

ІНДУСТРІЯ 4.0 ТА АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ: НОВІ МОЖЛИВОСТІ У СФЕРІ РОЗВИТУ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ

Розвиток Індустрії 4.0 та поява інноваційних виробничих технологій створюють принципово нові можливості у сфері виробничої діяльності підприємств, активізації інноваційних процесів, забезпечення прогресивних структурних змін на рівні окремих галузей, міжгалузевих комплексів, національних економічних систем [1-4]. Разом з тим, нові можливості супроводжуються і виникненням відповідних викликів. Адже поширення інноваційних технологій в межах Індустрії 4.0 порушує традиційний спосіб ведення бізнесу, вимагає переосмислення підходів до управління розвитком виробничої діяльності, перебудови виробничих систем, удосконалення виробничих стратегій. На порядку денному постають непрості завдання у сфері виробничого менеджменту, вирішення яких супроводжуватиметься появою нових концепцій, управлінських підходів, методів. Зрозуміло, що далеко не кожне підприємство зможе ефективно адаптуватись до таких тенденцій та вимог.

Технології «Індустрії 4.0» принесуть і глибокі зміни в глобальну економічну систему – сферу інвестування, торгівлі, споживання тощо. Зміни на глобальному рівні підкреслюють важливість адаптації до тенденцій технологічного розвитку, оскільки слід очікувати посилення розмежування у рівні розвитку між країнами, обмеження можливостей менш розвинених країн впроваджувати нові технології, активізувати процеси соціально-економічного розвитку та зростання рівня життя.

Важливою складовою технологій Індустрії 4.0 є адитивне виробництво. Адитивні технології (Additive Manufacturing – AM), також відомі як 3D-друк, кардинально змінюють сферу виробництва, роблять виробництво більш гнучким, швидшим, доступним і екологічним, відкривають нові можливості для ефективного використання різних видів ресурсів, удосконалення властивостей готових продуктів, створення виробів із складною геометрією тощо. Сьогодні широко використовуються цілий ряд методів адитивного виробництва, які передбачають використання різних видів матеріалів [3, с. 69].

Адитивне виробництво – загальний термін для технологій, які виробляють продукти шляхом додавання шару за шаром на основі даних тривимірної цифрової моделі. У порівнянні з традиційними методами відливання деталей у заздалегідь визначені форми або вирізання їх із великих блоків, адитивне виробництво базується на принципі шарування рідин, порошоків, підкладок і плівок для створення тривимірних структур без використання форм. Перспективність цієї технології залежить від матеріаломісткості деталей, виготовлених адитивними методами, матеріаломісткість може знижуватись майже в 10 разів, а трудовитрати в середньому в 5 разів. Характерною тенденцією останніх років стало зростання номенклатури та кількості деталей виготовлених за допомогою адитивних технологій. Особливо важливі досягнення в найскладнішій та інноваційній галузі адитивної технології виробництва – «виросуванні» металевих виробів [1, с. 16].

Ще 5-10 років тому 3D-друк був надто високовартісним. Продукція друкувалась таким чином тільки в лабораторіях великих компаній або на виставках. Сьогодні технологія адитивного виробництва знайшла застосування в різних сферах людської діяльності. Малі стартапи та великі компанії використовують адитивне виробництво для створення різноманітних компонентів, прототипів і готової продукції. Ці технології пропонують багато переваг і можуть допомогти виробникам стати більш гнучкими, економічно ефективними та інноваційними. До ключових переваг адитивних технологій Індустрії 4.0 можна віднести такі [1-4]:

- *гнучкість* – адитивна технологія дозволяє швидко та легко створювати прототипи та кінцеві продукти, а отже швидше реагувати на мінливі вимоги ринку. Технології також дозволяють виробникам створювати складні та персоналізовані продукти, які неможливо виробити за допомогою традиційних методів виробництва;

- *економічність* – адитивна технологія дозволяє виробникам зменшити витрати на виробництво за рахунок скорочення відходів, економії матеріалів і оптимізації процесів. Вона також сприяє локалізації виробництва, тим самим зменшуючи витрати на транспортування та запаси. При використанні 3D-друку експлуатаційні витрати, витрати на робочу силу та витрати на матеріали складають меншу частку, ніж у масовому виробництві.

- *інноваційність* – адитивна технологія, – це інструмент створення інноваційних продуктів, з новими властивостями, які неможливо створювати за допомогою традиційних методів;
- *екологічність* – адитивні технології обмежують негативний вплив на навколишнє середовище за рахунок скорочення відходів, ефективного використання матеріалів та оптимізації процесів. 3D-друк часто передбачає унікальний спосіб створення продукту з мінімальними відходами;
- *цифровізація* – адитивну технологію можна легко інтегрувати з цифровими платформами та інструментами, що робить її ідеальною для Індустрії 4.0, допомагаючи розвивати більш інтегровані та гнучкі виробничі процеси.

