

Література

1. Luo J.-G., Acoff, V. L. Using cold roll bonding and annealing to process Ti/Al multi-layered composites from elemental foils // Materials Science and Engineering A. – 2004. – Vol. 379, № 1-2. – P. 164–172. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2004.01.021>
2. Qin L., Fan M., Guo X., Tao J. Plastic deformation behaviors of Ti-Al laminated composite fabricated by vacuum hot-pressing // Vacuum. – 2018. – Vol. 155. – P. 96–107. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2018.05.021>
3. Smirnova Y., Huriia I., Loboda P. Liquid phase fabrication technology of layered Ti/Al composite // U.P.B. Scientific bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science. – 2021. – Vol. 83, № 4. – P. 273–282.
4. Смірнова Я. О., Гурія І. М. Мікроструктура та механічні властивості шаруватого литого композиту ВТ-6/Al // Метал і лиття України. – 2022. – Т. 30, № 1. – С. 84–90. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.01.084>
5. Sripathy A. P., Gupta M. Insight Into Layered Metal Matrix Composites // Encyclopedia of Materials: Composites. – 2021. – Vol. 1. – P. 121–139. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819724-0.00021-5>

Дорошенко В. С.
(ФТІМС НАН України, Київ)
ЗД-ДРУК ЛИВАРНИХ ФОРМ ДЛЯ КРУПНОТОННАЖНОГО ЛИТТЯ:
VOXELJET VX9000 – НОВИЙ КРОК ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЛИВАРНОГО
ВИРОБНИЦТВА
E-mail: doro55v@gmail.com

Цифровізація та автоматизація стають все більш важливими в сучасному виробництві. Інформаційні технології трансформують промислові галузі, дозволяючи виконувати завдання оперативніше і точніше, здійснювати безперервний моніторинг виробництва, виключати зайві етапи роботи та досягати високої ефективності. І ливарне виробництво не є винятком [1]. У цьому контексті 3D-друк ливарних форм пропонує нові можливості як одна з ключових технологій для переходу до інтелектуального процесу лиття [2].

Протягом багатьох років 3D-друк ливарних форм обмежувався створенням прототипів та невеликих серій через технічні обмеження комерційного обладнання. Однак ця ситуація змінюється, в тому числі завдяки спільній роботі німецької компанії Voxeljet, GE Vernova та Інституту Фраунгофера. Вони успішно розробили та провели випробування широкоформатного 3D-принтера VX9000 (рис. 1) [3].

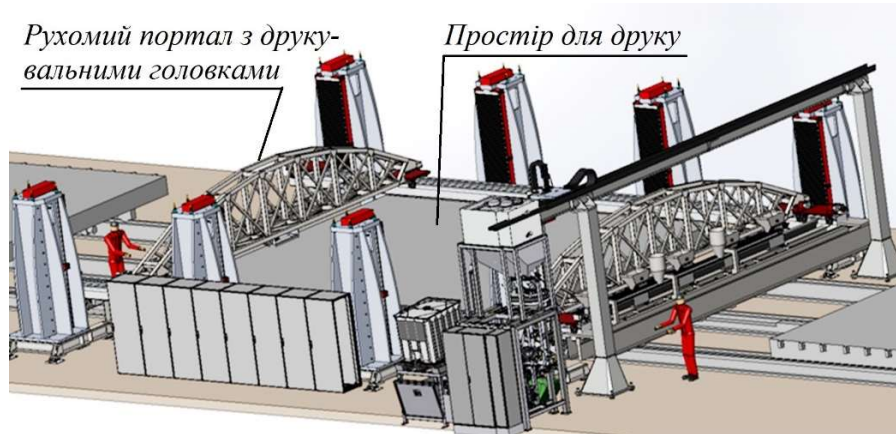


Рис. 1. Схема конструкції системи VX9000 за методом «binder jetting» [3]

Цей принтер використовує технологію струминного друку зв'язувальних компонентів та здатний створювати ливарні піщані форми у робочому просторі, аналогічному традиційній опоці (у просвіті), розміром $9 \times 7 \times 1,8$ метра. Це дозволяє виготовляти форми для багатотонних виливків, що раніше було неможливо для адитивного виробництва. Однією з головних цілей проекту було прискорення виробництва литих деталей для морських вітрових турбін. Замість традиційних десяти тижнів, необхідних для виготовлення піщаних форм, новий процес скорочує цей термін до двох [3]. Експериментальні випробування на ливарному заводі Baettr у Швеції підтвердили, що піщані форми, виготовлені на VX9000, не тільки відповідають, а й перевершують за точністю традиційні аналоги (рис. 2).

