

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд на тема „Високохромови чугуни, легирани с бор“ за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

Автор на дисертационния труд: маг. инж. Красимир Атанасов Киров
Тема на дисертационния труд: Високохромови бели чугуни, легирани с бор

Област: 5. Технически науки
Професионално направление: 5.1. Машинно инженерство
Научна специалност: Материалознание и технология на машиностроителните материали.

Рецензент: проф. д-р Румяна Лазарова

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

Високата износоустойчивост на белите чугуни е предпоставка за тяхното широко използване за детайли на машини и механизми, подложени на интензивно износване. Съчетанието на висока износоустойчивост с високи механични свойства и твърдост пък обуславя приложението на чугуни с евтектичен състав на базата на специални карбиди в машиностроенето и ги прави перспективен конструкционен материал. Иновативното комплексното легиране, технологии за леене и термична обработка на белите чугуни представляват все още недобре изследвано научно поле в металознанието, което дава възможност на изследователите да получат нови експериментални данни, нови зависимости и по-добри свойства на тези материали, а вседствие на това и нови приложения на белите чугуни. В това отношение легирането на високохромови чугуни с бор, към което се е насочил докторантът, се оказва благодатна тема. Поради всичко това считам, че разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение е актуален.

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

Формулираната тема на дисертация е проучена в контекста на получаването (което включва легирането, леенето и термичната обработка) на белите чугуни, структурата и свойствата им. Всички тези въпроси са изучени от кандидата обстойно от 153

литературни източници в глава Първа, която представлява литературен обзор. Резултатите от научните изследвания за белите чугуни са проследени от 70 –те години на миналия век до днес, като са осмислени и обсъдени задълбочено в дисертацията от автора й. Разтълкувано е прилагането на правилото на Шарпи за бели чугуни с карбиди в матрицата – влиянието на тяхното разположение в матрицата на износоустойчивостта на чугуните. Направена е класификация на белите чугуни въз основа на правилото на Шарпи, като всеки един клас е характеризирани подробно от гледна точка на легирането, кристализацията, термичната обработка, микроструктурата, свойствата и приложението на съответния клас чугуни. От начина на представяне на тези характеристики личи, че дисертантът има широки познания по специалните дисциплини по металознание и интерпретира литературните данни задълбочено във връзка с темата на дисертацията. Разработени са въпросите за особеностите на кристализация на белите чугуни, влияние на легиращите елементи и условията на кристализация върху структурообразуването и свойствата им. Специално внимание е отделено на влиянието на легиращите елементи върху превръщането на преохладения аустенит. Разгледани са основните леарски свойства на чугуните и други въпроси, както и приложението белите износоустойчиви чугуни в машиностроенето. Всичко това представлява точно определяне, характеризирани и осмисляне на състоянието на проблема, както и творческо интерпретиране на знанията от литературните източници, отнесени към темата на дисертацията. Това е дало възможност на дисертантът да направи правилни изводи от летенатурния си обзор, въз основа на които да определи ясно целта на работата си и конкретните задачи за постигането й.

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

Материали и методики за изследване са описани в Глава 2. Подбрани са и уточнени методики за определяне на: якост на огъване, ударна жилавост, твърдост, микротвърдост; методика за микроструктурен анализ и за качествен и количествен рентгеноструктурен анализ. Освен това в Глава 5 са представени и методиките за определяне на трибологичните свойства на изследваните чугуни. Считаю, че всички методики, използвани за изследване на високохромовите чугуни, легирани с бор, са подходящи за постигане на поставената цел. Приложени са прецизно и компетентно, което е довело до получаване на достоверни резултати.

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

Приносите на дисертационния труд се градят на получените резултати от научните изследвания. Поради правилният избор на методики, поради компетентното им и прецизно използване, поради правилното анализиране на резултатите, считам, че те са достоверен материал, от който са извлечени и формулирани приносите на представения дисертационен труд.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд:

Приемам разделянето на приносите на научни, научно-приложни и приложни от автора. Характерът на всеки принос е определен правилно според мене. Ще отнеса всеки един от тях към по-долу направената класификация:

5.1. Формулиране и обосновка на нов научен проблем (област)

Считам, че в дисертационния труд няма приноси от този тип.

5.2. Формулиране и обосновка на нова теория (хипотеза)

В дисертационния труд не е формулирана и обоснована нова теория или хипотеза.

