

Технологічні особливості прогнозування властивостей розплавів і структури металу виливків для роботи в екстремальних умовах

Технологические особенности прогнозирования свойств расплавов и структуры металла отливок для работы в экстремальных условиях

Technological features of prognostication of properties of fusions and structure of metal of foundings for work in extreme terms

1. Номер державної реєстрації НДР: 0115U000406

2. Науковий керівник – к.т.н., доц. Ямшинський М.М., Ямшинский М.М., Yamshinskij Mikhail M.

3. Суть розробки, основні результати.

Виконано комплексне дослідження ливарних, механічних і спеціальних властивостей жаростійких і зносостійких сплавів на основі заліза у широкому діапазоні концентрацій хрому, марганцю, алюмінію, вуглецю, титану тощо, розроблено новітні жаростійкі й зносостійкі сплави залежно від конкретних умов експлуатації литих деталей в екстремальних умовах. Створено бази даних, які охоплюють понад 600 марок сплавів на основі заліза, всі існуючі феросплави та марки сталевого й чавунного брухту. Розроблено методологію та програмне забезпечення прогнозування якості розплаву, який знаходиться в плавильному агрегаті, за результатами першого хімічного аналізу та структури й властивостей металу у виливках і комп'ютерного розраховування шихти для виплавляння високохромистих сплавів з використанням стандартних і нестандартних шихтових матеріалів. Розроблено нові формувальні та стрижневі суміші для виробництва якісних виливків із сплавів та створено базу даних для вибору оптимальних рецептур сумішей.

За одержаними результатами досліджень ливарних, механічних та спеціальних властивостей сплавів з високим вмістом хрому розроблено програмне забезпечення для прогнозування якості розплаву та комп'ютерну програму розраховування шихти для виплавляння високолегованих сплавів. Це сприяє удосконаленню технологічного процесу плавлення сплавів за умови використання сучасних методів експресного спектрального аналізу.

Як основа оптимізаційної моделі попередньо створено низку регресійних моделей залежності властивостей сталі від її хімічного складу для рішення прямої задачі моделювання – прогнозування: рідкотекучість, лінійна усадка, площа тріщини, повна об'ємна усадка, об'єм порот, об'єм раковин, тимчасовий опір розриванню, ударна в'язкість і твердість. Наявність дев'яти регресійних моделей дає можливість створити цілий комплекс (систему) з дев'яти оптимізаційних (діагностичних) моделей для визначення хімічного складу сталі і користуватися кожною з них попередньо визначаючи, яка з регресійних моделей виконуватиме роль критерію оптимізації.

(рос.)

Выполнено комплексное исследование литейных, механических и специальных свойств жаростойких и износостойких сплавов на основе железа в широком диапазоне концентраций хрома, марганца, алюминия, углерода, титана и так далее, разработаны новейшие жаростойкие и износостойкие сплавы в зависимости от конкретных условий эксплуатации литых деталей в экстремальных условиях. Создано базы данных, которые охватывают более 600 марок сплавов на основе железа, все существующие ферросплавы и марки стального и чугунного лома. Разработано методологию и программное обеспечение прогнозирования качества расплава, который находится в плавильном агрегате, по результатам первого химического анализа и структуры и свойств металла в отливках и компьютерного расчета шихты для выплавки высокохромистых сплавов с использованием стандартных и нестандартных шихтовых материалов. Разработаны новые формовочные и стержневые смеси для производства качественных отливок из сплавов и создано базу данных для выбора оптимальных рецептур смесей.

По результатам исследований литейных, механических и специальных свойств сплавов с высоким содержанием хрома разработано программное обеспечение для прогнозирования качества расплава и компьютерную программу расчета шихты для выплавки высоколегированных сплавов. Это способствует усовершенствованию технологического процесса плавления сплавов при условии использования современных экспресс методов спектрального анализа.

Как основа оптимизационной модели предварительно создан ряд регрессионных моделей зависимости свойств стали от ее химического состава для решения прямой задачи моделирования – прогнозирования: жидкотекучесть, линейная усадка, площадь трещины, полная объемная усадка, объем пустот, объем раковин, временное сопротивление разрыву, ударная вязкость и твердость. Наличие девяти регрессионных моделей дает возможность создать целый комплекс (систему) из девяти оптимизационных (диагностических) моделей для определения химического состава стали и пользоваться каждой из них предварительно определяя, какая из регрессионных моделей будет исполнять роль критерия оптимизации.

