

СТАНОВИЩЕ

от доц. д-р Георги Георгиев Комитов
на дисертационния труд
на инж. Петър Стоянов Цвятков
на тема:

„Оптимизиране на процеса на лазерно цветно маркиране на изделие от въглеродна стомана“

за присъждане на образователната и научна степен „доктор“

по професионално направление

5.1. „Машинно инженерство“

Научна специалност „Точно уредостроене“

1. Общо описание на дисертационния труд и на приложенияте към него материали

Представеният ми дисертационен труд се състои от 184 страници, оформени в пет глави, изводи, приноси и литература. Списъкът на използваните литературни източници включва общо 150 заглавия. Към дисертационния труд са приложени: автореферат - 32 страници и 6 броя публикации.

При оформянето на дисертационния труд и автореферата са спазени изискванията на ЗРАС на Р България, Правилника за приложението му и Правилника за РАС на Технически университет - Габрово.

2. Актуалност на проблема

В съвременното машиностроене и инструментално производство съществува засилена нужда от бърза, прецизна, трайна и неизтриваема идентификация на готовите изделия. Традиционните методи (мастиленоструен/термотрансферен печат, химическо и електрохимично ецване, термично оксидиране) се характеризират с редица недостатъци — употреба на токсични/агресивни химикали, генериране на опасни отпадъци, ниска разделителна способност, бавна производителност и недостатъчна устойчивост на маркировката при екстремни работни условия.

Преходът към екологично чисти („зелени“) и енергийно ефективни технологии е стандарт за съвременното производство. Лазерното цветно маркиране (чрез контролирано лазерно окисляване) е напълно безконтактен, екологичен и високоскоростен метод, който не използва консумативи и химикали, като същевременно позволява пълна автоматизация и лесна интеграция в контекста на концепцията Industry 4.0.

Докато научната литература е изобилно фокусирана върху лазерното цветно маркиране на титан и неръждаеми стомани, въглеродните стомани са изключително слабо проучени. Липсват систематизирани данни, теоретично-математически модели и оптимизирани технологични режими за получаване на стабилни, контрастни и възпроизводими цветове върху този клас материали.

Проблемът е пряко обвързан с реалните нужди на промишлените предприятия от региона и страната, произвеждащи режещи инструменти от въглеродна стомана С75. Разработването на количествени зависимости между лазерните параметри (мощност, скорост, честота, стъпка, фокус) и експлоатационните показатели на маркировката (контраст, грапавост, микротвърдост, цветова разлика ΔE , износоустойчивост и корозионна устойчивост) решава пряк производствен казус.

Темата на дисертационния труд е с изразена актуалност, тъй като решава конкретен технологичен казус в машиностроенето — заместването на традиционните химически и замърсяващи методи за маркиране с екологична, безконтактна и

високоскоростна лазерна технология. Изследването предлага ясна научно-приложна стойност чрез оптимизиране на лазерните параметри за постигане на висока възпроизводимост, контраст, корозионна и изнosoустойчивост на маркировката.

3. Познаване състоянието на проблема

Направеният задълбочен анализ на използваните литературни източници показва, че инж. Петър Цвятков познава задълбочено състоянието на проблема в областта на лазерното цветно маркиране. В направения литературен преглед се вижда, че той е запознат отлично с теоретичните основи на процеса, като систематизира основните механизми за формиране на цвят (образуване на тънки оксидни слоеве и повърхностно микроструктуриране).

Правилно е идентифициран научният дефицит в световната литература — докато изследванията върху титанови сплави и неръждаеми стомани са широко представени, проучванията относно лазерното маркиране на въглеродни стомани (и по-специално стомана C75) са оскъдни и несистематизирани. Авторът умело показва недостатъците на конвенционалните методи (химическо ецване, мастиленоструен печат) и коректно аргументира необходимостта от определяне на точни технологични прозорци (мощност, скорост, честота, стъпка и фокус) за възпроизвеждане на цветове с висока корозионна и изнosoустойчивост. Използваната богата научна литература е цитирана коректно и служи като стабилна основа за формулиране на целта и задачите на дисертацията.

4. Подход и решение на проблема

Докторантът е възприел методически издържан и добре структуриран експериментално-аналитичен подход за решаване на поставената цел. Изследователската методология съчетава теоретично моделиране с широк спектър от съвременни експериментални изследвания върху образци от въглеродна стомана C75.

За систематизиране на процеса кандидатът използва пълни факторни експерименти и математико-статистически модели, с които идентифицира влиянието и взаимовръзките между основните лазерни параметри (мощност, скорост на сканиране, честота на повторение на импулсите, стъпка на запълване и фокус). Решението на проблема е реализирано чрез построяване на технологични матрици за управляемо получаване на широка цветова гама. Свойствата на получените маркировки са детайлно анализирани чрез съвременни методи за определяне на цветовата разлика (ΔE по CIELAB), спектрофотометрия, измерване на повърхностната грапавост, микротвърдост, както и чрез провеждане на специализирани тестове за изнosoустойчивост и корозионна устойчивост. Избраният комплекс от методи гарантира висока достоверност на получените резултати и практическа приложимост на разработените режими в реалното производство.