5.3. Доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми, класификации, методи на изследване, нови конструкции, технологии, препарати, схеми за лечение и т.н.

Считам, че приноси от този тип също няма в дисертационния труд.

5.4. Получаване и доказване на нови факти

Всички формулирани от кандидата приноси в дисертационния труд аз считам, че са от този тип.

5.5. Получаване на потвърдителни факти

Не забелязвам сред приносите факти, които да потвърждават нови факти, установени от други автори.

5.6. Значими художественотворчески постижения.

Този клас приноси е неприложим за конкретния случай.

5.7. Характер на приносите за внедряване: методи, конструкции, технологии, препарати, схеми, художествено творчество и т.н.

Характерът на приносите за внедряване определям като материаловедчески и технологични.

5.8. Значимост на приносите за науката и практиката.

И двата приноса, определени като научни имат голямо значение за науката металознание като ново знание за високохромовите чугуни, легирани с бор:

- Установено е, че допълнителното легиране с бор на високохромов бял чугун с подевтектичен състав 13.1Cr–3.1C–1.1Mo променя микроструктурата на чугуна в лято състояние по следния начин: в чугуните без бор, с 0,18%, 0,23% и 0,59% В, микроструктурата е подевтектична; увеличаването съдържанието на бора до 0,96 % и 1,25% доближава микроструктурата до евтектичната.
- Доказано е, че при увеличаване съдържанието на бора се формират два вида карбиди Cr_7C_3 и $Cr_{23}C_6$, които са с различна микротвърдост, като освен тях в структурата на получения чугун са налични следните съединения на бора: Fe_2B , Cr_5B_3 , CrB , FeB и $Fe_{23}B_6$.

Научно-приложните приноси имат значение както за науката, така и за практиката:

- Установено е, че наличните в структурата на изследваните чугуни два вида карбиди на хрома (Cr_7C_3 и $Cr_{23}C_6$) и съединения на бора Fe_2B , Cr_5B_3 , CrB , FeB , $Fe_{23}B_6$, съществено влияят върху износоустойчивостта на тези чугуни.
- Получени са експериментални зависимости за влиянието на бора върху якостта на огъване R_{mi} , ударната жилавост KC , твърдостта HRC и микротвърдостта $HV_{0,1}$ на металната основа и карбидната фаза. Установена е най-висока ударната жилавост KC в чугуна с 0,18 % В ($KC = 1,88 J/cm^2$) и най-висока якост на огъване R_{mi} в чугуна с 0,23 % В ($R_{mi} = 660,85 MPa$).
- Установена е зависимостта на влияние на режима на термичната обработка закаляване от 850 - 1100°C върху твърдостта HRC на чугуните с различно съдържание на бор.
- Установено е, че чугуният, легиран с 0,18 %В след леене и последваща термична обработка, състояща се в закаляване от 950°C и следващо отвърщане при 200°C има най-висока абразивна износо- устойчивост.

Всички приложни приноси считам, че имат голямо значение за индустриалната практика:

- Разработени са и са получени пет нови състава високохромов бял чугун, допълнително легиран с бор в количества 0,18%, 0,23%, 0,59%, 0,96% и 1,25% с високи механични и експлоатационни свойства.
- Доказано е в реални работни условия, че отлетите лопатки за дробометни машини от високохромов бял чугун с 0,18% В, подложени на ударно-абразивно износване, притежават по-висока износоустойчивост при конкретните експлоатационни условия от традиционно използваната марка чугун ИЧХ28Н2, с което

се доказва, че високохромовият бял чугун с 0,18%В може да бъде негов заместител в производството на детайли с подобно предназначение.

- При абразивно износване на отлети детайли за шламови помпи, износоустойчивостта на високохромовия бял чугун с 0,18% В превъзхожда 1,7 пъти тази на традиционно използваната марка чугун ИЧХ28Н2.

- При експлоатация в реални работни условия на изработени от изследвания чугун (Състав II) зъби за работното колело на роторни багери за добив на въглища е установена 51% по-висока износоустойчивост на съставните зъби, състоящи се от „коронка” от легиран с бор високохромов бял чугун и стоманена сърцевина.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

За степента на лично участие в приносите бихме могли да съдим от участието на кандидата за ОНС „доктор“ в публикациите, в които са отразени основните резултати от научните изследвания по темата на дисертацията. В една от тях той е на първо място като автор, а в останалите пет е на второ място, което му отрежда много висока степен на лично участие в приносите.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.

