

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за получаване на образователна и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: инж. Борислав Николаев Ников

Тема на дисертационния труд: ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОЦЕСА НА ПОЛУАВТОМАТИЧНО ЗАВАРЯВАНЕ НА МЕТАЛИТЕ ПОД ВОДА

Рецензент: доц. д-р инж. Бохос Рупен Апрахамян, Технически университет - Варна

1. Обща характеристика на дисертационния труд.

Дисертационният труд съдържа 210 страници, от които 157 страници основен текст, 25 страници приложения, включително над 88 фигури и 29 таблици. Материалът е оформен в 5 глави, завършващи с обобщения и изводи. Списъкът на използваната литература включва 353 заглавия, от които 252 на кирилица и 101 на латиница.

Целта и задачите на дисертационната работа са формулирани правилно. Поставените задачи осигуряват достигането на целта. Съдържанието на дисертационната работа е подчинено на темата.

2. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение.

Подводното заваряване е включено като приоритетно научно направление в Иновационната стратегия за интелигентна специализация на Република България в областта на морската индустрия за периода 2014-2020 год. Лабораторията за подводно заваряване и рязане на ТУ-Варна е основен инфраструктурен обект в предложението за изграждане на Център за компетентност, чрез който да се създаде високотехнологична и добре балансирана разпределена инфраструктура за ефективно обучение и провеждане на авангардни научни и приложни изследвания в областта на морските науки и технологии.

В този смисъл изследването, анализа и моделирането на процесите на полуавтоматично заваряване на металите под вода е актуален, значим и перспективен научно-приложен проблем.

3. Познава ли дисертантът състоянието на проблема и оценява ли творчески литературния материал.

Дисертантът е разгледал и анализирал достатъчно широк кръг литературни източници засягащи разработвания проблем. Показал е умения за анализ на наличната информация и способност да изгражда нови теоретични и научно-приложни постановки на нейна база.

Анализиран са изчерпателен брой публикации по проблема през последните години, 353 от които са цитирани коректно в работата.

В хода на този обзор дисертантът е демонстрирал задълбочено навлизане в теорията и практическото приложение на заваряването на металите под вода и демонстрира способност за критичен подбор, анализ и обобщение на най-същественото от литературните източници.

4. Избраната методика на изследване може ли да даде отговор на поставената цел и задачи на дисертационния труд.

От методологична гледна точка дисертационният труд е ориентиран към изчерпателно изследване на електротехнологичните процеси при заваряване под вода, както и изучаване на качеството на получения заваръчен шев. Процесите са изследвани както теоретично – чрез аналитично разглеждане и моделиране, така и експериментално – чрез провеждане на многобройни експерименти със създадени оригинални приспособления и разработени нови методики.

Това показва, че за решаване на поставените задачи е приложен разностранен набор от съвременни методи. Наред с това, уместно са използвани възможностите за по-детайлни изследвания на разглежданите процеси в практически условия, като проведените експерименти са съобразени и с наличната материална база.

Следователно, възприетата методика за изследване, като цяло, е реалистично и правилно подбрана с оглед на поставените цел и задачи на дисертацията.

5. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Във втора глава на дисертацията подробно и изчерпателно се изследва електрическата дъга при подводно заваряване. Изследвани са факторите и условията за устойчивост на електрическата дъга като експериментално изследване устойчивостта на дъгата при подводно заваряване, изследване на устойчивостта на дъгата при заваряване под вода в условията на движеща се водна маса и др. Изучено е също влиянието на енергийните параметри на системата върху продължителността на преходния процес. Разгледани са влиянието на хидростатичното налягане на водата, влиянието на индуктивността на заваръчната верига върху преходния процес, влиянието на скоростта на подаване на заваръчния тел, влиянието на еквивалентното съпротивление на заваръчната верига и влиянието на напрежението на празен ход.

В трета глава на дисертацията са изследвани влиянието на взаимовръзката между шихтовите състави на тръбно-флюсовата тел (ТФТ) под вода и качеството на заваръчното съединение. Извършена е оптимизация на уравненията на получения регресионен модел и графичен анализ на получените резултати.

