

# СТАНОВИЩЕ

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

Тема на дисертационния труд: Изследване на огнеупорни композитни покрития за приложение в леярските технологии

Докторант: маг. инж. Гургана Милкова Миланова

Член на научното жури: проф. д-н инж. ВЕНЦЕСЛАВ ЦВЕТАНОВ ТОШКОВ

## 1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Целта на дисертационния труд е да установят възможностите за използване на иновативни и съвременни технологии като напр. прилагането на графитни противоположни покрития върху пясъчни леярски форми и да се изследва влиянието на размерите на графитните частици върху дълбочината на проникването им, газопропускливостта, ронливостта, микротвърдостта, грапавостта и износването на графитните покрития, както и върху микро- и макротвърдостта, грапавостта и качеството на реални чугунени отливки. Именно използването на тези перспективни машиностроителни технологии *определя недвусмислено актуалността, значимостта и дисертационността на темата, на задачите и на самия дисертационен труд като цяло.*

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

Дисертационният труд е в обем от 140 страници и включва 5 глави, 99 фигури и 23 таблици. От използваните общо 115 литературни източника, от които само 12 са на кирилица, както и от интерпретацията на литературния материал и анализа на експерименталните резултати се вижда, че *докторантът е напълно запознат и осведомен за състоянието на проблема, както в теоретичен, така и в практически аспект.*

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

Използвани са редица съвременни *изследователски методики, методи и технологии*, като:

За анализ на *едрината на графитните частици* е използван *сканиращ електронен микроскоп с фокусиран йонен лъч Lyra I XMU, Tescan, оборудван с детектор на рентгеново лъчение Quantax 200, Bruker*; *Желаният размер на графитните частици* е получаван от графит с размер на частиците 120  $\mu\text{m}$ , които впоследствие се подлагат на смилане в специална мелница „Basket mill”; *Вискозитетът на смесите* с различен размер на графитните частици е измерван съгласно DIN 53 211 със специална чаша с диаметър 4 mm на отвора за изтичане и обем 100 ml; За изследване *дълбочината на проникване на покритието* е използван микроскоп *CARL ZEISS JENA*; Изследването на *микроструктурата на повърхнината* на отливката е извършено на микроскоп *Leica DM 1LM*, а на *макротвърдостта* - с твърдомер по *Бринел FOUNDRAX BRIN400D*. *Микротвърдостта на покритията* е измервана с дигитален микротвърдомер модел *HVS-1000* при натоварване 0.3 kg (2.942 N) и време на задържане на индентора 10 s; *Грапавостта Ra* на покритията е определяна с *контактен дигитален профилометър* с точност 0.01  $\mu\text{m}$ , а за определяне на *относителната газопропускливост* на формовъчните смеси и леярските форми е използван специален *прибор при налягане на въздуха*  $p = 100$  mm воден стълб; *Ронливостта*, която характеризира повърхностната якост на леярките форми е определяна с износващ до 0.1 g *валцов уред* и *везна* с точност до до 0.1 g; *Ерозионното износване* на изследваните пясъчни образци с графитни покрития е определяно чрез *обстрелване* на повърхността на образците със *стоманени сферични частици* във въздушна струя; *Износването* при плъзгане е изследвано с *триботестер „Палец-диск”* по функционална схема „*контактно взаимодействие*“ на графитните покрития с противотяло от мека влакнеста повърхност (кече), а *грапавостта* на повърхнината на образците е измервана с помощта на *профилометър „TESA Rugosurf 10-10G”*. От изложеното в дисертацията се вижда, че авторът е използвал подходящи материали с оглед на химическата съвместимост на

системата „метал-огнеупорно покритие“ и огнеупорността на покритието и е имал възможност да анализира информация, получена с помощта на най-модерни изследователски методики, методи и уреди, което му е позволило *да достигне до обобщения и изводи, които звучат убедително и не подлежат на съмнение.*

#### **4. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд:**

Приносите на дисертационния труд отнасям към следните групи:

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

4.1.1. *Доказана е* възможността за прилагането на иновативни и съвременни технологии, като използването на графитни противопопригарни покрития върху пясъчни леярски форми;

4.1.2. *Доказано е* влиянието на размера на графитните частици върху дълбочината на проникване на покритието в пясъчната форма, както и върху структурата, грапавостта, микротвърдостта, газопропускливостта и износването на чугунени образци, получени в индустриални; условия.

