

# РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационния труд на тема: **ФАЗОВИ ПРЕВРЪЩАНИЯ И ДИФУЗИОННО УЯКЧАВАНЕ В КАРБОНИТРИРАНИТЕ СЛОЕВЕ,**

за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“ на

**Гл.ас. инж. Ярослав Борисов Аргиров**  
от Технически университет – Варна

Изготвил: проф. д-тн инж. Иван Пършоров,

ИМСТЦХ- БАН, ул. Шипченски проход 67, София 1574, 0887 78 29 22

## 1. КРАТКИ БИОГРАФИЧНИ ДАННИ

**Гл.ас. инж. Ярослав Борисов Аргиров** е роден на 28,05,1955 г. През 1984 г. завършва ВМЕИ-Варна, катедра ТММОТ, направление термообработка на материалите с професионална квалификация „машинен инженер“. 1984-1986г. работи като технолог към завод „Елпром - Балчик“, след което в периода 1986-1989 г. е редовен докторант във ВМЕИ-Варна. От 1989 г. до момента е последователно асистент и главен асистент в катедра МТМ по дисциплини, свързани с металообработващи технологии на материалите (Материалознание, Технология на машиностроителните материали, Физическо материалознание, и др.).

## 2. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

### 2.1.Актуалност на тематиката на рецензирания труд

Представената ми за рецензиране дисертация на кандидата, по своята същност е едно теоретико-експериментално изследване на влиянието на технологичните фактори върху кинетиката, структурата и фазовия състав на защитни карбонитридни покрития в определен работен интервал от времена и температури.

Дисертационният труд е насочен определено към разкриване и изясняване на нови моменти в кинетиката, структурата и фазовия състав на покритията, получени по безгенераторния метод на карбонитриране, т.н. „КАРБОНИТ“- разработка на ТУ-Варна, както и доказване на нови възможности за приложения, определени от неговите предимства.

За разлика от досегашните разработки на научните кадри от същата катедра, рецензираният труд разглежда проблеми, свързани с метода „КАРБОНИТ“, но от други, коренно различни гледни точки.

Представеният ми за рецензиране труд е мултидисциплинарен и съдържа елементи от няколко научни специалности, като- металознание и термично обработване, химико-термично обработване, заваряване, корозия, изпитване и разрушаване на метали и сплави.

Във връзка с казаното до тук мога да заключа, че дисертационният труд е актуален, задачите, решавани в него - полезни, необходими и иновативни, особено в рамките на нашата страна, където методът „КАРБОНИТ“ е получил многократно практическа реализация в производствени съоръжения и конкретни технологии.

### 2.2. Обект на изследванията и цели

Полезността на метода „Карбонит“ е безспорно доказана в практиката. Това лично познавам от разработените няколко дисертации в тази област и съвместните ни разработки с авторите на гореспоменатия метод. Сигурно е, че той води до повишаване

на корозионната устойчивост и съпротивлението на металните повърхности срещу износване, което е свързано с определен икономически ефект. Методът решава по нов, принципно екологически издържан начин, уякчаването на метални повърхности, като заменя успешно методи, като този на течната нитроцементация, на метода Tenifer и Tenifer QPQ, с което се избягва използването на токсичните и кацерогенни цианити и цианати. В този смисъл считам, че обектът на дисертационния труд е правилно избран и съвременно насочен.

Като цяло считам, че авторът на дисертационния труд добре познава състоянието на проблемите, свързани с обекта на изследване, което личи от направения литературен обзор и неговия подробен анализ.

Поставените задачи не са леки, защото са свързана с решаването на многофакторни експерименти. Постигането на целите на дисертацията позволяват да се определят и практическите възможности за прогнозиране на структурата и свойствата на изделията, обработени по метода „Карбонит“.

Допълнително мога да заявя, че според мен целите, поставени пред дисертационния труд, са широкообхватни, но правилно избрани и са насочени към изясняване на "белите" петна на метода „Карбонит“, които до момента не са били обект на изследване, а именно:

- Определяне на кинетиката, скоростта на зараждане и растеж на карбонитридни фази, както и структурата на карбонитридни слоеве, получени в началния етап на протичане на процеса – до 2 минути от началото на протичане на дифузионното насищане;

- Определяне на ролята на фазовия състав на подложката, респективно концентрацията на въглерода, върху структурата и фазовия състав на получените карбонитридни слоеве;

- Разкриване на възможностите на метода „Карбонит“ при приложенията му, свързани с уякчаване на тънкостенни детайли от нисковъглеродна стомана;

- Разкриване на възможностите за уякчаване на карбонитридни повърхности чрез повторно нагряване и охлаждане, включително и в окислителна среда;