Четвърта глава на дисертацията разглежда влиянието на различни компоненти върху стабилността на процеса заваряване с ТФТ под вода и качеството на заваръчното съединение. Представена е разработена методика за изследване взаимовръзката между параметрите на режима, състава на шихтата, химичните елементи и механичните свойства на заваръчното съединение. Представени са многобройни резултати от изследвания на механичните свойства на заваръчното съединение, на химичния състав на заваръчния шев, на параметрите на режима на заваряване, на влиянието на легиращите елементи от шихтата на ТФТ върху ударната жилавост на заваръчния шев, на влиянието на химичния състав върху ударната жилавост на заваръчния шев, на влиянието на параметрите на режима върху качествата на заваръчния шев, на влиянието на легиращите елементи на шихтата върху ударната жилавост, както и влиянието на други компоненти на шихтата върху ударната жилавост. Разгледани са възможностите за оптимизация на процеса на заваряване с тръбно-флюсова тел.

В пета глава на дисертацията са представени изследвания на някои параметри на процеса на подводно заваряване с ТФТ. Изследвано е влиянието на параметрите на режима и защита на заваръчното съединение върху скоростта на охлаждане. Представени са резултати от металографски анализ и механични изпитания на шева и

зоната на термично влияние. В същата глава са представени и нов метод и приспособление за механизизирано заваряване под вода.

6. В какво се заключават научните или научно-приложните приноси на дисертационния труд?

Приносите в дисертационния труд имат научен, научно-приложен и приложен характер.

Научните приноси се свеждат до следното:

1. Разработен е теоретичен модел на процеса на заваряване под вода на базата на получени експериментални уравнения, който дава възможност за изследване на всички фактори, влияещи на процеса на заваряване.

2. Разработена е методология за изследване и избор на главните оценяващи технологични характеристики на процеса на подводно заваряване със самозащитна тръбно-флюсова тел и свойствата на заваряваните съединения.

Декларирани са 20 научно-приложни приноси, които се свеждат основно до:

1. При изследванията под вода са получени потвърдителни факти, че при използване на индуктивност и активно съпротивление устойчивостта на процеса се определя от времеконстантата $T=L/R_e$. Увеличаването на T води до нарастване на размера на капките, което увеличава разпръскването на електродния метал и нарушава устойчивостта на дъгата.

2. Получени са потвърдителни факти, че устойчивостта на дъгата зависи от параметрите на заваръчния източник и заваръчната верига, от технологичните параметри на режима. Доказано е, че устойчивостта на дъгата е най-ниска при заваряване под вода без защита, поради периодичните прекъсвания на горенето на дъгата. При заваряване със защитна струя от вода, устойчивостта е висока и близка до тази при заваряване на въздух, вследствие на стабилността на газовия мехур, по малко блуждаене на дъгата и нарастване на тока на заваряване.

3. Получени са нови факти, че при изследване на устойчивостта на дъга под вода, не е достатъчно да бъде изследвано изменението на напрежението и тока във времето и коефициента на устойчивост на дъга, а е необходимо да се използват коефициентите на вариациите на напрежението K_V^U , тока K_V^I , честотата на късите съединения f_{kc} и коефициента на вариации на продължителността на късите съединения K_V^t .

4. Разработена е нова методика и експериментална уредба за изследване на коефициента на вариациите на напрежението K_V^U и тока K_V^I , честотата на късите съединения f_{kc} и коефициента на вариации на продължителността на късите съединения K_V^t .

5. Получени са нови факти при подводно заваряване с ТФТ за K_V^U , K_V^I , f_{kc} и K_V^t , които показват, че коефициента на вариации на продължителността на късите съединения K_V^t е с най-голямо разсейване. Това е така, защото максималния ток на късо съединение се достига преди края на късото съединение. Наличието на индуктивност във веригата променя времето на късо съединение. Коефициентът на вариациите на продължителността на късите съединения K_V^t , дава значително по-качествена оценка на устойчивостта на горене на дъгата, отколкото използването на вариациите на напрежението и тока.