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

4.2.1. *Разработена е технология* за нанасяне на графитни противопопригарни покрития върху пясъчни леярски форми;

4.2.2. За определяне на свойствата и качеството на реални чугунени отливки *са използвани редица съвременни изследователски методики, методи и уреди на изследване.*

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

4.3.1. *Доказано е*, че с увеличаване на размера на графитните частици (в диапазона 60-120  $\mu\text{m}$ ) дълбочината на проникване намалява нелинейно, като тези взаимозависимости са представени с изведения полином от трета степен;

4.3.2. *Установено е*, че оптималният размер на графитните частици в противопопригарните покрития е  $\sim 60 \mu\text{m}$  и че при този размер грапавостта на образци от чугунена отливка, получени в индустриални условия, е най-малка;

4.3.3. *Установено е*, че увеличаването на размера на графитните частици води до увеличаване на грапавостта, газопропускливостта и ронливостта на пясъчните сърца и до намаляване на микротвърдостта;

4.3.4. *Установено е*, че размерът на графитните частици влияе разнопосочно върху износоустойчивостта, като при ерозия тя нараства нелинейно с увеличаване на размера на графитните частици, а при триене с плъзгане достига екстремни стойности.

##### **4.4. Приноси, свързани с практиката**

4.4.1. *Разработена и е успешно приложена в практиката технология* за нанасяне на графитни противопопригарни покрития върху пясъчни леярски форми;

4.4.2. *Доказано е*, че размерът на графитните частици и дълбочината на проникването им в пясъчната форма не влияят върху микроструктурата и микротвърдостта на чугунени отливки, получени в индустриални условия;

4.4.3. Чрез *прилагане* на покритията с най-малка едрина на графитните частици ( $\sim 60 \mu\text{m}$ ) и получаването на най-голямо проникване на графитното покритие с най-високо съдържание на въглерод и установената при това най-малка грапавост на отливките се постига намаляване на разходите за последваща механична обработка;

4.4.4. *Установено е*, че покритията с по-малка едрина на графитните частици са подходящи при малки детайли с високи изисквания към грапавостта на отливките, докато при средно и едрогобаритни детайли се препоръчват покрития с по-голяма едрина на графитните частици.

В общи линии това са основните приноси на дисертационния труд. Всички те *са с характер на „научно-приложни“ и „приложни“ приноси.*

##### **5. Преценка на публикациите по дисертационния труд**

По дисертацията са публикувани 3 статии, от които една е самостоятелна и е публикувана в *Journal Of Material and Engineering*, а в другите две докторантът е на първо място, публикувани са в

*Journal Of The Balkan Tribological Association* и са реферирани и индексирани в SCOPUS. Считам, че публикациите отразяват основните моменти от дисертацията и че научните постижения на автора са огласени достатъчно широко не само у нас, но и в чужбина. Засега не са ми известни цитирания във връзка с публикациите на докторанта.

**6. Мнения, препоръки и бележки**

Освен някои редакционни забележки (като напр. използването на „тегло“, вместо „маса“, липсата на надпис по абсцисата при фиг. 1.4, както и при фиг. 1.9 ÷ 1.11 от автореферата и др.), нямам забележки по същество.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Като изхождам от посочените по-горе приноси моменти на дисертационния труд, от несъмнената теоретична и практическа значимост на получените резултати, си позволявам да препоръчам на Почитаемото НАУЧНО ЖУРИ да присъди на маг. инж. ГЕРГАНА МИЛКОВА МИЛАНОВА образователната и научна степен “ДОКТОР”.

