

Гнатуш В. А.

(незалежний аналітик, Київ)

**РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА
В ПЕРШІЙ ЧВЕРТІ ХХІ СТОЛІТТЯ**

E-mail: vgnatush@gmail.com

В першій чверті ХХІ століття нові технологічні досягнення в сегменті інформаційних технологій почали змінювати формат ливарного виробництва в напрямку інтелектуального лиття (Intelligent casting). Останнє передбачає автоматизацію з використанням робототехніки, екологізацію та інтелектуалізацію. До базових технологій інтелектуального процесу лиття відносять: технології 3D-друку, технології інтелектуальних прес-форм і інтелектуальні технології управління виробничими процесами. Реалізація цих проєктів дозволяє оптимізувати технології ливарного виробництва, запровадити повномасштабний контроль якості продукції та підвищити її конкурентоздатність особливо в умовах поточної нестабільної економічної ситуації в світі [1].

Прикладом інтелектуального ливарного виробництва є розробка від компанії Industry Innovation Center Limited (Китай) [2]. Остання передбачає, що інтелектуальна ливарна система містить зону формування (включає 3D - принтери виготовлення піщаних стрижнів і роботизовану систему транспортування ливарних форм), зону плавлення та розливання чавуну (виконується в попередньо зібрані ливарні форми), зону обробки ливарного піску, зону фінішної обробки виливок (виконується кілька видів фінішної обробки виливків) і блок логістики (включає великовантажного та легкого мобільних роботів, які забезпечують пакування готових виливків). Автори розробки відзначають, що інтелектуальна ливарна система характеризується високим інтелектом, що забезпечує оптимальну ефективність ливарного виробництва [2].

Таким чином в ХХІ столітті промисловість рухається в напрямку створення «розумних» ливарень. Вони передбачають централізовану систему, яка керує замовленнями клієнтів, ланцюгами поставок і виробничою діяльністю підприємства. Один блок такої системи виконує дистанційний моніторинг і

керування машинами та роботами в ливарному цеху. Інший блок системи містить експертні системи на штучному інтелекті (Artificial intelligence, AI), які приймають рішення, оптимізують структуру систем лиття та визначають марки ливарних сплавів або склад формувальних сумішей [3].

Проведено аналіз використання штучного інтелекту в чотирьох ливарних технологіях (лиття в пісок, лиття під тиском, безперервне лиття та лиття за моделями, що витоплюються), які оприлюднені в 37 наукових статтях впродовж 2007-2021 рр. (табл. 1) [3].

Таблиця 1 – Використання методів штучного інтелекту в ливарних технологіях

Спосіб лиття	Кількість публікацій, роки	Використано метод штучного інтелекту, од.					
		ПНМ (ANN)	ГА (GA)	ОРЧ (PSO)	НЛ (FL)	АМС (ANFIS)	всього, од.
Лиття в піщану форму	11 (2007-2020)	4	7	2	2	1	16
Частка використання, %		25,0	43,8	12,5	12,5	6,2	100,0
Лиття під тиском	11 (2008-2021)	8	4	1	0	1	14
Частка використання, %		57,1	28,7	7,1	0	7,1	100,0
Безперервне лиття	10 (2008-2020)	4	2	3	4	0	13
Частка використання, %		30,8	15,4	23,0	30,8	0	100,0
Лиття за моделями, що витоплюють	5 (2009-2016)	3	1	0	1	0	5
Частка використання, %		60,0	20,0	0,0	20,0	9,0	100,0
Всього, од.	37 (2007-2021)	19	14	6	7	2	48
Частка використання, %		39,6	29,2	12,5	14,6	4,1	100,0

Примітка. Вихідні дані від [3]. Розрахунки автора.