6. Получени са нови факти които показват, че най-високо напрежение на дъгата се получава при заваряване под вода без защита, което е свързано с наличие на кислород и водород в атмосферата на дъгата, вследствие на дисоциацията на водата. Ниското напрежение при заваряване със защита от водна струя се обяснява с напора на водата върху парогазовия мехур и стабилизирането му над заваръчното изделие.

7. Получени са нови факти за устойчивостта на дъгата при заваряване под вода, при скорост на водата (потока) V_B от 0 до 11,20 m/s и е доказано, че е възможно да се заварява при скорост на водата от $0 \div 8,5$ m/s, като по-нататъшното увеличение води до рязко влошаване на процеса. Увеличението на скоростта на водата респективно води до намаляване на устойчивостта на горене на дъгата, като лека стабилизация в горене дъгата се наблюдава при скорост на водата $V_B = 3,5 \div 6$ m/s. Скорост на водата над 8,5 m/s води до значителен срив в стабилността на горене на дъгата, като нейното горене практически е невъзможно при скорости над 11,2 m/s, където $K_s=0$ породено от разрушаване на дъговият разряд под действието силната водна струя.

8. Получени са потвърдителни данни, за влиянието на хидростатичното налягане на водата и е установено, че процеса на горене на дъгата става неустойчив основно за сметка на скъсяване на дължината на дъгата. За подобряване на стабилността на процеса трябва да увеличим мощността на дъгата за сметка на напрежението, което увеличава дължината ѝ.

9. Получени са нови факти за влиянието на индуктивността на заваръчната верига върху времето на преходния процес t_y на установяване при подводно заваряване. Изменението на индуктивността на заваръчните проводници при увеличаване на налягането (дълбочината) е значително и влияе на скоростта на нарастване на тока на късото съединение. Увеличаването на индуктивността до 0,4 mH при твърда характеристика на източника на ток подобрява процеса на заваряване, като t_y достига минимална си стойност при $L=0,4$ mH. Влошаването на технологичните параметри на дъгата и увеличаването на t_y при увеличаване на $L > 0,4$ mH е резултат от увеличаване на електромагнитната времеконстанта $T=L/R_e$ и времето на късо съединение.

10. Получени са потвърдителни данни, за влияние на еквивалентното съпротивление R_e и е показано, че увеличаването му намалява времето на преходния процес t_y за установяване за сметка на намаляване на електромагнитната времеконстанта. С увеличаване на R_e при подводно заваряване се увеличава наклона на външната характеристика на хранящия източник и се намаляват коефициентите на вариация на тока и напрежението при минимално L . Поради ниската стойност на коефициента на саморегулиране на дъгата при високи R_e се увеличава разпръскването на електродния метал и се влошават технологичните параметри на шева.

11. Разработен е регресионен модел на взаимодействие на шихтовия състав на ТФТ и легиращите елементи върху механичните свойства на заваръчното съединение като е използван план на Хартли. Получени са регресионните уравнения на зависимостта между съотношенията на шихтовия състав $CaCO_3/CaF_2$, CaF_2/TiO_2 , Fe_{np}/TiO_2 , $FeMn/TiO_2$ и химическия състав на наварения метал C , Si , Mn , H_2 върху твърдостта и ударната жилавост на заваръчните съединения.

12. Реализирана е оптимизация с помощта на програмния пакет QstatLab6.1 по метода на "Random search" на влиянието на отношенията на шихтовия състав и легиращите елементи на ТФТ за подводно заваряване върху механичните свойства на заваръчното съединение в реално измерени граници на фактурното пространство. Осъществен е графичен анализ за регресионните модели на твърдостта и ударната якост в областта на оптимума, получен при компютърна обработка на регресионните уравнения.

