

інші фізико-механічні характеристики без додаткового модифікування та мікролегування.

УДК 621.74.045

**І. А. Шалевська, В. С. Дорошенко, М. М. Дьяченко**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

*e-mail:* [doro55v@gmail.com](mailto:doro55v@gmail.com)

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ДИСПЕРСНИХ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АРМУВАННЯ ЛИТИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ**

За нашими дослідженнями для оптимального використання ресурсу металу при виливанні в піщаних формах конструкцій з чавуну з кулястим графітом (ЧКГ) рекомендується не перевищувати товщину стінок цих конструкцій понад 30 мм, а при литті в вакуумовану піщану форму - 16 мм [1]. Це досліджено на прикладах стінок виливків люків оглядових колодязів та гідроапаратури. А обмеження по товщині обґрунтовано тим, що до 30 мм переважає перлітна складова ЧКГ, а подальше нарощування товщини стінок при кристалізації виливків в піщаних формах призводить переважно до утворення феритної металевої матриці ЧКГ.

Враховано, що перліт приблизно в 3 рази міцніший за ферит, а збільшення частки перліту дозволяє підвищити механічні властивості ЧКГ на одиницю маси. Також перлітна структура сприятлива для гартування ЧКГ «на бейніт», що суттєво підвищує його механічні властивості. Для вакуумованих піщаних форм завдяки впливу вакууму на тепловідвід «метал-форма» переваги перлітної структури найкраще реалізуються на стінках виливків товщиною до 16 мм в тому числі за рахунок здрібнення кристалічного зерна металу (кристалітів) [2].

Як варіант економії металу при зменшенні маси литої конструкції і її оптимізації з огляду застосування стінок переважно невеликої товщини розроблено спосіб армування стінок неметалевим дисперсним матеріалом, найпростішим з яких для ливарників є спечена піщано-рікоскляна суміш, що недорога за вартістю і проста для приготування в ливарному цеху. Товщини армувальної вставки і стінок чавунного виливка вибираються такими, що ця піщана суміш (у вигляді піщаного стрижня) в процесі виливання стінки гарантовано нагрівається до 800 °С і спікається, утворюючи пригар з внутрішньою поверхнею трубок. Такого виду суміш для стрижневих вставок в тіло виливка

вибрано з тих міркувань, що вона при спіканні дає порівняно високу міцність при стисканні і армувальний стрижень сам виконує певну несучу функцію.

Аналізуючи інформацію з технології ливарної форми для вибору типу суміші для армування, взяли до уваги те, що міцність після нагрівання і охолодження (залишкова міцність) характеризує здатність форми руйнуватися в процесі вибивання, тобто є непрямым методом визначення вибиваємості сумішей і, відповідно, визначає виробничі та санітарно-гігієнічні умови вибивних і очисних відділень ливарних цехів. Ідеальною в ливарному виробництві вважається така формувальна суміш, яка має достатню міцність і податливість, а при охолодженні втрачає свою міцність майже повністю [3]. Ідеальні суміші зустрічаються дуже рідко. Деякі зв'язувальні компоненти (ЗК), навпаки, після нагрівання та охолодження стають набагато міцнішими.

Найбільший вплив на залишкову міцність (і вибиваємість) мають природа ЗК, температура прогрівання, тривалість витримки за високих температур, швидкість охолодження. Формувальні суміші з дрібним піском спікаються більше, ніж із крупним, тому їхня залишкова міцність вища. Глини спікаються по-різному залежно від вмісту в них легкоплавких домішок. Найбільшу залишкову міцність і найгіршу вибиваємість мають формувальні суміші з рідким склом, внаслідок розплавлення лужних силікатів і наступного спікання формувальної суміші. Зміну залишкової міцності формувальних піщаних сумішей із основними неорганічними ЗК залежно від температури їх прогрівання показано на рис. 1 [3].

