

ВИБІР ЄДИНОГО КОМПЛЕКСНОГО ПАРАМЕТРА СИСТЕМИ «ВИЛИВОК – ЛИВАРНА ФОРМА»

Духаніна М. О., Становський О. Л., Прокопович І.В., Плачінда О.Є.

На сьогоднішній день в ливарному виробництві існують десятки методів вимірювань різноманітних параметрів, які представляють інтерес для більш ніж 100 способів лиття і впливають на якість виливків. У цих способах лиття описані сотні дефектів виливків, що суперечать поняттю «якість» і, як правило, призводять до браку. Тому для початку звизимо проблему і будемо розглядати:

- лиття в піщані форми: піщано-глинясті, піщано-смоляні, керамічні, тощо;
- дефекти поверхневого шару: пригар, раковини, відколи, неметалеві вкраплення, тощо;
- параметри, що впливають на ці дефекти: технологічні, термічні, гідравлічні, електричні, механічні, тощо.

Для вимірювання останніх існують стандартні методи та відповідне метрологічне забезпечення. Недоліки існуючих методів безпосередньо впливають із наступних міркувань. Діапазони вимірювання суттєво не співпадають із реальними значеннями параметрів, які мають місце під час технологічного процесу лиття. Із-за цього умови визначення параметру не співпадають із реальними умовами, які є під час технологічного процесу (наприклад, газопроникність форми вимірюється при кімнатній температурі, а заливання сталі в цю форму здійснюється при температурах 1600 – 1800 °С).

Крім того, існуючі засоби не дозволяють одержати значення вимірювальної величини, як функції простору-часу.

Також, об'єктивно існує велика взаємозалежність між окремими вимірювальними параметрами (наприклад, газотворність суттєво залежить від температури, газопроникність – від газотворності, температура – від газопроникності, і т.д. по колу).

Все це призводить до того, що отримані окремими вимірюваннями значення параметрів, як правило, не інформативні з точки зору проектування та управління ливарними процесами, в результаті чого брак виливків, навіть у виробництві, насиченому найсучаснішими засобами вимірювання, сягає близько 50 %.

Для розв'язання цих проблем в роботі було запропоновано виконувати вимірювання багатьох параметрів в різних точках простору-часу системи «виливок-форма» із наступною згорткою їх значень до єдиного числа – результату вимірювання. До них, в першу чергу, відносили параметри, які впливають із конструкторських та технологічних характеристик безпосередньо ливарного об'єкта, – лабораторного або реального виробничого:

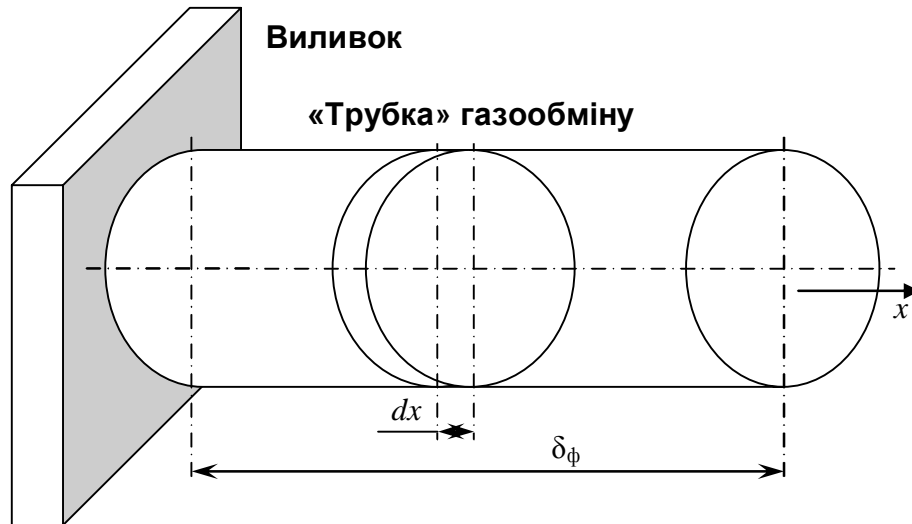
δ_b – ½ товщини плоского виливка, м;

δ_f – товщина плоскої стінки форми, м;

ρ_f – щільність матеріалу форми, кг/м³;

$\alpha_{зв}$ – концентрація зв'язуючого в матеріалі форми;

F_1 – одинична площа «трубки» газообміну (рис. 1), м².

Рисунок 1 – «Трубка» газообміну в межах стінки форми товщиною δ_ϕ

По-друге, розглянемо параметри, які вимірювали у формовочній суміші до виготовлення форми та її заливання:

ГП – газопроникність формувального матеріалу, виміряна за стандартною методикою, $\text{м}^4/(\text{Н}\cdot\text{с})$;

ГТ – газотворність формувального матеріалу, виміряна за стандартною методикою, $\text{м}^3/(\text{кг}\cdot\text{с})$.

Третя група параметрів – це результат динамічних вимірювань безпосередньо в системі «виливок – форма» після заливання.

Тут величина, що визначається, змінюється за часом:

$T_1(\tau)$ – температура внутрішнього (робочого) шару форми, К;

$T_2(\tau)$ – температура середнього шару виливка, К;

$T_3(\tau)$ – температура зовнішнього шару форми, К;

$T_4(\tau)$ – температура виливка, К;

$P_1(\tau)$ – тиск газів у внутрішньому (робочому) шарі форми, Па;

$P_2(\tau)$ – тиск газів у середньому шарі форми, Па.

