

конструкцію зі сплавів, значно дешевших за вартістю, забезпечує економію коштів. Порівняно рівностінні оболонки з високолегованих сплавів, та трубчастих конструкцій з кованих чи прокатних сталей мають підвищені експлуатаційні властивості, ніж литі конструкції, зокрема з масивними фланцями. Описаний спосіб дозволяє перевести відпрацьовані популярні цільнолиті (наприклад, чавунні) конструкції, на каркасно-комбіновані з оболонками зі спеціальними властивостями для їх застосування при обробці агресивних середовищ.

Література:

1. Дорошенко В. С., Шалевська І. А., Янченко О. Б. Відновлення та модернізація транспортної інфраструктури України: роль інноваційних ливарних технологій // Вісник машинобудування та транспорту. – 2025. – Том. 21, № 1. – С. 50–60. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2025-21-1-50-60>.
2. Дорошенко В. С., Клименко С. І., Федюк Ю. А. Запірна трубопровідна арматура з залізовуглецевих сплавів: світовий досвід та перспективи для України // Литво. Металургія. 2025 (Харків, травень 2025 р.). – Харків, 2025. – С. 88–92.
3. Зворотний клапан Danfoss NVD 402 PN16 DN50. Teplocentr.ua. М. Чернівці. URL: <https://teplocentr.ua/product/zvorotniy-klapan-402-pn16-dn50-065b7471/>.
4. Дорошенко В. С. Моделирование отливок как оболочковых конструкций с целью металлосбережения // Металл и литье Украины. – 2015. – № 6. – С. 30–34.

Дорошенко В. С., Клименко С. І., Шинський В. О., Боровик М.В.

(ФТІМС НАН України, Київ)

ГЕОМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ КОРПУСІВ ТРУБНОЇ АРМАТУРИ ЯК ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ТОЧНОМУ ЛИТТІ

E-mail: doro55v@gmail.com

Серед актуальних завдань при створенні нових матеріалів та технологій для машинобудування і транспорту є зниження матеріаломісткості литих металоконструкцій, які за масою та кількістю часто займають до 50 % від загальної

потреби у металопродукції цих галузей, де такі деталі нерідко відповідають за конкурентоспроможність нової техніки.

При розробці у ФТІМС НАН України нових високоефективних литих матеріалів їхні переваги варто реалізувати у металоконструкціях, що виливається у таких піщаних формах, які дозволять суттєво підвищити їхню розмірну точність, створити задані умови для твердіння та структуроутворення металу при скороченні матеріало-, енерговитрат і шкідливих викидів у навколишнє середовище. До таких методів належать різновиди лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ), а також нові перспективні процеси лиття у заморожені форми та за крижаними моделями, наукові та технологічні основи яких тривалий час удосконалюються у відділі фізико-хімії ливарних процесів [1, 2] і простежуються у зростаючому потоці публікацій у світовій науково-технічній інформації. Комп'ютерні програми, що використовуються вітчизняними ливарниками для моделювання процесів, розроблені на основі емпіричних рівнянь, що описують процеси формоутворення, створені ще у минулому столітті, і часто не дозволяють реалізувати складні литі конструкції з високою розмірною точністю для таких нових технологій.

У цій статті розглянуто метод фізичного моделювання виливків оболонкових конструкцій корпусних деталей трубопровідної арматури для рідинних та газових середовищ середнього та високого тиску, що отримуються за ЛГМ-процесом. Актуальність таких досліджень ґрунтується на потребі відновлення транспортної логістики України, в тому числі для успішної інтеграції в європейську транспортну систему, де трубопровідний транспорт відіграє суттєву роль [3]. Загалом литі конструкції в Україні нерідко перевищують розрахункові за металомісткістю у 1,5–2 рази, а в Західній Європі – у 1,3–1,5 рази, що призводить до перевитрати енергоносіїв, шихтових матеріалів та працемісткості їх виробництва у 1,5–2,0 рази [1, 2].

Спільна оптимізація металоконструкцій та технології їх лиття для підвищення ступеня використання металу запропонована на прикладі оболонкових конструкцій трубопровідної арматури, типові зразки та пінополістиролові моделі яких (з досвіду їх лиття у цеху ФТІМС НАНУ) показано на рис. 1.

конфігурації для арок та куполів за аналогією, відомою у будівництві. Однорідна арка у формі перевернутої ланцюгової лінії зазнає лише деформацій стиснення, але не згину. Метод фізичного моделювання опорної поверхні безмоментної склепінчастої оболонки складної криволінійної поверхні можна реалізувати шляхом перевертання висячих мереж (сіток) [2]. Таку сітку-павутину, що звисала зі стелі, часто використовував архітектор А. Гауді (1852–1926). Суть його моделювання – у прирівнюванні сил стиснення силам розтягу; купол імітують у перевернутому вигляді. Мотузки з вантажами замінюють представлення частини купола, колони, стіни. Якщо стіна була завтовшки у пів цеглини, то на мотузці через кожні 5 см кріпили свинцеві важки по 10 г, якщо в цілу цеглину – по 20 г. Виходив ланцюг із вантажів. Якщо купол мав бути встановлений на 6 розгалужених колон, то до стелі підвішували 6 таких масштабованих ланцюгів і до їхніх кінців кріпили мотузки з вантажами, пропорційно вазі купола. У підсумку отримували «ланцюговий» прогин. Залишалося окреслити форму, зафіксувати пропорції лінійкою і перевернути картинку.

