

З цієї причини під час виготовлення деталей формокомплекту необхідно контролювати фазовий і хімічний склад виливка, наявність структур, які підвищують його міцність (перліт, цементит і, наприклад, нікелева фаза, яка може бути присутня на робочих кромках виробів).

Від їх формування та наявності в процесі збільшення кількості циклів тепломін безпосередньо залежать теплофізичні і міцнісні властивості деталі (теплопровідність, запас в'язкості руйнування тощо) [3].

Для забезпечення підвищення стійкості формових комплектів за рахунок ступеню структуризації виливка застосовують технології виготовлення, які забезпечують утворення у ньому градієнтної структури.

Виливок склоформи із градієнтною структурою можна умовно розділити на три окремих шари – робочий (який безпосередньо контактує зі склом), проміжний та зовнішній (який безпосередньо контактує із атмосферою цеху).

Такий принцип формування структури у виливку дозволить отримати особливий комплекс властивостей: високу термоокалиностійкість робочого шару, підвищену міцність внутрішніх шарів та достатню теплопровідність всієї деталі в цілому, що підвищить експлуатаційний ресурс формокомплекту.

Література:

1. Александров М. В. Разработка химических составов и технологии получения низколегированных термостойких чугунов для деталей стеклоформ: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.16.04 "Литейное производство" / Александров М. В. – Нижний Новгород, 2013. – 18 с.

2. Леушин И. О. Влияние структуры чугуна на образование эксплуатационных дефектов стеклоформирующей оснастки / И. О. Леушин, Д. Г. Чистяков, В. А. Володин. // Наука и Образование МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 2015. – №11. – С. 111–123.

3. Леушин И. О. Упрочняющие фазы чугунных деталей стеклоформ с градиентной структурой литья / И. О. Леушин, Ю. А. Зиновьев, Д. Г. Чистяков // Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева. – 2014. – № 1 (74). – С. 62-67.

Лютий Р.В., Прилуцький М.І., Кривик О.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

ТЕПЛОВА ВЗАЄМОДІЯ РОЗПЛАВУ ІЗ ЛИВАРНОЮ ФОРМОЮ В ПРОЦЕСІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ

E-mail: rvl2005@ukr.net

Комп'ютеризація процесів є важливим фактором розвитку всіх інженерних галузей, у т. ч. ливарного виробництва. Для автоматизованого розроблення та проектування технологічних процесів виготовлення литих деталей запропоновано широкі можливості у вигляді ряду програм. Вони дають змогу

визначати тривалість твердіння та охолодження виливків залежно від матеріалу форми, виконувати аналіз появи усадкових та газових дефектів, моделювати процеси заповнення форм розплавом.

Програми побудовано на базі математичних формул та систем рівнянь, які, як ми вважаємо, досить точно відображають усю сутність складних процесів у ливарній формі. Однак у плані теплових процесів це далеко не так. Способів точного аналітичного опису процесів теплової взаємодії форм (стрижнів) із виливком досі не існує. В усіх розрахунках та відповідно у програмах використовують чисельні методи, які потребують прийняття ряду припущень, інколи некоректних, що значною мірою знижує достовірність результатів.

Для здійснення розрахунку чисельними методами потрібно задати еталонну (базову) величину або функцію. Наприклад, якщо точно визначити закон зміни температури поверхні форми $T_{\text{ПОВ}}$, це дало би змогу розрахувати значення температури у будь-який момент часу в будь-якій точці форми. Однак в силу багатofакторності задачі, насправді закон зміни $T_{\text{ПОВ}}$ установити неможливо.

