

Література:

1. Пат. 71705 Україна, МПК C21D 9/22. Спосіб комплексної обробки литого металорізального інструменту / Ю.С. Проїдак (UA), О.В. Мовчан (UA), С.І. Губенко (UA), А.П. Бачурін (UA), К.О. Черноіваненко (UA). – № u2011 15570; Заявл. 29.12.2011; Опубл. 25.07.2012; Бюл. №14. – 4 с.
2. Губенко С.И.Комплексная химико-термическая обработка инструмента из литой быстрорежущей стали Р6М5 / С.И.Губенко, А.В.Мовчан, А.П.Бачурин, Е.А. Черноиваненко // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып. 58. – Днепропетровск, ПГАСА, 2011. – С. 216-218.
3. Черноиваненко Е.А.Получение композитной структуры в приповерхностном слое инструмента на базе литой быстрорежущей стали Р6М5 // Е.А.Черноиваненко, С.И.Губенко, А.В.Мовчан, А.П. Бачурин / Вестник Днепропетровского университета. Серия Ракетно-космическая техника». – 2011. – Т. 19. – №4. – С. 188-192.
4. Геллер Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А.Геллер. – [4-ое изд.]. – М.: Металлургия, 1975. – 584 с.
5. ЧерноиваненкоЕ.А. Выбор режима окончательной термической обработки для сплавов 20Р18 и 20Р6М5 после комплексной химико-термической обработки / Е.А. Черноиваненко // Международная научно-практическая конференция «Создание высокоэффективных производств на предприятиях горно-металлургического комплекса». – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – С. 169-170.

Шалевська І.А., Дорошенко В.С., Клименко С.І.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

**ДІАГРАМА ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЯКІСТЬ
ВИЛИВКІВ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ**

E-mail: doro55v@gmail.com

З метою оцінки впливу технологічних параметрів на якість виливків з високоміцного чавуну (ВЧ) із заданими експлуатаційними характеристиками, а також для визначення масиву такої інформації в його кількісному (згідно джерел виходу чи точок знімання) і якісному складі (за чинниками впливу) нами

використано діаграму за методом Ішікави. За основу було взято діаграму з роботи [1] та внесено до неї ряд доповнень (рис. 1).



Рис. 1. Діаграма Ішікави для процесу виробництва виливків з ВЧ

Структура діаграми Ішікави дозволяє встановити основні фактори впливу на ливарний об'єкт, технологічний процес чи кінцевий продукт – литу металеву конструкцію, а також встановити взаємозв'язок між основними чинниками та детермінований вплив другого рівня на основні параметри, а третього рівня – на параметри другого рівня. Структурування рівнів факторів та параметрів, що характеризують властивості литого ВЧ для аналізу логічного зв'язку між різними

факторами і результатом їх впливу та виділення найбільш значимих факторів, що впливають на проблематику виготовлення якісного ВЧ, виконано для створення багаторівневої системи комплексного контролю та оперативного управління фізико-хімічними та технологічними ливарними процесами.

Основними гілками («кістками»), які визначають структуру, механічні і експлуатаційні характеристики литих конструкцій з ВЧ є такі технологічні процеси: плавка, модифікування і охолодження виливків у формі. Для кожного технологічного процесу встановлено визначальні чинники другого порядку, варіювання якими у встановлених граничних межах зумовлюють задані чинники першого порядку.

Розглянемо якісні і кількісні характеристики для кожного з визначальних технологічних процесів, чинників другого і третього порядку (рис. 1).

Згідно роботи [1] чинниками другого порядку для реалізації основної гілки діаграми «Хімічний склад чавуну» є основні хімічні елементи C, Si, Mn, P, S, Cr, які входять до складу вихідного чавуну і зумовлюють його якість. Чинниками третього порядку «Хімічний склад чавуну» є такі: шихтові матеріали, які ідентифікуються по п'яти хімічних елементах (C, Si, Mn, P, S, Cr) і вводяться в метал за розрахунком шихти, що регламентує вміст основних компонентів; феросплави та легуючі компоненти, чинник регламентує вміст легуючих компонентів (Si, Mn, Cr, Mg, Ni, Cu, Mo, Al, Sn, Ca та ін.), що дозволяє управляти структуроутворенням і формуванням кулястої форми графіту, а також металевою матрицею чавуну (феритна, перлітна, бейнітна, ферито-перлітна, перліто-феритна); а дозування компонентів є операцією, яка регламентує масу кожного з компонентів шихти і легувальних елементів.

