

22. Гнатуш В.А., Дорошенко В.С. Рост производства алюминиевого литья в начале XXI века // Металл и литье Украины. – 2019. – № 3-4. – С. 25-33.

23. Martin J.H., Yahata B.D., Hundley J.M. та ін. 3D Printing of High-Strength Aluminium Alloys // Nature. – 2017. – Vol. 549. – P. 365–369.

Режим доступу: <https://doi.org/10.1038/nature23894>.

Дорошенко В. С.
(ФТИМС НАН України, Київ)
ДО 70-РІЧЧЯ СТВОРЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ЙОГО
МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ В ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ
E-mail: doro55v@gmail.com

У 1955 році четверо науковців – Джон Маккарті, Марвін Мінський, Клод Шеннон і Натан Рочестер – зібралися разом на кілька тижнів інтенсивних дискусій, щоб обговорити просте, але амбітне питання: чи може будь-яка форма інтелекту бути формалізована настільки, щоб її вдалося змодельовати за допомогою комп'ютера? Їхній висновок був однозначний: не лише може – вона повинна бути змодельована [1]. Ця зустріч дала початок тому, що згодом називатимуть народженням штучного інтелекту, бо саме в тому році у пропозиції до конференції Джон Маккарті запропонував новий термін – штучний інтелект (ШІ), щоб відокремити цю нову область від кібернетики та класичної автоматизації [1].

У 1956 році вони організували Дартмутську конференцію – шеститижневий семінар, під час якого двадцятьоро науковців з різних галузей обговорювали те, що на той момент ще не мало ані методології, ані рамок, ані чітких меж. Тематами обговорень стали: обробка природної мови, нейронні мережі, теорія обчислень, механізми навчання, абстрактне мислення, а також творчість. Запропонований термін ШІ звучав амбітно, навіть провокаційно, але ідеально відповідав духу часу. Дартмутська конференція не стала моментом прориву в технічному сенсі. Не було гучних відкриттів чи готових систем. Але саме там вперше було окреслено напрям дослідження: інтелект як об'єкт моделювання. Саме там ШІ отримав ім'я, напрям і, головне, концепцію, що стала основою на десятиліття.

Загалом, історія ІІІ – це історія накопичення, а не раптового осяяння. Технології дозрівають повільно, часто непомітно, і майже завжди — пізніше, ніж передбачають футурологи. Але коли вони дозрівають, вони не просто виконують окремі завдання — вони змінюють самі правила гри. І в цьому немає нічого магічного: лише скрупульозна, наполеглива робота, що триває вже понад сім десятиліть [2].

Сьогодні ІІІ став ключовим інструментом у багатьох галузях промисловості, і ливарне виробництво – одна з тих сфер, де його потенціал здатен реалізуватися із суттєвою вигодою. Як основа металообробної галузі та заготівельне підґрунтя машинобудування, ливарне виробництво зазнає суттєвих змін під впливом новітніх технологічних досягнень. Процес лиття розвивається в напрямку інтелектуальної парадигми, яка передбачає автоматизацію, екологізацію та інтелектуалізацію, що привертає все більше уваги з боку академічних та промислових спільнот [3].

Впровадження ІІІ у ливарну сферу здатне охопити всі етапи життєвого циклу продукції – від проектування моделей і форм до контролю режимів плавки, заливання металу, охолодження та остаточної обробки виливків. Завдяки здатності аналізувати великі обсяги даних, прогнозувати поведінку матеріалів, оптимізувати технологічні параметри, ресурсну та екологічну ефективність, ІІІ має потенціал для значного покращення якості продукції, зменшення витрат і скорочення виробничих циклів [4].

Практичні кейси демонструють, що застосування машинного навчання у ливарному виробництві дозволяє не лише автоматизувати контроль якості, а й адаптувати параметри процесу в реальному часі. Наприклад, у виробництві металевих виливків ІІІ використовується для прогнозування дефектів, оптимізації режимів охолодження та вибору складу сплавів [5].

Окремі дослідження показують, що навіть при обмежених наборах даних можливо досягти високої точності оптимізації процесів лиття. Застосування фазових моделей у поєднанні з машинним навчанням дозволяє прогнозувати мікроструктуру та механічні властивості виливків [6]. Більше того, ІІІ дозволяє вийти за межі оптимізації окремих операцій, забезпечуючи інтеграцію ливарних

процесів із суміжними виробничими етапами. Наприклад, системи ШІ можуть адаптувати параметри лиття так, щоб мінімізувати потребу в механічній обробці або підібрати оптимальні режими термообробки виливків з урахуванням їхнього початкового стану.

Особливо перспективним напрямом є поєднання ШІ з адитивними технологіями. 3D-друк розширює можливості інтелектуального проектування: ШІ здатен створювати цифрові моделі форм і виливків, які потім реалізуються у вигляді піщаних форм або полімерних моделей. Це відкриває шлях до комплексного управління виробничим ланцюгом – від віртуального інжинірингу [7], через 3D-друк, формовку, заливання, охолодження, термообробку – аж до фінішних операцій. ШІ може оптимізувати кожен із цих етапів, зменшуючи дефекти, скорочуючи тривалість циклу та підвищуючи якість кінцевої продукції.