Маг. инж. Красимир Киров има шест публикации по дисертационната тема. Две от тях са в издания, реферирани в световно известната база данни Scopus. Това са две стойностни публикации с резултати, въз основа на които са формулирани двата научни приноса. Едната от тях вече е цитирана в статия, регистрирана от Scopus. Другите четири публикации са в рецензирани издания. Те отразяват научно-приложни и приложни приноси. Не ми е известно дали тези трудове са намерили отзвук в научните среди, т.е. дали има техни цитирания. Публикациите и цитатът са достатъчни, за да свидетелстват за това, че маг. инж. Красимир Киров е изграден изследовател. Вероятно повече цитирания ще има в бъдеще.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Наличие на постигнат пряк икономически ефект и пр. Документи, на които се основава твърдението.

За изпълването на научните резултати в научната практика свидетелства цитирането на последно издадената статия, която е реферирана и в Scopus. Това означава, че научните резултати, получени от дисертанта вече се ползват от други учени. Убедена съм, че резултатите, отразени в двете статии, които са в издания, реферирани в Scopus, ще представляват интерес за научната общност и за това ще се появят още доказателства.

Относно приложението на резултатите от дисертацията в индустрията, фирма „Прогрес“ Стара загора удостоверява, че те са били използвани за отливане и изпитване на детайли за дробоментни машини. За детайл „Лопатка“ са използвани високохромов бял чугун, допълнително легиран с 0.18% В и стандартен хром-никелов ИЧХ28Н2 (който е обект на изследване в настоящата дисертация). Резултатите са показали значително по-висока износоустойчивост на чугуна, легиран с бор и са доказали, че при дадените условия той може да замени стандартната марка ИЧХ28Н2.

Зъби за работното колело на роторен багер, изработени от стомана 20 с наварена работна повърхнина с електроди UTP DUR600 и зъби от стомана 20 с работна повърхнина от високохромов бял чугун, допълнително легиран с 0.18% бор, са били сравнени на износоустойчивост в реални условия и се установило, че зъбите от стомана 20 и работна повърхнина от високохромов бял чугун, допълнително легиран с бор имат почти два пъти по дълъг експлоатационен живот.

Тези два примера са достатъчно доказателство за ползата от резултатите от дисертационния труд за стопанската дейност.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.

Представеният автореферат напълно отговаря на изискванията за изготвяне на автореферат. Представени са в резюме съществените положения и приносите от дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Имам следното недоумение:

Защо след като в литературния обзор се отделя внимание на характеризирането на микроструктурата чрез правилото на Шарпи, то не се прилага и в изследванията понататък? И след като се говори за него е било добре и да се цитира самото правило.

Имам и следните забележки:

1. На стр. 7 от дисертацията се казва: «Значително влияе също и **формата** на карбидите [73, 92]. Карбидите във вид на изолирани включвания най-силно повишават износоустойчивостта. Ясно е, че се има предвид **разпределението, конфигурациите**, които образуват карбидите, а не тяхната форма. Това е неточност в изразяването.

2. На следващата страница 8 наименованието **«решетка-матрица»** считам, че е несполучливо. По-добре би било да се каже **матрица с карбидна решетка**.

Относно таблица 3.12:

При по-високо съдържание на бор от 0.18% в чугуна хексагоналния карбид не **„става“** орторомбичен, както е записано в дисертацията на стр. 79 при обсъждане на резултатите в т.аблица 3.2, а се появява и орторомбичен карбид и двата вида присъстват заедно до повишаване на съдържанието на бор до 1.25%, когато остава да съществува само орторомбичният.

4. На фиг. 4.6 „Дифрактограма на високохромов бял чугун с 0,18% В след температура на аустенитизация 1200°C, 120min“ обозначенията от букви и цифри са неясни.

5. В дисертацията все още има няколко граматически, правописни и пунктуационни грешки, които няма да цитирам.

11. Заключение с ясна положителна или отрицателна оценка на дисертационния труд.

Представеният ми за рецензия дисертационен труд на тема: „Високохромови чугуни, легирани с бор“, с автор маг. инж. Красимир Атанасов Киров има обем и качество на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ и съответства на изискванията на „Закон за развитие на академичния състав“ в Република България и Правилника за неговото приложение, т.е. трудът съдържа научни и научноприложни резултати, които представляват оригинален принос в науката и показва, че кандидатът притежава задълбочени теоретични знания по материалознание и способности за самостоятелни научни изследвания.