12.04.2024 г.

ЧЛЕН НА ЖУРИТО: .....

/Проф. д-р В. Тошков/

# STATEMENT

on a dissertation for obtaining an educational and scientific degree "Doctor"

**Topic of the dissertation: STUDY OF REFRACTORY COMPOSITE COATINGS USED IN  
FOUNDRY TECHNOLOGIES**

**Author of the dissertation: MEng. GERGANA MILKOVA MILANOVA**

**Member of the scientific jury: Prof. DSc Eng. VENTSESLAV TSVETANOV TOSHKOV**

## **1. Relevance of the problem developed in the dissertation work**

The aim of the dissertation work is to establish the possibilities of using innovative and modern technologies such as e.g. the application of graphite refractory coatings on foundry sand molds and to explore the influence of graphite particle sizes on their penetration depth, gas permeability, friability, microhardness, roughness and wear of graphite coatings, as well as on microstructure and macrohardness, roughness and quality of real cast iron and castings. It is the use of these promising engineering technologies ***unequivocally determines the relevance, significance and dissertationability of the topic, the tasks and the dissertation work itself as a whole.***

## **2. Degree of knowledge of the state of the problem and creative interpretation of the literary material**

The dissertation is 140 pages long and includes 5 chapters, 99 figures and 23 tables. Out of a total of 115 literary sources used, of which only 12 are in Cyrillic, as well as from the interpretation of the literary material and the analysis of the experimental results, it can be seen that ***the doctoral student is fully familiar and aware of the state of the problem, both in theoretical and practical aspects***

## **3. Correspondence of the chosen research methodology and the set goal and tasks of the dissertation with the contributions achieved**

A number of modern ***research methodologies, methods and technologies*** are used, such as:

*A Lyra Focused Ion Beam Scanning Electron Microscope was used to analyze the grain of the graphite particles I XMU , Tescan , equipped with X-ray detector Quantax 200, Bruker ; The desired size of the graphite particles is obtained from graphite with a particle size of 120 μm , which subsequently is subjected to grinding in a special " Basket" mill " ; The viscosity of mixtures with different sizes of graphite particles was measured according to DIN 53 211 with a special cup with a diameter of 4 mm at the outflow hole and a volume of 100 ml; To study the depth of penetration of the coating a CARL microscope was used ZEISS JENNA ; The examination of the microstructure of the surface of the casting was carried out on a Leica DM ILM microscope, and of the macrohardness - with a Brinell hardness tester FOUNDRAX BRIN400D . The microhardness of the coatings was measured with a digital microhardness tester model HVS -1000 at a load of 0.3 kg (2.942 N ) and a holding time of the indenter of 10 s ; The roughness Ra of the coatings was determined with a contact digital profilometer with an accuracy of 0.01 μm , and a special instrument was used to determine the relative gas permeability of the molding mixtures and casting molds at air pressure p = 100 mm water column; The friability, which characterizes the surface strength of the casting molds, was determined with a rolling device that wears out to 0.1 g and a scale with an accuracy of up to 0.1 g; The erosive wear of the investigated sand samples with graphite coatings was determined by shooting on the surface of the samples with steel spherical particles in an air jet ; And the sliding wear was also monitored with a "Thumb-disk" tribotester. according to a functional scheme " contact interaction " of graphite coatings with a soft fibrous surface counterbody (keche), and the surface roughness of the samples was measured using a profilometer "TESA Rugosurf 10-10G" . From what is presented in the dissertation, it can be seen that the author has and has used appropriate materials in view of the chemical compatibility of the*

"metal-refractory coating" system and the refractory resistance of the coating and had the opportunity to analyze information obtained with the help of the most modern research methods, methods and devices, which allowed him *to reach generalizations and conclusions that sound convincing and are not subject to doubt.*

