

УДК 681.513

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ПРОЦЕСІВ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

О.В. Кравченко, Є.А. Савченко

*Міжнародній науково-навчальній центрі інформаційних технологій
та систем НАН та МОН України*

savchenko@irtc.org.ua

Наведено розробку інформаційної технології розв'язання задач моніторингу в ливарному виробництві на основі індуктивного підходу. Дано огляд існуючих програмних продуктів, які застосовуються у ливарній галузі. Технологія, що розробляється, застосована для пошуку залежності якості виливок від швидкості та режимів його охолодження. Планується розв'язання задачі вибору в процесі проведення експериментів найкращого виливка шляхом порівняння кривої його охолодження з еталонною.

Ключеві слова: інформаційна технологія, індуктивне моделювання, ливарне виробництво, виливок

Development of information technology for monitoring tasks solution in the foundry industry based on an inductive approach is shown. The technology is designed to solve the problem of searching dependence of the casting quality on its speed and cooling mode as well as select in the process of experimentation the best casting, by comparing it with a standard cooling curve.

Keywords: information technology, inductive modeling, casting production, casting

Приведена разработка информационной технологии решения задач мониторинга в литейном производстве на основе индуктивного подхода. Технология предназначена для решения задачи поиска зависимости качества отливки от скорости и режимов его охлаждения, а также выбора в процессе проведения экспериментов наилучшего отливка путем сравнения кривой его охлаждения с эталонной.

Ключевые слова: информационная технология, индуктивное моделирование, литейное производство, отливка

Вступ

Метою даної роботи є розробка інформаційної технології для розв'язання задач моніторингу у ливарному виробництві, яка підвищить якість виливків за рахунок підбору оптимального режиму його охолодження, а також дозволить уникнути виникнення дефектів та зменшити собівартість виробів.

Підвищення якості виливків являється головним завданням ливарного виробництва, що впливатиме не лише на масову закупівлю продуктів лиття, на розвиток ливарного виробництва загалом, а також забезпечить економічну стабільність та ефективність роботи підприємств. Використання комп'ютерних технологій для аналізу даних та моделювання процесів у ливарному виробництві суттєво впливатиме на досягнення поставлених цілей, як споживача, так і виробника.

Ливарним виробництвом називають процеси отримання фасонних виробів (виливків) шляхом заливання розплавленого металу чи пластмаси в порожню форму, яка відтворює форму і розміри майбутньої деталі. Після затвердіння металу у формі отримують вилівок або деталь. Виливки широко застосовують у машинобудуванні, металургії та будівництві [1].

В залежності від режиму охолодження вилівка можна отримати кінцевий продукт різної якості [2]. При швидкому охолодженні металу, чим складніше і тонше форма, тим важче отримати щільні, без внутрішніх дефектів, виливки (без пустот і раковин). Якість такого продукту оцінюється експертом за допомогою різних експрес-аналізів.

Дані для проведення дослідження отримано фахівцями з Інституту металів та сплавів. Поставлено задачі побудови технології для розв'язання задач підбору оптимального режиму охолодження для отримання вилівка заданої якості, а також пошуку з заданої бази даних для вилівка невідомого розплаву найближчого до нього еталонного зразка шляхом порівняння кривої його охолодження з еталонами цієї бази для оцінки його хімічного складу.

Не дивлячись на те, що зараз розроблено багато програмних продуктів, які задовольняють вимогам працівників у галузі ливарного виробництва, задача створення зручного у використанні, а головне доступного за вартістю продукту, лишається актуальною.

Нижче наведемо огляд існуючих програмних продуктів, їх особливості та функціональні можливості.

1. Огляд інформаційних технологій для ливарного виробництва

1.1 Програмне забезпечення MAGMA⁵

Програмне забезпечення MAGMA⁵, розроблене фахівцями в галузі лиття металів компанії MAGMA GmbH (м. Аахен, Німеччина) [3, 4]. На сьогоднішній день це програмне забезпечення вважається одним з найкращих в даній галузі. Цей продукт використовується біль ніж на восьмистах підприємствах у світі.

Серед користувачів MAGMA⁵ є такі відомі в усьому світі компанії як ABB, Hyundai, Toyota, Mazda, BMW, Daimler-Crysler, Honda, Volvo, Volkswagen, Audi, General Motors, Telco, Cosworth Technology, Daewoo, Bosch, Benninger Guss, Teksid Poland, Coupe Foundary, Nuova Renopress, Fuchosa та багато інших.

