

Після першого етапу дослідження ЛГМ-процесу за 3D-друкованими моделями у вигляді комбінованих моделей з підкладками з ППС і друкованими поверхневими оболонками чи приєднаними окремими друкованими деталями, створюються передумови переходу до наступного етапу: моделювання і друкування оптимально спроектованих цільних пористих моделей з регульованою пористістю, до якої можливе підведення вакууму з піску форми.

Література:

1. S. Hendrixson. Spherene Creates Metamaterial with Geometry Derived from Spheres. 22.02.2024. URL: <https://www.additivemanufacturing.media/search?q=Spherene%20Creates%20Metamaterial%20>.

Калюжний П.Б., Дорошенко В.С., Погребач Є.В.
(ФТІМС НАН України, Київ)

**УСУНЕННЯ ГАЗОВИХ ДЕФЕКТІВ У ВИЛИВКАХ КУЛЬОВИХ КРАНІВ ЗІ
СТАЛІ 12X18Н9ТЛ ПРИ ЛИТТІ У ВАКУУМОВАНІ ПІЩАНІ ФОРМИ**

E-mail: doro55v@gmail.com

До виливків корпусів кульових кранів висуваються високі технічні вимоги, що відповідають галузевому стандарту ОСТ 26-07-402-83. Виливки корпусів трубної арматури з корозійностійкої сталі не допускають дефектів, які знижують їх міцність, а внутрішні поверхні, які контактують з робочим середовищем, не повинні мати пригару чи нерівностей, що перешкоджають вільному проходу робочого середовища.

В реальних виробничих умовах при литті корпусів кульового крану зі сталі 12X18Н9ТЛ ДСТУ 8781:2018 брак складав до 12 %. Аналіз браку показав, що основними видами дефектів були усадкові раковини та газові дефекти. Якщо перші вдалося усунути за рахунок оптимізації розмірів надливів, то для запобігання утворення других необхідно було провести вивчення процесів, що призводять до виникнення газових дефектів у виливках.

Виливки корпусу кульового крану (дві основні частини крану на рис. 1) одержували у формах, які виготовляли вакуумно-плівковою формовкою (ВПФ), при цьому використовували стрижні, одержані за альфа-сет процесом.

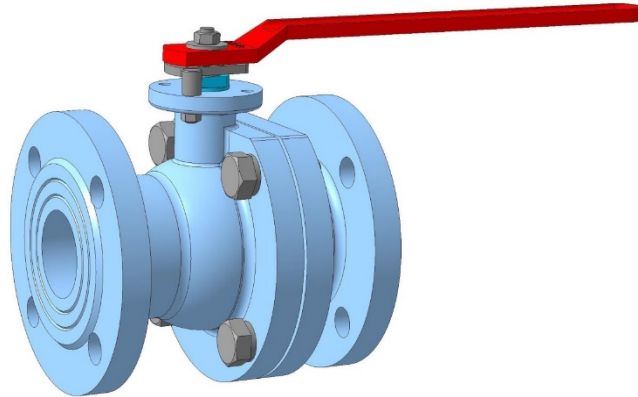


Рис. 1. Зовнішній вигляд кульового крану ДУ50

Вивчення внутрішньої поверхні дефектних виливків корпусів кульового крану зі сталі 12Х18Н9ТЛ показало, що на ній присутні дрібні округлі поглиблення з гладкою поверхнею (рис. 2), які відповідно до ДСТУ 9051:2020 можна ідентифікувати як «газова шорсткість».



Рис. 2. Газові дефекти на внутрішній поверхні виливків

Оскільки в даному випадку газова шорсткість спостерігається лише на внутрішній поверхні корпусу, то причиною формування такого дефекту може бути

виділення газу на поверхні розділу «метал-стрижень». Аналіз дефектів, що викликані стрижнями, показав наступне. Під час заливання і охолодження вилівка утворюються гази, причиною виділення яких є, по-перше, тепловий удар при литті, що сприяє розширенню повітря, яке знаходиться в порах стрижня, і по-друге, термодеструкція зв'язувальних матеріалів стрижневої суміші та протипригарного покриття.

При традиційному литті в піщані форми основною причиною утворення газових раковин є висока газотвірність стрижнів і форми. Другорядними причинами є низька газопроникність форми і стрижня, а також протитиск газу в порожнині форми від нераціонального підведення металу у форму. Способами попередження газових дефектів є вентиляція стрижнів і правильне підведення металу в форму. Вентиляція стрижнів сприяє вільному виходу газу за межі форми та нейтралізації шкідливих впливів високої газотвірності та низької газопроникності стрижневої суміші. Збільшення часу заливання металу дає більше часу для виходу газу із стрижнів і форми крізь випори, вентиляційні канали, роз'єм форми. Але за методом ВПФ проектувати ливникову систему необхідно так, щоб заливання проходило якомога швидше [1], тому метод уповільнення заливання не розглядався.

Висока газотвірність стрижнів викликана зв'язувальними компонентами, які є сильними газотвірними речовинами, тому в стрижневу суміш їх слід вводити якомога в меншій кількості. Показниками газотвірної здатності суміші служать втрати маси при прожарюванні, об'єм газу, що виділився, або швидкість його виділення із наважки суміші [2]. Причому швидкість газовиділення є більш важливою характеристикою, ніж об'єм газів, що виділяються. Згідно роботи [3] для розрахунку глибини прогрівання форми H , м, до критичної температури T початку виділення газів і газотвірних речовин використовується рівняння параболи: $H = Z\sqrt{\tau}$, де Z – коефіцієнт прогрівання форми; τ – час від початку заливання, с.