#### **4. Scientific and/or applied scientific contributions of the dissertation work:**

I attribute the contributions of the dissertation work to the following groups:

##### **4.1. Evidence by new means of substantial new parties in existing scientific problems and theories**

4.1.1. The possibility of applying innovative and modern technologies, such as the use of graphite refractory coatings on sand molds, *has been proven*;

4.1.2. The influence of the size of graphite particles on the depth of penetration of the coating in the sand mold, as well as on the structure, roughness, microhardness, gas permeability and wear of cast iron samples obtained in industrial conditions *was proven.*

##### **4.2. Creation of new classifications, research methods, new constructions, technologies, preparations**

4.2.1. *A technology has been developed* for applying graphite refractory coatings on sand molds;

4.2.2. To determine the properties and quality of real cast iron castings, *a number of modern research methodologies, methods and research devices have been used.*

##### **4.3. Obtaining and proving new facts**

4.3.1. *It has been proven* that with an increase in the size of the graphite particles (in the range of 60-120  $\mu\text{m}$ ), the penetration depth decreases non-linearly, and these interdependencies are represented by the derived polynomial of the third degree;

4.3.2. *It was found* that the optimal graphite particle size in refractory coatings is  $\sim 60$  micrometers and that at this size the roughness of cast iron samples produced under industrial conditions is the least;

4.3.3. *It was found* that increasing the size of the graphite particles leads to an increase in the roughness, gas permeability and friability of the sand cores and to a decrease in the microhardness;

4.3.4. *It was found* that the size of the graphite particles affects the wear resistance in different directions, in erosion it increases non-linearly with increasing graphite particle size, and in sliding friction it reaches extreme values.

##### **4.4. Contributions related to practice**

4.4.1. A technology for applying graphite refractory coatings on sand casting molds *has been developed and successfully applied in practice*;

4.4.2. *It has been proven* that the size of the graphite particles and the depth of their penetration into the sand mold do not affect the microstructure and macrohardness of cast iron castings obtained in industrial conditions;

4.4.3. By *applying* the coatings with the smallest graphite particle size ( $\sim 60$  micrometers) and obtaining the greatest penetration of the graphite coating with the highest carbon content and the resulting lowest roughness of the castings, a reduction in the cost of subsequent mechanical processing;

4.4.4. *It has been established* that coatings with a smaller size of graphite particles are suitable for small parts with high requirements for the roughness of castings, while for medium and large-sized parts, coatings with a larger size of graphite particles are recommended.

In general, these are the main contributions of the dissertation work. All of them *are of the nature of "scientific-applied" and "applied" contributions*

#### **5. Evaluation of publications on the dissertation work**

3 articles have been published on the dissertation, one of which is independent and published in *Journal Of Material and Engineering*, and in the other two the doctoral student is in first place, were published in *the Journal Of The Balkans Tribological Association* and are referenced and indexed in SCOPUS. I believe that the publications reflect the main points of the dissertation and that the scientific achievements of the author have been announced sufficiently widely not only in our country but also abroad. So far, I am not aware of any citations in connection with the PhD student's publications.

## **6. Opinions, recommendations and notes**

Apart from some editorial remarks (such as the use of "weight" instead of "mass", the absence of an inscription on the abscissa in fig. 1.4, as well as in fig. 1.9 ÷ 1.11 of the abstract, etc.), I have no substantive remarks.

**CONCLUSION:** Proceeding from the above-mentioned contributing points of the dissertation work, from the undoubted theoretical and practical significance of the obtained results, I allow myself to recommend to the Honorable SCIENTIFIC JURY to award the mag. Eng. **GERGANA MILKOVA MILANOVA** the educational and scientific degree "DOCTOR".

**Date:**

**12.04.2024**

**REVIEWER:**

**/ Psrof. DSc. V. Toshkov /**