

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен „Доктор”

научна област: 5. Технически науки

професионално направление: 5.1. Машинно инженерство

научна специалност: Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите

Автор: **маг. инж. Гергана Милкова Миланова**

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

Научни ръководители: проф. д-р инж. Мара Крумова Кандева-Иванова
доц. д-р инж. Рангел Колев Рангелов

Рецензент: проф. д-р инж. Жулиета Атанасова Калейчева, ТУ–София,
тел: 0898726788; e-mail: jkaleich@tu-sofia.bg

1. Обща характеристика и актуалност на дисертационния труд

Дисертационният труд е написан на 143 страници. Той включва 23 таблици, 99 фигури, съдържа пет глави и 115 литературни източници.

Целта на дисертационния труд е да се изследват геометричните, физико-механичните и трибологичните характеристики на графитни противоположни покрития, нанесени върху пясъчна леярска форма, и да се изучи качеството на реална чугунена отливка, получена с тези покрития в производствени условия.

Тази цел е реализирана чрез формулиране и изпълнение на следните задачи:

1. Изследване влиянието на размера на графитните частици върху дълбочината на проникване на покритието в леярска пясъчна форма; **2.** Изследване на микротвърдостта, грапавостта, газопропускливостта и ронливостта на покритията с различна едрина на графитните частици; **3.** Изследване износването на покритията с различна едрина на графитните частици в два режима на контактно взаимодействие: ерозия от твърди частици и сухо триене при плъзгане; **4.** Получаване на чугунена отливка в производствени условия, отлята във форма, с нанесени покрития с различна

едрина на графитните частици и изследване на микроструктурата, твърдостта и грапавостта на чугунените отливки.

Леенето в многократни пясъчни форми налага използването на огнеупорни покрития, които се нанасят върху пясъчните форми и осигуряват гладка повърхност на отливката. Покритията запълват порите, образувани по повърхността на пясъчната форма и изграждат защитен слой, които да предотврати проникване на течен метал в нея и образуването на повърхностни дефекти.

Известни са голям брой покрития с различни огнеупорни пълнители (графитни, циркониеви, корундови и магнезитни), получени на водна или на алкохолна основа. Оптимизирането на технологията на леене в многократни пясъчни форми налага комплексно изучаване както на химическите свойства на тези покритията, така и на физико-механичните, геометричните и трибологичните им свойства. Темата на дисертацията е актуална както от научна, така и от гледна точка на приложимост на получените резултати в практиката.

2. Обзор на цитираната литература

Литературните източници в дисертацията са 115, от тях 13 са на кирилица и 97 на латиница и 5 интернет адреса. В глава 1 са разгледани видовете леярски форми и изборът на противоположно покритие. Описани са състават и свойствата на покритията, методите на нанасяне на покритията, както и механизмите на трибологични взаимодействия в контактната система „разтопен метал-леярска форма“. Установена е липсата на комплексни изследвания на геометричните и физико-механични характеристики на графитните покрития върху пясъчни форми и тяхното влияние върху качеството на отливката. Констатирана е и липсата на изследвания на трибологичните характеристики на тези покрития при различни условия на триене – сухо плъзгане и ерозия.

Анализът в глава 1 е направен подробно и показва какви са актуалните проблеми в разглежданата област, както и потенциалните възможности за тяхното решаване. Литературният обзор завършва с формулиране на основната цел и задачите, които авторът си поставя в дисертационният труд.

3. Методика на изследване

В дисертационния труд са използвани разнообразни методи на изследване. Определена е средната едрина на графитните частици и дълбочината на проникване на покритието, нанесено върху образци, изработени от плакиран пясък. Измерена е микротвърдостта и грапавостта на покритията. Определена е тяхната газопропускливост и ронливост в зависимост от едрината на графитните частици. Проведено е изследване на износването на огнеупорните графитни покрития при два режима на контактно взаимодействие: ерозийно износване и износване в условия на

сухо триене при плъзгане. Изследвана е микроструктурата, твърдостта и грапавостта на повърхнината на чугунена отливка марка EN-GJL-200, получена при използване на изследваните огнеупорни графитни покрития. Считаю, че избраната методология е подходяща за поставената цел и задачи в дисертацията и позволява доказването на постигнатите резултати.

4. Приноси на дисертационния труд

Резултатите от проведените изследвания съдържат следните по-значими научно – приложни и приложни приноси.