(англ.)

Performed a comprehensive study of the casting, mechanical and special properties of heat-resistant and wear-resistant iron-based alloys in a wide range of chromium concentration, manganese, aluminum, carbon, titanium, and so on, are designed latest heat-resistant and wear-resistant alloys, depending on the specific operating conditions of the cast parts in extreme conditions . It created a database covering more than 600 brands of iron-based alloys, ferro alloys and all existing brands of steel and iron scrap. Developed methodology and software quality prediction of the melt, which is in the melting unit, based on the results of the first chemical analysis of the structure and properties of metal castings and computer calculation of the charge for the smelting of high-chromium alloys using standard and non-standard charging materials. Novel molding and core mixtures for the production of high-quality castings of alloys and created a database to select the optimum recipe mixes.

According to the research of casting, mechanical and special properties of alloys with a high chromium content developed software to predict the quality of the melt, and a computer program for calculating the charge for the smelting of high alloy. This contributes to the improvement of the technological process of melting alloys provided the use of modern methods of rapid spectral analysis.

As the foundation of an optimization model pre-established number of regression models depending on the properties of the steel from its chemical composition for solving the direct problem of modeling - prediction: fluidity, linear shrinkage, the crack area, the total volumetric shrinkage, void volume, the volume of shells, tensile strength, impact strength and hardness . The presence of nine regression models makes it possible to create a complex (system) of the nine optimization (diagnostic) models for determining the chemical composition of the steel and to use each of these pre-determine which of the regression models will act as the optimization criterion.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

1. Лютий Р.В., Кеуш Д.В., Анісімова О.А. Спосіб зміцнення ливарних стрижнів, Патент № 99789 Бюл. № 12, 2015 р. Виданий 25.06.2015

2. Патент України на винахід №110450 / Лютий Р.В., Кеуш Д.В., Думчева К.Ю., Анісімова О.А. Холоднотвердна суміш для виготовлення ливарних форм і стрижнів. – Бюл. №24. – 2015 р. Опубл. 25.12.2015.

3. Патент України на корисну модель № 104397 U201507657, B22D 27/00. Спосіб модифікування рідкого чавуну // Фесенко М.А., Фесенко К.В., Лук'яненко І.В. Заявл. 31.07.2015, опубл. 25.01.2016. Бюл. № 2. – 2016 р.

4. Патент України на корисну модель № 106815 u201510625, B22D 27/00, B22D 19/00, B22D 23/00 Спосіб лиття двошарових виливків // Фесенко А.М, Фесенко М.А., Місько В.К. Заявл. 30.10.2015, опубл. 10.05.2016. Бюл. № 9. – 2016 р.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати наукової роботи перевищують кращі вітчизняні аналоги.

Розроблені спеціальні сплави відповідають світовому рівню, а програма прогнозування властивостей розплавів з високим вмістом хрому значною мірою полегшить виробникам вирішувати технологічні питання, пов'язані з виготовленням високоякісних литих деталей для роботи в екстремальних умовах.

Розроблений комплекс програм не має аналогів у світовій практиці виробництва литих деталей з високим вмістом хрому для виготовлення виливків відповідального призначення, що працюють за високих температур в агресивних середовищах.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розроблених ливарних матеріалів і технологічних інструкцій на їх виплавлення дає можливість значно знизити собівартість і підвищити якість литих виробів, які працюють в екстремальних умовах:

- знизити собівартість виробів на 20–30%;
- підвищити їх працездатність на 20–25%.

Економічний ефект внаслідок оптимального вмісту хрому та інших елементів завдяки використанню розробленого програмного забезпечення та технологічних процесів виготовлення литих деталей за розрахунками складатиме в сучасних цінах не менше 50 тис. грн. на 1 т продукції.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації).

Технології прогнозування можуть застосовуватись на підприємствах та в організаціях різних галузей промисловості де широко розповсюджено використання литих виробів, що працюють за високих температур та в умовах гідроабразивного зношування: машинобудуванні, металургійному, теплоенергетиці та цехах з виробництва цементу.

