11 - на кирилица. Значителна част от са достъпни от Интернет. Работата е илюстрирана със 74 фигури и 25 таблици. Основните термини и определения са представени с техните съкращения и обозначения, които са изнесени в началото на дисертацията.

Дисертационният труд е в област, изискваща компетентност и притежаването на специфични познания в различни области като автоматика, електротехника, електроника, електрически измервания, материалознание, физика, математическа статистика, автоматизация на инженерния труд и др. Те са приложени при организирането, провеждането и анализа на проведените изследвания. Володя Владимиров Джаров умело демонстрира висока степен на познаване на проблема, компетенции и знания, включително за синтез и оценка, необходими при организирането и провеждането на експерименталните изследвания, обработката и анализа на получените данни. По този начин той е повишил своята квалификация и се е изградил като научен работник, който демонстрира оригинално мислене и критическо осмисляне на научни и научно-приложни въпроси.

5. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд с постигнатите приноси.

Основната цел на дисертационния труд е да се разработи идеен проект на система за автоматизирано управление на вакуумната и охладителната системи на инсталация за електроннолъчево заваряване и повърхностна модификация. На базата на проведени експериментални изследвания да се представи научно-обоснована методика за оптимизиране на процеси в електроннолъчеви технологии. Да се извърши експериментално изследване на влиянието на параметрите на електроннолъчевата повърхностна модификация чрез оценяване на регресионни модели, описващи функционалните зависимости между механичните свойства на облъчените образци и параметрите на електроннолъчевата обработка. На база на получени експериментални данни да се оценят преходните характеристики. Да се разработи система за управление на кръгов манипулатор с помощта на програмируем логически микроконтролер.

За реализиране на формулираната цел са решени следните задачи:

1. Разработен е идеен проект на система за автоматично управление на вакуумната и охладителната системи на инсталация за електроннолъчево заваряване и повърхностна модификация. Анализирани са етапите на процеса електроннолъчевозаваряване, които определят времетраенето на въвеждането и извеждането на инсталацията в експлоатация - достигане на висок вакуум при пускане на инсталацията и охлаждането на дифузионната помпа при спиране на работата. На база на получени експериментални данни са оценени преходните им характеристики, като се сравнят моделите за обекти от първи и втори ред.
2. Извършено е експериментално изследване на влиянието на параметрите на електроннолъчевата повърхностна модификация - мощност на електронния лъч и време на облъчване върху механичните свойства - 0,2% условна граница на провлачване $R_{p0.2}$, якост на опън R_m и относително удължение след разрушаване A_{30} на тънколистни образци от неръждаема стоманени 316L. Изведени са регресионни модели, описващи функционалните зависимости между механичните свойства на облъчените образци и параметрите на електроннолъчевата обработка - мощността на електронния лъч и времето за облъчване. Извършена е многокритериална оптимизация при поставени изисквания и ограничения за механичните свойства с помощта на подход на обобщената функция на желателност и Парето оптимизация.
3. Разработена е автоматизирана система за управление на кръгов манипулатор с помощта на програмируем логически микроконтролер и е калибрирано движението на кръговия манипулатор в права и обратна посока.

Дисертационният труд се базира на експериментални изследвания, проведени в лабораторни условия с електроннолъчева инсталация тип ЕЛИТ-60 в Института по електроника на БАН, като всички данни от измерванията са обработени и анализирани с методите на математическата статистика, теорията на планиране на експеримента и др. Избраните методи на изследване напълно съответстват на поставената цел, формулираните задачи и постигнатите приноси.

6. Научно-приложени и приложни приноси на дисертационния труд

Приемам заявените от кандидата научно-приложни и приложни приноси. Те отразяват основните резултати от научните изследвания в дисертацията.

Научно-приложни приноси:

- С помощта на метода на синхронно разпознаване и от експериментално получени данни е изведен математичен модел на процеса на електроннолъчево заваряване.
- Предложен е математически модел на вълновата форма на рентгеновото лъчение на bremsstrahlung като елемент, имащ честотен спектър на изходната форма на вълната, дадени периодични колебания на електронния лъч през телта, позволяващ да се открият компонентите на формата на вълната от сензор;
- Оценени са регресионни модели за зависимостите на механичните свойства на облъчените образци от параметрите на процеса на промяна на електронния лъч. Многокритериалната оптимизация на желаните механичните свойства се извършва с помощта на подход за целева функция и Парето оптимизация с цел максимално увеличаване на всички изследвани механични свойства.
- На база регресионни уравнения е извършен дисперсионен анализ са получени данни за съотношението на сигнал/шум и средните стойности на времето и мощността в отношение на пластичната деформация в зависимост от параметрите на процеса на модификация на електронния лъч.