Научно-приложни приноси:

1. Установено е влиянието на размера на графитните частици в огнеупорни леярски покрития върху дълбочината на проникване на покритието в пясъчната форма, върху микротвърдостта, грапавостта, ронливостта и газопропускливостта на покритието;
2. Доказано е, че с увеличаване на размера на графитните частици в диапазона от 60 до 120 μm , дълбочината на проникване на покритието в пясъчната форма намалява нелинейно;
3. Доказано е, че при увеличаване на размера на графитните частици микротвърдостта на покритието намалява, а грапавостта, газопропускливостта и ронливостта се увеличават;
4. Установено е, че при изследваните режими на износване, износоустойчивостта има различна зависимост от размера на графитните частици. При ерозия износоустойчивостта нараства нелинейно с увеличаване на размера на графитните частици, а при триене с плъзгане, тя има екстремум;

Приложни приноси:

5. Установен е оптимален размер на графитните частици – 60 μm в изследваните огнеупорни графитни покрития, нанесени върху пясъчни образци;
6. Получени са експериментални данни за влиянието на размера на графитните частици в огнеупорните покрития върху микроструктурата, грапавостта и твърдостта на образци от чугунени отливки, получени в производствени условия. Размерът на графитните частици и дълбочината на проникване в пясъчната форма не влияят върху микроструктурата и твърдостта на чугунената отливка. Едрината на графитните частици в покритието влияе върху грапавостта на отливката: при размер на графитната частица 60 μm грапавостта е най-малка, което води до икономически ползи за леярните, чрез намаляване разходите за последваща обработка и брак.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Авторът е публикувал резултатите от дисертационния труд в 3 броя публикации – 1 статия, отпечатана в Journal Of Material and Engineering (2023) и 2 статии, отпечатани в Journal Of The Balkan Tribological Association (2022, 2023). Последните две статии са реферирани и индексирани в SCOPUS.

Представените публикации са по темата на дисертацията. Не са представени данни за цитирания на публикациите. Считаю, че количеството на публикациите е достатъчно за образователната и научна степен "Доктор" и представя в голяма степен получените резултати.

6. Авторство на получените резултати

От представените 3 броя публикации по темата на дисертацията, 2 са написани в съавторство с други учени и 1 е самостоятелна. В двете публикации с няколко съавтори, авторът на дисертационния труд е на първо място. Всички публикации са по темата на дисертацията и дисертантът безспорно има личен принос в тях.

7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е в обем от 31 страници и съдържа обща характеристика на дисертационния труд, анализ на състоянието на проблема (глава 1), общи изводи, приноси, списък на публикации по темата на дисертацията и резюме на дисертационния труд на английски език. В глава 2 е описано получаването на пясъчни образци с нанесени графитни покрития; в глава 3 са изследвани геометричните и физико-механични характеристики на тези покрития, а в глава 5 – тяхното влияние върху микроструктурата, микротвърдостта и грапавостта на чугунени отливки, получени в производствени условия. В глава 4 е изучено износването на графитните покрития при ерозия и в условия на сухо триене с плъзгане. За доброто възприятие и разбиране на работата допринасят и илюстрациите в автореферата. Включени са най-характерните графики, таблици и микроструктури, доказващи основните резултати на разработката. Представен е списък с три научни публикации на докторанта по темата на дисертацията.

Като цяло авторефератът дава достатъчно пълна представа за съдържанието на работата и приносите на дисертационния труд.

8. Забележки по дисертационния труд

Към дисертационната работата нямам съществени забележки, но мога да отбележа следните наблюдения:

1. Надписите в част от фигурите са на английски език (например фиг.3.5; фиг.3.6; фиг.3.7; фиг.3.8 и др.), а в друга част от фигурите - на български език;

2. В работата е установено, че най-висока ронливост имат покритията с размер на графитните частици 120 μm . Същите покрития показват и най-висока ерозионна изнoсоустойчивост, което противоречи на резултатите от изследването на ронливост;
3. Принос №7 повтаря принос №9 – и двата приноса имат еднакво съдържание и смисъл;
4. Допуснати са някои неточности при оформление на дисертацията (например изводите след всяка глава (от Глава 1 до Глава 5) са номерирани по различен начин - 1.3.5 Изводи към Глава 1; Изводи към Глава 2; Изводи; 4.2.4 Изводи; 5.4 Изводи от Глава 5).