При цьому автори статей використовували п'ять методів штучного інтелекту: штучні нейронні мережі – ШНМ (artificial neural networks, ANN), генетичні алгоритми – ГА (genetic algorithms, GA), оптимізацію рою частинок – ОРЧ (particle swarm optimization, PSO), нечітку логіку – НЛ (fuzzy logic, FL) і адаптивну мережеву систему нечіткого висновку – АМС (the adaptive network-based fuzzy inference system, ANFIS) [3].

У підсумку (табл. 1) в проаналізованих 37 наукових статтях найбільше використовували метод штучні нейронні мережі – ШНМ (частка 39,6 %) та метод генетичні алгоритми – ГА (29,2 %).

Відзначається [3], що вказані методи штучного інтелекту були спрямовані на регулювання наступних параметрів методів виробництва металевих виливків:

– при литті в піщану форму дослідження були направлені на моделювання та оптимізацію складу та властивостей сирі ливарної форми, геометрії ливникової системи та живильника. Найчастіше порівняно з іншими методами застосовували генетичні алгоритми (ГА) – частка 43,8 %;

– при литті під тиском методи штучного інтелекту використовувались для моделювання та оптимізації процесу, визначення взаємозв'язків між технологічними параметрами процесу та характеристиками виливки. Найчастіше порівняно з іншими методами використовували штучні нейронні мережі (ШНМ) – 57,1 %;

– при безперервному лиття методи штучного інтелекту застосовувались в процесі контролю його удосконалення. Найчастіше порівняно з іншими методами використовувались штучні нейронні мережі (ШНМ) та нечітка логіка (НЛ), з часткою кожного методу 30,8 %;

– при литті за моделями, що витоплюють, методи штучного інтелекту застосовувались для моделювання та оптимізації параметрів процесу виробництва якісного виливка. Найчастіше порівняно з іншими методами використовувались штучні нейронні мережі (ШНМ) – 60,0 %.

Відзначається [3], що проаналізовані дослідження дали чіткий огляд можливостей застосування методів штучного інтелекту в удосконаленні процесів лиття в форматі Індустрія 4.0.

Результати проведених досліджень показали великий потенціал для застосування штучного інтелекту як невід'ємної частини концепції Індустрія 4.0 у розвитку інтелектуального ливарного виробництва.

Аналітика від компанії S-PRO (Швейцарія) відзначає, що в 2022 р. світовий ринок корпоративного штучного інтелекту (ШІ) оцінювався в 7,02 млрд дол. США. При цьому прогнозується, що до 2032 р. ємність цього ринку зросте до 270 млрд дол. США, тобто з середньорічним темпом 44,1 % [4].

Відзначається, що використання штучного інтелекту на підприємствах дозволить підвищити продуктивність на 40 %, а прибутковість – на 38 %. В результаті опитувань встановлено, що ШІ використовують 35 % глобальних корпорацій, а 42 % підприємств застосовують його при дослідженнях [4]. Таким чином глобальна промисловість реалізує чергову технічну революцію.

Література

1. Jin-wu Kang, Bao-lin Liu, Tao Jing, and Hou-fa Shen. Intelligent casting: Empowering the future foundry industry. China Foundry. Special Review. Vol. 21. No. 5. September 2024. P. 409 – 426.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s41230-024-4056-z#preview/>.

2. Patent WIPO WO2019042382. IPC B22D 47/02 2006.1. Intelligent Casting System. Peng Fan, Tian Xuezhi, Huang Xiaodong, Meng Qingwen, Yang Zhiwei, Li Yonghua, Chang Tao, Liu Yabin, Yang Jun. International Filing Date 31.08.2018. Publication Date 07.03.2019.

3. Dučić, N.; Manasijević, S.; Jović, A.; Čojbašić, Ž.; Radiša, R. Casting Process Improvement by the Application of Artificial Intelligence. Appl. Sci. 2022, 12, 3264. 13p. <https://doi.org/10.3390/app12073264>.

4. AI market report. How Enterprises Use AI. S-PRO.2024. 65P.
<https://s-pro.io/wp-content/uploads/2024/07/AI-Market-Report-How-Enterprises-Use-AI.pdf>