

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор” по професионално направление 5.9 „Металургия” (Металургия на черните метали)

Дисертационният труд на тема *„Изследване корозионната устойчивост на лети високолегирани хромови и хромникелови стомани ”* е разработен от магистър – инженер **МАРИЯ ЙОРДАНОВА КРЪСТЕВА**, редовен докторант, асистент и понастоящем инженер – металург в катедра „Металургични технологии, електротехника и електроника“ на ХТМУ.

Научен ръководител: доц. д-р инж. Румен Ив. Петков

Рецензент: доц. д-р инж. Димка Иванова Фачикова, член на Научното жури със заповед Р-ОХ-334 /15.08.2021 г. на Ректора на ХТМУ.

Рецензията е изготвена съгласно препоръките на Правилника за ПНСЗД в ХТМУ.

Магистър-инженер Мария Кръстева е представила всички необходими документи по процедурата за присъждане на образователната и научна степен „доктор”.

Биографични данни и научни интереси на кандидатката

Инж. Мария Йорданова Кръстева е родена на 07.12.1980 г. в гр. Сандански. Средното си образование е получила в „Техникум по хранително – вкусова промишленост и туризъм“ – гр. Разлог (1995-1999 г.), с придобита квалификация „Техник-технолог-еколог“.

В периода 1999-2005 г. е последователно студент в бакалавърската специалност „Металургия на желязото и металолеене“ и в магистърската специалност „Металургия на черните метали“ на ХТМУ. През 2006-2009 г. е редовен докторант в катедра „Металургия на желязото и металолеене“.

След 2010 г. и до момента е асистент и инженер – металург в същата катедра. Води упражнения по металургични дисциплини и е отговорник по Учебна дейност в катедрата.

Владее добре английски и руски езици, както и технически умения и компетенции по MS Office, Origin Pro, CorelDraw и др.

Инж. М. Кръстева е взела активно участие в редица вътрешни и външни договори, разработвани в катедрата. Изследователската работа и професионалните научни интереси на инж. М. Кръстева са ориентирани предимно в областта на металолееенето, термични и други видове обработване на металите, материалознанието.

Преглед на дисертационния труд и анализ на резултатите

Известно е, че корозията на металите и неметалните материали е един от глобалните проблеми на съвременния свят. Вследствие на многобройните и разнообразни форми на корозията са огромните икономически загуби, замърсяването на средата, в която човечеството живее и работи, забавянето на техническото развитие и т. нат. С най-голям негативен дял, в този аспект, са корозионните проявления, в които едновременно върху металното оборудване въздейства както средата, в която то се експлоатира, така и механичното натоварване върху него. Корозионното напукване и корозионната умора са най-опасните примери на корозионно-механичните разрушавания на металите.

Дисертационният труд на инж. М. Кръстева се отнася до изследване корозията на лети и с последващо термично третиране хромови и хромникелови стомани в различни среди, както и при едновременно действие на постоянни и променливи механични напрежения. Ето защо считам, че предметът на настоящата дисертация е напълно актуален и представлява безспорен интерес, както от научна, така и от приложна гледна точка.

Дисертационният труд е представен на 125 стандартни страници, съдържа 61 броя илюстрации (2 фигури, 18 графики, 20 снимки, 21 таблици), като са цитирани 112 литературни и информационни източници.

След кратко въведение следват шест глави, в които са представени получените при разработването на дисертацията резултати, заключение и списък на литературните източници. Приносите, както и отпечатаните публикации и доклади по дисертацията, също така са намерили място в дисертационния труд.

В Глава 1 „Теоретична част (литературен обзор)“, по скоро в образователен вид, са дадени общи представи за корозията на металите – определение, видове и защита. От общоприетите 5 вида корозионно-механични разрушавания са разгледани най-опасните от тях – корозионно напукване и корозионна умора. Сравнително подробно са представени (корозионно поведение, приложение) някои хромови неръждаеми стомани,

към които се отнасят тези, обект на изследване в дисертацията. Не са разгледани хром-никеловите стомани, по-късно изследвани в глава 5.

В края на Глава 1, са формулирани целта и задачите, които трябва да бъдат изпълнени при разработването на дисертационния труд. При формулирането на целта на работата е по-подходящо да се използва „измерване или определяне на скоростта на корозия“, вместо „изследване“, както и като цяло да се прецизира текста. Задачите са прекалено подробно дадени – някои могат да се обединят, а други като „ - да се свалят ножове от дробилката в цех за акумулаторни отпадъци в завод за рециклиране на акумулатори“ са направо излишни.

В Глава 2 е изследвана електрохимичната корозия на стомани 3X14Л и 3X14Н2 в различни среди – 2.5 % HCl; 5 % HCl; 10 % H₂SO₄; 10 % HNO₃; 45 % H₃PO₄ и 10 % оксалова киселина. Опитните образци са получени по разработена и усвоена методика, която обхваща: изработване на формите, шихтоване на материалите, топене на метала, заливане на формите, почистване на отливките, термична обработка (ако е предвидена), изработване на образците.