Заклучение

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, на Правилника за неговото приложение, както и на изискванията за придобиване на образователната и научна степен „Доктор” в ТУ - София. Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде **присъдена** образователната и научна степен „Доктор” на **маг. инж. Гергана Милкова Миланова** в научна област 5. Технически науки; професионално направление 5.1. Машинно инженерство; научна специалност Динамика, якост и надеждност на машините, уредите, апаратите и системите.

22.04.2024

Подпис:.....
/проф. д-р Жулиета Калейчева/

REVIEW

of a dissertation
for the acquisition of the educational and scientific degree "Doctor"

scientific field 5. Technical sciences

in a professional direction 5.1. Mechanical Engineering

in the scientific specialty "Dynamics, strength and reliability of machines, appliances, devices and systems"

Author: **M.Sc. Eng. Gergana Milkova Milanova**

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

Research supervisors: Prof. Dr. Eng. Mara Krumova Kandeveva - Ivanova
Assoc. Prof. Dr. Eng. Rangel Kolev Rangelov

Reviewer: Prof. Dr. Eng. Julieta Atanasova Kaleicheva, Technical University of Sofia,
phone: 0898726788; e-mail: jkaleich@tu-sofia.bg

1. General characteristics and actuality of the dissertation work

The dissertation is written on 143 pages. It includes 23 tables, 99 figures, contains five chapters and 115 literary sources.

The aim of the dissertation is to investigate the geometrical, physico-mechanical and tribological characteristics of graphite non-stick coatings applied to a sand mold and to study the quality of a real cast iron casting obtained with these coatings in production conditions.

This goal was realized by formulating and implementing the following tasks:

1. Investigation of the influence of the size of the graphite particles on the depth of penetration of the coating in a foundry sand mold;
2. Study of microhardness, roughness, gas permeability and friability of coatings with different sizes of graphite particles;
3. Study of wear of coatings with different sizes of graphite particles in two modes of contact interaction: erosion by solid particles and dry friction during sliding;
4. Obtaining a cast iron casting in production conditions, cast in a mold, with applied coatings of different sizes of graphite particles and investigation of the microstructure, hardness and roughness of the cast iron castings.

Casting in multiple sand molds requires the use of refractory coatings, which are applied to the sand molds and provide a smooth surface to the casting. The coatings fill the pores formed on the surface of the sand mold and build a protective layer to prevent the penetration of liquid metal into it and the formation of surface defects.

A large number of coatings with various refractory fillers (graphite, zirconium, corundum and magnesite) obtained on a water or alcohol basis are known. Optimizing the technology of casting in multiple sand molds requires a complex study of both the chemical properties of these coatings and their physico-mechanical, geometric and tribological properties. The topic of the dissertation is current both

from a scientific point of view and from the point of view of applicability of the obtained results in practice.

2. Overview of the cited literature

The literary sources in the dissertation are 115, of which 13 are in Cyrillic and 97 in Latin, and 5 Internet addresses. Chapter 1 discusses the types of molds and the choice of non-stick coating. Also described are the properties of the coatings, the methods of applying the coatings, as well as the mechanisms of tribological interactions in the "molten metal-casting mold" contact system. The absence of complex studies of the geometrical and physical-mechanical characteristics of graphite coatings on sand forms and their influence on the quality of the casting has been established. The lack of research on the tribological characteristics of these coatings under different friction conditions - dry sliding and erosion - was also noted. The analysis in chapter 1 is done in detail and shows what are the current problems in the area under consideration, as well as the potential possibilities for their solution. The literature review ends with the formulation of the main goal and tasks that the author sets for himself in the dissertation work.

3. Research methodology

Various research methods were used in the dissertation work. The average size of the graphite particles and the depth of penetration of the coating applied to samples made of clad sand were determined. The microhardness and roughness of the coatings were measured. Their gas permeability and friability were determined depending on the size of the graphite particles. A study of the wear of refractory graphite coatings under two modes of contact interaction was carried out: erosive wear and wear under conditions of dry sliding friction. The microstructure, hardness and surface roughness of a cast iron casting grade EN-GJL-200 obtained using the investigated refractory graphite coatings were investigated. I believe that the chosen methodology is suitable for the set goal and tasks in the dissertation and allows the proof of the achieved results.

4. Contributions of the dissertation work

The results of the conducted research contain the following more significant scientific - applied and applied contributions.

