

СТАНОВИЩЕ

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

Тема на дисертационния труд “ВИСОКОХРОМОВИ БЕЛИ ЧУГУНИ, ЛЕГИРАНИ С БОР”.

Докторант: маг. инж. Красимир Атанасов Киров

Член на научното жури: проф. д-р инж. АНГЕЛ МАРИНОВ ВЕЛИКОВ

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем

Целта на дисертационния труд е получаване и изследване на структурата и свойствата на състави от високохромов бял чугун, допълнително легиран с различно количество бор. От лято и термообработено състояние да се избере високохромов, допълнително легиран с бор бял чугун със значително по-висока износоустойчивост в сравнение с традиционно използваните сплави, работещи в условия на ударно и ударно-абразивно износване. Особено ефективно е комплексното легиране, което влияе както върху характера на евтектичната композиция, така и на микроструктурата на металната основа на чугуна. Всичко това, съчетано с термичната обработка дава възможност да бъдат получени бели чугуни с предварително зададени свойства. Формулирането на основните задачи категорично **определят актуалността, значимостта и дисертабилността на темата 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 129 страници и включва 6 глави, 64 фигури и 25 таблици. От използваните общо 153 литературни източника, от които 68 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 **изследователски методики, методи и технологии**, като:

Якостта на огъване (R_{mi}) на образците от изследваните шест плавки е определяна, базирайки се на БДС EN ISO 7438:2016.

Методика за определяне на ударната жилавост (EN 10 045: 2017)

Ударната жилавост е определяна с работата, изразходвана за получаване на лом посредством чук (чук на Шарпи) на образец от даден тип, отнесена към работната площ на напречното сечение в мястото на прореза.

Методика за микроструктурен анализ

Микроструктурният анализ е извършен на металографски микроскоп НЕОРНОТ 32.

Методика за определяне на твърдост (БДС EN 6508-1: 2016) по Роквел (HR).

Качествен и количествен рентгеноструктурен анализ

За провеждането на качественият рентгеноструктурен анализ на образци от бял чугун, легирани с бор е използван рентгенов дифрактометър BRUKER D8 Advance в симетричен режим на движение на излъчвателя (рентгенова тръба) и детектора. За конкретния случай е използвана тръба с хромово лъчение, големина на тока 40 mA и напрежение 30 kV. Фазовият анализ е проведен в диапазон от 50° до 160° за ъгъл 2 θ , със стъпка на нарастване 0,1° и време на задържане във всяка стъпка 1 s. За фазов анализ на получените дифрактограми е използван специализиран софтуер на BRUKER – Diffrac.Eva V5.2, посредством Crystallography Open Database (COD). Количественият фазов анализ е извършен по метода на Ритвелд. От изложеното в дисертацията се вижда, че авторът е имал възможност да анализира информация, получена с помощта на 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, съгласно класификацията на докторанта, отнасям към следните групи:

А. Научни приноси

1. 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 следният 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.
2. 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 $Fe_{23}B_6$.

Б. Научно - приложни приноси

1. 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.
2. 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 ($R_{mi} = 660,85 MPa$).
3. 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.
4. 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.

В. Приложни приноси

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.

5. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Във връзка с дисертацията са публикувани 6 статии, от които една е самостоятелна, а две 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. „ЦЕЛТА“ вместо „Целта“ (стр.47) 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. Красимир Атанасов Киров образователната и научна степен “ ДОКТОР ”.

19.06. 2024 г.

ЧЛЕН НА ЖУРИТО:

.....

/Проф. д-р А. Великов/

REVIEW

on a doctoral thesis for awarding the educational and scientific degree "Doctor" (PhD)

Topic of the doctoral thesis **“HIGH CHROMIUM WHITE CAST IRON, ALLOYED WITH BORON “**

PhD student: MSc Eng. Krasimir Atanasov Kirov

Member of scientific Jury: Prof. PhD. Eng. ANGEL MARINOV VELIKOV

1. Relevance of the problem developed in the dissertation work

The aim of the dissertation work is to obtain and study the structure and properties of compositions of high-chromium white cast iron, additionally alloyed with different amounts of boron. From the cast and heat-treated state, to be selected high-chromium, additionally alloyed with boron white cast iron with a significantly higher wear resistance, compared to the traditionally used alloys operating in conditions of impact and impact-abrasive wear. Particularly effective is complex alloying, which affects both the nature of the eutectic composition and the microstructure of the metal base of cast iron. All this, combined with the heat treatment, makes it possible to obtain white cast iron with predetermined properties. The formulation of the main tasks ***categorically determine the relevance, significance and dissertability of the topic and of the dissertation work itself as a whole.***

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

The dissertation work is 129 pages long and includes 6 chapters, 64 figures and 25 tables. From the used, totally, 153 literary sources, 68 of which 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 work with the achieved contributions.

