**Екологічні аспекти ливарного виробництва: аналіз та шляхи зниження шкідливих викидів**

**Environmental Aspects of Foundry Production: Analysis and Ways to Reduce Harmful Emissions**

Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства та інженерії матеріалів   
Микола Замятін

Здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти   
Анна Прокоф'єва

Scientific supervisor: Ph.D, assistant professor Department of Materials Science and Engineering of Materials Mykola Zamiatin

Candidate of the first (bachelor's) degree Anna Prokofieva

***Анотація.*** У доповіді розглядаються екологічні аспекти ливарного виробництва та аналізуються основні види шкідливих викидів, що утворюються в процесі виготовлення виливків. Описано вплив цих речовин на навколишнє середовище та здоров'я працівників ливарних цехів. Розглянуто ефективні методи зниження шкідливих викидів, включаючи розробку екологічно чистих сполучних систем, оптимізацію технологічних процесів та впровадження сучасних систем газоочищення. Особливу увагу приділено регенерації формувальних пісків, нейтралізації стічних вод та організації полігонів відпрацьованих сумішей. Наголошується на необхідності комплексного застосування різних підходів для мінімізації екологічних ризиків.

***Ключові слова:*** ливарне виробництво, екологічні аспекти, шкідливі викиди, забруднення навколишнього середовища, газоочищення, регенерація пісків

***Abstract.*** The presentations examines the environmental aspects of foundry production and analyzes the main types of harmful emissions generated during the casting process. The impact of these substances on the environment and the health of foundry workers is described. Effective methods for reducing harmful emissions are considered, including the development of environmentally friendly binder systems, optimization of technological processes, and the introduction of modern gas purification systems. Particular attention is paid to the regeneration of molding sands, wastewater neutralization, and the organization of spent mixture landfills. The necessity of a comprehensive application of various approaches to minimize environmental risks is emphasized.

***Keywords:*** foundry production, environmental aspects, harmful emissions, environmental pollution, gas purification, sand regeneration

**Вступ**

Ливарне виробництво, будучи невід'ємною частиною промислового комплексу, робить значний внесок в економіку. Однак його функціонування пов'язане з високим рівнем забруднення навколишнього середовища, що створює серйозні екологічні ризики. Шкідливі викиди, що утворюються в процесі виготовлення виливків, становлять небезпеку не тільки для здоров'я працівників ливарних цехів, але і для екосистеми в цілому. У зв'язку з цим, глибокий аналіз основних видів шкідливих речовин, що утворюються в ливарних цехах, і розробка ефективних методів їх зниження стають пріоритетними завданнями.

**Основні види шкідливих речовин та їх вплив на навколишнє середовище**

* При виробництві 1 тонни виливків з чорних сплавів виділяється значна кількість пилу, оксиду вуглецю, оксиду сірки та вуглеводнів [1]. Ці речовини, потрапляючи в атмосферу, сприяють утворенню смогу, кислотних дощів та інших негативних явищ.
* Використання синтетичних смол як сполучного матеріалу у формувальних та стрижневих сумішах призводить до виділення шкідливих органічних сполук, таких як фенол, формальдегід та фурфурол, концентрація яких на ділянках сумішоприготування, заливки та вибивання виливків може перевищувати гранично допустимі значення в 6–20 разів.
* Газовиділення при термодеструкції сумішей залежить від ряду факторів, включаючи природу сполучного та каталізатора затвердіння, співвідношення метал-форма, вид сплаву виливки та температуру заливки. Кількісний та якісний склад газів, що виділяються, необхідно враховувати при екологічній оцінці сумішей та проєктуванні систем газоочищення.
* Відпрацьовані формувальні та стрижневі суміші, а також стічні води ливарних цехів, містять залишки шкідливих речовин, які можуть забруднювати ґрунт та водні ресурси. Феноли, наприклад, добре розчиняючись у воді, здатні проникати в артезіанські джерела та водойми, роблячи їх непридатними для використання.
* Особливу небезпеку становлять канцерогенні матеріали, що застосовуються в ливарному виробництві, та гази, що виділяються, які відрізняються один від одного класом небезпеки та нормами гранично допустимої концентрації (ГДК) в атмосфері [2].

**Методи зниження шкідливих викидів**

* Розробка та впровадження сполучних систем, що не виділяють шкідливі речовини, є одним з найбільш перспективних напрямків. Прикладом можуть служити технології виготовлення форм та стрижнів заморожуванням, а також використання спеціальних сольових практично нетоксичних сумішей.
* Зниження вмісту сполучного в сумішах шляхом підвищення їх міцності дозволяє зменшити кількість шкідливих викидів. Це може бути досягнуто, наприклад, за допомогою силанізації смоли.
* Застосування ефективних методів очищення газових викидів:
  + Каталітичне окислення: хемосорбційне уловлювання та каталітичне окислення органічних речовин до води та оксиду вуглецю [3].
  + Абсорбція: використання водних розчинів їдкого натру, сумішей сірчаної та фосфорної кислот, розчинів, що містять уротропін, для поглинання шкідливих речовин.
  + Адсорбція: застосування активованого вугілля, оксидів алюмінію та марганцю, молекулярних сит-цеолітів, силікагелю для уловлювання шкідливих речовин.
  + Біологічне очищення: обробка відхідних газів водою з подальшим біологічним очищенням особливою популяцією мікробів [4].
* Регенерація формувальних пісків та вторинне використання відпрацьованих сумішей: повторне використання пісків у складах формувальних та стрижневих сумішей, а також застосування відпрацьованих сумішей у виробництві будівельних матеріалів [5].
* Нейтралізація стічних вод: попередня нейтралізація стічних вод з підвищеною кислотністю до рН 6...8 перед їх скиданням у водойми.
* Правильна організація полігонів відпрацьованих сумішей: розміщення полігонів на ділянках зі слабо фільтруючими ґрунтами та здійснення заходів, що виключають можливість забруднення навколишнього середовища.
* Використання локальних витяжних систем та ефективної вентиляції в ливарних цехах [6].

**Висновки**

Ливарне виробництво чинить значний негативний вплив на навколишнє середовище, проте існують ефективні методи зниження шкідливих викидів. Для мінімізації екологічних ризиків необхідне комплексне застосування різних підходів, включаючи розробку та впровадження екологічно чистих технологій, оптимізацію технологічних процесів та впровадження ефективних систем очищення.

**Список використаних джерел**

1. Behera, S. N., & Sharma, M. (2020). Air Pollution from Foundry Industry: A Review of Emission Characteristics and Control Technologies. *Journal of Environmental Management*, *264*, 110452.
2. Frăţilă, D., & Frăţilă, M. (2018). Environmental Impact of Foundry Industry and Sustainable Solutions. *Environmental Engineering and Management Journal*, *17*(1), 1-12.
3. Lee, J., & Kim, Y. (2017). A Study on the Reduction of Hazardous Air Pollutants in Foundry Processes using Advanced Oxidation Technologies. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(15), 13425-13436.
4. Kumar, S., & Singh, R. K. (2019). Sustainable Waste Management in Foundry Industry: A Review. *Journal of Cleaner Production*, *237*, 117769.
5. Pan, J., & Li, X. (2016). Environmental Assessment of Foundry Sand Recycling in China. *Resources, Conservation and Recycling*, *114*, 1-9.
6. Prakash, S., & Reddy, P. V. (2021). Emerging Trends in Green Foundry Technology: A Review. *Materials Today: Proceedings*, *45*, 4668-4673.