5. Достоверност на получените резултати

Достоверността на научните и научно-приложните резултати в дисертационния труд е напълно гарантирана и не буди съмнение. Тя се основава на прецизно планираната експериментална методология, включваща използването на съвременна и калибрирана апаратура, стандартни методи за изпитване и коректно прилагане на математико-статистически анализи. Основните изводи са направени въз основа на достатъчен по обем експериментален материал и проверени през обективни количествени критерии — спектрофотометрични измервания в цветовата система CIELAB, профилометрични тестове за грапавост, стандартни изпитвания за микротвърдост, изнosoустойчивост и корозионна устойчивост. Високото ниво на достоверност се потвърждава и от факта, че основните резултати от изследването са докладвани и критично дискутирани на научни форуми и са публикувани в рецензирани специализирани издания.

Всички тези резултати ми дават основание да приема, че резултатите от дисертационния труд на инж. Петър Цвятков са достоверни.

6. Автореферат

Авторефератът се състои от 32 страници, в които са отразени основните резултати от изследването. В него е дадена анотация и е поместена характеристиката на дисертационния труд. Тя се състои от анотация, цел и задачи за изпълнение, извършени изследвания, научна новост и практическа приложимост, апробиране на резултатите, публикации и обем на дисертационния труд. В автореферата са поместени части от петте глави, общи изводи, приноси, списък с публикации и анотация на английски език. Номерата на главите и на теоретичните формули съответстват на тези от дисертационния труд, а на фигурите и таблиците не.

Авторефератът представлява завършен труд, който отговаря на критериите за такъв.

7. Основни приноси

Приемам приносите в автореферата. Те представляват оригинален принос на автора и колектива, с който е работил. Отнасят се до получаване на нови научни знания, до обогатяване на съществуващите такива и до практическа приложимост на получените резултати и ги определям като актуални и значими.

8. Личен принос на автора

Личният принос на маг. инж. Петър Цвятков в дисертационния труд е категоричен и ярко изразен. Докторантът лично е планирал, организиран и реализирал целия обем от експериментални и аналитични изследвания. Негово дело са разработените математико-статистически модели и технологични матрици, определящи оптималните режими на лазерно маркиране върху стомана С75. Авторът самостоятелно е извършил обработката, интерпретацията и систематизирането на получените данни от физико-механичните и корозионните изпитвания. Формулираните научно-приложни и приложни приноси, както и подготвените въз основа на тях публикации, са пряк резултат от задълбочената самостоятелна работа и творческия подход на кандидата.

9. Публикации по темата на дисертацията

По дисертационния труд са представени шест публикации, в които са отразени основните резултати. Всичките публикации са на английски език, като едната е самостоятелна. Другите са разработени в колектив, което показва способността на автора да работи в екип.

Това ми дава основание да приема, че участието на кандидата е равностойно с това на останалите членове на авторския колектив в съответните публикации.

10. Използване на получените резултати в практиката

Получените в дисертационния труд резултати имат ясна и непосредствена практическа приложимост в промишленото производство. Разработените технологични матрици и съставените бази данни с графични режими позволяват бърз избор на оптимални параметри на лазерното лъчение (мощност, скорост, честота, стъпка и фокус) за получаване на желаните цветове върху изделия от въглеродна стомана С75.

Резултатите могат пряко да се внедрят в машиностроителни предприятия за производство на режещи и циркулярни триони, банцигови ленти и детайли, като заменят замърсяващите и нетрайни конвенционални методи с екологична, високоскоростна и напълно автоматизирана технология. Оптимизираният режим гарантират висока възпроизводимост, контраст, корозионна устойчивост и запазване на експлоатационните показатели на маркираните повърхности, което е от пряк интерес за индустрията в контекста на цифровизацията и изискванията на Industry 4.0.

11. Критични бележки и препоръки по дисертацията

Към представения дисертационен труд нямам съществени забележки по същество, които да омаловажават получените резултати и формулираните приноси. Все пак, с цел подобряване на бъдещата изследователска работа на автора, могат да бъдат отправени следните две препоръки:

- Проучването е фокусирано основно върху стомана С75. От практическа полза в бъдещи изследвания на автора методиката може да се апробира и върху други често използвани марки въглеродни и легирани инструментални стомани.
- Експериментите за корозионна и изнosoустойчивост дават отлична първоначална оценка, но проследяването на деградацията на оксидните слоеве при продължителна експлоатация в реални производствени условия (напр. при интензивно триене и високи работни температури) би дало допълнителна ценна информация за индустрията.

Направените препоръки не намаляват високата стойност на извършената научно-приложна работа.

12. Критични бележки и препоръки по автореферата

Представеният автореферат напълно съответства на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ) и Правилника за неговото прилагане. Той отразява обективно, синтезирано и коректно структурата, съдържанието, използваната методология и основните научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд. Към автореферата нямам забележки и препоръки.

13. Заключение

Отчитайки стойността на предоставените ми материали, които са завършено комплексно научно изследване, и съобразявайки се с актуалността, значимостта и изложените приноси на разработката считам, че представеният ми дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за РАСРБ и му давам обща положителна оценка.

Предлагам на докторанта инж. Петър Стоянов Цвятков да бъде присъдена образователната и научна степен „доктор“ по научната специалност „Точно уредостроене“ от ПН 5.1 „Машинно инженерство“.

20.08.2026 г.

Изготвил становището:

/доц. Г. Комитов/