Давам положителна оценка на дисертационния труд и препоръчвам на уважаемото научно жури да присъди на маг. инж. Красимир Атанасов Киров образователната и научна степен „доктор“ в област на висшето образование 5. Технически науки, професионално направление 5.1. Машинно инженерство, научна специалност „Материалознание и технология на машиностроителните материали“.

Дата:

05.07.2024г.

РЕЦЕНЗЕНТ:

(проф. д-р Румяна Лазарова)

REVIEW

on a dissertation work on the topic "High-chromium cast iron alloyed with boron" for the acquisition of an educational and scientific degree "Doctor"

Author of the dissertation:	M.Sc. Eng. Krassimir Atanasov Kirov
Dissertation topic:	High chromium white cast irons alloyed with boron
Field:	5. Technical sciences
Professional direction:	5.1. Mechanical Engineering
Scientific specialty:	Materials science and engineering materials technology
Reviewer:	Prof. Romyana Lazarova, Ph.D.

1. Relevance of the problem developed in the dissertation work in scientific and applied scientific terms. Degree and levels of relevance of the problem and specific tasks developed in the dissertation.

The high wear resistance of white cast irons is a prerequisite for their wide use for details of machines and mechanisms subjected to intensive wear. The combination of high wear resistance with high mechanical properties, and hardness determines the application of cast irons with a eutectic composition based on special carbides in machine building and makes them a perspective construction material. Innovative complex alloying, casting technologies and heat treatment of white cast irons represent a still underexplored scientific field in metallurgy, which enables researchers to obtain new experimental data, new dependencies and better properties of these materials, and as a result new applications of white cast iron. In this regard, the alloying of high-chromium cast irons with boron, to which the doctoral student aimed, turns out to be a fertile topic. Because of all this, I consider that the problem developed in the dissertation work is relevant in scientific and applied scientific terms.

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

The formulated thesis topic is studied in the context of the production (which includes alloying, casting and heat treatment) of white cast irons, their structure, and properties. All these questions are studied by the candidate thoroughly from 153 literary sources in Chapter One, which is a literature survey. The results of scientific research on white cast irons are traced from the 1970s to the present day and are elaborated and discussed in depth in the dissertation by its author. The application of Charpy's rule for white cast irons with carbides in the matrix is explained - the influence of their placement in the matrix of wear resistance of cast irons. A classification of white cast irons is made based on Charpy's rule, and each class is characterized in detail in terms of alloying, crystallization, heat treatment, microstructure,

properties and application of the respective cast iron class. From the way these characteristics are presented, it is clear that the dissertation student has a broad knowledge of the special disciplines of metallurgy and interprets the literary data thoroughly in relation to the topic of the dissertation. The issues of crystallization features of white cast irons, the influence of alloying elements, and crystallization conditions on structure formation and their properties are developed. Special attention is paid to the influence of alloying elements on the transformation of undercooled austenite. The basic casting properties of cast iron, and other issues are discussed, as well as the application of white wear-resistant cast iron in machine building. All this represents an accurate determination, characterization and understanding of the state of the problem, as well as a creative interpretation of the knowledge from the literary sources related to the topic of the dissertation. This has given the doctoral student the opportunity to draw correct conclusions from his literature review, based on which he can clearly define the purpose of his work and the specific tasks to achieve it.

3. Correspondence of the chosen research methodology with the set goal and tasks of the dissertation work.

Research materials and methods are described in Chapter 2. Selected and specified methods for determining: bending strength, impact toughness, hardness, microhardness; methodology for microstructural analysis and qualitative and quantitative X-ray structural analysis. In addition, the methods for determining the tribological properties of the investigated cast irons are presented in Chapter 5. I believe that all the methods used to study the boron-alloyed high-chromium cast irons are suitable for achieving the set goal. They were applied precisely and competently, which led to reliable results.

4. Brief analytical description of the nature and assessment of the credibility of the material on which the contributions of the dissertation are based.

The dissertation's contributions are based on the results of the scientific research. Due to the correct choice of methods, their competent and precise use, and the correct analysis of the results, I believe they are reliable material from which the contributions of the presented dissertation work were extracted and formulated.

5. Scientific and/or applied scientific contributions of the dissertation work:

I accept the author's division of contributions into scientific, scientific-applied, and applied. The nature of each contribution is correctly defined in my opinion. I will relate each of them to the classification made below:

5.1. Formulation and justification of a new scientific problem (area)

I believe that there are no contributions of this type in the dissertation work.