Нарешті, до четвертої групи параметрів відносили параметри – наслідки: якість поверхневого шару виливків. Поверхневий шар готових виливків оцінювали в балах по двох факторах: пригару і раковинах по 5-бальній шкалі для кожного фактора.

У підсумку, схема залежності «параметри процесу – якість виливка» виглядає так, як це представлено на рис. 2, а головна залежність «виміряні параметри – якість» має такий вигляд:

$$D_1 = D_1(\delta_v, \delta_\phi, \rho_\phi, \alpha_{зв}, F_1, \text{ГП}, \text{ГТ}, T_1, T_2, T_3, T_4, P_1, P_2), \quad (1)$$

$$D_2 = D_2(\delta_v, \delta_\phi, \rho_\phi, \alpha_{зв}, F_1, \text{ГП}, \text{ГТ}, T_1, T_2, T_3, T_4, P_1, P_2). \quad (2)$$

Об'єднаємо усі перелічені «параметри – причини» в поєднанні безрозмірні змінні по причинних комплексах: технологічному, температурному та гідравлічному.

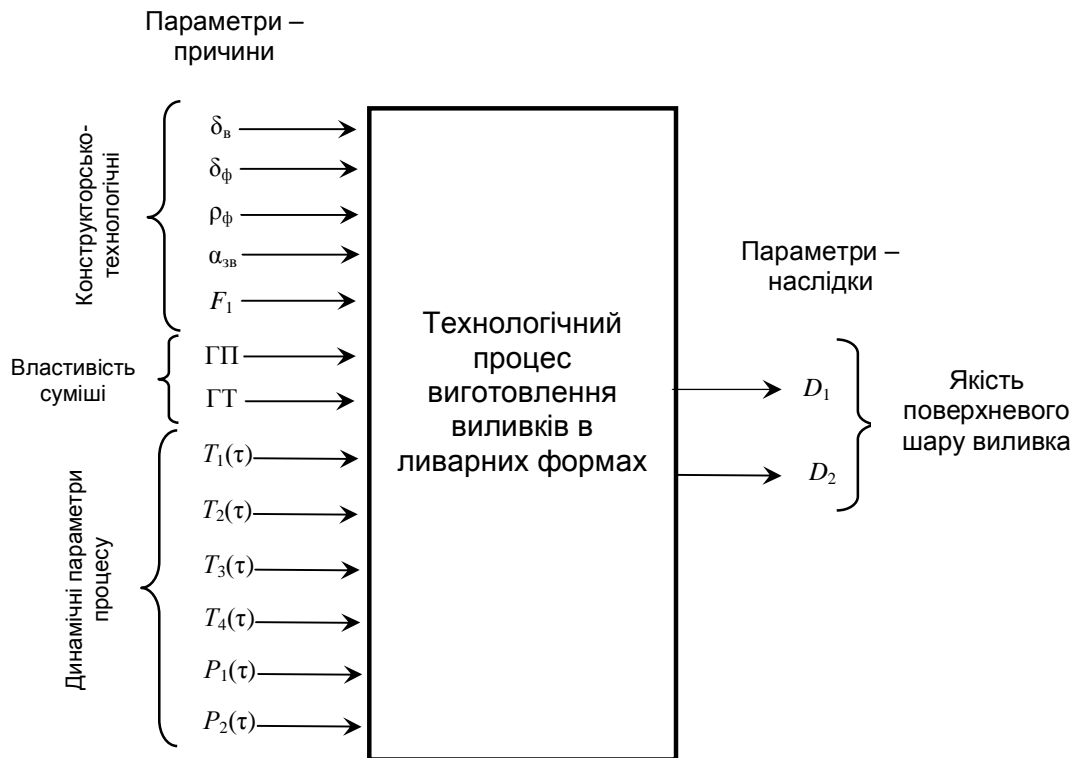


Рисунок 2 – Схема залежностей «параметри-причини – параметри-наслідки» (параметри процесу – параметри якості)

Технологічний безрозмірний комплекс

$$K_M = \frac{\Gamma T \cdot \rho_\phi \cdot \delta_{зв} \cdot F_1 \cdot \delta_v}{\Gamma \Pi \cdot P \cdot \delta_\phi} \quad (3)$$

Температурні комплекси, безрозмірні температури:

$$K_{T_1} = \frac{T_1}{T_4}; K_{T_2} = \frac{T_2}{T_4}; K_{T_3} = \frac{T_3}{T_4} \quad (4)$$

Гідравлічний комплекс, безрозмірний тиск:

$$K_\Gamma = \frac{P_1}{P_2} \quad (5)$$

I, нарешті, загальний комплекс, показник газовідводності:

$$\Gamma B = \frac{K_{T_1} \cdot K_{T_2} \cdot K_{T_3}}{K_\Gamma \cdot K_M}, \quad [\text{б/р}] \quad (6)$$

Таким чином, ми отримали **новий комплексний безрозмірний параметр газовідводності** та метод його вимірювання. Цей метод, безумовно, відноситься до опосередкованого, тобто такого, результат якого отримується шляхом поєднання багатьох прямих вимірювань.

Оскільки складовими такого вимірювання є динамічні параметри, він сам теж відноситься до динамічних. Математичними прийомами (наприклад, інтегрування або усереднення) його можна звести до статичного значення, яке можна використовувати як критерій якості поверхні виливка.