Приложни приноси:

- Класифицирани са методи за намирането на оптимални стойности на управляемите фактори, които могат да бъдат приложени при оптимизирането на процесите при електроннолъчево заваряване.
- Разработено е автоматично управление на вакуумната и охладителна системи на електроннолъчева инсталация тип ЕЛИТ-60 в Института по електроника на БАН, за електроннолъчево заваряване, изпарение и повърхностна модификация.
- На базата на данни от проведени експерименти са оценени модели, описващи отделни модули, системи и елементи от електроннолъчевата инсталация. На тяхна база са представени преходните характеристики на параметрите на процеса, които са критични за продължителността на въвеждане в работен режим и спиране на работата на инсталацията.
- На базата на алгоритъма на работа на инсталацията са съставени ладер диаграмите на управляващия алгоритъм.
- Представена е симулация и емпирично е показана възможността за отклонение на електронния лъч чрез промяна на тока, приложен към отклоняващите електромагнитни намотки, разположени в електронната пушка.

Признавам изложените по-горе научно-приложни и приложни приноси като заслуги на кандидата, постигнати в процеса на дисертационното изследване. Получените резултати потвърждават значимостта на разработката за практиката.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд:

Публикационната дейност на маг. инж. Володя Владимиров Джаров покрива минималните изисквания към кандидатите за ОНС „доктор“. Представени са 5 публикации по дисертационния труд. Четири са представени на международни научни конференции. Две са в списания, като публикация №5 е в списание със SJR = 0.21 и е индексирана в базите данни SCOPUS и WoS. Публикация №4 е самостоятелна. Всички публикации съдържат резултати, които са представени в дисертацията. Това ми дава основание да приема, че част от резултатите от работата по дисертацията са станали достояние на научната общност у нас и в чужбина.

8. Оценка на съответствието на автореферата.

Авторефератът е разработен съгласно изискванията на ЗРАСРБ и отразява напълно съдържанието на дисертационния труд. Написан е на 64 страници. Освен съкратено представяне на дисертацията авторефератът включва приноси, списък на публикациите по дисертационния труд и резюме на английски език.

9. Мнения, препоръки и бележки.

Към така представения дисертационен труд имам следните забележки и препоръки:

1. На редица места в записката са допуснати граматически грешки.
2. Подходящо е целта и основните задачи да се формулират по-кратко.
3. Не всички литературни източници са цитирани в записката (A2, A4, 60). Не е уместно да се цитира [A5] в т. 1.1.1. В т. 1.1.4.1. няма цитирани литературни източници. Да се избягва последователното цитиране на много литератури (например на стр. 22).
4. Съдържанието на въведението и на началните точки от всяка глава имат много описателен характер, и съдържат общоизвестни факти и определения. Целесъобразно е всяка глава да започва от нова страница.
5. Номерацията на уравненията в първа глава е сгрешена. Оставено е много празно място преди и след уравненията, включително и след някои фигури в записката.
6. Изводите към първа глава трябва да предхождат т. Цел и задачи.
7. Подходящо е изводите към втора и трета глава да се преформулират и разширят.
8. Качеството на редица фигури е ниско, което затруднява тяхното разчитане (фиг. 3.4, 3.5, 3.6, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 5.6).
9. Абзацът над т. 3.5 на стр. 46 няма отношение към работата.
10. Да се провери в показания алгоритъм на фиг. 4.6 дали проверката за наличие на електрическо захранване е по ток или по напрежение!
11. Използвани са различни наименования за описание на елементи или величини. Например, за датчик - сензор, за показателите A и B –виж стр.117, табл. 5.14-5.15, за приети съкращения AI, DI и тези на стр. 58, и др.
12. На стр. 75 е написано, че I е в mA, а в табл. 4.3 е в A.
13. Да се поясни с помощта на кои данни е построена фиг. 4.26, 4.27 и табл. 4.4. Също така за стойностите на F, R, A на стр. 92-93.
14. Подходящо е да се дадат числови стойности за MCB в т. 5.2.

15. Не става ясно дали графиките на фиг. 5.14 са от извършени изследвания или са от литературен източник.

16. Препоръчвам на кандидата да продължи своята научноизследователска работа в областта на автоматизацията и на интелигентните системи за управление и да публикува своите резултати в реномирани издания, реферирани от световноизвестни бази данни.

Посочените препоръки не омаловажават извършената работа от маг. инж. Володя Владимиров Джаров. Дисертационният труд има завършен характер, отговарящ на изискванията.

10. Заключение.

Дисертационният труд на маг. инж. Володя Владимиров Джаров на тема „Автоматизирано управление на електроннолъчева инсталация за повърхностна модификация, литография и заваряване“ **отговаря** на изискванията на ЗРАС в Република България и Правила и процедури за приемане и обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор“ и научната степен „доктор на науките“ в Минно-геоложкия университет “Св. Иван Рилски” – София. Дисертацията съдържа обосновани и целенасочени научни изследвания, и разработки за постигане на заявената цел и формулираните задачи, както и оригинални научно-приложни и приложни приноси.

Считам, че поставената цел е постигната и давам **положителна** оценка на дисертационния труд.

Всичко това ми дава основание да предложа на почитаемото Научното жури да присъди **образователната и научна степен „доктор“ на маг. инж. Володя Владимиров Джаров**, в Област на висше образование 5. Технически науки, Професионално направление 5.2. Електротехника, електроника и автоматика, Научна специалност: Автоматизация на производството (по отрасли).

Дата: 06 април 2023 г.
гр. Русе

Рецензент:

/проф. д-р инж. Ивайло Стоянов/