

Література:

1. Дорошенко В.С., Янченко О.Б., Клименко С.І. Про завдання та методи цифрової трансформації ливарного виробництва // Перспективи розвитку машинобудування та транспорту: збірник тез доп. III-ї Міжнародн. наук.-технічн. конф., Вінниця, 1-3.06.2023. – Вінниця: МОН України, ВНТУ, 2023. - С. 242-243.
2. Digital Engineering 24/7 [Електронний ресурс]. September 4. 2025. Р. 3. Peerless Media. URL: <https://www.digitalengineering247.com/> (дата зв-ня: 17.09.2025).
3. Дорошенко В.С., Калюжний П.Б. Про розвиток 3D-виробництва металовиробів і полімерних ливарних моделей // Лиття України. – 2021. – № 12. – С. 12-17.

Дорошенко В. С., Шейгам В. Ю.
(ФТІМС НАН України, Київ)

**АЛЮМІНІЙ У ТЕХНІЦІ: 200 РОКІВ ВІД ВІДКРИТТЯ ДО ІНЖЕНЕРНОЇ
ДОСКОНАЛОСТІ**

E-mail: doro55v@gmail.com

У 2025 році світова наука і промисловість відзначають 200-річчя відкриття алюмінію – одного з найважливіших конструкційних матеріалів сучасності. У 1825 році данський фізик Ганс Крістіан Ерстед уперше виділив алюміній у лабораторних умовах, відновивши хлорид алюмінію амальгамою калію [1]. Це відкриття стало початком епохи, в якій легкий, хімічно активний метал перетворився з лабораторного феномену на один із фундаментів техносфери – від авіації до космосу.

Уже в 1854 році француз Анрі Сент-Клер Девіль започаткував перше промислове виробництво алюмінію шляхом відновлення глинозему натрієм [2]. Перші зливки масою 6–8 кг були представлені на Всесвітній виставці в Парижі у 1855 році, де алюміній демонстрували поруч із державними скарбами. Рідкісність і металевий блиск зробили алюміній символом престижу – імператор Наполеон III використовував столові прибори з алюмінію під час офіційних прийомів.

Прорив у масове використання металу стався після відкриття електролітичного способу добування алюмінію – процесу Голла-Еру (1886), який майже одночасно запропонували Чарльз Голл (США) і Пол Ерю (Франція) [3]. Цей метод, заснований на електролізі глинозему в розплавленому кріоліті, зробив алюміній доступним для промисловості. Вже до 1893 року світове виробництво перевищило 1000 тонн на рік.

Алюміній – третій за поширеністю елемент у земній корі після кисню і кремнію, але через високу хімічну активність він майже не зустрічається у вільному вигляді. Основною сировиною для його промислового добування стали боксити – алюмосилікатні породи з високим вмістом глинозему [4].

Унікальне поєднання властивостей – низька густина ($2,7 \text{ г/см}^3$), висока корозійна стійкість, добра електро- і теплопровідність, пластичність – зробили алюміній ідеальним конструкційним матеріалом. У сплавах, таких як дюралюміній, алюмінієво-літєві системи або силуміни, він досягає міцності понад 500 МПа при збереженні малої маси [5]. Саме ці сплави стали основою для ливарного виробництва складних тонкостінних деталей. Зокрема, сплави на основі системи Al–Si (силуміни) евтектичної та заевтектичної груп мають найвищу рідкотекучість серед кольорових сплавів, що забезпечує точне заповнення ливарних форм і мінімізацію усадкових дефектів у литві [6, 7].

У перші десятиліття після відкриття алюмінію промислове застосування отримали переважно деформовані сплави, в яких кремній (Si) вважався шкідливою домішкою. Цей підхід вплинув і на ливарників, які тривалий час уникали використання кремнію в ливарних алюмінієвих сплавах. Прорив стався на початку XX століття, коли було відкрито модифікуючу дію натрію (Na) на евтектику Al–Si. Саме це дозволило стабілізувати структуру сплаву, покращити механічні властивості та забезпечити широке промислове застосування ливарних алюмінієвих сплавів [8]. Цей етап розвитку припадає приблизно на 1910–1920 роки, коли ливарне виробництво кольорових металів почало активно формуватися як окрема галузь [9].

Перші літаки братів Райтів уже містили елементи з алюмінію. Під час Першої світової війни він став стратегічним матеріалом, а з другої половини XX століття – незамінним у авіаційній та космічній техніці [10, 11]. У сучасних літаках понад 70% маси конструкцій припадає на алюмінієві сплави. У автомобілебудуванні алюміній дозволив істотно знизити масу кузовів, поліпшити аеродинаміку й зменшити споживання пального. Першим серійним автомобілем з повністю алюмінієвим кузовом став Audi A8 (1994) [12, 13]. У 2020-х роках Tesla впровадила масштабне лиття алюмінієвих кузовних елементів методом лиття під тиском на гігантських пресах – Giga Press – що дозволило замінити десятки зварених деталей цільними ливарними компонентами, зменшивши вагу та витрати [14].