Застосування MAGMA⁵ дозволяє:

- оптимізувати режими заливки сплаву і затвердіння вилівки;
- виконати температурний розрахунок прес-форм;

- оптимізувати литникову систему;
- прогнозувати мікро- і макроструктуру, твердість і механічні властивості виливків;
- розраховувати і мінімізувати залишкові напруження і деформації;
- моделювати режими термообробки.

У процесі моделювання заповнення порожнини форми можливо визначити:

- температурні поля виливки і форми;
- вектора швидкостей руху сплаву в порожнині форми (напрямки руху сплаву у формі, модуль вектора);
- траєкторію руху частинок сплаву в порожнині форми, динаміку процесу заповнення, візуалізацію ліній струму заповнення форми;
- проводити моделювання процесів витіснення повітря з форми, шлакових включень;
- процеси ерозії форм (постійною, разовою);
- оптимізувати вентиляційні системи постійних форм (і проходять в них процеси, при заповненні форми).

Враховуючи високу вартість програмного забезпечення дозволити користування даним продуктом в Україні можуть лише три компанії світового рівня АО «МоторСич», м. Запоріжжя та АО «НКМЗ», м. Краматорськ та ПАО "Кременчугский сталелитейный завод "РосАлит".

1.2 Програмне забезпечення компанії NovaCast AB

NovaCast AB (Швеція) - провідна скандинавська компанія, що розробляє технології для ливарної промисловості. NovaCast пропонує своїм покупцям наступне [5]:

- процеси отримання високоякісного високоміцного чавуну і чавуну з вермікулярним графітом;
- унікальну експертизу металургійного процесу виробництва,
- оцінку правильності розрахунку литниково-живильних систем;
- проведення моделювання заповнення форм і кристалізації сплавів;

Компанія пропонує такі продукти.

Програмне забезпечення ATAS®

Дана система призначена для контролю металургійних процесів при виробництві виливків з сірого чавуну та високоміцного чавуну. ATAS являє собою комплексну систему, що включає в себе обладнання, програмне забезпечення, а також навчання та підтримку користувачів, надану групою кваліфікованих металургів.

Метою контролю процесів виплавки та обробки металу з використанням системи ATAS є вирішення трьох проблем:

- 1) уникнення виникнення дефектів лиття.
- 2) отримання високий вихід придатного.
- 3) зниження собівартість лиття.

Програмне забезпечення процесу PQ-CGI®

Компанія NovaCast розробила унікальну, високоефективну технологію виробництва чавуну з вермікулярним графітом (ЧВГ), засновану на ретельній металургійній підготовці базового чавуну. У процесі коригування складу для контролю термодинамічних властивостей металу використовується вдосконалена система термічного аналізу. Експертна система допомагає створити оптимальні умови для формування і росту включень вермікулярного графіту. Технологія, що одержала назву Prime Quality CGI (PQ-CGI® - технологія отримання виливків з ЧВГ високої якості), дозволяє подавляти, утворення пластинчастого графіту і забезпечує баланс оксидів в металі, необхідний для створення оптимальних умов зародження включень вермікулярного графіту. Таким чином, для отримання задовільних результатів обробки можна використовувати зменшені навішування магнію. Коли використовують малі навішування магнію, знижується ймовірність утворення кулястого графіту і схильність чавуну до усадки. Технологія PQ-CGI® захищена патентами.

Система PQ-DIT™ складається з двох частин:

- PQ-DIT™ 1 - використовується для контролю і регулювання складу базового чавуну. Ця система встановлюється близько до блоку плавильних печей або біля печей витримки.
- PQ-DIT™ 2 - система перевірки обробленого чавуну. Система встановлюється безпосередньо на ділянці заливки форм, оскільки вона використовується для того, щоб протестувати і перевірити кінцевий, оброблений чавун. Система містить базу даних сплавів з інформацією про необхідний хімічний склад як базового, так і кінцевого чавуну.

Дані термічного аналізу поєднуються з даними про хімічний склад базового чавуну для того щоб розрахувати оптимальну кількість шихтових матеріалів, які потрібно ввести в базовий чавун з метою коригування хімічного складу чавуну.

Таким чином проведений огляд показав, що розроблено ряд програмних продуктів для вирішення основних проблем, які виникають в процесі виробництва виливків, але використання цих продуктів є неможливим у зв'язку з високою вартістю цих продуктів. Тому в Інституті металів та сплавів виникла потреба розроблення зручного у використанні та доступного програмного продукту для розв'язання задач аналізу даних та моделювання.

2. Розробка інформаційної технології розв'язання задач моніторингу у ливарному виробництві на основі індуктивного підходу

Постійне спостереження або моніторинг у процесі ливарного виробництва дасть змогу ливарникам контролювати процес утворення виливка для запобігання утворенню неякісних виробів.

