
Список літератури

1. Freeman R. E. Stakeholder Management: A Stakeholder Approach. Marshfield, MA: Pitman Publishing, 1984.

2. Toward a Theory of Stakeholder Identification and Saliency: Defining the Principle of Who and What Really Counts. Ronald K. Mitchell, Bradley R. Agle and Donna J. Wood // The Academy of Management Review Vol. 22, No. 4. Pp. 853-886

УДК 621.7.02

Юрій Миколайович ШМЕЛЬОВ,

кандидат технічних наук,

заступник директора коледжу з навчально-методичної та виховної роботи Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, м. Кременчук, Україна

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3942-2003>

АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АВІАЦІЙНІЙ ГАЛУЗІ

Під технологічним удосконаленням промисловості найчастіше розуміють створення нових або модернізацію існуючих процесів та операцій. Авіаційна промисловість з моменту свого зародження, перше десятиліття ХХ сторіччя, була локомотивом впровадження інновацій [1].

Сучасним інноваційним напрямком виробництва, що поступово захоплює світ є адитивні технології (Additive Manufacturing - AM).

Адитивне виробництво – це створення виробів, яке полягає у поетапному додаванні матеріалу на основу у вигляді плоскої платформи або осьової заготовки. У самому терміні «адитивність» (від лат. additivus - додається) закладено основний принцип цього процесу. Такий спосіб виготовлення також називають нарощуванням через пошарове створення виробу. AM - це досить молодий метод виготовлення виробів, який з'явився на початку 1980-их років та пройшов складний шлях від паперових моделей до повноцінних функціонуючих виробів з металу.

У 2021 році загальний ринок адитивних технологій склав 13,84 мільярда доларів США, з них 15 % відсотків припадає саме на авіаційно-космічну галузь, а з урахуванням прогнозів спеціалістів [2], що до збільшення щорічних обсягів виробництва на 20,8 %, актуальним є аналіз вже існуючих та пошук нових напрямків використання цих технологій.

AM-технології все частіше застосовують в авіаційному секторі промисловості. Одним із ключових критеріїв впровадження AM-технологій стало зниження витрат на виробництво комплектуючих частин авіаційної техніки (АТ).

Найбільш актуальними напрямками AM технологій, що зараз використовуються в авіації, є виготовлення деталей та елементів двигунів з композиційних матеріалів.

У класичних методах виготовлення авіаційних двигунів використовується

значна чисельність технологічних операцій (лиття, фрезерування, точіння, штампування та інші), основним недоліком яких є низький рівень коефіцієнту використання матеріалу при обробці складної геометрії поверхні, що може знижуватися до 0,15. Враховуючи, що вартість матеріалів, які використовуються, складає 150-200 доларів США за кілограм, то втрата становить 85 % при обробці, що суттєво підвищує вартість готового виробу.

Важливою особливістю АМ є створення складних геометричних форм деталей, які неможливо одержати традиційними методами. Ця перевага дозволяє застосовувати в авіації деталі із значно меншою вагою, що дозволяє конструкторам поліпшувати технічні характеристики проєктованих складальних одиниць, зменшити кількість елементів та знизити вартість їх виготовлення.

Також до переваг адитивного виробництва можна віднести те, що обладнання АМ здатне замінити значну кількість традиційного обладнання, необхідного до нього оснащення та скоротити кількість задіяного персоналу. Для традиційного ливарного виробництва адитивні технології дають нові можливості на шляху оптимізації витрат та підвищення рівня ефективності виробництва. Адитивне обладнання здатне виготовляти литникові системи, які сприяють найбільш рівномірному охолодженню металу, що веде до зменшення вірогідності і кількості дефектів та підвищення якості поверхні виливки.

Одним з головних викликів, що постає перед авіаційною галуззю це необхідність зниження маси деталей, зі збереженням її функціональності, що і викликає потребу у застосуванні сучасних композиційних матеріалів на різних етапах.

