

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна
и научна степен „ДОКТОР”

Автор на дисертационния труд: *маг. инж. Георги Георгиев Георгиев – редовен докторант в кат. МТМ, ТУ-Варна*

Тема на дисертационния труд: *“Изследване на уморните процеси в корозионно устойчива ферито – аустенитна стомана”*

Професионално направление: *5.1. „Машинно инженерство”*

Докторска програма: *„Технология на машиностроителните материали“*

Рецензент: *проф. д-р инж. Милко Генов Йорданов – ТУ-София*

Основание за изготвяне на рецензията: *Заповед на Ректора на ТУ-Варна № 239 от 01.06.2020г. за състав на Научното жури, Прот. № Д.4.3 от 04.06.2020г. на Научното жури и Заповед № 250 от 08.06.2020г. на Ректора на ТУ-Варна за избор на рецензенти.*

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение. Степен и мащаб на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.

Дуплексните ферито-аустенитни корозионно устойчиви стомани имат някои важни предимства пред традиционните аустенитни корозионно устойчиви стомани като по-висока механична якост и по-висока устойчивост на точкова и междукристална корозия в хлор- и флуор- съдържащи среди, при това в съчетание с много добра заваряемост и не на последно място – по-ниска цена поради по-ниското съдържание на скъпия никел в тях. Затова тези стомани се използват широко в различни отрасли на икономиката, особено в химическото машиностроене, енергетиката, добивът на нефт и газ, хранително-вкусовата и хартиената промишлености, в корабостроенето и др.

Актуалността на решаваните в дисертацията проблеми и задачи в научно и научно-приложно отношение се определя преди всичко от необходимостта за уточняване и конкретизиране на някои особености в условията и механизма на разпространение на пукнатината в дуплексната корозионно устойчива ферито-аустенитна стомана SAF 2507 при уморно разрушаване на заварени и газово азотирани-карбонитрирани образци в агресивна и неагресивна среда. А това е наложено от изискванията за уморна якост на конкретни машинни детайли в конкретни експлоатационни условия.

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

Представеният дисертационен труд е в обем от 168 страници и съдържа 199 фигури, 25 таблици и 15 формули. За да реши поставените пред него задачи, докторантът обстойно е прегледал и анализирал голям брой литературни източници, които обхващат времеви интервал от почти 60 години. В дисертацията са цитирани 129 литературни източника по темата на български, руски, английски, испански и чешки езици, публикувани в интервала 1961 - 2018г., от които 47 са на кирилица, 79 на латиница и 3 Интернет-сайта.

Считам, че в работата си докторантът показва много добро познаване на състоянието на решавания от него проблем и творчески интерпретира големия обем от литературен

материал, защото в литературния обзор той балансирано е съчетал класически данни с най-нова информация от световен мащаб, като всичко е логически подредено, критично анализирано и подчинено на темата на дисертационния труд, на конкретните проблеми, методи и средства за решаване на поставените пред него цел и задачи.

Но считам, че литературният обзор е по-обширен от необходимото и би трябвало да бъде по-стегнат и кратък.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд

Целта и задачите на дисертационния труд обхващат изследвания върху поведението и особеностите в механизма на уморно разрушаване на заварени и газово азотирани-карбонитрирани образци от корозионно устойчива ферито-аустенитна стомана SAF 2507 в агресивна и неагресивна среда.

Използваните методи, средства и апаратура са точно и умело подбрани за постигане на поставената в дисертацията цел.

За изготвяне на тестовите образци са използвани лазерно рязане, челно електродъгово заваряване, нискотемпературно газово азотиране – карбонитриране, шлифоване с шкурки с номера от 100 до 2000 и полиране.

За изследване на поведението при циклична умора на образците са използвани програмният продукт SolidWorks, компютърно управляема вибрационна маса, макро- и микроструктурен анализ, дюрометрично изследване по метода на Викерс, качествен и количествен рентгенов фазов анализ, корозионно въздействие чрез потапяне в разтвор.

Заедно с това авторът е разработил и приложил нови методики – за определяне на растежа на пукнатината за цикъл натоварване, за определяне развитието на фронта на пукнатината в напречно сечение, за развитие на пукнатината в дълбочина и създаване на 3D профил, за определяне на уякчената област в зоната на формиране на пукнатината.