Об'єм газів, які утворюються в стрижні Q , м³, за даними [3] описуються залежністю:

$$Q = A\sqrt{\tau}, \quad (1)$$

де A – абсолютний коефіцієнт газовиділення, що відноситься до всієї площі контакту «метал-стрижень» S , м², значення якого визначається за формулою: $A = m_0\Gamma S = aS$, де m_0 – теплофізичний коефіцієнт, який визначає швидкість руху вглиб стрижня температури деструкції зв'язувального компонента $TД$, К; Γ – абсолютна газотвірна здатність стрижневої суміші, м³/кг; a – відносний коефіцієнт газовиділення, приведений до одиниці поверхні контакту, $a = A/S$.

Із формули (1) можна визначити швидкість газовиділення W , м³/(кг·с) в формі:

$$W = \frac{dQ}{d\tau} = \frac{aS}{2\sqrt{\tau}}. \quad (2)$$

Одночасно з утворенням газів проходить їх фільтрація через стінки стрижня і форми. При цьому накопичення газу в місцях стику стрижня з поверхнею виливка створює градієнт тиску.

Утворення газових раковин визначається динамікою протікання газових процесів в металі і стрижні. Умови, за яких не відбувається утворення газових раковин у виливках і не виникає проникнення газу із стрижня у виливок, описуються нерівністю [4]:

$$P_C < P_M + P_H + P_\sigma, \quad (3)$$

де P_C – тиск газу в стрижні, Па;

P_M – гідростатичний тиск рідкого металу, Па;

P_H – надлишковий тиск газів в порожнині форми над дзеркалом рідкого металу, Па;

P_σ – протитиск, який створюється поверхневим натягом рідкого металу, Па.

Окремі величини тисків, які входять у вираз (3), визначаються за формулами:

$$P_M = \gamma \cdot h, \quad (4)$$

$$P_\sigma = \frac{2\sigma}{r}, \quad (5)$$

де γ – густина рідкого металу, кг/м³;

h – висота стовпа рідкого металу над певним рівнем форми, м;

σ – поверхневий натяг рідкого металу, Н/м;

r – радіус газової бульбашки, м.

Із виразів (3 - 5) випливає, що найбільш вірогідне утворення газових раковин в перший момент заливання. Це пов'язано з тим, що в цей момент величина гідростатичного тиску рідкого металу мала, з іншої сторони, після контакту рідкого металу зі стрижнем проходить інтенсивне утворення газів.

Для виливків корпусу кульового крану виділення газових бульбашок на поверхні розділу «метал-стрижень» викликано надмірним тиском газів, що утворюються в стрижні. Тобто, не виконується умова нерівності (3). Варто зазначити, що змінювати доданки правої частини не видається можливим, оскільки вони визначаються фізичними властивостями сплаву та висотою ливарної форми (опоки), тому варто зменшувати праву частину нерівності.

Для зменшення тиску газів в стрижні необхідне підвищення його газопроникності для виведення газів за його межі. Також надмірна кількість газів викликана вмістом смоли в стрижневій суміші 1,8-2,0 %, яку зменшили до 0,9-1,1 %. А для підвищення газопроникності стрижня виконали в ньому вентиляційні канали зі сторони знаків, що скоротило шлях фільтрації і зменшило тиск газів. З такими каналами в першу мить після заливання біля поверхні сплаву утворюється максимальний тиск, що поступово знижується, оскільки відведення газів від поверхні проходить швидше, ніж прогрівання і газифікація смоли стрижня. Виведення газів через знаки стрижня знижує їх тиск біля поверхні стрижня. Також при нанесенні протипригарної фарби фарбували лише робочу (формоутворюючу) поверхню стрижня, а перед встановленням у форму стрижень ретельно просушували.

Виведення газів із стрижня у вакуумно-плівковій формі відбувається в першу чергу по розніму форми, як і в традиційній піщаній формі. Також можливе додаткове «примусове» вентилявання стрижня шляхом сполучення його

вентиляційних каналів з проколами плівки в знакових частинах порожнини форми. За рахунок вакуумування форми з піску будуть видалятися не тільки продукти розкладу синтетичної плівки, але і газу, що виділяються із стрижневої суміші.

В результаті розроблених заходів вдалося запобігти формуванню газової шорсткості на внутрішній поверхні виливків та одержати корпуси кульового крану зі сталі 12X18H9ТЛ відповідної якості.

Література:

1. Минаев А.А., Ноткин Е.Б., Сазонов В.А. Вакуумная формовка. – М.: «Машиностроение». 1984. – 216 с.
2. Иванов Д.П., Кузовков В.К., Медведев Я.И. Газотворность стержневых и формовочных смесей // Литейное производство, 1968. – № 3. – С. 14–17.
3. Медведев Я.И. Газовые процессы в литейной форме. – М.: Машиностроение, 1980. – 200 с.
4. Василевский П.Ф. Технология стального литья. – М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.

Калюжний П.Б.¹, Дорошенко В.С.¹, Дьяченко М.М.¹, Янченко О.Б.²
(¹ФТИМС НАН України, Київ; ²ВНТУ, м. Вінниця)
ПРО ЛИТТЯ З МЕТАЛУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ТА ЄМНОСТЕЙ
E-mail: doro55v@gmail.com

За інформацією Метінвест Холдингу (<https://metinvest.media/>) на кінець 2023 р. було виготовлено і передано захисникам України 300 циліндричних укриттів-капсул з гофрованої сталі, які використовують заглибленими в землю. Також останнім часом з кількох сталевих споруд обладнують командні пункти [1]. Аналогічно заглиблюють пластикові споруди, як вказано на сайті <https://theawesomer.com>, і використовують їх як льохи. Подібного виду ємності також застосовують для зберігання сипких чи рідких матеріалів, або як септики для