Скоростта на корозия е определена по т. нар. „гравиметричен/масов показател“. Във формулата за скоростта вместо „повърхнина“ е по-правилно да се пише „площ“ на експонираната в корозионната среда повърхност на образца. Не е пояснено как са избрани средите и тяхната концентрация; как е определен и какъв е обемът на средата; как е подбрано времето на експониране; как са третирани образците при междинното им изваждане (след 24 часа) – отстранявани ли са и как корозионните продукти, ако ги има; какъв е характерът на корозия – локална или обща.

Опитните резултати са представени в таблици 1÷5, както и графично (с колони) – графики 1÷4. Защо едни и същи резултати са представени по два начина – таблично и графично? Какво обяснение може да се даде за това, че стойностите на K_1 и K_2 в някои от средите не се изменят, в други – намаляват, или пък се увеличават?

В същата глава е изследвано корозионното поведение и са определени механичните свойства на стомана 1X17Н2, от която се изработват „дробилни ножове“, използвани в заводите за рециклиране на акумулатори (ОЦК – гр. Кърджали) или за обработване на акумулаторни отпадъци. Ножовете се експлоатират в среда, съдържаща остатъци от сярна киселина, поради което за изследване корозията на стоманата е избран 5%-ен разтвор на H₂SO₄, а опитните образци са изрязани от ножовете. Продължителността на изпитването е 672 часа, като през определен период от време образците се изваждат от средата и измерва загубата на маса. Установено е, че до

първите 168 часа скоростта на корозия нараства, след което постепенно се понижава. По 5-бална скала е направена оценка на корозионната устойчивост на стоманата в изследваната среда – сравнително устойчива. Не е изказано предположение на какво се дължи понижаването на скоростта: например, от изтощаване на киселината поради недостатъчното ѝ количество и т. нат.

При работа на ударно-ножовата дробилка настъпва силно износване на ножовете в зоната на удара, което може да доведе до значителни повреди на оборудването. За решаване на проблема е предприето напластяване на износените ножове с електрод FS-CrNiMn. След тримесечна експлоатация на напластените ножове не е установено понижаване на тяхната твърдост. Доказан е значителен икономически ефект от икономия на метал и особено, от удължаване експлоатационния срок на напластените ножове.

В Глава 3 е описана работата по създаване на апаратура и предложена методика за лабораторно изпитване на корозионно-механичната устойчивост на отливки от стомана 3X14Л при статично натоварване, почистени по различен начин и подложени на различни видове термично обработване. Подробно са описани формата и размерите на избраното пробно тяло (U – образно), както и последователността на операциите при отливането, почистването на отливките, обработването на пробите при различни термични режими. Като корозионна среда, по литературна справка, е използван 45% - ен разтвор на $MgCl_2$ при температури в диапазона 115-125°C.

Установено е, че сачменоструйното почистване (неправилно е написано „дребноструйно“) на отливките, вследствие на наклепа който създава в повърхностния слой, повишава корозионната устойчивост на стоманата, в сравнение с почистването в алкална среда. Закаляването (от 1000 °C) и отвярщането при 300 °C и 750 °C влияе силно върху корозионно-механичното разрушаване на изследваната стомана: закаляването облекчава в най-голяма степен разрушаването, а отвярщането, особено при 750 °C, увеличава съпротивлението към разрушаване.

За по-пълно разбиране на установеното влияние на вида обработка на отлетите проби и на термичното им третиране, към устойчивостта на стоманата към корозионно-механично разрушаване в горещ разтвор на $MgCl_2$, би допринесло изследването на твърдостта и дебелината на наклепация слой, както и на структурата на стоманата след термообработката. Освен това, такова изследване би дало възможност да се определят оптимални условия на обработване, при които да се постигне максимална устойчивост на стоманата към корозионно-механично разрушаване.

По-подходящо е вместо „отвърщане“ при 750 °C, да се използва „ниско-температурно отгряване“ при 750 °C.

В глави 4, 5 и 6 са описани етапите по създаване на подходяща апаратура и методика за изследване влиянието на променливо механично натоварване върху разрушаването на лети и термично третирани хромови и хром-никелови стомани в среда на течна сплав Pb-Bi. Основната част от съдържанието на главите е върху конструирането, изработването, усъвършенстването и реновирането на апаратурата, на която ще се провеждат изпитванията. Конструирането и изработването на пресформата, отливането и почистването на образците, закрепването на последните и потапянето им в средата, снемането на зависимостта *деформация – напрежение* са същите, както при изпитване склонността на стоманите към корозионно напукване. За по-пълното изясняване на процесите, протичащи при развитието на корозионната умора, би допринесло определянето на стойността на механичната умора (или на условната граница на умора) във въздушна или инертна среда и сравняването ѝ с тази, измерена за корозионната умора. Влиянието на микроструктурата на летите и термообработени стомани, на температурата на средата и други фактори би дало възможност за определяне условията и границите на експлоатационната сигурност, при които стоманите няма да претърпят това опасно корозионно-механично разрушаване. И тук, както при корозионното напукване от голямо значение е охарактеризирането на „лома“, след разрушаване на опитните образци.