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

The flexural strength (R_{mi}) of the specimens from the six investigated melts was determined based on **BDS EN ISO 7438:2016**

Methodology for determining the impact toughness (EN 10 045: 2017)

The impact toughness is determined by the work, spent for obtaining a fracture by means of a hammer (Charpy hammer) on specimen of a given type, referred to the working area of the cross-section at the location of the notch.

Methodology for microstructural analysis

Microstructural analysis was performed on a NEOPHOT 32 metallographic microscope.

Methodology for determination of hardness (BDS EN 6508-1: 2016) according to Rockwell (HR).

Qualitative and quantitative X-ray structural analysis

A BRUKER D8 Advance X-ray diffractometer was used in the symmetric mode of movement of the emitter (X-ray tube) and the detector for making the qualitative X-ray structural analysis of boron alloyed white cast iron specimens. For the specific case, a tube with chromium radiation was used, with a current of 40 mA and a voltage of 30 kV. The phase analysis was performed in a range of 50° to 160° for an angle of 2θ , with step of increment 0.1° and a hold time of each step of 1 s. BRUKER's specialized software - Diffrac.Eva V5.2, using the Crystallography Open Database (COD), was used for phase analysis of the obtained diffractograms. Quantitative phase analysis was performed using the Rietveld method. From what is presented in the dissertation, it can be seen that the author had the opportunity to analyze information obtained with the help of research methodologies, 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:

The contributions of the dissertation work, according to the classification of the doctoral student, I refer to the following groups:

A. Scientific contributions

1. It was found that the additional boron alloying of high-chromium white cast iron with subeutectic composition 13.1Cr–3.1C–1.1Mo changes the microstructure of cast iron as follows: in cast irons without boron or with 0.18%, 0.23 % and 0.59% B, the microstructure is subeutectic; the increasing of boron content to 0.96% and 1.25% brings the microstructure closer to the eutectic.
2. It has been proven that when the boron content increases, two types of carbides Cr_7C_3 and Cr_{23}C_6 are formed, which have different micro-hardness, and in addition to them, the following boron compounds present in the structure of the obtained cast iron: Fe_2B , Cr_5B_3 , CrB , FeB and Fe_{23}B_6

B. Scientific - applied contributions

1. It was established that the two types of chromium carbides (Cr_7C_3 and Cr_{23}C_6) and boron compounds Fe_2B , Cr_5B_3 , CrB , FeB , Fe_{23}B_6 , presenting in the structure of the investigated cast irons, significantly affect on the wear resistance of these cast irons.
2. Experimental dependences were obtained for the influence of boron on the bending strength R_{mi} , impact toughness KC , hardness HRC and micro-hardness $HV_{0.1}$ of the metal base and the carbide phase. The highest impact toughness KC was determined at cast iron with 0.18% B ($KC = 1.88 \text{ J/cm}^2$) and the highest bending strength R_{mi} for cast iron with 0.23% B ($R_{mi} = 660.85 \text{ MPa}$).
3. It was established the dependence of influence of the heat treatment regime quenching from 850 to 1100°C on the HRC hardness of cast irons with different boron content.
4. 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.

C. Applied Contributions

1. Five new compositions of high-chromium white cast iron additionally 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.
2. It has been proven in real working conditions that the blades for shot blasting machines, cast of high chromium white cast iron with 0.18% B, subjected to impact-abrasive wear, have a higher wear resistance under the the given operating conditions than the traditionally used cast iron grade ИЧХ28Н2, which proves that high chromium white cast iron with 0.18% B can be its substitute in the production of details with a similar purpose.
3. At abrasive wear of parts for slurry pumps, cast of high chromium white cast iron with 0.18% B, the wear resistance is 1.7 times higher than that of parts from the traditionally used grade ИЧХ28Н2 cast iron.
4. At operation in real working conditions of teeth made of the investigated cast iron (Composition II) for the impeller of rotary excavators for coal mining, it has been established 51% higher wear resistance of the composite teeth consisting of a "crown" from high chromium white cast iron, alloyed with boron, and steel core.

5. Assesment of publications on the dissertation work

In connection with the dissertation, 6 articles have been published, of which one is independent, and two 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 are sufficiently widely publicized 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 "ЦЕЛТА" instead of "Целта" (p.47) etc.), I have no substantive objections.

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 M.Sc. Eng. Krasimir Atanasov Kirov the educational and scientific degree "DOCTOR".

19.06. 2024 г.

MEMBER OF SCIENTIFIC JURY:

.....

/Prof. PhD A.Velikov/