До діаграми [1] нами введено операції відбору проб та контроль хімічного складу вихідного чавуну, оскільки якість їх відбору, підготовки і аналізу результатів контролю дають підстави для рішення про придатність вихідного чавуну для наступного модифікування і багато в чому визначають кінцеві властивості литого ВЧ, а також впливають на рівень браку кінцевої продукції. Новий спосіб відбору проб з печі чи ковша, зокрема, описано нами в роботі [2].

Чинниками третього порядку для реалізації основної гілки діаграми «Модифікування графітуюче» ідентифіковано так: модифікатори для графітації ідентифікуються за типом модифікатора (на основі FeSi, FeSiBa тощо); витрата – питомою масою модифікатора в ковші (проміжному реакторі); фракційний склад – середнім розміром гранул 0,5–10,0 мм; термочасові параметри – типом модифікування (ковшове, всередині форми).

До чинників третього порядку в основній гілці діаграми «Модифікування сфероїдизуюче» [1] нами додано чинник – спосіб вводу модифікатора в ківш, оскільки, крім поширеного сендвіч-процесу, відоме введення модифікатора в ківш у автоклаві, важких лігатур практично без виділення газів [3], а також відомі нові способи такого введення для невеликих ковшів ємністю до 300-400 кг чавуну [4-6], в тому числі з застосуванням вакуумування [6]. Серед розробок сфероїдизуючого модифікування у ливарній формі (в передкристалізаційному періоді) у відділі В. Б. Бубликова розроблено конструкції камер-реакторів інмолд-процесу, що зменшують витрати модифікатора. Специфіку варіантів таких камер для вакуумованих ливарних форм описано в роботах [7, 8].

На діаграмі також показано операції контролю температури як вихідного чавуну, так і готового ВЧ. Крім того, перед заливанням отриманого ВЧ у ливарні форми варто контролювати його хімічний склад, слід вилити проби згідно ДСТУ 3925-99 для визначення механічних властивостей, що є стандартним способом ідентифікації ВЧ у виливках.

Водночас для виявлення, чи придатний ВЧ для заливання форм, нерідко для експрес-аналізу застосовують нестандартні проби типу клинової проби, що позначено нами на діаграмі. Оскільки клинова проба надто приблизно характеризує якість чавуну (по візуально визначеному ступеню відбілу на зломі проби), відоме застосування на деяких заводах прутків (стрижнів) з розмірами в перерізі $\sim 10 \times 10$ чи $\varnothing 10$, що вилиті з ВЧ в піщану форму і випробовуються деформуванням при згинанні. ВЧ властиве значно більше відносне видовження, ніж у сірого чавуну, яким по суті являється вихідний чавун, відтак ступінь деформації проби при згинанні без руйнування відповідатиме такому

видовженню ВЧ, марка якого має бути в ковші перед його розливанням у форми. Якщо проба при випробуванні тріснула, не зігнувшись на певний кут чи відстань, то вигідніше вилити метал з ковша в піч, підігріти і провести повторне модифікування металу, ніж розливати сумнівної якості метал у форми з ризиком отримати брак литва. До таких експрес-методів контролю ВЧ в ковші перед заливанням ливарних форм чи ВЧ, що модифікований у ливарній формі, відноситься метод термоаналізу (ТА) [8], що позначили на діаграмі. Також створено нескладний спосіб експрес-випробовування на згинання V-подібної проби, яку можна згинати в тисках, чи навіть не відділяючи її від виливка після інмолд-процесу [9, 10]. Способи контролю важливі тому, що без їх освоєння гальмується поширення лиття ВЧ у вітчизняних цехах, а Україна займає чи не останнє місце в Європі по долі (%) випуску ВЧ в своїй литій металопродукції.

В розділ плавки чавуну нами введено чинник «доля сталевого брухту в шихті», оскільки нерідко його доля вносить в розплав спадкоємні властивості і хімічні елементи, що не входять в сферу контролю приладів певного цеху, а науглецювання металу в печі можна вважати окремою технологією. Серед чинників ізотермічного гартування на підставі [11-18] вказано способи гартування гарячого виливка, що в аустенітному стані видалений з ливарної форми, в т. ч. загартовується в псевдозрідженому піску [15], контролюється приладом за рівнем феромагнітних властивостей металу [16] та отримує різного рівня твердість [17, 18] для самозаточування при зношуванні (лемех плуга).

Література:

1. Принципи побудови та ідентифікації багаторівневої системи контролю параметрів технологічного циклу одержання литих конструкцій / О. Й. Шинський, І. А. Шалевська, В. О. Шинський, П. Б. Калюжний, Т. В. Лисенко та ін. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – С. 25-32.