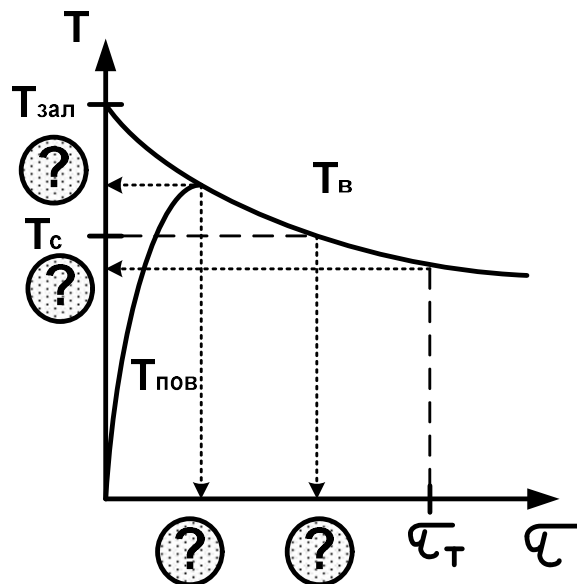
Для здійснення подібних розрахунків у різних варіантах задають, що у початковий момент розрахунку $T_{\text{ПОВ}} = T_{\text{ЗАЛ}}$ (температура заливання), або $T_{\text{ПОВ}} = T_{\text{КР}}$ (температура кристалізації, середнє значення між температурами ліквідусу та солідусу), або $T_{\text{ПОВ}} = T_{\text{С}}$ (температура солідусу) – і це основні базові помилки, тому що не може температура речовини (тіла, матеріалу, а в нашому випадку форми) змінитись миттєво і з початкового моменту дорівнювати температурі розплаву. Так само невірною є умова $T_{\text{ПОВ}} = \text{const}$, як, наприклад, передбачає метод Стефана – Шварца, тому що $T_{\text{ПОВ}}$ із часом обов'язково змінюється, але знову ж закон її зміни невідомий.

Наша спроба визначити тривалість нагрівання поверхні форми (час до моменту, коли температура поверхні форми піднімається з 20 °C до температури поверхні вилівка $T_{\text{В}}$) за критеріальним рівнянням Фур'є [1] дала частково позитивний результат [2]. Тривалість нагрівання визначено, але аналітичну функцію залежності $T_{\text{ПОВ}} = f(\tau)$ не встановлено, а тому залишається задати її приблизно – як лінійну, що очевидно не відповідає дійсності.

Фізичний експеримент є також неможливим, тому що поверхня форми – це шар суміші на безмежно малій відстані від вилівка. Якщо там розташувати термопару, вона буде вимірювати температуру поверхні вилівка, а не форми. Якщо розташувати її на певній глибині (порядку 1 мм) – це буде вже не поверхня форми.

Виходячи із наведених фактів, необхідним є пошук виключно аналітичного рішення.

Крім усього, досліджуючи теплову взаємодію, більшість авторів вважають температуру у виливку рівною в усіх його точках, знехтувавши перепадом температури по перерізу вилівка.



$T_{\text{зал}}$ – температура заливання;
 $T_{\text{с}}$ – температура солідусу; $T_{\text{в}}$ – температура поверхні виливка; $T_{\text{пов}}$ – температура поверхні форми; $\tau_{\text{т}}$ – тривалість твердіння виливка

Рис. 1. Схема до постановки задач теплової взаємодії у системі виливок – стрижень

чного вирішення:

- за яким законом знижується температура поверхні виливка?
- за яким законом відбувається нагрівання поверхні форми?
- скільки часу пройде до моменту, коли температура поверхні форми зрівняється з температурою поверхні виливка?
- яке значення температури контакту буде у цей момент?

Вирішення цих важливих питань відкріє можливості точного визначення температурних полів ливарних форм і особливо стрижнів. А це, у свою чергу, дасть змогу аналізувати динаміку процесів прогрівання стрижнів із різними зв'язувальними матеріалами, прогнозувати галузі використання різноманітних формувальних і стрижневих сумішей та попередити появу значної кількості ливарних дефектів.

Література:

1. Медведев Я.И., Валисовский И.В. Технологические испытания формовочных материалов. – М.: Машиностроение, 1973. – 310 с.
2. Кочешков А.С., Лютый Р.В. Расчет температурных полей в литейных формах для точного литья // Металл и литье Украины. – 2005, № 6. – С.42...43.
3. Могилатенко В.Г., Пономаренко О.І., Дробязко В.М., Кочешков А.С., Ямшинський М.М.. Теоретичні основи ливарного виробництва. –Харків.: НТУ «ХП», 2011. – 288 с.
4. Баландин Г.Ф. Теория формирования олилки. – Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1988. – 360 с.

Розглядаючи систему «виливок – форма», зміну температури одного із них потрібно взяти за основу. Тоді другий об'єкт буде змінювати свою температуру залежно від першого. Під дією форми виливок твердне і охолоджується, віддає їй тепло. Форма нагрівається, починаючи з поверхні.

Первинним процесом очевидно є тепловіддача від виливка. До того ж, ми можемо аналітично визначити тривалість його твердіння і охолодження [3, 4]. Залежно від інтенсивності охолодження виливка та теплофізичних властивостей форми, певним чином буде змінюватися температура поверхні $T_{\text{пов}}$ форми і в інших її шарах.

На рис. 1 показано знаками питання усі невідомі параметри, які сьогодні потребують математи-