

УДК 621.74.04

Автоматизація і алгоритмізація експериментальних досліджень при вивченні теплових процесів охолодження виливків

В. П. Кравченко, М. І. Шут*, В. С. Дорошенко, І. О. Шинський
(Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ
*Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова)

АНОТАЦІЯ. Експериментальні дослідження є невід'ємним етапом процесу створення нових технологій виробництва металевих деталей зоврема при регулюванні охолодження виливків в формі. Зростання їх питомої ваги в загальному об'ємі досліджень повинно стати об'єктом особливої уваги при оптимізації проведення експерименту.

АБСТРАКТ. The experimental researches is the inalienable stage of making new technologies of production of metal details specifically at regulation of cooling ingots on the form. Increasing their specific gravity in general volume of researching must become the object of the particular attention at optimization of realization of experiment.

На даний час застосування методів планування експерименту при дослідженні процесів регульованого охолодження ще не дістало достатньо широкого розповсюдження. І такий стан речей пояснюється не стільки малою ефективністю таких методів, а тим, що відсутні добре розроблені алгоритми, які б дали можливість покращити сам процес планування експерименту, а також обробку одержаної при виконанні експерименту інформації. При обробці даних вимірювання для різних виливків часто виникає необхідність розробляти самі методи математичної обробки для кожного випадку. Крім того, розроблені методи обробки не завжди можливо застосовувати для строгої оцінки результатів експерименту.

Такий стан речей може привести, а часто і приводить до невиправданих затрат на створення програм розрахунку теплового процесу, а також втрати часу при обробці одержаної інформації. Тому очевидно, що виникає необхідність в розробці математичного забезпечення експерименту, що планується.

Основна задача при розробці системи експерименту, якій планується, полягає, очевидно, в тому, щоб забезпечити експериментатора достатньо широким набором

планів експерименту [1]. Ці плани повинні мати порівняно невелику кількість дослідів і задовольняти деякому вибраному критерію оптимальності. Цей критерій вибирається в залежності від характеру задачі, яку треба розв'язати. Наприклад, по критерію швидкодії процесу охолодження, або по критерію ознак кристалізації і т.п. Крім того, потрібно розглянути можливість автоматизувати обробку результатів експерименту і видати рекомендації по оптимізації самого процесу проведення експерименту.

Система експерименту, що планується повинна бути системою відкритою для відображення різних умов проведення експерименту. Це значить, що система може поповнюватися і розширюватися за рахунок розширення сфер і застосування та розвитку методів обробки інформації.

Для математичного забезпечення проведення експерименту необхідно мати пакети програм, які реалізують типові статистичні методи обробки одержаної в ході виконання експерименту, інформації. Інші методи математичного забезпечення повинні адаптуватися до кожного конкретного обчислювального центру.

Принципову схему математичного забезпечення системи проведення експерименту можливо подати у вигляді (рис. 1).

Розглянемо тепер структуру спеціалізованого математичного забезпечення експерименту, що планується. Очевидно, що мета і задача конкретного експериментального дослідження процесу охолодження повинні бути відображені в постановці самої задачі при визначенні необхідних параметрів вилівок. В цій постановці потрібно вказати який характер мають вхідні фактори, а саме: керовані вони чи контрольовані, мають фіксований чи випадковий характер. Важливо визначити також, який рівень впливу цих вхідних факторів — кількісний чи якісний [2]. В структуру спеціалізованого математичного забезпечення експерименту повинна входити програма обробки результатів експерименту, яка дасть можливість оцінити ефективність впливу різноманітних факторів, визначити наявність чи відсутність кореляційних зв'язків і знайти умови, при яких процес, що вивчається, задовольняє критерію оптимальності по різним параметрам. Вигляд математичної моделі може визначатися рівнянням регресії [3],

$$E\left(\frac{T}{\bar{r}}\right) = F(\bar{r}, \bar{p})$$

де E , як звичайно, рівняння, в яке входить середнє значення результатів вимірювання вихідного параметру T (в даному випадку температури) в точці, яка визначається вектором \bar{r} (\bar{r} — вектор вхідних параметрів), \bar{p} — вектор коефіцієнтів, які потрібно визначити, функція, яка може бути як лінійною, так і, в загальному випадку, нелінійною.