Загалом моніторинг – це процедура виконання поточного спостереження, контролю, оцінювання, аналізу та прогнозування процесів [7]. У ливарному виробництві можна визначити такі задачі моніторингу:

- збір експериментальних даних та спостереження (контроль) за процесом лиття;
- оцінювання поточного стану процесу лиття;
- аналіз температурних залежностей охолодження розплаву в процесі лиття;
- експрес - прогноз якості виливка;
- відображення результатів моніторингу.

В технології, яка розробляється, планується розв'язання усіх п'яти задач моніторингу. В її основі лежить метод групового урахування аргументів (МГУА), побудований на принципах індуктивного моделювання. Його призначено для автоматичної побудови оптимальних моделей за експериментальними даними.

Цей метод, автором якого є академік О.Г. Івахненко [8-9] зарекомендував себе як метод, що дає можливість відкривати залежності та видобувати нові знання, які містяться в вибірці даних, але невідомі досліднику – автору моделювання. Ефективність алгоритмів МГУА підтверджена широким досвідом успішного розв'язання численних реальних завдань в екології, гідрометеорології, економіці, техніці як у нас, так і за кордоном [6].

Технологія, що розробляється, містить такі основні блоки.

Блок 1. Отримання виливка. Цей блок характеризує етапи процесу лиття, від підготовки сплаву до отримання виливка. Автори не розв'язують задачі на цих етапах, але цей блок включено для можливості втручання у процес охолодження виливка та коригування хімічного складу виливка. Якість отриманого виливка оцінюється експертом і вилівок невідповідної якості може бути знов розплавлений.

Блок 2. Обробка даних та моделювання. У цьому блоці розв'язуються такі задачі.

Формалізації даних про режими охолодження. Застосовується, коли потрібно перевести опис режиму в цифрову форму. Наприклад, режим описано так: «вібрація протягом 20 хв. + 5 хв. вакуумування». Значення змінної «вібрація» буде 20, змінної «вакуумування» - 5.

На рис. наведено блок-схему технології, що розробляється.



Рис. Схема технології розв'язання задач моніторингу процесів ливарного виробництва на основі МГУА

Попередня обробка вибірки даних. Експериментальні дані можуть бути оброблені, наприклад нормовані або масштабовані, якщо є пропуски вони можуть бути відновлені, або за допомогою кореляційного аналізу можуть бути відібрані змінні, які мають найбільше значення модуля коефіцієнта парної кореляції змінної з вихідною величиною.

Побудова моделей процесу охолодження на основі МГУА. Будуються моделі за комбінаторним алгоритмом МГУА використовуючи зовнішні критерії точності та незміщеності.

Оцінка за заданими критеріями точності та адекватності моделі. Якість отриманої моделі може бути оцінена на вибірці, яка не використовувалась при моделюванні – екзаменаційній вибірці.

Візуалізація результатів. Результати виводяться у вигляді графіків та моделей з урахування їх точності.

Застосування. За допомогою технології, що розробляється, розв'язано задачу пошуку залежності температури охолодження циліндричного виливка з чавуну СЧ20 в піщаній ливарній формі від параметрів режиму його охолодження для подальшої оптимізації цього режиму. Побудовано моделі

Висновки. Проведено огляд інформаційних технологій для розв'язання задач моніторингу ливарного виробництва. Розглянуто проблему розроблення технології розв'язання задач моніторингу процесів ливарного виробництва. В подальшому планується додання нових блоків для підтримки рішень з підбору оптимального хімічного складу виливка.

Література

1. Основы технологии важнейших отраслей промышленности. В 2 ч.: учебное пособие / под ред. И. В. Ченцова, В. В. Ващука - Минск: Высшая школа, 1989 - 199 с.
2. Саначева Г. С., Степанова Т. Н., Баранов В. Н., Губанов И. Ю. технология литейного производства: уч. пос.. - Красноярск: СФУ, 2008 - 86 с.
3. <http://www.magma-soft.com>
4. <http://www.dial-engineering.ru/magma.html>
5. <http://www.ruscastings.ru/work/168/2130/2984/2988>
6. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Помехоустойчивость моделирования. - Киев: Наук. думка. – 1985. - 215 с.
7. Ивахненко О.Г., Ивахненко Г.О. Индуктивные методы прогнозирования та аналізу складних економічних систем // Економіст. – 1998.– № 5. – С. 88–97.
8. Айстраханов Д.Д., Пугачова М.В., Степашко В.С. та ін. Концептуальні основи статистичного моніторингу. За ред. М.В. Пугачової. – К.: ІВЦ Держкомстату України. – 2003. – 343 с.
9. 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.