У космічній галузі алюміній – основа для баків ракет, опорних структур супутників і теплових екранів. Його застосування стало критичним для NASA і ESA завдяки ідеальному співвідношенню міцності до ваги та стійкості до температурних коливань [15-17].

Ще однією перевагою алюмінію є його майже 100 %-придатність до переробки без втрати властивостей. Переробка алюмінію потребує лише 5 % енергії, порівняно з первинним виробництвом, і дозволяє знизити викиди CO₂ до 90 % [18-21]. Близько 75 % алюмінію, будь-коли виробленого, досі перебуває в обігу [19, 21]. Це робить його ключовим ресурсом у циркулярній економіці та «зеленій» металургії [20].

Сучасні дослідження алюмінієвих матеріалів охоплюють широкий спектр напрямів – від створення наноструктурованих сплавів [22] і адитивного виробництва з алюмінієвих порошків чи дроту до фрикційного зварювання, лазерного напилення і гігакастингу – ресурсоефективного процесу лиття великих тонкостінних деталей. Ці технології суттєво підвищують конкурентоспроможність алюмінієвих компонентів у точному машинобудуванні, авіації, електромобілях, дронах та багатьох інших високотехнологічних виробках [19, 23].

Таким чином, алюміній сьогодні – це не просто конструкційний матеріал, а універсальний елемент техносфери: від побутових виробів і транспортних систем до енергетики, архітектури та цифрових технологій. Він перетворився на символ

інженерної досконалості та технологічного прогресу. Від експерименту Ерстеда до понад 60 мільйонів тонн щорічного виробництва – це історія про те, як наука, технології та промисловість здатні змінити світ [11].

Література

1. Habashi F. The beginnings of the aluminum industry // Nano Studies. – 2013. – Vol. 8. – P. 333–344.
2. Eskin D.G. Physical Metallurgy of Direct Chill Casting of Aluminum Alloys. – Boca Raton: CRC Press, 2008. – 326 p.
3. Ashkenazi D. How aluminum changed the world: A metallurgical revolution through technological and cultural perspectives // Technol. Forecast. Soc. Change. – 2019. – Vol. 146. – P. 431–439.
4. European Aluminium Association [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://european-aluminium.eu>
5. Polmear I.J. Light Alloys: From Traditional Alloys to Nanocrystals. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006. – 379 p.
6. Aluminum Silicon Alloys Guide: Types, Properties and Machining Practices [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://richconn.com/aluminum-silicon-alloys>
7. Advantages of Casting Aluminium Alloys with Silicon [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aluminium-guide.com/aluminium-silicon-casting-alloys>
8. Möller H., Govender G., Stumpf W. The effect of sodium modification on the fatigue properties of Al–Si–Mg casting alloys // International Journal of Cast Metals Research. – 2009. – Vol. 22, № 6. – P. 417–421. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.1179/174313309x436682>
9. Davis J.R. Aluminum and Aluminum Alloys. - ASM International, 1993. -416 p.
10. Zaki A., Fouad H., Abdelwahab M. et al. Applications of aluminum and aluminum alloys in aerospace industry // Materials Today: Proceedings. – 2020. – Vol. 27. – P. 2401–2406.

11. History of aluminium in the aerospace industry [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://femltd.com/2022/12/08/history-of-aluminium-in-the-aerospace-industry>
12. Hirsch J. Aluminium in innovative light-weight car design // Materials Transactions. – 2011. – Vol. 52, № 5. – P. 818–824. – <https://doi.org/10.2320/matertrans.L-MZ201132>.
13. Aluminium Car Body in Audi A8 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aluminium-guide.com/aluminium-car-body>
14. Giga Press [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Giga_Press
15. NASA Technical Reports Server (NTRS) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ntrs.nasa.gov> (дата звернення: 14.05.2025).
16. Cooling aluminium alloy research [Електронний ресурс] // ESA. – Режим доступу: https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Research/Cooling_aluminium_alloy_research
17. Aluminum in Space Travel: Beyond Earth's Atmosphere [Електронний ресурс] // Elka Mehr. – Режим доступу: <https://elkamehr.com/en/aluminum-in-space-travel-beyond-earths-atmosphere>
18. Subramanian S. Recycling of Aluminum: Science and Technology. – Boca Raton: CRC Press, 2017. – 284 p.
19. Kumar K.S., Suresh S., Chisholm M.F., Horton J.A., Wang P. High strength, high ductility nanostructured metals // Progress in Materials Science. – 2003. – Vol. 48, № 4. – P. 377–416. [https://doi.org/10.1016/S0079-6425\(02\)00003-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6425(02)00003-2)
20. Aluminium recycling saves 95% of energy [Електронний ресурс] // International Aluminium Institute. – Режим доступу: <https://international-aluminium.org>
21. Sustainability – Recycling [Електронний ресурс] // Aluminum Association. – Режим доступу: <https://www.aluminum.org/Recycling>

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.
(ФТІМС 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. Темати 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.