Крім залучення ШІ до інтелектуального проектування ливарних форм і оснастки, він дедалі активніше застосовується в металургії загалом – для аналізу великих масивів даних, прогнозування властивостей сплавів, оптимізації режимів плавки та охолодження металопродукції. Це створює основу для міждгалузевої інтеграції, де ливарне виробництво є частиною ширшої цифрової екосистеми [8]. Сучасні моделі дозволяють враховувати складні термодинамічні та структурні параметри, що раніше вимагали тривалих експериментальних досліджень [6, 7].

Все більше проектування сучасного ливарного цеху наближається до впровадження інтелектуальних систем, інтегрованих з датчиками та камерами, які контролюють кожен етап – від вибору сировини до затвердіння виливка, включно з обрубкою, очищенням і термообробкою. Машинне навчання дозволяє адаптувати параметри лиття до конкретних завдань, забезпечуючи близькі до ідеальних умови виготовлення. Завдяки концепції цифрових двійників виробництво стає передбачуваним: експерименти моделюються у віртуальному середовищі до їх фізичного втілення [9].

Загалом, світова промисловість поступово переходить до безперервного виробництва, здатного автоматично реагувати на зміни попиту. У цьому контексті

ливарне виробництво, яке довгий час вважалося традиційним, вступає в нову еру – еру цифрової інтелектуалізації, де ШІ забезпечує точність, персоналізацію, зниження витрат і підвищення ефективності [9].

Водночас інтеграція ШІ у ливарне виробництво пов'язана з викликами, серед яких – потреба у великих обсягах якісних даних, узгоджених з діючими нормами і стандартами, а також доступних для перевірки у будь-який час, складність інтерпретації результатів, питання кібербезпеки та необхідність підготовки фахівців із суміжними знаннями. Проте активні дослідження і впровадження «розумних» виробничих систем обіцяють революційні зміни, що сприятимуть створенню більш стійких, ефективних і інноваційних виробничих екосистем.

ШІ не слід сприймати лише як інструмент автоматизації. Це потужний каталізатор науково-технічної трансформації, який розширює творчі можливості інженерів, водночас «перевіряючи» їхню компетентність – за принципом «довіряй, але перевірй» – і дозволяючи зосередитися на стратегічних та етичних аспектах розвитку виробництва. Інтеграція ШІ у ливарне виробництво – закономірний еволюційний крок, що сприяє ресурсоефективності, сталому розвитку та створенню металопродукції найвищої якості.

На завершення слід зазначити, що вплив ШІ вже не обмежується сферою вдосконалення виробничих технологій, а охоплює методологію створення знань. У світоглядному вимірі людина створила «калькулятор», який 70 років тому назвала інтелектом. Замість того, щоб просто відповідати на запитання, ШІ, ніби іронічно дивиться на людину, запитуючи: де ж твої запитання? Тепер такий кібер-калькулятор породжує сумнів: хто є джерелом знань – людина чи машина? Хто кого навчає? І - врешті-решт - хто більше кого питає?

Література

1. McCarthy J., Minsky M. L., Rochester N., Shannon C. E. A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. – 1955. – URL: <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>

2. Світлик Ю. Звідки взявся штучний інтелект: історія розчарувань та успіху // Censor.net. – 2020. – URL: <https://censor.net/ua/blogs/3562981>
3. Kang Jw., Liu Bl., Jing T., та ін. Intelligent casting: Empowering the future foundry industry // China Foundry. – 2024. – No. 21. – P. 409–426. <https://doi.org/10.1007/s41230-024-4056-z>
4. Bhagwat V., Kamble D.A., Kore S.S. An overview of machine learning applications in metal casting industries // *Archives of Metallurgy and Materials*. – 2024. – Vol. 69, No. 4. – P. 1577–1584. <https://doi.org/10.24425/amm.2024.151428>
5. Kulkarni P.M., Gokhale P., Appasaba L.V., Lakshminarayana K., Tigadi B.S. Artificial intelligence and machine learning for foundry industry: a case study of Belagavi foundry industry // Lecture Notes in Electrical Engineering. – 2022. – V. 928. – P. 161–174. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5482-5_15
6. Pei X., Hou H., Zhao Y. A Review of Intelligent Design and Optimization of Metal Casting Processes // Acta Metallurgica Sinica (English Letters). – 2025. <https://doi.org/10.1007/s40195-025-01891-5>
7. Дорошенко В.С. Методи «цифровізації» ливарно-металургійного виробництва: віртуальний інжиніринг, цифровий двійник, адитивні технології. Метал і лиття України. – 2021. – № 3. – С. 62-66. <https://doi.org/10.15407/steelcast2021.03.062>
8. Muntin A.V., Zhikharev P.Yu., Ziniagin A.G., Brayko D.A. Artificial Intelligence and Machine Learning in Metallurgy. Part 1 // Metallurgist. – 2023. – V. 67. – P. 886–894. <https://doi.org/10.1007/s11015-023-01576-3>
9. Смоляк Ю.Ю., Холодницька А.В. Штучний інтелект в управлінні підприємством: трансформація ролі менеджера в індустрії 4.0 // Проблеми сучасних трансформацій. – 2024. – №11. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-04-12>.