8. Стан готовності розробки

Розроблено нові жаростійкі та зносостійкі сплави для виготовлення литих деталей, що працюють в екстремальних умовах, методологію прогнозування якості розплавів на основі заліза з високим вмістом хрому, структури та властивостей металу у виливках, починаючи від розрахунку шихти до виготовлення реальних деталей. Програмне забезпечення управління якістю металу у виливках апробовано в лабораторних умовах.

Розроблено технологічні інструкції для виплавлення сталей з високим вмістом хрому в індукційних та дугових печах.

9. Існуючі результати впровадження.

Матеріали роботи використано при підготовці нових лекційних курсів та циклів лабораторних робіт у дисциплінах «Сталева литва», «Кристалізація та властивості чавуну», «Виробництво виливків із чавуну» та «Виробництво виливків із сталей», «Спеціальні сталі та сплави».

Підготовлено до захисту дві докторські дисертації:

Ливарні сплави на основі заліза для роботи в екстремальних умовах – Ямшинський Михайло Михайлович

Спосіб виготовлення двошарових чавунних литих деталей з диференційованою структурою та властивостями з одного вихідного розплаву – Фесенко Максим Анатолійович

10. Форма участі інвестора – 90% фінансування проекту

11. Обсяг інвестицій – залежно від обсягів виробництва \$50000–100000

12. Мета інвестицій – розширення бізнесу

13. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

НТУУ ”КПІ ім. Ігоря Сікорського”, Інженерно-фізичний факультет, кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

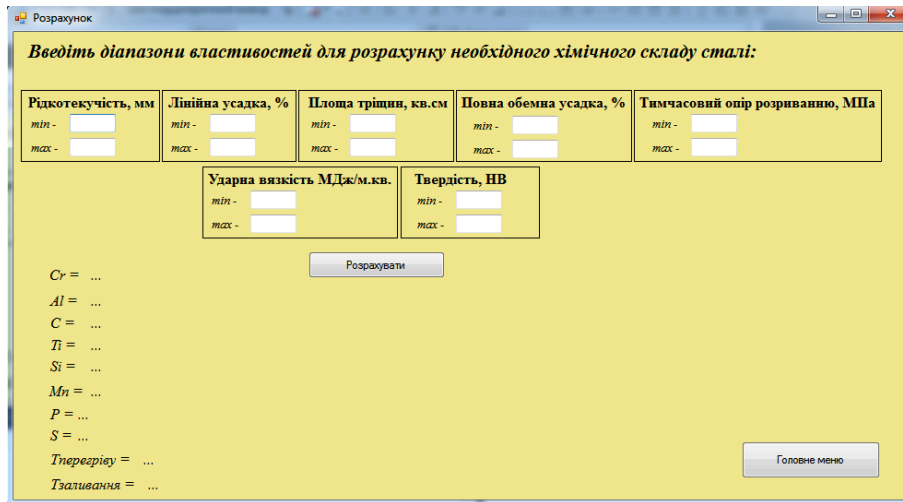
Тел/факс 204-82-16

E-mail: foundation@iff.kpi.ua

14. Фото розробки

Вікно введення даних для розраховування шихти

Приклад прогнозування властивостей сплавів за їх хімічним складом і температурами перегрівання й заливання в ливарні форми



Вікно прогнозування властивостей за заданими параметрами

Визначення рідкотекучості сталі залежно від хімічного складу за допомогою регресійного аналізу

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:

Підручник

1. Литейные свойства металлов и сплавов для прецизионного литья: В.А. Богуслаев, С.И. Репях, В.Г. Могилатенко, З.А. Ивченко, М.О. Матвеева, З.В. Леховирец, Ю.С. Пройдак, В.Е. Хричиков. – Запорожье: АО «МОТОР СИЧ», 2016. – 398 с.

Навчальні посібники:

1. Технологія одержання металів та сплавів для ливарного виробництва / А.М.Верховлюк, А.В.Нарівський, В.Г.Могилатенко. – К.:Видавничий дім «Вініченко», 2016. – 224 с.

2. Верховлюк А.М., Верховлюк Г.А.Физическая химия – основа металлургических процессов.- Saarbrücken, Германия: LAP LAMBERT, Academic Publishing, 2016, 199 с.

Публікації в журналах, що входять до наукометричних баз даних:

1. Ямшинский М.М., Федоров Г.Е Литейные и механические свойства жаростойких сталей // Металлургия. Машиностроение. – 2015. – №2, С. 17...24.

