

Токова О.В.¹, Степашко В.С.¹, Савченко-Синякова Є.А.¹, Дорошенко В.С.²
(¹Міжнародний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України; ²ФТІМС НАН України, м. Київ)

МОДЕЛЮВАННЯ ЛИВАРНИХ ПРОЦЕСІВ З МЕТОЮ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ ОПЕРАЦІЙНИХ РІШЕНЬ У ВИРОБНИЧІЙ ПРАКТИЦІ

E-mail: savchenko_e@meta.ua

Метою дослідження є розроблення оригінального програмного комплексу для підтримки прийняття операційних рішень у ливарному виробництві на основі знання-орієнтованого підходу для підвищення точності та оперативності виливання готових до використання металевих виробів різної серійності на основі моделювання термічних процесів охолодження виливків у ливарній формі за створеною базою експериментальних даних термічного аналізу (ТА).

Лиття є найпоширенішим способом вироблення готових деталей з металів і сплавів. Ми розглядаємо його як термічний процес (від плавлення металу до затвердіння і охолодження виливка в ливарній формі), в якому відбуваються різні перетворення, і головним чином в залежності від складових виливка, та режимів його охолодження можна отримати продукт різної якості та структури. Термічні процеси охолодження виливків під час затвердіння розплаву в ливарній формі в залежності від режимів ливарної технології визначають якість готової продукції. Тому актуальною є науково-прикладна задача розроблення комп'ютерної технології підтримки рішень інженера-ливарника, яка завдяки моделюванню процесів охолодження дозволить підбирати чи корегувати у виробничих умовах хімічний склад сировини та режими охолодження виливка без проведення дорогих за вартістю експериментів [1-3].

Науковою новизною технології моделювання та прогнозування процесів, що відбуваються у процесі лиття, можуть бути використані алгоритми МГУА (методу групового урахування аргументів) та його сучасні модифікації. Підхід, що використовувався при розробці технології, є знання-орієнтованим та інтелектуальним, оскільки застосовані засоби моделювання та прогнозування, ґрунтовані на автоматичному видобуванні знань з вибірок експериментальних

даних. В доступній авторам для огляду літературі подібного підходу ще не було запропоновано, і тим більше його не було реалізовано у формі прикладної технології [4-8].

Програмний комплекс міститиме базу даних вітчизняних металів і сплавів зі стандартними хімічними та фізико-механічними властивостями, визначеними за ДСТУ, базу накопичених даних ТА у вигляді кривих охолодження – еталонних функцій з визначеним хімічним складом, базу якісних характеристик виливків за різними режимами охолодження, а також функціональних модулів, орієнтованих на розв’язання задач експрес-термоаналізу складу сировини без використання лабораторних досліджень, цільового підбору складових сировини вилівка, моделювання та прогнозування процесів охолодження, оцінювання структури та фізико-механічних властивостей майбутнього вилівка, інформаційної підтримки вибору раціонального режиму охолодження тощо.

Аналогів такої системи в Україні не існує: закордонні програмні засоби не розв’язують всі задачі, в розв’язанні яких виникає потреба в процесі лиття. Такі засоби потребують постійного фахового обслуговування та поза ліцензійної адаптації до наявних ливарних технологій, тобто є практично недоступними для більшості вітчизняних фахівців у галузі ливарного виробництва. Технологія орієнтована на обладнання, що використовується на вітчизняних ливарних підприємствах та спрямована на розв’язання актуальних завдань підвищення ефективності, обґрунтованості та якості прийняття рішень у галузі ливарного виробництва на основі сучасних методів і засобів комплексного інтелектуального аналізу поточних експериментальних даних про перебіг термічних процесів охолодження рідкого металевого розплаву. Підвищення якості виливків та зменшення обсягу бракованих виробів за рахунок використання комп’ютерних технологій дасть змогу українським ливарникам конкурувати на ринку готової металевої продукції. Ця проблема потребує наукового вирішення з використанням нових концепцій інтелектуалізації процесів підтримки рішень, що враховують не лише розв’язання традиційних задач зберігання і оброблення поточних

статистичних даних, але й актуальні задачі розроблення і реалізації інформаційно-аналітичних засобів підтримки процесу прийняття рішень.

Одним з найбільш ефективних підходів до розв'язання задач аналізу і моделювання на основі даних є застосування проблемно-орієнтованих методів та засобів індуктивного моделювання на базі алгоритмів методу групового урахування аргументів (МГУА), автором якого був академік О. Г. Івахненко [9-11]. Автори активно розвивають цей напрямок, за останні роки розроблено концепцію інтелектуального моделювання, нові високопродуктивні алгоритми на основі генетичних операторів та розпаралелювання операцій, розвинено методологію автоматизованого конструювання програмних засобів на основі онтологій. На базі цих досягнень розроблено, наприклад, оригінальні комп'ютерні технології підтримки рішень у сферах оцінювання стану економічної безпеки України, моделювання процесів забруднення ґрунтів важкими металами, моделювання процесів охолодження виливків [12] тощо.