13. Получени са нови факти за влиянието на компонентите на шихтата на ТФТ върху механичните свойства на заваръчното съединение при подводно заваряване, които доказват, че твърдостта на наварения метал се определя основно от съдържанието на CaF_2 и $FeMn$ в шихтата. Стойностите на ударната жилавост зависят главно от съдържанието на въглерод и манган като увеличената им концентрация намалява ударната жилавост при $0^\circ C$ и $20^\circ C$.

14. Получени са нови факти, при изследванията и анализите на резултатите, които доказават, че най-перспективните състави на шихтите при разработване на ТФТ се получават при спазване на следните граници на изменение на компонентите:

$$0,5 < CaCO_3 / TiO_2 < 1;$$

$$0 < CaF_2 / TiO_2 < 0,3;$$

$$0,1 < FeMn / TiO_2 < 0,3.$$

15. Разработена е нова методика за изследване на взаимодействието на параметрите на режима на заваряване, фероелементите и техните отношения със желязния прах и химическия състав на наварения метал върху свойствата на завареното съединение на базата на регресионните методи и въвеждане на функция на желателност. Изследвано е влиянието на параметрите на режима върху свойствата на заваръчния процес при подводно заваряване с телове разработени от автора. Получени са регресионните уравнения за изследване на шевове и е направено разпределение на теловите по качества.

16. Получени са нови факти за влиянието на легиращите елементи от шихтата чрез фероелементите и техните отношения към желязния прах. Изследвано е и влиянието на 12 химични елемента от състава на шева върху ударната жилавост при подводно заваряване. Елементите са разделени на четири групи и за всяка от тях са намерени регресионните уравнения на влиянието на елементите върху ударна жилавост при различни температури.

17. Получени са нови факти за влиянието на параметрите на режима и защитата на заваръчното съединение при подводно заваряване върху скоростта на охлаждане в температурния интервал $850 \div 500^\circ\text{C}$. Получени са термичните цикли за различните ТФТ, различни условия и скорости на охлаждане в температурния интервал $850 \div 500^\circ\text{C}$.

18. Получени са нови факти за влиянието на ТФТ, режима на заваряване и защитата на шева върху микродефектите, твърдостта и структурата на метала на шева и зоната на термично влияние при подводно заваряване. Установено е, че стандартната бална оценка като интегрална величина дава само обща представа за дефектността при подводно заваряване и дава само качествената оценка. За пълна количествена оценка на микродефектността в настоящата работа е разработена нова методика за оценка на микродефектите в полето на шлифа.

19. Направено е изследване и сравнителна оценка на твърдостта на заваръчното съединение получено с разработени от автора телове №19(ТФТ-19Н), №23(ТФТ-23Н) и ППС-АН1 при еднакви режими на заваряване и е показано, че по механични качества теловите почти не се различават. Разработените от автора ТФТ са с по-плавно изменение на твърдостта, поради което може да се каже, че имат по-добри качества.

20. Разработен е нов метод и приспособление за заваряване на металите под вода с ТФТ. Метода позволява да се механизира процеса на подводно заваряване, което дава възможност да се използва от не само високо квалифицирани водолази, но и такива с по-ниска квалификация и опит. Метода и приспособлението осигурява получаване на заваръчни шевове с високо качество без дефекти, което е от съществено значение при подводното заваряване поради ограничените възможности за дефектоскопия и корекция на дефекти.

Деклариран са и няколко чисто приложни приноси.

7. Може ли да се оцени в каква степен дисертационния труд и приносите представляват лично дело на дисертанта?

Аналитичното изложение на материала, критичното отношение към собствените резултати и стремежът те да бъдат сравнени с такива на други автори, множеството числени и натурални експерименти са свидетелство за оригиналността на дисертационния труд и неговите научни приноси.

Убедително доказателство в това отношение са публикуваните резултати по дисертацията, които имат своето значимо присъствие сред материалите по тази актуална област в заваряването.

8. Преценка на публикациите по дисертационния труд.

Разработките по всяка от задачите на дисертацията са докладвани на подходящи научни форуми.