Чрез проведените голям обем, различни по вид, класически и специализирани съвременни изследвания, и тяхното съчетаване в необходимата последователност и взаимовръзка, дисертантът е успял да извлече необходимата му информация и успешно да реализира поставените цел и задачи.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала в дисертационния труд

Дисертационният труд има подчертан експериментално-изследователски характер с приложна насоченост.

Така формулирана и разработена, темата е в областта на изпитване на материалите, и по точно – определяне на механизма на зараждане и разпространение на пукнатината, предизвикана от многоциклова умора при заварена корозионно устойчива дуплексна стомана SAF2507 в зоната на основния и наварения метал преди и след корозионно въздействие.

Правилно подбраните и използвани от докторанта класически и съвременни методи и апаратура за получаване и изследване на образците от корозионно устойчива дуплексна стомана SAF2507 осигуряват желаните вярност и точност на получените резултати, а от там и на достоверност на формулираните изводи и приноси в дисертационния труд.

Четири от представените 5 публикации към дисертационния труд са отпечатани в специализирани научни списания, като 2 от тях са апробирани на специализирани международни форуми пред специалисти в областта.

Всичко това изгради у мен увереност и ми дава основание да считам представената в дисертационния труд информация за оригинална и напълно достоверна.

5. Приноси на дисертационния труд

Приемам посочените от автора приноси на дисертационния труд и направеното им разделение на *научно-приложни и приложни*, които аз групирам както следва:

5.1 Доказване с нови средства на съществени нови страни във вече съществуващи научни проблеми и теории (хипотези):

5.1.1 Чрез проведените изследвания и макроструктурни анализи по време на циклично натоварване и след разрушаване на изследваните образци от стомана SAF2507, са установени различни режими на развитие на пукнатините в зависимост от химичните и технологичните условия.

5.1.2 Установена е зависимост между скоростта на развитие на пукнатините и ъгъла на фронта при разглеждания материал в зависимост от химичните и технологичните условия.

5.2 Създаване на нови класификации, методи на изследване, нови конструкции, технологии, модели, материали и т.н.:

5.2.1 Разработен е модел, показващ максималния обем работа, извършван от изследваната стомана, при циклично натоварване в зависимост от химичните и технологичните условия, който е приложим за корозионноустойчиви стомани.

5.2.2 Разработена е методика за определяне на фокуса на пукнатината и нейния растеж при знакопроменливо натоварване.

5.2.3 Разработена е методика за определяне развитието на фронта на пукнатината в двете направления и създаване на 3D профил.

5.2.4 Разработен е графичен 3D модел за влиянието на формата на ръба върху зараждането и развитието на пукнатината, както и уморната дълготрайност на материалите.

5.2.5 Разработено е приспособление за провеждане на микроструктурно изследване на пукнатината след разрушаване на пробата.

5.3 Получаване и доказване на нови факти:

5.3.1 При материал (стомана SAF2507, ОК 67.50 1.4462), подложен на различни технологични и химични условия, са изследвани и установени уякчените зони в близост до пукнатината. Разработен е 3D модел. - *(тук новият факт е наличието на разякчена зона между фронта на пукнатината и уякчената зона до него).*

5.4 Получаване на потвърдителни факти:

5.4.1 Извършена е комплексна оценка и сравнителен анализ за влиянието на формата на ръба върху зараждането и развитието на пукнатината, както и уморната дълготрайност на материалите (стомана SAF2507, ОК 67.50 1.4462).

5.4.2 Разработен е модел за развитие на междукристална корозия в зависимост от кристалния строеж, оказващ влияние върху дълготрайността на материала.

5.4.3 Установено е влиянието на формата и размерите на структурата на разглеждания материал върху развитието на пукнатината.

5.4.4 Установено е зараждането и развитието на пукнатината в наварената зона в зависимост от различните технологични и химични условия.

5.4.5 Установено е влиянието на S-фазата за повишаване уморната дълготрайност и корозионна устойчивост върху изследвания корозионно устойчив материал.

5.4.6 Установени са S-N криви на заварени и незаварени структури от ферито – аустенитна стомана преди и след корозионно въздействие.

5.4.7 Установени са S-N криви на нискотемпературно газово азотирани – карбонитрирани заварени и незаварени структури от ферито - аустенитна стомана преди и след корозионно въздействие.