Однак за допомогою висячих сіток із плоского їхнього положення часто складно сформувати дією сили тяжіння оболонку необхідної опуклості при закріпленні її над отвором довільної форми. Тому для оболонкових конструкцій за аналогією з моделюванням методом перевертання висячих сіток запропоновано моделювання методом перевертання провисаючої нагрітої термопластичної синтетичної плівки [2]. Для випробувань використовували поліетиленову плівку або севілен марки 11304-075, яка часто застосовується при вакуумно-плівковому формуванні для облицювання модельних комплектів при її подовженні до 6 разів. Товщина плівки – у межах 75–100 мікрон. Плівка при нагріванні до пластичного стану в ливарному цеху провисала під власною вагою. Випробували моделювання форми виливку кришки люка поліетиленовою плівкою, закріпивши її у проємі та нагріваючи її решіткою з трубчастих електронагрівачів (ТЕН). Коли плівка провисла на необхідну відстань, її фотографували збоку для обробки зображення на комп'ютері. Величину провисання регулювали зміною температури ТЕНів або ступеня їх наближення до плівки. Плівка легко закріплюється по краю (периметру)

проєму будь-якої конфігурації, а подібна технологія нагрівання добре відпрацьована для процесу вакуумно-плівкового піщаного формування. Це спрощувало моделювання без застосування сіток особливої конструкції.

Виконано фізичне моделювання таким же методом деталей литого контейнера для захоронення радіоактивних відходів, описане в роботах [2, 4]. Крім того, оболонковий корпус контейнера запропоновано армувати вставками з кам'яного матеріалу при збереженні службових властивостей такого корпусу [2].

Інтеграція вдосконалення оболонкових металоконструкцій та технології їх лиття є важливою умовою отримання конкурентоспроможних литих деталей. Застосування вакуумованої піщаної форми, типової для ЛГМ-процесу (особливо із застосуванням спрямованого виведення газів у процесі заливки металу [5]), сприяє підвищенню рідкоплинності металу майже на 20 % порівняно з формами із сумішей із зв'язувальними компонентами і дозволяє лити тонкостінні оболонкові металоконструкції. Використання разових моделей (без характерних ухилів та припусків для традиційних форм) також підвищує точність виливків. Обидва такі чинники сприяють збереженню металу, як і описаний метод проектування оболонкових конструкцій з можливістю зниження ваги виливків при збереженні їхньої необхідної міцності. Зниження матеріаломісткості продукції та пов'язане з ним енергозбереження, а також перспективи застосування льоду для модельного оснащення і в якості зв'язувального компоненту заморожених форм в потенційно екологічно небезпечному ливарно-металургійному комплексі закономірно веде до скорочення забруднення довкілля.

Література:

1. Шинський О. І. Зниження металоємності ливарної продукції – основа розвитку галузі // Обладнання та інструмент для професіоналів. – 2011. – № 1. – С. 78 – 79.
2. Дорошенко В. С. Моделирование отливок как оболочковых конструкций с целью металлосбережения // Металл и литье Украины. – 2015. – № 6. – С. 30–34.

3. Дорошенко В. С., Шалевська І. А., Янченко О. Б. Відновлення та модернізація транспортної інфраструктури України: роль інноваційних ливарних технологій // Вісник машинобудування та транспорту. – 2025. – Том. 21, № 1. – С. 50–60. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2025-21-1-50-60>.

4. Дорошенко В. С. Армированные конструкции для защиты от радиации, перевозки и захоронения радиоактивных отходов // Співробітництво для вирішення проблеми відходів: Матер. VI Міжнар. конф. (8–9.04.2009, Харків). Х.: ЕкоІнформ. – 2009. – С. 51 – 52.

5. Дорошенко В. С., Калюжний П. Б. Вентильовані, наповнені пінопластом друковані моделі // XVI Міжнар. наук. - техн. конф. Нові матеріали і технології в машинобудуванні - 2024: мат. наук. - техн. конф. 25-26 квітня 2024 р., Київ / заг. ред. Р. В. Лютий. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2024. – С. 132–137.

Дорошенко В.С., Федюк Ю.А. Боровик М.В.

(ФТІМС НАН України, Київ)

**ОПТИМІЗАЦІЯ ГАЗОВІДВОДУ ПРИ ЛИТТІ КАРКАСНО-АРМОВАНИХ
МЕТАЛОВИРОБІВ ЗА МОДЕЛЯМИ, ЩО ГАЗИФІКУЮТЬСЯ**

E-mail: doro55v@gmail.com

Сучасна промисловість та транспорт потребують впровадження енергоефективних та екологічно орієнтованих технологій, що дозволяють створювати металовироби з покращеними експлуатаційними характеристиками. Для стратегічних галузей України, таких як транспортне машинобудування, критично важливим є зниження металомісткості литих деталей без втрати їхньої міцності та надійності. Одним із найбільш перспективних інструментів для вирішення цього завдання є метод лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ), який цього року відзначає своє 70-річчя з часу подачі заявки на патент Г. Шроєра в 1956 році (Cavityless casting mold and method of making the same), який було отримано у 1958 році (US 2,838,343) [1].