Направени са общо 7 публикации, разпределени както следва:

- една в списание „Acta Universitatis Pontica Euxinus”, съвместно издание на Ovidius University of Constanta, Romania, ТУ-Варна и др.;
- една в списание „Машиностроителна техника и технологии”, съвместно издание на НТС-Варна и ТУ-Варна;
- пет на международни конференции в България.

Една от представените публикации е самостоятелна.

Публикуваното илюстрира достатъчно добре способността на дисертанта да излага на обсъждане пред научни форуми резултатите от своите изследвания и същевременно е допринесло за популяризиране на получените резултати сред българската научна общност.

9. Мотивирани препоръки за бъдещо използване на научните и научно-приложните приноси: какво и къде да се внедри.

Рецензентът не разполага с документални данни за използване на резултатите от дисертационния труд в производствената практика, но е убеден в тяхната висока приложна стойност.

Декларирано е, че разработените ТФТ са апробирани в Център за професионално обучение към ТУ-Варна, и във фирмите Пристанище Бургас ЕАД, Еко Клийн Технолоджи ЕООД, „Соларис” ЕООД и „Ремтехнолоджи” ООД.

10. Авторефератът направен ли е съгласно изискванията, правилно ли отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд?

Авторефератът е разработен съгласно изискванията на Приложение 4 на Правилника за приемане, обучение на докторанти и придобиване на образователната и научна степен „доктор” и научна степен „доктор на науките” на ТУ – Варна. Той правилно отразява основните положения и научните приноси на дисертационния труд. Авторефератът дава ясна представа за същността на проблема, целта и задачите на дисертацията както и за пътя по който те се решават. Кратко и ясно са изложени резултатите от анализа, моделирането и експериментите, изводите и приносите.

11. Критични бележки по дисертацията.

При запознаването ми с дисертационния труд не съм констатирал допуснати съществени пропуски и неточности.

Като рецензент на проекта за дисертация, представен за предварителна защита, бях отправил около 15 конкретни забележки и препоръки за подобряване на представения материал. Прави впечатление, че дисертантът изцяло се е съобразил с направените критични бележки по представения за предварителна защита материал. Всички забелязани междуременно неточности и пропуски също бяха своевременно коригирани от дисертанта.

Прави впечатление също, че и след представяне на дисертационния труд, инж. Борислав Ников продължава да работи по тематиката на дисертацията чрез

усъвършенстване на качествата на разработените нови телове за подводно заваряване. Резултатите от тези изследвания ще бъдат оформени в нова научна статия.

12. Оценка на качествата на кандидата.

Личните ми впечатления от над 10-годишното ми познанство в професионалната сфера с инж. Борислав Николаев Ников са отлични. Като съвестен и отговорен изследовател той се стреми към изчерпателност и прецизност на изследванията, на тяхното оформяне и публикуване, което обяснява сравнително дългия период на разработване на дисертационния труд.

От самото начало на изследванията, свързани с подводното заваряване, водеща роля в научното консултиране на докторанта е имал проф. д-р инж. Николай Ников. Почти всички научни публикации, произлезли от тези изследвания са с авторски колектив проф. Николай Ников, инж. Дойчин Ников и инж. Борислав Ников. Научните проекти, в които е участвал дисертантът също са с ръководител проф. Николай Ников. Може да се каже, че дисертантът се е формирал в школата на проф. Ников по подводно заваряване, която е международно призната и уважавана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на изложеното по-горе относно актуалността, съдържанието и значимостта на научно-приложните приноси на дисертационния труд **„Изследване на процеса на полуавтоматично заваряване на металите под вода”**, неговия обем и качеството на постигнатите научни резултати, считам, че той представлява завършено научно изследване. Разработката напълно съответства на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение за получаване на образователна и научна степен “доктор”.

Въз основа на горното предлагам на уважаемото Научно жури да присъди образователната и научна степен “доктор” на инж. Борислав Николаев Ников.

10.04.2018 г.

Рецензент:

доц. д-р инж. Б. Апрахамян