5.2. Formulation and justification of a new theory (hypothesis)

No new theory or hypothesis is formulated and substantiated in the dissertation work.

5.3. Demonstration by new approaches of substantial new aspects of existing scientific problems, classifications, research methods, new constructs, technologies, preparations, treatment regimens, etc.

I believe that there are no contributions of this type in the dissertation either.

5.4. Obtaining and proving new facts

I believe that all contributions formulated by the candidate in the dissertation work are of this type.

5.5. Obtaining corroborating facts

I do not notice among the contributions facts that confirm new facts established by other authors.

5.6. Significant artistic achievements.

This class of contributions is inapplicable to the particular case.

5.7. Nature of contributions intended for implementation: Methods, Constructions, Technologies, Preparations, Schemes, Artistic Creation, etc.

I define the nature of contributions for implementation as material science and technology.

5.8. Significance of contributions to science and practice.

Both contributions, defined as scientific, are of great importance to the science of metal science as new knowledge about high-chromium boron-alloyed cast irons:

- It was found that additional boron alloying of high-chromium white cast iron with sub-eutectic composition 13.1Cr–3.1C–1.1Mo changes the cast iron microstructure as follows: in boron-free cast irons, by 0.18%, 0.23% and 0.59% B, the microstructure is subeutectic; increasing the boron content to 0.96% and 1.25% brings the microstructure closer to the eutectic.
- It has been proven that when the boron content increases, two types of carbides Cr₇C₃ and Cr₂₃C₆ are formed, which have different microhardness, and in addition to them, the following boron compounds are present in the structure of the obtained cast iron: Fe₂B, Cr₅B₃, CrB, FeB, and Fe₂₃B₆.

Scientific and applied contributions are important for both science and practice:

- It was established that two types of chromium carbides (Cr₇C₃ and Cr₂₃C₆) and boron compounds Fe₂B, Cr₅B₃, CrB, FeB, Fe₂₃B₆, present in the structure of the investigated cast irons, significantly affect the wear resistance of these cast irons.
- Experimental dependences were obtained for the influence of boron on the bending strength R_{mi}, impact toughness KC, hardness HRC and microhardness HV0.1 of the metal base and the carbide phase. The highest impact toughness KC was found in cast iron with 0.18% B (KC = 1.88 J/cm²) and the highest bending strength R_{mi} in cast iron with 0.23% B (R_{mi} = 660.85 MPa).
- The dependence of the influence of the tempering heat treatment regime from 850 - 1100°C on the hardness HRC of the cast irons with different boron content was established.
- Cast iron alloyed with 0.18%B after casting and subsequent heat treatment consisting of quenching at 950°C and subsequent tempering at 200°C was found to have the highest abrasive wear resistance.

All the applied contributions I consider to be of great importance for industrial practice:

- Five new compositions of high chrome white cast iron alloyed with boron in amounts of 0.18%, 0.23%, 0.59%, 0.96%, and 1.25% with high mechanical and operational properties were developed and obtained.
- It has been proven in real working conditions that the cast blades for shot blasting machines made of high chrome white cast iron with 0.18% B, subjected to shock-abrasive wear, have a higher wear resistance under the specific operating conditions than the traditionally used cast iron brand ИЧХ28H2, which it is proven that high chrome white cast iron with 0.18%B can be its substitute in the production of details with a similar purpose.
- In abrasive wear of cast parts for slurry pumps, the wear resistance of high chrome white cast iron with 0.18% B is 1.7 times that of the traditionally used cast iron brand ИЧХ28H2.
- During operation in real working conditions of cast iron (Composition II) teeth for the impeller of rotary excavators for coal mining, 51% higher wear resistance of the composite teeth consisting of a "crown" alloyed with boron was found high chrome white cast iron and steel core.

6. Evaluation of the degree of personal participation of the doctoral student in the contributions.

We could estimate the degree of personal involvement in the contributions based on the participation of the candidate in the publications in which the main results of scientific research on the topic of the dissertation are reflected. In one of them, he is the first author, and

in the other five, he is the second author, giving him a very high degree of personal involvement in the contributions.

7. Evaluation of the publications on the dissertation work: number, nature of the editions in which they were published. Reflection in science – use and citation by other authors, in other laboratories, countries, etc.