Створення програмного комплексу базується на таких основних ідеях:

1. Для забезпечення належної якості металевого виливка програмний комплекс як технологія підтримки рішень має супроводжувати всі етапи ливарного процесу від аналізу сировини (в тому числі, металобрухту) до отримання готового продукту.

2. Підтримка рішень ливарника має відбуватись оперативно на основі отримання, аналізу та моделювання поточних даних про стан сировини, розплаву, режиму затвердіння і охолодження виробу, тому доцільно використовувати методи і засоби інтелектуального аналізу даних, що успішно працюють в умовах великої апріорної неповноти, невизначеності та зашумленості цих даних вимірювань.

Результати в галузі індуктивного моделювання належать до таких успішних методів і засобів, тому автори проекту, що мають вагомі досягнення в їх розробленні та реалізації, будуть використовувати саме їх як основний інструментарій цієї прикладної розробки.

В центрі уваги розробок авторів є термічний аналіз процесу охолодження розплаву металу чи сплаву від температури ліквідусу (початку кристалізації) до температури солідусу (затвердіння) виливка, тому що відповідні температурні криві охолодження розплаву в часі між цими точками є найбільш інформативними, оскільки в неявному вигляді містять приховану інформацію як про хімічний склад розплаву, так і про фізико-механічні властивості виробу.

У ливарному процесі якість готового виробу найбільш сильно залежить від досвіду та кваліфікації інженера-ливарника, і для значного підвищення ефективності його роботи слід надати йому новий інструмент інформаційної підтримки прийняття рішень, який на основі автоматизованого аналізу стану процесу виливання даватиме йому вагому додаткову інформацію для забезпечення належної якості виливка відповідно до технічного завдання.

Література:

1. Савченко Є.А., Кравченко О.В. Застосування індуктивного підходу для моделювання процесу охолодження виливка за експериментальними даними. Індуктивне моделювання складних систем. К.: МННЦ ІТС, вип. 6, 2014. – С. 126-136.
2. Tokova O., Savchenko Ye., Stepashko V. Construction of a computer technology for information support of decisions in the foundry production process // Cybernetics and Computer Engineering, 2019. No 4. - P. 41-55.
3. Tokova O., Savchenko Ye. Modelling of Dependence of Mechanical Properties of Cast Iron on Chemical Composition of Raw Materials. Proceedings of the IEEE 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT-2019), September 17-20, 2019, Lviv, Ukraine. Lviv: LNPU, Vol. 1, pp. 179-182.
4. Тарасевич Н. И., Корниец И. В., Тарасевич И. Н., Дудченко А. В. Сравнительный анализ систем компьютерного моделирования металлургических и литейных процессов // Металл и литье Украины, 2010. – №5. – С. 20–25.
5. Nova Cast Technologies AB.
URL: <http://www.ruscastings.ru/work/168/2130/2984/2988>.

6. MAGMA5. URL: <http://www.dial-engineering.ru/magma.html>.

7. He B.F. Application of View Cast Software in Foundry Technique Designing. Advanced Materials Research. 2012. Vol. 538. P. 572-575.

8. Li D.Y., Xu Z.Y., Maa X.L., Shi D.Q. Review of current search and application of ductile cast iron quality monitoring technologies in Chinese foundry industry. China Foundry, 2015. 12(4).

9. Степашко В.С. Комбинаторный алгоритм МГУА с оптимальной схемой перебора моделей // Автоматика. 1981. № 3. С. 31—36.

10. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Помехоустойчивость моделирования. Киев: Наук. думка, 1985. 216 с.

11. Tokova O., Savchenko Ye. Inductive Modelling as a Basis of Informational Support of Decisions in Casting Production. Proc. of the XII IEEE International Conference CSIT-2017 & International Workshop on Inductive Modeling, September 05-08, 2017, Lviv, Ukraine. Lviv: Publisher "Vezha&Co". P. 507-510.

12. Tokova O.V., Doroshenko V.S., Yanchenko O.B. Computer systems of thermal analysis for monitoring of foundry and metallurgical processes // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2022, № 2. - С. 86-93.

DOI: 10.31649/1999-9941-2022-54-2-86-93.

Устименко А. І., Лук'яненко І. В., Кивгило Б. В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

**АНАЛІЗ МІКРОСТРУКТУРИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ДЕТАЛЕЙ СКЛОФОРМИ
ТА НАПРЯМКИ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ**

E-mail: ustymenko@kpi.ua

Формування скляної порожнистої продукції в умовах масового виробництва здійснюється на високопродуктивних склоформувальних лініях способом видування або пресовидування (рис. 1).