

2024р. / відп. ред. В. Г. Іванов ; Нац. ун-т "Запорізька політехніка". – Запоріжжя, 2025. – С. 122-124.

4. Пономаренко О. І., Радченко О. О., Євтушенко Н. С. Системний підхід до вирішення інженерної проблеми зниження газонасиченості сталі // Нові технології в машинобудуванні : матеріали тридцять четвертої Всеукр. конф., 4-7 вересня 2024, Харків, Україна : зб. наук. праць / Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "ХАІ". – Харків : ХАІ, 2024. – С. 51-53.

5. OI Ponomarenko, SD Yevtushenko, NS Yevtushenko, TV Berlizieva, MM Vorobiov. Robust methods for controlling casting processes and the quality of castings. /4th International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF-2023) 22/05/2023 - 26/05/2023 Kryvyi Rih, Ukraine, 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1254 012007
DOI 10.1088/1755-1315/1254/1/012007

УДК 621.74.046

**О. Й. Шинський, І. А. Шалевська, П. Б. Калюжний,
Ю. Г. Квасницька, О. В. Нейма, А. В. Шалевський**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

into66@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ ЛИВАРНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОДЕРЖАННІ РІЗНОВИДІВ АРМОВАНИХ СТАЛЕВИХ ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Створення науково обґрунтованих новітніх технологій виготовлення оболонкових литих конструкцій з високими функціональними властивостями є актуальною задачею. Такі конструкції можуть виготовлятися методом лиття за моделями, що газифікуються, з використанням армувальних металевих та неметалевих матеріалів. Внутрішнє армування комбінованими неметалевими і металевими наповнювачами оболонкових литих конструкцій дозволяє зменшити вагу виробу та надати йому спеціальних властивостей, що дає можливість використовувати у захисних спорудах та пристроях.

Метою роботи було встановлення особливостей процесів заливання і тверднення різновидів сталевих оболонкових конструкцій, які армовано металевими і неметалевими матеріалами.

Для одержання сталевих оболонкових литих конструкцій з неметалевим та металевим функціональним наповнювачем запропоновано такі різновиди:

1 – сталева оболонка, що заповнена неметалевим функціональним матеріалом;

2 – сталева оболонка з неметалевим функціональним матеріалом, який армований металевими елементами, що водночас поєднують оболонку і функціональний матеріал;

3 – сталева оболонка з неметалевим функціональним матеріалом, який армований шляхом твердіння в його каналах рідкого сплаву оболонки, що водночас поєднує оболонку і функціональний матеріал.

Дослідження впливу армованих сталевих елементів і армування безпосередньо з рідкого сплаву оболонки на особливості гідродинамічних, тепломасообмінних процесів і тверднення при одержанні сталевих оболонкових конструкцій з функціональним наповнювачем литтям за моделями, що газифікуються, було проведено за допомогою комп'ютерного моделювання.

Результати моделювання гідродинаміки течії металу в порожнині форми з монолитним наповнювачем та з каналами, утвореними в наповнювачі, показали, що час заповнення порожнини форми в усіх випадках становить 7,3...7,5 с, тому що об'єм каналів в наповнювачі складає 3,5 % від загального об'єму комірки і суттєво не впливає на масову швидкість. Гідродинаміка заливання 1-го і 2-го різновидів оболонок не має суттєвих ознак. За наявності у функціональному матеріалі елементів з пінополістиролу характер заливання є подібним 1-му і 2-му. Відмінним є наявність процесів заповнення тонких каналів перетинком перерізом 4x4 мм.

Встановлено, що швидкість потоку рідкого металу в тонких каналах наповнювача залежить від величини газового тиску в каналах, який утворюється від термодеструкції пінополістиролу, та діє в порожнині форми на кожному з горизонтів розміщення каналів. Так, на початку циклу заповнення верхнього горизонту каналів швидкість потоку складає близько 2 см/с. Потім швидкість зростає до 4 см/с, а при кінці заповнення – до 8 см/с та залежить від зміни величини металостатичного напору в каналі. На початковій стадії течії металу в тонкому каналі створюються умови для створення максимального тиску газів, що пов'язано з максимальною масою пінополістиролу та відсутності площі фільтрації його газоподібних продуктів термодеструкції. В послідовних етапах заповнення каналу маса полістиролу зменшується і утворюється зазор «метал – модель», що сприяє зниженню тиску газів і, відповідно, зростанню металонапору. Під час руху металу по тонких каналах висока швидкість сприяє їх за-

повненню, оскільки при малій швидкості може відбутися зупинка потоку через його охолодження.