M.Sc. Eng. Krasimir Kirov has six publications on the dissertation topic. Two of them are in publications referenced in the world-famous Scopus database. These are two valuable publications with results based on which the two scientific contributions are formulated. One of them has already been cited in an article registered by Scopus. The other four publications are in peer-reviewed journals. They reflect scientific and applied contributions. I do not know whether these works have found an echo in scientific circles, ie. are there any citations of them? The publications and the quote are enough to testify that M.Sc. Eng. Krasimir Kirov is a built researcher. There will probably be more citations in the future.

8. Use of the results of the dissertation work in scientific and social practice. Existence of achieved direct economic effect, etc. Documents on which the claim is based.

The use of scientific results in scientific practice is evidenced by the citation of the most recently published article, which is also referenced in Scopus. This means that the scientific results obtained by the dissertation student are already being used by other scientists. I am convinced that the results reflected in the two papers, which are in publications referenced in Scopus, will be of interest to the scientific community and more evidence will emerge.

Regarding the application of the results of the dissertation in the industry, the company "Progres" Stara Zagora certifies that they were used for casting and testing of parts for fractionating machines. High-chromium white cast iron additionally alloyed with 0.18% B and standard chrome-nickel ICH28H2 (which is the subject of research in this dissertation) were used for the "Blade" detail. The results showed significantly higher wear resistance of cast iron alloyed with boron and proved that, under the given conditions, it can replace the standard brand ИЧХ28H2.

Rotary excavator impeller teeth made from 20 steel with a welded working surface with UTP DUR600 electrodes and 20 steel teeth with a high chromium white cast iron working surface alloyed with 0.18% boron were compared for wear resistance under real conditions and found that teeth of steel 20 and a working surface of high chromium white cast iron, additionally alloyed with boron, had almost twice the service life.

These two examples are sufficient proof of the usefulness of the results of the dissertation work for economic activity.

9. Assessment of the compliance of the abstract with the requirements for its preparation, as well as the adequacy of reflecting the main points and contributions of the dissertation work.

The abstract fully meets the requirements for preparing an abstract. The essential points and contributions of the dissertation work are presented in a summary reflecting the main points and contributions of the dissertation work.

10. Opinions, recommendations and notes.

I have the following perplexity:

Why, after the literature review pays attention to the characterization of the microstructure through of Charpy's rule, is it not applied in further research? And after talking about it, it was good to quote the rule itself.

I also have the following remarks:

1. On page 7 of the dissertation it is said: «*The shape* of the carbides also has a significant effect [73, 92]. Carbides in the form of isolated inclusions increase wear resistance the most.“ What is meant is *the distribution, the configurations* that form the carbides, not their shape. This is an inaccuracy in expression.

2. On the next page 8, the name «*lattice-matrix*» I consider to be unsuccessful. It would be better to say *a matrix with a carbide grid*.

3. Regarding table 3.12:

At higher boron content than 0.18% in the cast iron, the hexagonal carbide does not "become" orthorhombic, as noted in the thesis on page 79 when discussing the results in Table 3.2, but orthorhombic carbide appears and both species are present together until increasing the boron content to 1.25%, when only the orthorhombic remains to exist.

4. In fig. 4.6 "Diffractiongram of high chromium white cast iron with 0.18% B after austenitizing temperature 1200°C, 120min" letter and number designations are unclear.

5. There are still several grammatical, spelling, and punctuation errors in the thesis which I will not cite.

11. Conclusion with a clear positive or negative evaluation of the dissertation work.

The thesis submitted to me for review on the topic: "High-chromium cast irons alloyed with boron", authored by M.Sc. Eng. Krasimir Atanasov Kirov has the volume and quality of a dissertation work for awarding the educational and scientific degree "doctor" and corresponds to the requirements of the "Law on the Development of the Academic Staff" in the Republic of Bulgaria and the Regulations for its application, i.e. the work contains scientific and applied scientific results that represent an original contribution to science and shows that the candidate has in-depth theoretical knowledge of materials science and the ability to conduct independent scientific research.

I give a positive assessment of the dissertation work and recommend to the respected scientific jury to award M.Sc. Eng. Krassimir Atanassov Kirov the educational and scientific degree "Doctor" in the field of higher education 5. Technical sciences, professional direction 5.1. Mechanical engineering, scientific specialty "Materials science and technology of engineering materials".

Date:

07/05/2024

REVIEWER:

(Prof. Rumiana Lazarova, Ph. D.)