В постановці задачі потрібно вказати вимоги до знаходження коефіцієнтів рівняння регресії, кількість вихідних параметрів, що будуть фіксуватися, чи регулюватися

(наприклад пористість форми, кристалічність та інші теплофізичні характеристики). В постановці задачі по здійсненню експерименту необхідно також визначити бажану точність оцінки одержаних результатів експерименту. Варіант структури спеціалізованого математичного забезпечення експерименту по дослідженню процесу охолодження виливки представлено на (рис. 2). Таким чином, в структуру спеціалізованого математичного забезпечення експерименту, що планується повинна входити:

по-перше, програма, яка визначає стратегію самого теплофізичного експерименту і характер плану експерименту (по можливості оптимального) в залежності від характеру поставленої перед дослідником задачі;

по-друге, в структуру спеціалізованого математичного забезпечення експерименту повинна входити, програма, яка розробляє потрібний план експерименту.

Оптимальність кожного плану експерименту повинна оцінюватись по деякій кількості критеріїв, кожний з яких використовується в тій чи іншій ситуації в залежності від мети задачі експериментального дослідження, для чого треба використовувати параметричні моделі процесів лиття і формування виливка [4]. Апріорно в число факторів, які суттєво впливають на параметр оптимізації процесу теплообміну можна включати масив температур формоутворювання виливка, структуру і фізико-хімічні властивості рідкого металу і форми, швидкість відбору теплового потоку при охолодженні виливка у формі, фізичні характеристики сил зовнішнього впливу - вібрації, електромагнітного поля та інше. Всі ці величини, очевидно, формують деякий факторний простір. Занотуємо, що для спрощення процесу обробки результатів експерименту можна провести лінійне перетворення цього факторного простору відповідно алгоритмам, розробленим в роботі [5]. При визначенні коефіцієнтів рівняння регресії найбільш широко використовується метод найменших квадратів.

Вірогідність одержаних значень цих коефіцієнтів можна перевірити з допомогою критерію Стюдента [5]. При оптимальному виборі плану експерименту одержані теплофізичні параметри гіпотетично повинні адекватно описувати досліджуваний процес теплообміну при охолодженні виливок у вибраному факторному просторі. Перевірку істинності гіпотези про адекватність математичної моделі і даних експерименту можливо провести з допомогою критерію Фішера [6].

Цілком ймовірно, що розробка комплексу програм побудови оптимального плану являє собою доволі складну задачу і сама по собі відноситься до важливих наукових проблем. Побудований план експерименту повинен містити невелику кількість дослідів і бути вдалим для практичного застосування. При проведенні складних натурних експериментів при вивченні регульованого охолодження конкретних виливок потрібно прагнути до зменшення загального числа експериментів і до одержання якомога більшої інформації з кожного окремого експерименту. Тому потрібно створювати і широко використовувати інформаційні вимірювальні системи, які дозволяють одночасно вимірювати різнобічні параметри процесу і одержувати результати вимірювань

в різних формах. В структуру спеціалізованого математичного забезпечення експерименту повинна входити програма обробки результатів експерименту, яка дасть можливість оцінити ефективність впливу різноманітних факторів, і знайти умови, при яких теплофізичний процес, що вивчається, задовольняє критерію оптимальності по різним вхідним параметрам.

Таким чином, створення системи експерименту, що планується, дозволить автоматизувати проведення експериментальних досліджень у вивченні теплофізичного процесу охолодження виливків, покращити якість досліджень і знизити матеріальні затрати за рахунок зменшення терміну дослідження і одержання технологічних деталей потрібної якості. Це сприятиме створенню нових зразків промислових деталей.

Рис. 1.

Рис. 2.

Література

- [1] *Умнов Г.А. и др.* Автоматизация исследований при разработке сложных приборов. — Приборы и системы управления, 1975, № 4. — С. 38-43.
- [2] *Бережной Ю.И., Деревянко Л.П.* Автоматизация экспериментальных исследований при разработке горных машин // Некоторые задачи прикладной динамики и устойчивости движения. — К., 1976. — С. 130-133.
- [3] *Виноградский М.С., Лурье М.В.* Планирование эксперимента в технологических исследованиях. — К.: Техника, 1975. — 168 с.
- [4] *Русаков П.В., Шинский О.И.* Параметрическая модель процесса литья и формообразования отливки при подаче расплава в газифицируемую форму под давлением // Металл и литье Украины. — 2005, № 9. — 10. — С.48-51.
- [5] *Новиков Ф.С., Аров Я.Б.* Оптимизация процессов технологии металлов методами эксперимента. — М.: Машиностроение: София, Техника, 1980. — 304 с.
- [6] *Аднер Ю.Т., Маркова Е.В., Грановский Ю.В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1971. — 283с.