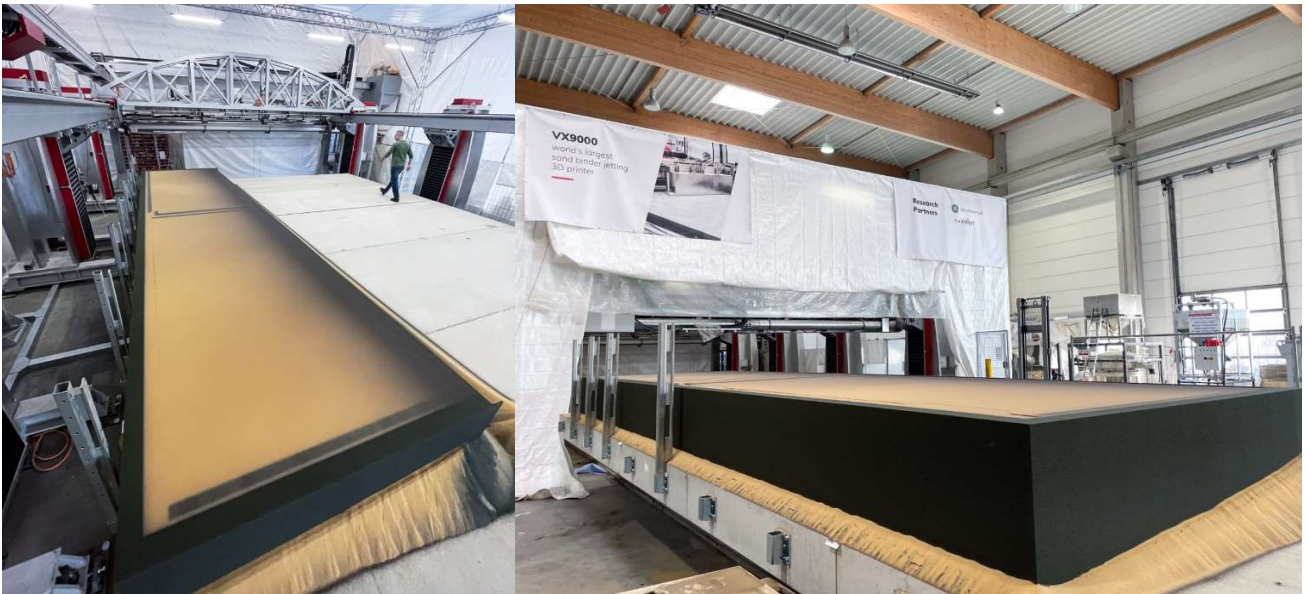


Рис. 2. Камера широкоформатного принтера VX9000 під час випробування на ливарному заводі Baettr (ліворуч) та зібраний друкувальний стіл (праворуч) [3]

Крім того, піщані форми значно легші у збиранні, а поверхні литих деталей потребують меншого очищення. Результати тестування були вражаючими: було виготовлено 20 референтних форм для виливків, найважчий з яких важив 7,2 тонни (рис. 3), і жоден з них не мав виявлених дефектів [3].