Найбільш поширена деталь літака, яку виготовляють з використанням АМ технологій, – повітропровід. Якісні повітропровідні системи виконують функцію циркуляції повітря, що забезпечує виконання двох цілей - безпекову (тиск в салоні літака) та комфорту (температура в салоні при виконанні тривалих перельотів).

Також з метою полегшення самої конструкції авіатранспорту ведеться пошук найоптимальніших шляхів виготовлення окремих елементів салонів пасажирського авіатранспорту з використання АМ технологій, таких як: кріплення, полиці, кронштейни та інші.

Найширше застосування АМ технології набули в прототипуванні та створенні дизайнерських зразків для авіаційної галузі при проведенні дослідницьких робіт. На різних етапах проведення науково-дослідницьких та дослідно-конструкторських робіт відбувається економія часу, зниження вартості виготовлення зразків, підвищення оперативності внесення змін до конструкції для отримання доопрацьованого зразка. З урахуванням рівня розвитку САПР робочі креслення створюються виключно з використанням САД/САМ програмного забезпечення, що здійснює оперативну передачу готової 3D-моделі на друк, тим самим мінімізуючи час і процеси на розробку технологічного процесу та підготовка до виробництва.

Європейська авіабудівна компанія Airbus, застосовуючи АМ технології,

виготовила понад тисячу деталей для пасажирського літака Airbus A350 XWB [3]. Корпорація використовує технологію FDM (Fused deposition modeling), якій властива гнучкість при виробництві об'ємних деталей, а також більш короткий термін при виготовленні та постачанні. Комплектуючі елементи пасажирського літака Airbus A350 XWB, надруковані матеріалом ULTEM 9085, відповідають всім необхідним технічним вимогам, які висуває компанія Airbus до якості деталей при виробництві авіатранспорту.

Застосування компаніями FDM-методу 3D-друку в авіабудівній галузі має динаміку зростання.

Відповідно до прогнозів аналітиків консалтингової компанії, авіабудування - це найперспективніша та передова галузь, де здійснюється впровадження адитивних технологій.

На підставі проведеного дослідження АМ технологій можемо виділити і їхні слабкі сторони. Міцність та шорсткість виробів із застосуванням адитивного виробництва відрізняються та поступають традиційному способу виготовлення. Головним чином це пов'язано з тим, що існують адгезійні властивості між шарами виробу. Також важливо враховувати при виробництві розміри матеріалів для АМ, гранули порошкових металів або діаметру філаменту, з яких планується друкувати деталь чи виріб. Чим менша за розміром деталь, тим більшими властивостями міцності вона буде володіти. З цього слід зробити висновок, що застосування деталей, виготовлених методом адитивного виробництва, можливе лише у вузлах, де потреба в міцності відповідає можливостям технологій. Однак при цьому необхідно усвідомлювати, що будь-яка промислова технологія потребує часу для свого планомірного розвитку та вдосконалення.

Асортимент матеріалів для застосування АМ технологій постійно динамічний та розширюється, але не всі вони можуть бути використані для авіаційного виробництва. Тому сьогодні стоїть важливе завдання щодо розширення спектру матеріалів, придатних для застосування у авіаційній галузі на етапі виробництва.

Список літератури

1. Шинкарук В., Ліповський В. Огляд основних тенденцій та факторів сучасного розвитку аерокосмічної галузі. *System Design and Analysis of Aerospace Technique Characteristics*. 2021. 28(1). С. 65-84. <https://doi.org/10.15421/472107>.
2. Габовда О.В. Аналіз сучасного стану гібридного адитивного виробництва та перспективи його впровадження в Україні. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія: Технічні науки. 2023. 34(73). С. 1-8.
3. Гречко О.М. Сучасні адитивні технології та 3D-друк. Огляд останніх досягнень в різних сферах людського життя. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. : Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика. Харків : НТУ «ХПІ». 2019. № 1. С. 63–75.