1. Scientific-applied contributions

1. The influence of the size of the graphite particles in refractory casting coatings on the depth of penetration of the coating in the sand mold, on the microhardness, roughness, friability and gas permeability of the coating was established;
2. It has been proven that with an increase in the size of the graphite particles in the range of 60 to 120 μm , the depth of penetration of the coating in the sand mold decreases non-linearly;

3. It has been proven that with an increase in the size of the graphite particles, the microhardness of the coating decreases, and the roughness, gas permeability and friability increase;
4. It was established that, in the investigated wear regimes, the wear resistance has a different dependence on the size of the graphite particles. In erosion, the wear resistance increases non-linearly with increasing graphite particle size, and in sliding friction, it has an extremum;

II. Applied Contributions

5. The optimal size of the graphite particles was established - 60 μm in the investigated refractory graphite coatings applied on sand samples;
6. Experimental data were obtained on the influence of the size of graphite particles in refractory coatings on the microstructure, roughness and hardness of cast iron samples obtained in production conditions. The size of the graphite particles and the depth of penetration into the sand mold do not affect the microstructure and hardness of the cast iron. The size of the graphite particles in the coating affects the roughness of the casting: at a graphite particle size of 60 μm , the roughness is the smallest, which leads to economic benefits for foundries by reducing post-processing and scrap costs.

5. Publications and citations of publications on the dissertation work

The author has published the results of the dissertation work in 3 publications – 1 article printed in the Journal Of Material and Engineering (2023) and 2 articles printed in the Journal Of The Balkan Tribological Association (2022, 2023). The last two articles are referenced and indexed in SCOPUS.

The publications presented are on the topic of the dissertation. No data on publication citations are presented. I believe that the amount of publications is sufficient for the educational and scientific degree "Doctor" and presents the obtained results to a large extent.

6. Authorship of the obtained results

Of the 3 publications presented on the topic of the dissertation, 2 were written in co-authorship with other scientists and 1 was independent. In both publications with multiple co-authors, the dissertation author comes first. All publications are on the topic of the dissertation and the dissertation student undoubtedly has a personal contribution to them.

7. Abstract and author reference

The abstract is a volume of 31 pages and contains a general description of the dissertation work, an analysis of the state of the problem (chapter 1), general conclusions, contributions, a list of publications on the topic of the dissertation and a summary of the dissertation work in English. Chapter 2 describes the preparation of sand samples with applied graphite coatings; in chapter 3 the geometrical and

physico-mechanical characteristics of these coatings are investigated, and in chapter 5 – their influence on the microstructure, microhardness and roughness of cast iron castings obtained in production conditions. In Chapter 4, the wear of graphite coatings under erosion and dry sliding friction conditions is studied. The illustrations in the abstract contribute to the good perception and understanding of the work. Included are the most characteristic graphs, tables and microstructures proving the main results of the development. A list of three scientific publications of the doctoral student on the topic of the dissertation is presented.

In general, the abstract gives a sufficiently complete picture of the content of the work and the contributions of the dissertation work.

8. Notes on the dissertation work

I have no significant comments on the dissertation work, but I can note the following observations:

1. The inscriptions in some of the figures are in English (for example fig.3.5; fig.3.6; fig.3.7; fig.3.8, etc.), and in another part of the figures - in Bulgarian;
2. In the work, it was found that the coatings with a graphite particle size of 120 μm have the highest friability. The same coatings also show the highest erosion wear resistance, which contradicts the results of the friability test;
3. Contribution #7 repeats contribution #9 – both contributions have the same content and meaning;
4. Some inaccuracies were admitted in the layout of the dissertation (for example, the conclusions after each chapter (from Chapter 1 to Chapter 5) are numbered differently - 1.3.5 Conclusions to Chapter 1; Conclusions to Chapter 2; Conclusions; 4.2.4 Conclusions; 5.4 Conclusions from Chapter 5).

Conclusion

I believe that the presented dissertation meets the requirements of the Law on the Development of the Academic Staff in the Republic of Bulgaria, the Regulations for its application, as well as the requirements for obtaining the educational and scientific degree "Doctor" at TU - Sofia. The achieved results give me reason to propose that the educational and scientific degree "**Doctor**" be awarded to **M.Sc. Eng. Gergana Milkova Milanova** in scientific field 5. Technical sciences; professional direction 5.1. Mechanical Engineering; scientific specialty Dynamics, strength and reliability of machines, devices, apparatus and systems.

Date: 22.04.2024

Signature:
/ prof. Dr. Julieta Kaleicheva /