За успешното решаване на поставените в дисертацията задачи са използвани разнообразни металургични методи (приготвяне на сплавни състави, изработване на пресформи, отливане и почистване на пробни тела и др.), гравиметричен и химични методи, експериментални техники и други.

Съответствие между автореферата и дисертационния труд

Авторефератът е направен съгласно изискванията на Правилника за ПНСЗД в ХТМУ, като в по-голямата си част отразява получените в дисертационния труд резултати и изводи.

Приноси на дисертационния труд - характеристика и оценка

Приносите на дисертационния труд, според мен, са с научно-приложен характер и могат да бъдат описани, както следва:

1. Изследвана е корозионната устойчивост на високолегирани хромови стомани в моделни среди и е направена сравнителна оценка на поведението им в лето и кристално състояние, получено след термичната им обработка.
2. Избран, оразмерен и получен чрез леене е U – образен образец, за изследване склонността на стоманите в лето и кристално състояние, към корозионно напукване в 45% $MgCl_2$, при температури 115-125°C.
3. Изработена е апаратура и предложена методика за изследване податливостта към корозионна умора на хром-никелови стомани в стопилка на Pb-Bi сплав.
4. Като принос с образователен характер приемам, че апаратурите и методиките, разработени и използвани в дисертацията, са включени в учебната програма по дисциплината „Металолеене“, в катедра „Металургични технологии, електротехника и електроника“ на ХТМУ.

Публикации по темата на дисертационния труд

Маг.-инж. Мария Кръстева представя следните трудове за участие в конкурса с 1 публикация с редактор (№1), 2 участия в конференции с международно участие (№3 и №4), 1 Национална конференция с редактор (№2). Представя и 3 участия в постер сесии.

1. Петков Р., М. Кръстева, А. Караджова, Изследване на корозионно-механичната устойчивост на отливки от стомана 3X14Л., Леярски бюлетин, №4, 2006

2. Кръстева М., Р. Петков, Изследване на процесите на корозия и корозионно напукване на лята високохромови стомани. 10-та Национална конференция по металургия, Варна, България, Май 28-31, 2007

3. Krasteva M., R. Petkov, K. Gelev, Investigation of processes of corrosion fatigue in 18/8 cast steel, V-th Congress of the society of metallurgists of Macedonia, Ohrid 17- 20 September 2008

4. Кръстева М., Р. Петков, Изследване процесите на корозионна умора в отливки от стомани X6CrNi и X6CrNiMo в лято и закалено състояние. XV Национална международна конференция с международно участие, Металолеене'09, Ловеч, България, юни 11-12, 2009

Участия постерни сесии

1. Krasteva M., R.Petkov Research on the corrosion stability of steel 3X14H2. 3rd Science Poster Session, UCTM, may 19, 2006, Sofia, Bulgaria.

2. Кръстева М., Р. Петков, А. Караджова, Изследване на устойчивостта на корозия при статично натоварване на лята, високохромов стомана. 4-та Научна постерна сесия, ХТМУ, май 16, 2007, София, България

3. Кръстева М., Р. Петков, С. Якимова, Влияние на структурата на лята високохромов стомана върху корозионно-механичната ѝ устойчивост. 60 години катедра Физикохимия, ХТМУ, ноември 23, 2007, София, България

Бележки и коментари

Някои забележки и препоръки съм направила при прегледа на дисертационния труд и анализа на резултатите. Към докторанта имам следните въпроси:

- С каква точност и грешка са определени измерваните показатели?
- Какъв е механизма на взаимодействие на $MgCl_2$ и на Pb-Bi сплав с изследваните стомани?
- Кои са стандартите по ISO за изпитване склонността на металите към корозионно напукване и корозионна умора, и към кои от тях ще причислите вашите изследвания.

Лични впечатления за докторанта

Лични впечатления за научната и преподавателската работа на маг.-инж. Мария Кръстева нямам. Впечатленията ми в Университета е, че е коректна в отношенията с колегите си, работи с желание и всеотдайност със студентите.

Заклучение

В заключение считам, че представеният ми за рецензиране дисертационен труд по обем, ниво на представяне, приноси, и публикувани резултати пред научната общност, отговаря на законовите и препоръчителни изисквания на ЗРАСРБ и на Правилника за условията и реда за придобиване на научни звания и заемане на академични длъжности в ХТМУ, София.

Въз основа на изложеното по-горе, изразявам своята **положителна** оценка по **представения дисертационен труд и предлагам на почитаемите членове на Научното жури, да се присъди образователната и научна степен „доктор”** на магистър-инженер *МАРИЯ ЙОРДАНОВА КРЪСТЕВА* по професионално направление 5.9 „Металургия” (Металургия на черните метали).

София, 23.11.2021 г.

Рецензент:

/доц. Д. Фачикова/