

Кравченко В. С.¹
Дорошенко В. С.¹
Янченко О. Б.²

КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІНДУКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ЛИТИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

¹Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,
²Вінницький національний технічний університет

Анотація

Створено індуктивні моделі програм для порівняння цифрових даних кривої із графіка термічного аналізу експериментальної проби, обраної для ідентифікації характеристик металу, з базою даних відомих (еталонних) кривих з подібних зразків. Це дозволяє найбільш точно визначити показники випробуваного металу. Крім того, дані термічного аналізу охолодження вилівка у прес-формі які дозволяють регулювати режим охолодження.

Ключові слова: *режимами охолодження, математична модель, високотемпературні процеси лиття, термоаналіз, конвекційні потоки.*

Ливарні підприємства є ядром заготівельного виробництва основних галузей машинобудування, верстатобудування, суднобудування, автомобілебудування; при цьому на частку виливків приходить до 25% вартості виробу. Серед основних тенденцій у сучасній контрольно-вимірювальній практиці ливарного виробництва є максимальне збільшення точності кількісного та якісного аналізу структури металевих виливків, поточного контролю та прогнозування їх технологічних та фізичних властивостей. Враховуючи що термічні (високотемпературні) процеси, є основними процесами, які відбуваються під час взаємодії рідкого металу або сплаву з ливарною формою. У роботі досліджувалися передусім термічні процеси кристалізації, під час охолодження вилівка та проб металу, які відбуваються після заливання форми розплавом металу за різними режимами охолодження.

Створенню та дослідженню відповідних нових теоретичних моделей приділяється значна увага у плані сучасної тенденції цифровізації ливарного виробництва шляхом впровадження таких моделей. Складність вирішення такого роду завдань полягає в обґрунтованості вибору математичної моделі та розробці методів її використання. Задача моделювання є невід'ємною складовою методики керування та прийняття рішень, тому, моделюючи термічні процеси охолодження металу, можливо ефективно вивчати ці процеси та впливати на них, що і є предметом досліджень в цій роботі. Для розробки моделей термічних процесів лиття застосовують методи структурно-параметричної ідентифікації моделей цих фізичних процесів.

Одним з найбільш ефективних методів моделювання за експериментальними даними в умовах неповноти інформації є адаптоване до підтримки сучасними системами комп'ютерних програм – індуктивне моделювання на основі алгоритмів методу групового урахування аргументів (МГУА), автором якого є акад. О. Г. Івахненко, що і було застосовано для аналізу високотемпературних процесів лиття металу під час обробці даних термоаналізу (ТА). Програмна обробка даних ТА кристалізації та охолодження вилівка у ливарній піщаній формі дозволила аналізувати температурні криві його охолодження та отримувати цифрові результати впливу холодоагентів, а також конвекційних потоків у ливарній формі на структуру металу для її регулювання.

Також ТА кристалізації чавуну чи алюмінію у строго однотипних пробах масою до 0,1...0,3 кг (виготовлених у свого роду міні-калориметрах) із дослідним накопиченням бази даних рекурентних кривих, що дають зв'язок характеру кривої з кількісною оцінкою структурних фаз

металу, є основою експрес-методу ТА дослідження литого металу для передбачення його структури та властивостей [1, 2]. Створені індуктивні методи програм для «миттєвого» порівняння цифрових даних кривої ТА дослідної проби вибраного металу (для ідентифікації характеристик) з базою даних відомих (еталонних) кривих подібних проб дозволяють найбільш точно ідентифікувати показники досліджуваного металу, а дані ТА охолодження вилівка у ливарній формі – корегувати режим його охолодження (рис. 1). На відміну від регресійного аналізу, в якому структура моделі задається, у МГУА структура оптимальної моделі та її параметри знаходять за допомогою самоорганізації моделей, тобто шляхом випробування багатьох моделей за зовнішніми критеріями селекції (вибору).



Рис. 1 – Схема корегування складу металу, його структури та властивостей вилівка за результатами програмної обробки результатів термоаналізу (ТА) [2].

Розробка та удосконалення програм віртуалізації та режимів керування термічними ливарними процесами за такими програмами на основі математичного опису технологічного процесу, числові дані (база даних) якого отримані експериментально, служить надійною передумовою впровадження у виробництво математичних моделей та реалізованих на їх базі програм. Таке вирішення нагальної науково-технічної задачі – створення програмно-технологічних засад для систем управління основними параметрами ливарних процесів з метою зростання їх ефективності та поліпшення техніко-економічних показників відповідає підвищенню цифрової культури виробництва, є елементом його віртуального інжинірингу та надалі може слугувати створенню цифрових двійників ливарних процесів та об'єктів для оптимізації всього виробництва за алгоритмами інформатики з елементами штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дорошенко В. С. Шинский В. О. Токовая Е. В. Предпосылки создания базы данных на основе концепции «регулирование скорости охлаждения отливки в форме – структура металла – металлосберегающие конструкции отливок» // Металл и литье Украины. – 2017. – № 11–12. – С. 39 – 46.

2. Токова О. В. Комп'ютерна технологія розв'язання задач індуктивного моделювання процесів охолодження металевих ливарних виробів: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2021. – 24 с.

Кравченко Володимир Сергійович – к. ф-м. наук, науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: sary942@ukr.net

Дорошенко Володимир Степанович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: doro55v@gmail.com

Янченко Олександр Борисович – к.т.н. старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: 1961yab@gmail.com

COMPUTER TECHNOLOGY OF SOLVING PROBLEMS OF INDUCTIVE MODELING OF COOLING PROCESSES OF CAST METAL STRUCTURES

Abstract

Inductive models of programs for comparison of digital data of a curve from the schedule of the thermal analysis of an experimental sample chosen for identification of characteristics of metal with a database of known (reference) curves from similar samples are created. This allows you to identify the performance of the test metal most accurately. In addition, the data of the thermal analysis of the cooling of the casting in the mold allows you to adjust the cooling mode

Key words: *cooling modes, mathematical model, high-temperature casting processes, thermal analysis, convection flows*

Kravchenko Vladimir Sergeevich – Candidate of Philology of Sciences, Research Fellow, Department of Physical Chemistry of Foundry Processes, Institute of Physics and Technology of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv. e-mail: sary942@ukr.net

Doroshenko Vladimir Stepanovich – doctor of Engineering Sciences, Senior research officer, Department of Physics and Chemistry of Casting Processes, Physico-technological institute of metals and alloys National academy of sciences of Ukraine, email : doro55v@gmail.com

Yanchenko Alexander B. – Ph.D. Senior Lecturer of Technology of Increasing of Wear Resistance, Vinnytsia National Technical University, e-mail: 1961yab@gmail.com.