- Изследване на поведението на карбонитридните покрития при кратковременно въздействие с енергиен източник, свързани с възможността за електросъпротивително заваряване на тънкостенни пластини след карбонитриране;

- Изследване на процесите на стареене в карбонитрирани слоеве и определяне на технологичните параметри на термичните процеси за получаване на максимални механични свойства;

- Изследване на комплексното влияние на работните зони, получени в процесите на карбонитриране, върху зараждането и развитие на пукнатините при разрушаване;

- Изследване на корозионната устойчивост на оксикарбонитридните покрития;

Дисертантът е подходил комплексно към поставените проблеми, като е използвал професионално, подчертавам „професионално“, възможностите на многобройни, **над десет броя експериментални и аналитични инструментални методи за анализ и методики** за изследване на явления, свързани със структурообразуване на карбонитрирани въглеродни стомани в широк концентрационен диапазон. Това му е позволило да постигне целите и да реши поставените пред дисертационния труд задачи.

### 2.3. Структура на дисертацията

Дисертационният труд съдържа 196 страници /близо 400 стандартни страници, включително 165 фигури, 22 таблици, което считам за прекалено голям обем за една докторска дисертация. Трудът е оформени с увод, 8 части и съдържа още: общи изводи и заключения и основни приноси, както и списък с публикациите на автора по темата на дисертационния труд и списък на използваната литература.

Считам, че дисертацията включва решаването на много широк кръг от задачи, което надвишава изисквания обем от изследвания за дисертационен труд.

Глава 1 е едно задълбочено литературно проучване, посветено на проблемите, свързани със състоянието на теорията и практиката на проблема със защитата на метални повърхности чрез нискотемпературни методи, включително и карбонитриране. В

глава 2 са формулирани: актуалност на проблема, целта и основните задачи. Глава 3. описва подробно методите и методиките, използвани в изследванията. Глави от 4 до 6 включително, съдържат експериментални данни и резултати от изследване на кинетични особености на зараждане и растеж на карбонитридни фази върху феритна и перлитна повърхност, както и особеностите в изменение на фазовия състав на карбонитрирани нисковъглеродни стомани при повторно нагряване в окислителна среда и фазовите превръщания при локално въздействие с концентриран енергиен източник върху карбонитрирана повърхност.

Глава 7 и 8 дава физичните и механични характеристики на пластини от стомана след газово карбонитриране и технологичните особености при уякчаване на детайли от листов материал.

Следва формулиране на общи изводи, заключения, научни и научно-приложни приноси и използваната в дисертационния труд литература.

#### **2.4. Може ли избраната методика на изследване да даде отговор на поставената цел и задачи на дисертационния труд**

В изследователската част на дисертационния труд, дисертантът е показал постиженията и знанията си в областта на решаването на структурни, микроструктурни и фазови задачи на съвременното металознание, с цел създаване на съвременни икономосъобразни, технологични прийоми за практическа реализация на газовото карбонитриране и оксикарбонитриране.

В дисертационния труд са демонстрирани и широките умения на дисертанта към използване на различни методични подходи, които в основата си са стандартни, но са адаптирани към конкретните условия и параметри на изследване. От дисертанта е използвана възможността получените резултати да се представят под формата на компютърен запис. Така обработка им да гарантира избягване на субективния фактор.

Във връзка с проведените изследвания на структурата и фазовия състав на покритията, мога да кажа, че в тях умело са съчетани дискретните методи на оптичната металография „in situ” и микротвърдостта, с интегралния метод на рентгеноструктурния анализ, което е позволило на дисертанта да създаде полезна база данни за процесите, протичащи в изследваните стомани.

В дисертацията са използвани широк кръг от методики, част от които носят белега на оригиналност, а други, отговарят на изискванията на нормативната база, свързани с изпитването на подобен род изделия. По този начин тя може **да даде отговор на поставените цели и задачи в дисертационния труд.**

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

Използваните апаратура и експериментална екипировка, проведените изследвания и режими на изпитания, по своята същност и начин на третиране включват оригинални решения за получаване на необходимите за практиката карбонитридни покрития в съвременното машиностроене. Считаю, че трудът съдържа необходимите технологични и експериментални приноси в доразвиването на съществуващите практики и теории, методологии и експериментални средства. Резултатите включват възможността за трактовки на макро- и микроструктурно ниво на достигнатите свойства на получените покрития. Достоверността на получените резултати, с която са свързани приносите на дисертационния труд, се гради на демонстрираните проведени многобройни, мултидисциплинарни изследвания, както и на умело използваните многобройните теоретични и експериментални методи и методики.