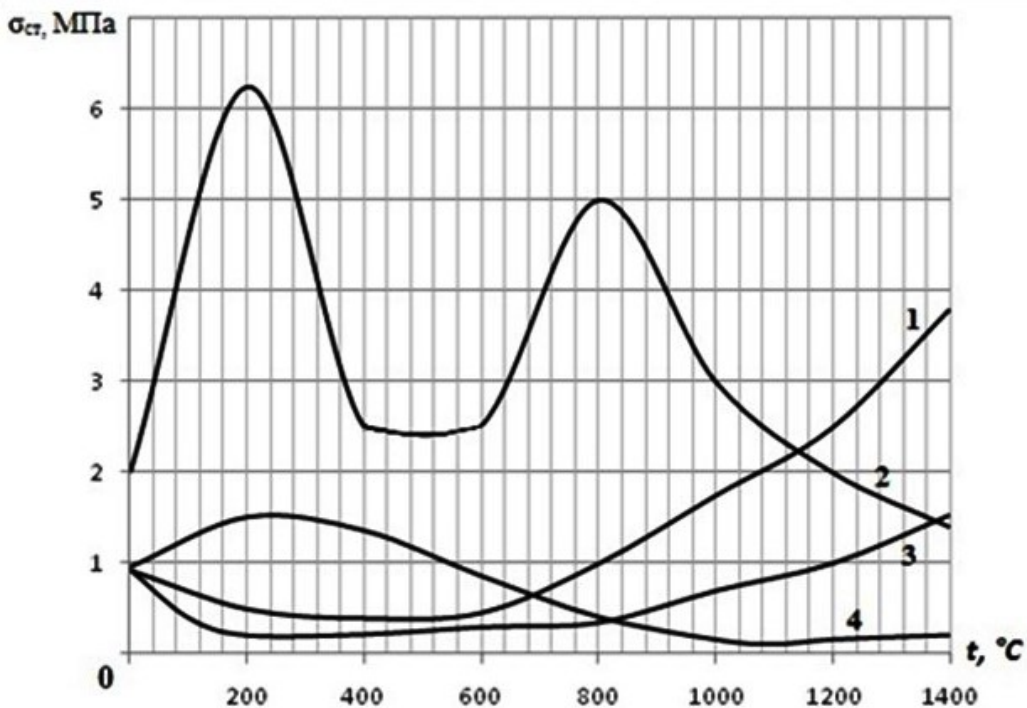


Рис. 1 – Залишкова міцність різних піщаних сумішей залежно від температури прогрівання: 1 – суміш з рідким склом і ферохромовим шлаком; 2 – суміш з рідким склом, зміцнена CO<sub>2</sub>; 3 – РСС (рідка самотвердна) з рідким склом; 4 – піщано-глиняста суміш

Таким чином, замість традиційного для ливарників запобігання спікання піщаних рідкоскляних стрижнів і лиття без пригару, спеціально використали протилежний спосіб - спікання суміші кварцового піску з рідким склом (за CO<sub>2</sub>-процесом) до камнеподібної монолітної арматури, бажано з утворенням пригару її поверхні до металевих оточуючих її стінок і надійним її стисненням завдяки усадці металу.

Інший варіант армування полягав в заповненні литих стінок з ЧШГ неметалевим матеріалом, що має не менші протирадіаційні властивості, ніж метал цих стінок. Такі литі конструкції стінок розроблено для корпусу протирадіаційного контейнера для захоронення радіаційно небезпечних відходів [4]. Внутрішнє армування стінок виконують з перекристалізованого кам'яного петрургічного матеріалу. Таке армування цим матеріалом майже на 20 % зменшує масу вилівка за рахунок того, що питома вага кам'яного петрургічного матеріалу 3400 кг/м<sup>3</sup>, що більш ніж вдвічі менше ЧКГ, але практично не зменшує рівень біологічного захисту від радіоактивних відходів, бо його показник лінійного коефіцієнту ослаблення гамма-квантів - в межах 0,41-0,45 см<sup>-1</sup>, а феритного ЧШГ - в межах 0,42-0,47 см<sup>-1</sup>.

Способи описаного армування застосовували при литті за моделями, що газифікуються (ЛГМ). В стінках моделі з пінополістиролу виконували порожнини і заповнювали її зазначеними видами піщаної суміші. При цьому порожниста стінка моделі наче служила імпровізованим стрижневим ящиком для утворення піщаного стрижня – арматури. Такі способи лиття армованих конструкцій нескладні для застосування в численних навіть невеликих діючих ливарних цехах чи дільницях, які можливо переобладнати під технологію ЛГМ.

Також в багатьох випадках варіанти конструкції армованої литої стінки (замість монолітної) набувають підвищених несучих (за рахунок двох тонких стінок, що оточують арматуру, з огляду вищерозглянутого рекомендованого обмеження товщини стінки, зокрема для ЧШГ) та захисних властивостей за рахунок ефекту опору тришарової стінки з матеріалами різної структури. Останнє дозволяє часткове поглинання енергії зовнішньої деформації разом з викривленням траєкторії дії руйнуючого стінку елемента. За таким принципом новітні конструкції броні для танків і бронемашин виконують шаруватими, поєднуючи механічні властивості різних матеріалів для зміни напрямку ураження.

## Список літератури

1. Патент 126031 Україна, МПК В22 D7/00, В22 D23/00. Виливок з чавуну з кулястим графітом / В.С. Дорошенко, В.О. Шинський. Опубл. 11.06.2018, Бюл. № 1.
2. Дорошенко В.С. Предложения по металлосбережению при литье высокопрочного чугуна в песчаных формах // Металл и литье Украины. – 2016. - № 2. – С. 28 -35.
3. Лютий Р.В., Гурія І.М. Формувальні матеріали. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 258 с.
4. Патент 88741 Україна, МПК В22D 25/00. Спосіб виготовлення виливка корпусу контейнера для захоронення та транспортування радіоактивних відходів / Д.С. Козак, В.Б. Бубликов, А.А. Шейко, Б.Г. Зелений, В.П. Латенко, А.В. Косинська. Опубл. 10.11.09.2009, Бюл. № 21.

УДК 621.74.046

**І. А. Шалевська, М. М. Дьяченко**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

### **МЕХАНІЗМ ОДЕРЖАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО ВИЛИВКА З СІРОГО ЧАВУНА З ВИКОРИСТАННЯМ КЕРАМІЧНИХ АРМУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

Останнім часом широкого поширення набули композитні литі матеріали, які отримують за допомогою різноманітних методів рідкофазного з'єднання металевої матриці з високоміцним армуючим матеріалом в вигляді мікро- та макрочасток, а також стрижнів та волокон.

Основні технологічні схеми отримання композитних виливків (КМ) представлено в монографії [1]. Авторами розглянуто загальні теоретичні положення процесів, що протікають в формі та які дають змогу отримати композитні (армовані) виливки, наведено рекомендовані матричні сплави (МС) та марки армуючої фази (АФ).

Рідкофазні методи, на думку [2], мають ряд суттєвих переваг, серед яких головні: можливість виробництва виробів з КМ з мінімальною наступною механічною обробкою або взагалі без неї; обмежений силовий вплив на крихкі компоненти; широка номенклатура компонентів, які використовуються для створення КМ; спрощене апаратне забезпечення; висока продуктивність; можливість механізації, автоматизації та