

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАПРОВАДЖЕННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТОВОК**

**L.M. Danylchenko, Ph.D., Assoc. Prof.; D.L. Radyk, Ph.D., Assoc. Prof.**  
**FEATURES OF INTRODUCTION THE ADDITIVE TECHNOLOGIES  
IN WORKPIECES' MANUFACTURING PROCESSES**

Аддитивні технології є одним із найважливіших напрямків розвитку сучасних інженерних рішень, застосування яких розширює горизонти високотехнологічних інноваційних проєктів (в частині конструювання механізмів, вузлів, структурних моделей), що не можливо реалізувати з використанням традиційного інструментарію.

Змістовна сутність технологій адитивного виробництва полягає у з'єднанні шарів матеріалу для створення об'єктів з даних 3D-моделі, що концептуально відрізняє високотехнологічний виробничий процес від усталеного традиційного процесу оброблення матеріалів. Надійність деталей агрегатів машин залежить не лише від їх конструктивної міцності, опору циклічним і тривалим статичним навантаженням, але й від технології їх виготовлення, яка безпосередньо впливає на якість поверхневого шару деталі. У поверхневому шарі утворюються конструктивні та технологічні концентратори напружень, він зазнає впливу наклепу й внутрішніх залишкових напружень в процесі механічного оброблення. Тут основними факторами, які визначають якість поверхневого шару, є фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу, методи та режими механічного оброблення, геометрія різального інструменту, ступінь його затуплення й властивості мастильно-охолоджувальної рідини, зміцнення і захисні покриття [1]. Зважаючи на це, для виготовлення однієї складної деталі може знадобитися великий технологічний цикл, який включає в себе багато етапів. Кожен етап вимагає наявності певного обладнання. Велика кількість оброблювальних верстатів і пристроїв вимагають значних площ і кількість кваліфікованого персоналу. Аддитивні технології дозволяють скоротити виробничу лінію на одну установку та термін виготовлення складних деталей. В процесі «друку» моделей і деталей з'являється можливість вносити зміни в їх конструкцію. Для цього не доводиться заново виготовляти оснащення, ливарні форми або штампи, достатньо внести зміни в комп'ютерній моделі [2].

Окрім того, застосування адитивних технологій як інструментів механізму цифровізації в промисловості дозволяє не лише прискорювати процес виробництва, але й економити витрати на матеріали. Так, в основному, значна кількість деталей виготовляється з цілісної штамповки за допомогою функціонування багатокоординатних оброблювальних центрів, які виточують остаточний вигляд деталі, при цьому відходи дорогого металу є суттєвими. Тоді як в процесі застосування адитивних технологій коефіцієнт використання матеріалу заготовки (порошку) близький до 94-96%, і залишок порошку доцільно використовувати для виготовлення наступних заготовок. Поряд з уже переліченими перевагами адитивних технологічних рішень, відзначимо, що одним із показників високоякісного технічного виробу є кількість деталей, з яких він складається - чим менше деталей, тим більш досконалим він є. Тут адитивним технологічним шляхом забезпечується виготовлення монолітних деталей, що при традиційному підході можливо лише в форматі складових елементів.

В рамках дослідження вивчено можливість застосування адитивних технологій в машинобудуванні, їх технологічні особливості, перспективи застосування в процесі

виробництва деталей для промислового сектору. Виділяючи високу практичну значимість застосування даної технології, відзначимо також зниження витрат на виробництво комплектуючих частин агрегатів машин і відносна простота процесу виготовлення деталей. Процес виробництва комплектуючих елементів включає в себе скорочення комплектуючих частин створюваних вузлів і агрегатів, мінімізацію кількості технологічних операцій, не потребує додаткового обладнання. При автоматизації процесів виробництва деталей знижується працемісткість і термін виготовлення, вагові показники, відходи. Підвищується точність виготовлення деталей, уніфікується склад використовуваних матеріалів тощо. Розглядаючи генезис одержання заготовок адитивними методами, поняття «адитивні технології» є поєднанням підходів і методик, при яких вироби виготовляються, виходячи з даних цифрової моделі із застосуванням методу пошарового додавання матеріалу. Деталь формується шар за шаром шляхом затвердіння кожного шару згідно конфігураційних вимог перетину моделі, а також ступеня зчеплення всіх наступних шарів один із одним із застосуванням 3D-прінтерів.

Процеси 3D-друку металовиробів виникли при інтеграції знань з світу комп'ютерів, механіки та матеріалознавства. Розроблення більшості з них почалася в середині 90-х років із розвитком лазерних технологій. Хоч вони розроблялись різними інститутами, проте їх елементарні принципи практично однакові (рис. 1). При русі сопла 2 в напрямку 1 пучок променів лазера 3 плавить частки порошку 5 в зоні 6, в результаті чого отримують осаджений шар 4 на підкладці 7. Оскільки деталі отримують з рідкого металу шляхом розплавлення його і пошарового нанесення на підкладку, де він твердне, то деталь має всі ознаки виливки. При цьому метал плавлять не в печі, а на підкладці (рідше в потоці теплоносія) із затвердінням і охолодженням його, як правило, в захисній газовому середовищі за наявності більшості явищ і операцій, властивих ливарно-металургійним процесам. Механічні властивості отриманих таким методом деталей в статичних умовах не поступаються ковальсько-пресовим заготовкам.

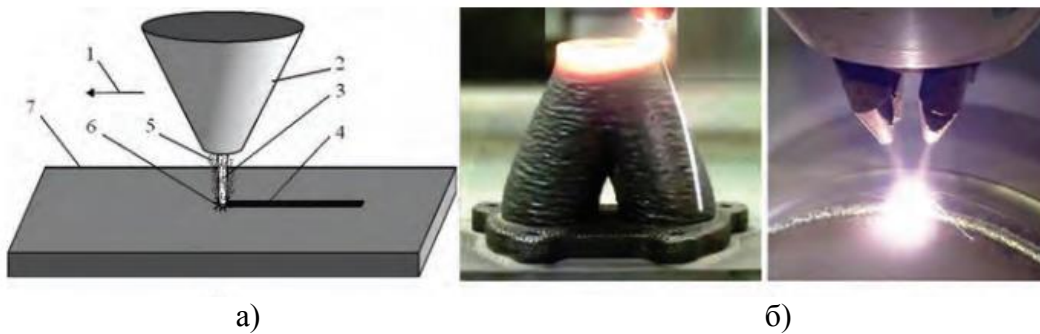


Рис. 1 - Спосіб 3D-друку металовиробів: а) принципова схема [3]:

1 – напрям руху; 2 – сопло осаджувача; 3 – пучок променів лазера; 4 – осаджений шар;  
5 – частки порошку; 6 – зона розплавлення; 7 – підкладка; б) приклади

### **Література:**

1. Radyk D., Dharan S. Investigation of 3D-technologies in casting technology manufacturing / Book of abstract of the IV International scientific and technical student's conference "Fundamental and applied sciences. Actual questions" 28th-29th of April 2021. – Ternopil: TNTU, 2021. – P. 119-120.
2. Danylchenko L., Shadrack O. Investigation of modern additive technologies of foundry equipment manufacturing / Book of abstract of the IV International scientific and technical student's conference "Fundamental and applied sciences. Actual questions" 28th-29th of April 2021. – Ternopil: TNTU, 2021. – P. 107-108.
3. Fan, Zhiqiang and Liou, Frank, «Numerical Modeling of the Additive Manufacturing (AM)», ed. A. K. M. Nurul Amin, Rijeka, Croatia, InTech, 2012, p. 3–28.