5.5 Приноси, свързани с използване на резултатите в практиката:

Към тази група могат да бъдат отнесени посочените по-горе приноси под №№ 5.2.1, 5.4.1, 5.4.5, 5.4.6 и 5.4.7.

Искам да обърна внимание на принос 5.2.1, който се отнася до създаденият четирисекторен концентричен модел (фиг.6.9 в дисертацията, респ. фиг.45 в автореферата), който според мен има важно пряко приложно значение като справочен материал за конструкторите на различни детайли от тази марка стомана. Той е прост, лесен за използване и съдържа събрана ценна информация за практиката.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в дисертационния труд и приносите в него

Фактът, че маг. инж. Г. Георгиев е на първо място в 4-те представени към дисертационния труд публикации, че те са отпечатани в специализирани научни издания с научно рецензиране и са в списъка на НАЦИД, както и фактът, че 2 от публикациите са апробирани пред специалисти от областта на международни научни форуми у нас, ми дават основание да твърдя, че дисертационният труд и неговите приноси са лично дело на дисертанта.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Към дисертационния труд дисертантът е представил 5 свои публикации.

Тъй, като за публикация №2 не е представено доказателство, че е отпечатана или приета за печат в посоченото издание, аз я изключвам от списъка с публикации по дисертационния труд и разглеждам останалите 4 публикации.

Една от публикациите е на английски език, а останалите 3 са на български език. Никоя от представените 4 публикации не е отпечатана в издание, което е реферирано и индексирено в световноизвестни бази данни с научна информация. Всичките 4 публикации са отпечатани в периода 2016 – 2020г. в специализирани научни издания в България, които са включени в *Националния референтен списък на съвременни български научни издания с научно рецензиране в НАЦИД*, като 2 от публикациите са апробирани на специализирани международни форуми пред специалисти по безразрушителен контрол. Това ми дава основание да считам, че постигнатите резултати са огласени достатъчно широко.

Дисертантът е самостоятелен автор на 2 от публикациите. Другите 2 публикации са в съавторство с научния ръководител и други съавтори. Разделителни протоколи между съавторите за статиите не са представени, но и в 2-те публикации дисертантът е на първо място, което приемам като водеща роля в представените изследвания.

След като се запознах подробно със съдържанието на 4-те публикации към дисертационния труд считам, че същите са по темата на дисертацията и отразяват съществени части от изследванията и резултатите в дисертационния труд.

Дисертантът не е представил доказателства за цитиране от други автори.

Трябва да отбележа, че списъкът с публикациите на автора към дисертационния труд не е оформен съгласно библиографските изисквания.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в практиката

Дисертантът не е представил документ за конкретно практическо използване на постигнатите в дисертационния труд резултати, както и за икономически ефект от приложението на тези резултати. Въпреки това, неоспоримо достойнство на дисертационния труд е неговата практическа насоченост и полезност за практиката на няколко от приносите в работата, както бе посочено по-рано в т.5 от тази рецензия.

9. Препоръки

Към дисертанта имам следните по-важни препоръки:

9.1. Да продължи изследователската работа в областта на уморната якост на дуплексните корозионно устойчиви стомани (фепито-аустенитни и мартензит-аустенитни), защото има натрупан опит и знания и широк фронт на действие.

9.2. Да извърши обстоятелни изследвания за безспорно доказване на причините за появата на разякчената зона, разположена между уякчената зона и фронта на пукнатината при уморно разрушаване на стомана SAF2507 след НГАКН. Да разшири това изследване и върху други марки дуплексни ферито-аустенитни корозионно устойчиви стомани.

9.3. Да извърши обстоятелни изследвания за безспорно доказване на причините за увеличаване на ферита над 50% в наварения метал при стомана SAF2507 след НГАКН. Да разшири това изследване и върху други марки дуплексни ферито-аустенитни корозионно устойчиви стомани.

9.4 Да бъде по-прецизен, конкретен и ясен при описване на методиките на съответните изследвания – без излишни описания от общ характер и без пропускане на съществени настройки или параметри на изследването.

10. Оценка на автореферата

След като се запознах подробно със съдържанието на автореферата считам, че същият отговаря на изискванията за неговото изготвяне, адекватно и достатъчно пълно и точно отразява същността, основните положения, получените резултати и приносите на дисертационния труд.