При комп'ютерному моделюванні тепломасообміну під час охолодження та твердіння сталевих оболонок в контакт з неметалевим і металевими тілами та наповнювачами встановлені відмінні особливості від умов аналогічних процесів лиття в традиційні піщані форми. Наявність армувального функціонального матеріалу з різновидами металу, або з рідкої фази металу оболонки впливають на процеси тверднення вилівка. Металева арматура у функціональному наповнювачі виконує роль холодильника і скорочує час тверднення оболонки вилівка на 11 с. За умов армування функціонального матеріалу з рідкої фази металу оболонки, який твердне досить швидко (12 с) і частково охолоджує вилівок, час тверднення вилівка зменшується лише на 6 с.

При заливанні та твердненні металу за наявності у функціональному наповнювачі твердотільної арматури або армування з рідкої фази металу оболонки зростає швидкість прогрівання функціонального наповнювача. У відповідності до температурного поля функціонального прошарку з твердотільною арматурою час його нагріву до максимальної температури 1050 °С становить 130 с. Нагрівання функціонального прошарку, армованого з рідкої фази матеріалу оболонки, до максимальної температури 1150 °С відбувається за час 100 с. Однак нагрів неармованого функціонального матеріалу до максимальної температури 850 °С проходить за час 180 с. Тобто останні показники за аналогічними величинами в 1,2...1,4 рази і 1,4...1,8 разів нижчі в порівнянні з армованими функціональними матеріалами. Такі суттєві зміни у темпах нагріву і температури нагріву функціонального прошарку пов'язані з високим коефіцієнтом теплообміну армованих матеріалів (3000 Вт/(м²·°С)) у порівнянні з низьким коефіцієнтом теплообміну неметалевим функціональним матеріалом (500 Вт/(м²·°С)). За таких умов армовані елементи нагріваються до температури 850...950 °С (твердотільна арматура) та до температури 1400...950 °С (метал оболонки). При цьому утворюють вторинні теплові поля в межах двох сусідніх армуючих елементів, а параметри нагріву функціонального прошарку в тепловому полі, що утворено арматурою з рідкої фази металу, в 1,1 і 1,3 рази вищі в порівнянні з використанням твердотільної арматури. Таким чином кращі умови для спікання функціонального наповнювача створюються в 2му і 3му різновиді оболонок. Застосування армувальних металевих елементів і армування безпосередньо з рідкого сплаву оболонки дозволить підвищити характеристики порожнистих литих конструкцій з функціональними наповнювачами, які виготовляють методом лиття за моделями, що газифікуються.

Дані дослідження дають можливість спрогнозувати варіанти одержання якісних

порожнистих виливків у залежності від наявності різновидів армування у функціональному наповнювачі та визначити необхідні технологічні параметри. Наступним етапом досліджень буде перевірка цих показників при виготовленні дослідних виливків та проведення корегування технології.

УДК 669.15-194:539.378.6:620.17.002.61

**С. Я. Шипицин, В. Г. Новицький, Г. Є. Федоров, Т. В. Степанова,
Н. В. Кир'якова**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

odus@ptima.kiev.ua

Трибологічні і фізико-механічні характеристики литих графітизованих сталей, легуваних ванадієм, азотом, міддю

Підвищення надійності та довговічності машин та механізмів безпосередньо пов'язане з підвищенням трибологічних характеристик вузлів тертя. Це можна досягти за рахунок підвищення зносостійкості матеріалів пари тертя та застосування більш досконалих композицій мастильних матеріалів. Однак, вимога підвищення потужності, що передається через вузли тертя, викликає необхідність використання також сплавів з твердим мастилом, яке безпосередньо розташовується в матриці сплаву - матричне мастило. Перевагою твердих мастил, у порівнянні з мастилами звичайних типів є те, що вони надзвичайно стабільні у важких умовах експлуатації.

Найбільші переваги з погляду сприйняття навантаження та реалізації механізму самозмащування показують макрогетерогенні псевдосплави [1, 2, 3]. Метою даного дослідження є визначення механізмів і закономірностей впливу легування заєвтектоїдних графітизованих сталей азотом і ванадієм на ефективність підвищення їх зносостійкості в різних умовах зношування внаслідок «твердого змащування» графітом і мідистою фазою із збереженням і, навіть, підвищенням рівня їх конструкційної міцності та зносостійкості.

Дослідження впливу легування азотом і ванадієм на механізми та триботехнічні властивості виконано на трьох групах графітизованих сталей : перша (№1, №2) стандартна із вмістом вуглецю 1,5%; друга (№3, №4) – стандартна з 1,5% вуглецю легувана 13% міддю; третя (№5, №6) – зі зниженим до 1,2% вмістом вуглецю (табл. 1).