#### **2.6. Използвана литература**

Литературните източници на представения труд са 159, от които на латиница 112 и 47 на кирилица. Задачите, поставени пред дисертацията са формулирани точно и почиват на основата на обобщените изводи, направени на базата на цитираните източници.

### **3. ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Приносите, които считам, че присъстват в дисертационния труд, могат да се систематизират в следната последователност:

#### **3.1. Формулиране или обосноваване на нов научен проблем (област) или на нова теория (хипотеза)**

-Считам, че в приносната си част дисертационният труд не съдържа подобни претенции.

#### **3.2. Доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории**

-На базата на фундаментални изследвания са получени оригинални данни за кинетиката, скоростта на зараждане и растеж на карбонитридни фази, както и за структурата и морфологията на карбонитридни слоеве, получени в началния етап на процеса - 2 минути от началото на протичане на дифузионното насищане;

-Новост са получените експериментални резултати, отнасящи се до протичащите процеси и фазовите преходи в тройната система желязо-въглерод-азот, до времето за поява на отделните фази, като цементит,  $\epsilon$ -карбонитрида и карбонитридна зона като цяло и до ранния „времеви“ интервал, в който влиянието на концентрацията на въглерода върху активността на азота е най-силно;

-Оригинален характер носят извършените изследвания на роля на химическия, на фазовия състав и структура на подложката върху скоростта на протичане на процесите на насищане и фазови преходи за пълния набор от въглеродни стомани- евтектоидни, под- и надевтектоидни;

-Оригинални са данните за комплексното влияние на работните зони, получени в процесите на карбонитриране, върху зараждането и развитие на пукнатините при разрушаване;

#### **3.3. Създаване на нови класификации, методи на изследване, нови конструкции, технологии, препарати и т. н.**

-Създадено и адаптирано оригинално приспособление за скоростно и безокислително охлаждане на проби, с което се постига пряко наблюдаване на зараждането и растежа на фазите при газово карбонитриране;

-Въведена е методика, свързана с нормализиране на дифракционните максимуми, при която се дава възможност за оптимална сравнимост на отделните резултати;

-Демонстран е модел на процеса на топлопренасяне при електросъпротивително заваряване на карбонитрирани тънкостенни проби, който има универсален характер.

-Разработен е и практически реализиран метод за подобряване на якостните характеристики на тънкостенни детайли след газово карбонитриране, с последващи скоростно охлаждане, оксидация и стареене, при което се постигат минимални деформации;

#### **3.4. Получаване и доказване на нови факти**

-Установено е наличие на фазово превръщане на първоначално изградената цементитна фаза (до втората минута от началото на процеса на карбонитриране) в  $\epsilon$ -фаза (между петата и тридесетата минута);

-Разработен е модел на зараждане на карбонитридна и междинна зона;

-Установени са мястото и механизма на зараждане на пукнатината в карбонитридна зона на тънкостенни пластини, които са основа за натрупване на локални и магистрални пукнатини. Установено е, че в еластичната област на натоварване на опън, в карбонитридна зона не се зараждат пукнатини;

-Получени са данни за поведението на карбонитридните покрития при кратковременни въздействия с енергиен източник, което внася допълнителна възможност за практическо приложение на електросъпротивително заваряване на тънкостенни карбонитрирани тънкостенни детайли;

-Изследвани са възможностите за електросъпротивително заваряване на карбонитриране на тънкостенни детайли, като са посочени конкретни технологични режими за реализация;

### **3.5. Получаване на потвърдителни факти**

-Получени са данни от изследване на процесите на стареене в карбонитрирани слоеве и са определени оптималните технологични параметри, с цел получаване на максимални механични свойства;

-Изследвана е корозионната устойчивост на оксикарбонитрирните покрития;

-Експериментално е установено, че при якостни изпитания всички изградени зони в стоманата при карбонитриране оказват комплексно влияние върху съпротивлението срещу деформация;

-Експериментално е установено поведението на карбонитрирани и оксикарбонитрирани тънкостенни пластини при корозионно въздействие в електрохимичната среда и в течни електролити;

-Потвърдено е положителното влияние на окисляването след карбонитриране върху антикорозионни свойства на тънкостенни изделия, в сравнение с карбонитрирани без ТО, което се дължи на комплексното стареене на дифузионната и карбонитридна зони.