2. Експрес-метод термоаналізу або (та) відбору проб металу чи сплаву: пат. 131906 Україна. МПК: С22С37/04 / В.С. Дорошенко, В.О. Шинський, О.В. Токова. Опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3.

3. Дорошенко В. С. Экологичный процесс получения высокопрочного чугуна с применением медно-магниевого лигатуры в литейном цехе // Экология предприятия, 2015. – № 8. – С. 16-20.

4. Дорошенко В. С. Обзор технологии производства высокопрочного чугуна и проектирование способов сфероидизирующего модифицирования для небольших литейных цехов // Металл и литье Украины, 2018. – № 7-8. – С. 47-53.

5. Спосіб виробництва високоміцного чавуну: пат. 139557 Україна. МПК: C22C37/00, C22C37/04 / В.С. Дорошенко, В.О. Шинський. Опубл. 10.01.2020, Бюл. № 1.

6. Спосіб виробництва високоміцного чавуну: пат. 131906 Україна. МПК: C22C37/04 / В.С. Дорошенко, В.О. Шинський. Опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3.

7. Дорошенко В.С. Формообразование реакционной камеры для внутриформенного модифицирования высокопрочного чугуна при ЛГМ-процессе // Процессы литья, 2016. – № 2. – С. 52-58.

8. Дорошенко В.С. Кравченко Е.В. Контроль качества высокопрочного чугуна при внутриформенном модифицировании и возможности оптимизации конструкций отливок при снижении их металлоемкости // Процессы литья, 2016. – №4. – С. 46-55.

9. Спосіб виготовлення вилівка з чавуну з кулястим графітом: пат. 131910 Україна. МПК: B22D7/00, B22D7/06, B22D23/00 / В.С. Дорошенко, В. О. Шинський, П.Б. Калюжний. Опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3.

10. Дорошенко В.С. Розробка способів контролю якості чавуну з кулястим графітом. Процеси лиття. 2018. – №5. – С. 42-46.

11. Дорошенко В.С. О получении аусферритного чугуна из литого состояния при ЛГМ-процессе // Процессы литья, 2017. – №4. – С. 35-43.

12. Дорошенко В.С. Предпосылки встраивания термообработки в процесс литья высокопрочного чугуна по газифицируемым моделям // Металл и литье Украины, 2017. – №6-7. – С. 10-16.

13. Спосіб виготовлення вилівок з бейнітного або аусферитного чавуну з кулястим графітом: пат. 123731 Україна. МПК: B22D7/00, B22D23/00, C21D5/02,

C21D1/20, B22D27/04 / В.С. Дорошенко, В.О. Шинський. Опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5.

14. Спосіб виготовлення виливків з бейнітного або аусферитного залізовуглецевого сплаву (чавуну, сталі): пат. 131581 Україна. МПК: B22D7/00, B22D23/00, C21D5/02, C21D1/20, B22D27/04 / В.С. Дорошенко, В.О. Шинський. Опубл. 25.01.2019, Бюл. № 2.

15. Спосіб виготовлення виливків з ізотермічно загартованого бейнітного чавуну: пат. 133701 Україна. МПК: B22D7/00, B22D23/00, B22D27/04, C21D5/02, C21D1/20 / В.С. Дорошенко, П.Б. Калюжний, В.О. Шинський. Опубл. 25.04.2019, Бюл. № 8.

16. Спосіб виготовлення виливків з бейнітного або аусферитного чавуну: пат. 131968 Україна, МПК: B22D7/00, B22D23/00 / В.С. Дорошенко, В.О. Шинський. Опубл. 11.02.2019, Бюл. № 3.

17. Калюжний П.Б., Дорошенко В.С. Методи зовнішнього впливу на чавунні виливки для отримання їх диференційованих механічних властивостей// Метал та лиття України, 2022. – №3. – С. 88-95.

18. Калюжний П.Б., Дорошенко В.С., Шалевська І.А. Методи виробництва виливків для ґрунтообробної техніки, різальних та ударних інструментів, що самозаточуються // Процеси лиття, 2022. – №3. – С. 34-41.

Шалевська І.А., Клименко С.І., Дорошенко В.С.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

СХЕМА ВИБОРУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЛИТТЯ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ГАЗИФІКУЮТЬСЯ

E-mail: doro55v@gmail.com

З метою вибору й оптимізації параметрів керування якістю виливків прилитті за моделями, що газифікуються (ЛГМ), ці параметри у детермінованій залежності між собою представлено на блок-схемі (рис. 1), приведеної в роботі [1] з внесеним нами доповненням.