2. Лютый Р.В., Кеуш Д.В., Гурия И.М.. Упрочнение стержневых смесей с ортофосфорной кислотой и солями металлов // Литейное производство, 2015, №7. С. 27...29.

3. Фесенко Е.В., Ямшинский М.М., Фесенко М.А. Новый способ получения двухслойных отливок с износостойкой рабочей поверхностью и вязкой ударостойкой сердцевиной // *Металлургия Машиностроения*. – №1. – 2016. С. 30...33.
4. Lukianenko I.V., Fesenko M.A., Kosiachkov V.O., Fesenko. E.V. The time factor in the spheroidizing and graphitizing modification and cast iron crystallization // *Scientific Technical Journal «Material Science» «Nonequilibrium phase transformations»* ISSUE 2/2016. P.25...29.
5. Фесенко М.А., Фесенко К.В., Верховлюк А.М., Лук'яненко І.В. Спосіб виробництва двошарових чавунних виливків з робочою зносостійкою та монтажною в'язкою частинами для роботи в умовах ударно-абразивного зносу // *Scientific Journal «ScienceRise»*, 2016. – №7 / 2 (24). С. 34...40
6. Yamshinskij M., Fedorov G, Yamshinska N The Effect of Carbon, Titanium and Rem on Oxidation Resistance of Cr-Al Steels // *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol. 5 Issue 05, May-2016. P. 4...10.
7. Фесенко Е.В., Ямшинский М.М., Фесенко М.А. Новый способ получения двухслойных отливок с износостойкой рабочей поверхностью и вязкой ударостойкой сердцевиной // *Металлургия. Машиностроение*. – 2016. – №1. С. 30...34.
8. Kosiachkov V.O., Fesenko M.A., Fesenko E.V., Lukianenko I.V. The Time Factor in the Spheroidizing and Graphitizing Modification and Cast Iron Crystallization // *Materials Science. Non-equilibrium Phase Transformations*, 2016. – №2. С. 25...29.
9. Фесенко М.А., Фесенко К.В., Верховлюк А.М., Лук'яненко І.В. Спосіб виробництва двошарових чавунних виливків з робочою зносостійкою та монтажною в'язкою частинами для роботи в умовах ударно-абразивного зносу // *Scientific Journal «ScienceRise»*, 2016. – №7/2(24). С. 34...40.
10. Лютый Р.В. Отверждение стержневых смесей с ортофосфорной кислотой и алюмосодержащими соединениями // *Литейное производство*, 2016. – №5. С. 13...17.
11. Самарай В.П. Дефекты отливок на предприятиях разного профиля // *Литейное производство*. – 2016.-№1. С. 36...37;

Публікації в реферованих журналах:

1. Ямшинський М.М., Федоров Г.Є., Радченко К.С. Термостійкість жаростійких сталей для роботи в екстремальних умовах // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії* № 3 (36), 2015, С. 33...37
2. Ямшинський М.М., Федоров Г.Є., Радченко К.С. Прогнозування ливарних і механічних властивостей жаростійких сталей // *Металл и литье Украины* №10, 2015. (269). С. 16...22
3. Ямшинський М.М., Федоров Г.Є., Радченко К.С. Прогнозування ливарних і механічних властивостей жаростійких сталей // *Металл и литье Украины*, №10, 2015. (269). С. 16...22.
4. Ямшинський М.М., Федоров Г.Є., Радченко К.С. Оптимизация режимов смягчающего отжига износостойких хромомарганцевых чугунов для улучшения их обрабатываемости резанием // *Металл и литье Украины* №12, 2015. (271). С. 26...32.
5. Ямшинський М.М., Федоров Г.Є. Окалиностійкість хромоалюмінієвих сталей залежно від вмісту хрому та алюмінію // *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії* № 1 (37), 2016. С. 101...110.
6. Ямшинський М.М., Федоров Г.Є. Узагальнений аналіз термостійкості хромоалюмінієвих сталей // *Наукові вісті НТУУ "КПІ"* №5, 2016. С. 84...91.

16. Ключові слова:

ОКАЛИНОСТІЙКІСТЬ, ТЕРМОСТІЙКІСТЬ ХІМІЧНИЙ СКЛАД, СТРУКТУРА, ПРОГНОЗУВАННЯ, ЛИВАРНІ ВЛАСТИВОСТІ, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