У даний час адитивні технології використовуються в архітектурі, будівництві, промислового дизайну, машинобудуванні, автомобілебудуванні, аерокосмічній промисловості, сфері військово-промислового комплексу, медицині, легкій та харчовій промисловості та багатьох інших галузях [1-4].

Трансформація виробничих систем, обумовлена впровадженням адитивних технологій, немінуча, тому провідні вчені, інженери та матеріалознавці активно займаються проблемами розвитку адитивного виробництва. У багатьох розвинених країнах світу, створюються дослідницькі та інноваційні центри для просування адитивного виробництва. Одним з яскравих прикладів є Національний інститут інновацій адитивного виробництва, створений у 2012 році в США (м. Янгстаун, штат Огайо), – провідний інститут адитивних технологій виробництва в США [2].

Важливою тенденцією розвитку адитивного виробництва стала орієнтація на виробництво металевих виробів, причому такі відомі компанії як DMG MORI (Японія і Німеччина), Siemens (Німеччина) і Xerox (США), розширюють свої позиції за рахунок придбання компаній, які займаються 3D-друком на металі. General Electric (США) придбала дві європейські компанії, які спеціалізуються на металевому AM, SLM Solutions Group AG (лазерні верстати) в Німеччині та Arcam AB (EBM-машини) у Швеції [2].

Україна також намагається розвивати та впроваджувати технології адитивного виробництва. Зазначена проблематика перебуває в об'єктиві уваги цілого ряду інститутів, – Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Інститут електродозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Національний авіаційний університет, Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України. В Україні є декілька стартапів, які успішно розробили 3D-принтери, що друкують керамічними та металевими матеріалами [2]. На жаль, досі не створено технічного комітету стандартизації технологій, який відповідає за створення національних стандартів та імплементацію міжнародних стандартів у цій галузі. Однак міжнародні стандарти дозволяють забезпечити рівень відтворюваності та надати необхідні гарантії компаніям і виробникам.

Технології адитивного виробництва продовжують швидко розвиватись, ринок адитивних технологій за окремими оцінками зростає щорічно на 30%, при тому, є усі підстави стверджувати про збереження подібної тенденції у середньотерміновій перспективі. Програмні та апаратні розробки збільшуватимуть гнучкість, економічну ефективність та екологічність адитивних технологій. Це прискорюватиме трансформацію виробничих систем та відкриє нові можливості для прогресивного розвитку багатьох галузей. Слід очікувати появу інноваційних методів, технологій, матеріалів у зазначеній сфері. Розширюватиметься географія та сфера промислового застосування адитивних технологій.

Разом з тим, проблеми розвитку адитивного виробництва в Україні є очевидними, у науковій літературі можна знайти цілий комплекс факторів обмежуючого характеру, на які акцентують увагу вчені [3; 4, с. 46-47]. Досить детально аналіз у даній сфері викладено в проекті «Стратегія розвитку Індустрія 4.0». Зокрема результати SWOT-аналізу відображають базові проблеми технологічного розвитку країни в контексті індустрії 4.0. Серед основних моментів слід виділити проблеми слабкості або відсутності регіональних екосистем 4.0, деградацію інноваційних екосистем у промисловості, ризики системної макроекономічної нестабільності. Важливо відзначити очевидну закономірність – технологічний рівень країни залежить від створення базових передумов активізації інвестиційно-інноваційних процесів.

Список використаних джерел

1. Павлиго Т. М. Стандарти для адитивного виробництва (огляд) / Т. М. Павлиго // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» / ред. кол.: В. Д. Рудь (гол. ред.); заст. гол. ред.: С. П. Шимчук. – Луцький національний технічний університет, 2023. – Вип. 76. – С. 16-28.
2. Габовда О. В. Адитивне виробництво на основі селективного електроннопроменевого плавлення / О. В. Габовда // Міжнародний науковий журнал «Освіта і наука» / ред. кол.: Т. Д. Щербан (гол. ред.); заст. гол. ред.: Jerzy Piwowarski; В. В. Гоблик. – Мукачево-Ченстохова: РВВ МДУ; Гуманістично-природничий університет ім. Яна Длугоша в місті Ченстохові, 2020. – Вип. 1(28). – С.11-15.
3. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку / Г. О. Андрощук // Наука, технології, інновації. – 2017. – № 1 (1). – С. 68-77.
4. Стратегія розвитку «Індустрія 4.0». URL: <https://www.industry4ukraine.net/publications/2-roky-strategiyi-industriya-4-0-v-ukrayini-rezultaty-ta-uroky-dlya-policy-makers/> (дата звернення: 12.03.2024).