Номерацията на фигурите, таблиците и формулите в автореферата не съответства на номерацията в дисертационния труд, а следва собствената логика на текста, което е право на решение на автора и не нарушава изискванията за неговото изготвяне.

11. Критични бележки и въпроси по дисертацията

Към докторанта имам някои забележки и въпроси.

По-важните мои критични бележки са:

11.1 В Глава 2. Цел и задачи считам, че така формулирана задача №2 включва в себе си задачи №№ 4,5,6 и 7. Последните представляват конкретизирани части от задача №2 и затова тяхното изписване е излишно.

11.2 В т.№3 от автореферата е казано „Обект и предмет на изследване е корозионно устойчива стомана от ферито-аустенитен тип (SAF2507) в зоната на наварения и основния метал.“ Това е технически некоректен израз относно предмета на изследването, защото стоманата е само обекта на изследване. А предмета на изследване са структурата, свойствата и поведението на стоманата след различните видове въздействия.

11.3 Дисертацията е предназначена да се чете от специалисти в тази област, а в глава 3.2 от дисертационния труд има елементарни определения на това, що е макроструктурен анализ, що е измерване на твърдост по Викерс, принципно устройство на металографски микроскоп и др., където са дадени определенията на процесите, а не конкретните използвани режими, специфичните настройки и обосновка за причините за тези режими и настройки на изследване.

11.4 В т.3.1.1 Методика на изработване на образците на стр.68 в дисертационния труд е дадено, че заваряването е извършено с електроди ESAB ОК68.82, а накрая в два от приносите на стр.158 са дадени електроди ESAB ОК67.50. На какво се дължи тази разлика в електродите?

11.5 Извършени са голям брой различни видове и систематизирани изследвания на якостта срещу уморно разрушаване на стомана SAF2507 след различни въздействия. Големите масиви от данни са обобщени в 2D и 3D диаграми, част от които са оригинално дело на автора. Но научният анализ на тези резултати е недостатъчен и не е задълбочен, на места даже липсва, въпреки, че в литературният обзор на работата има необходимата основа за един подробен и задълбочен научен анализ на всички видове резултати от изследванията.

Имам и редица забележки за печатни и стилови грешки в записката, които не считам за съществени и които съм споделил с автора.

Въпроси към дисертанта:

11.6 С каква точност са използваните измервателните уреди - индикаторният часовник при определяне размера на изместването от пукнатината и везната при корозионните изследвания? Защо тези точности са избрани?

11.7 С какво натоварване е измервана микротвърдостта и защо точно с него, защото не е дадена в методиката на измерването?

11.8 Регистрирали сте зона с ниска твърдост, разположена между фронта на пукнатината и уякчената зона при образците с НГАКН? Коя е вероятната причина за това?

11.9 По данни на фирма ESAB, използваните електроди за заваряване дават съдържание на ферит в метала на шева от 30 до 50%, а вие сте регистрирали 60% ферит (60% α Fe) при образците с НГАКН – фиг. 5.43, стр. 143. Коя е вероятната причина за този резултат?

11.10 Да се поясни пред НЖ какво се има предвид под термина „планиран експеримент“ в общите изводи на стр. 157 в дисертацията, защото не са представени регресионни уравнения от него.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Направените от мен критични бележки и препоръки не намаляват достоинства на работата, а биха спомогнали за подобряване на по-нататъшната научно-изследователска дейност на дисертанта.

Считам, че представеният за рецензиране дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за РАС и ППЗРАС в Р.България, като изпълнява изискванията на „Правилника за приемане, обучение на докторанти и придобиване на ОНС "доктор" и НС "доктор на науките" в ТУ-Варна“. Извършена е значителна по обем и сложност работа, като са постигнати значими и оригинални резултати. Дисертационният труд съдържа научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката и са лично дело на докторанта. Представеното в дисертационния труд показва, че дисертантът притежава задълбочени теоретични знания по специалността и има изградени способности за самостоятелни научни изследвания.

Въз основа на това и на всичко казано до тук в рецензията, **давам обща положителна оценка на дисертационния труд.**

Предлагам на маг. инж. Георги Георгиев Георгиев да се присъди образователната и научна степен "доктор" по научната специалност „Технология на машиностроителните материали“ в област на висшето образование 5. „Технически науки“, професионално направление 5.1 „Машинно инженерство“.

18.08.2020г.

Рецензент:

/проф. д-р инж. М. Йорданов/