-За постигане на минимална субективност при провеждане на изследванията, са адаптирани програмни продукти за трансформиране на аналогови графични зависимости в цифрови, което позволява тяхната апроксимация и допълнителна математическа обработка;

### **3.6. Приноси, свързани с използване на резултатите в практиката**

-Предложен е и практически реализиран технологичен режим за комплексно уякчаване на тънкостенни пластини при стареене на азотист аустенит след газово карбонитриране;

-Определена е ролята на вида на окислителната среда, температурата и времето на въздействие, върху дебелината и фазовия състав на окисното покритие;

-Разработена е оригинална технология, осигуряваща най-благоприятен режим за изработка на инструменти от тънки материали, която подобрява якостните характеристики на тънкостенните детайли при минимални деформации в тях;

-Предложена е оригинална технология за уякчаване на стоманени повърхности след карбонитриране по метода „Карбонит“ чрез цикъл на повторно нагряване и охлаждане. Представено е потвърждение от ръководството на фирма "Талант" ООД – Варна, че изготвената от дисертанта технология е експериментирана върху шест типа изделия, реализирани на вътрешния и външен пазар.

## **4. ОТРАЗЯВАНЕ НА СЪДЪРЖАНИЕТО И ПРИНОСИТЕ В ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД НА МЕЖДУНАРОДНИ, НАЦИОНАЛНИ И РЕГИОНАЛНИ ФОРУМИ**

Основните резултати от дисертацията са отразени в 6 научни труда, отразени в български издания като: сп. Техническа мисъл, издание на БАН, Сборник доклади Н.Т. Конференции с международно участие „Дни на безразрушителния контрол“- Созопол, „Повърхностни термични технологии“, Варна, Национален конгрес по металознание и термична обработка, Варна, Известия на съюза на учените – Варна. Всички трудове, свързани с дисертацията, са публикувани в пълен обем.

## **5. ЛИЧНО УЧАСТИЕ НА ДИСЕРТАНТА**

От всички 6 научни труда на дисертанта самостоятелни са два и в един е на първо място, което говори, че приносите в дисертацията са основно негова заслуга.

## 6. ЦИТИРАНИЯ

Не са посочени данни за цитирания от дисертанта.

## 7. КРИТИЧНИ БЕЛЕЖКИ

**В изготвената от мен предварителна рецензия на представения дисертационен труд бях формулирал писмено 20 забележки, както и устно няколко допълнителни такива от общ характер, които в представената окончателна редакция, в общи линии, са взети предвид.**

По повод моите критичните бележки за труда, които бяха посочени в предварителната рецензия и тези, отнасящи се до преработения вариант на дисертацията, мога да кажа следното:

-Обемът на дисертационни труд надвишава необходимия за една докторска дисертация. Дисертантът е съкратил многото излишни подробности в литературния обзор и методичната част, което считам за положително.

-В съответствие с препоръките, дисертацията съдържа компетентно физическо обяснение на механизма на процесите на обезвъглеродяване на дифузионната зона, граничеща с карбонитридна;

-Отново препоръчвам на автора в бъдещите си изследвания да направи подробен сравнителен анализ между предложения от него оригинален метод за уякчаване на карбонитрираните стомани чрез нискотемпературно стареене и деформационните методи, при които високите механични показатели се създават на базата на висока плътност на дислокациите;

-В методичната част на дисертационния труд е запазено описанието на метода за графично отделяне на дифракционните линии на  $K_{\alpha 1}$  и  $K_{\alpha 2}$  излъчвания, което считам за излишно, но право на автора е да решава, колко да е голяма повествователна част в собствения му дисертационен труд.

-В автореферата и в представения окончателен вариант на труда дисертантът е дал разделение на приносите си, съобразено с приетия подход за оценки на един дисертационен труд, което е излишно, тъй като случайното припокриване на мненията на рецензента и дисертанта е малко вероятно;

-Не са използвани европейските норми на обозначения на стоманите;

След направените корекции на дисертационния труд, посочените от мен забележки носят основно пожелателен характер и не намаляват в никакъв случай постигнатите резултати и приноси в дисертационния труд.

## 8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На базата на казаното до тук мога да заключа, че представеният ми за рецензиране дисертационен труд съдържа достатъчно оригинални научни и научноприложни приноси, а кандидатът притежава задълбочени теоретични знания и способност за самостоятелни научни изследвания по научната специалност 02.01.02 „Материалознание и технология на машиностроителните материали“. Дисертационният труд **“Фазови превръщания и дифузионно уякчаване в карбонитрираните слоеве”** отговаря напълно на изискванията на ЗРАСРБ и правилника за неговото приложение и предлагам на уважаемото Научно жури да присъди образователната и научна степен "доктор" на **гл. асистент инж. Ярослав Борисов Аргиров.**

Изготвил:

(проф. д-р инж. Иван Пършоров)

София, 09.05.2014 г.