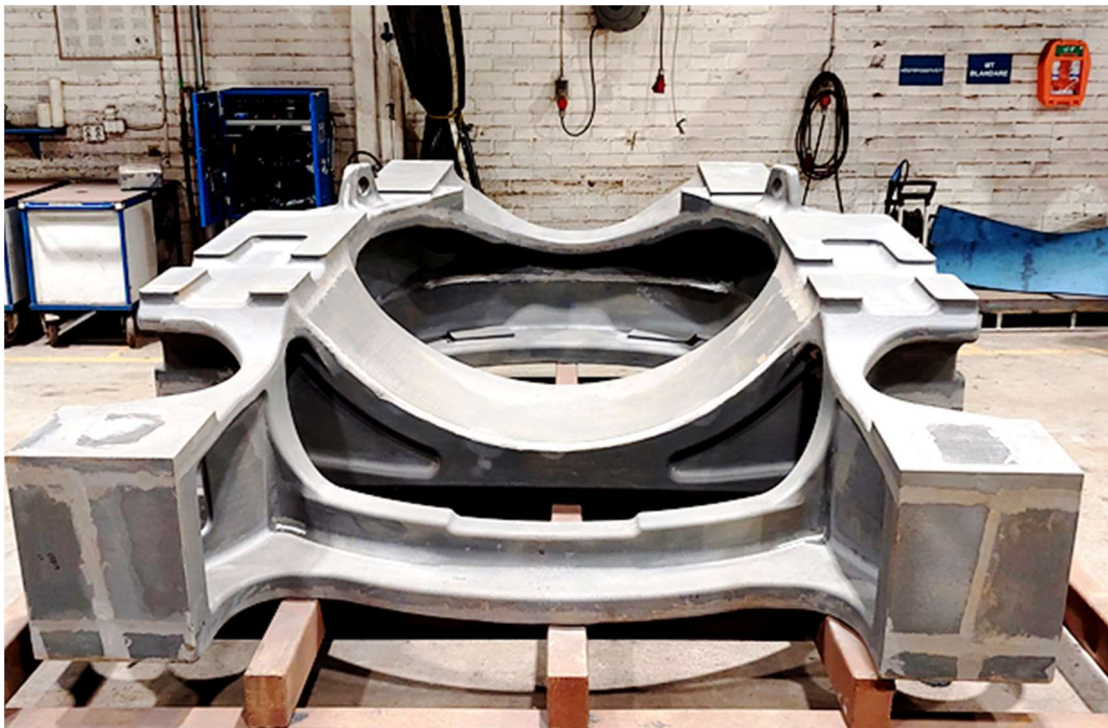


Рис. 3. Готовий багатотонний виливок [3]

Ця технологія демонструє, що 3D-друк ливарних форм більше не є нішевою технологією. Вона може бути застосована у великомасштабному виробництві для таких галузей, як вітроенергетика та гідроенергетика. Це дозволяє не лише скоротити терміни, а й зменшити логістичні витрати та пов'язані з ними викиди. Важливо зазначити, що VX9000 підтверджує: цифрова трансформація може бути успішно впроваджена навіть для найбільших і найскладніших ливарних процесів.

Література

1. Дорошенко В.С. Методи «цифровізації» ливарно-металургійного виробництва: віртуальний інжиніринг, цифровий двійник, адитивні технології. *Метал і лиття України*. 2021. № 3. С. 62-63. <https://doi.org/10.15407/scin15.04.005>.
2. Kang, Jw., Liu, Bl., Jing, T. et al. Intelligent casting: Empowering the future foundry industry. *China Foundry* 21, 409-426 (2024). <https://doi.org/10.1007/s41230-024-4056-z>
3. Tenorio-Lara A. VX9000 validated for multi-ton additive casting applications. *3D Printing Industry*. 12.09.2025. URL: <https://3dprintingindustry.com/news/vx9000-validated-for-multi-ton-additive-casting-applications-244311/>

Дорошенко В.С.
(ФТІМС НАН України, Київ)
ЦИФРОВИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ МАШИНОБУДУВАННЯ:
САМ-СИСТЕМИ, ІІІ ТА АДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО
МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ
E-mail: doro55v@gmail.com

Сучасне машинобудування переживає епоху стрімких змін, де цифрові технології стають основою для інновацій [1]. Успішне їх впровадження залежить від ґрунтового розуміння ключових ринкових трендів, перспектив автоматизації та розвитку виробничих процесів. Коротко позначимо ключові тенденції у сфері автоматизованого проектування, впливу штучного інтелекту (ШІ) та розвитку адитивного виробництва, що визначають майбутнє машинобудування.