

**Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Житомирський державний технологічний університет
Технічний університет ім. Георгія Асакі, м. Ясси, Румунія
Університет Лінчопінга, Швеція
Департамент енергетики, транспорту та зв'язку Вінницької міської ради**

МАТЕРІАЛИ

**V-ої МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**“ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ”**

13-14 квітня 2017

MATERIALS

**OF V-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC PRACTICAL
INTERNET-CONFERENCE**

“PROBLEMS AND PROSPECTS OF AUTOMOBILE TRANSPORT”

ВНТУ, Вінниця, 2017

Павлова Ю. В.; Рулевська Т. Ф.; Колесніков В. О., к.т.н., доц.

ЗАСТОСУВАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

В роботі наведено деякі останні досягнення, що стосуються впровадження технологій пов'язаних з 3D друком в автомобільній галузі. Розглянуті адитивні технології, що дозволяють вирішувати складні завдання по відновленню зношених елементів штучних дорожніх виробів, створення деталей і нових об'ємних покриттів складної геометрії при значному зниженні вартості і тривалості виробництва. Для організації виробництва деталей і виробів складної форми з унікальним комплексом фізичних і механічних властивостей необхідна розробка широкого спектру порошкових матеріалів. Об'ємне лазерне наплавлення має великі перспективи для відновлення великогабаритних дорожніх виробів ПЕК, лопаток турбін, гребних і рульових валів морських суден, та у різних галузях автомобілебудування.

Постановка наукової проблеми. Адитивна технологія – порівняно молоде, але дуже популярне явище. Назва цієї технології відбувається від англomовного терміна Additive Manufacturing, що в буквальному перекладі означає «виробництво через додавання». Адитивна технологія означає метод виготовлення шляхом пошарового нарощування сировини. Найвідоміший приклад застосування адитивних технологій - популярні 3D-принтери. Всі види даних пристроїв працюють по технології пошарового синтезу. Адитивні технології виробництва здійснили революційний прорив у багатьох галузях - медичної, будівельної, конструкторської, машинобудівної, дизайнерської.

Метою статті є дослідження особливостей використання адитивних технологій в автомобільній галузі, аналіз позитивних і негативних сторін їх використання.

Аналіз досліджень проблеми. Зараз адитивні технології переживають період могутнього розвитку і повсюдної популяризації. Історично перша і точна адитивна технологія - стереолітографія. Це метод поетапного затвердіння полімеру за допомогою лазера. Цю технологію застосовують прототипуванні, при виготовленні макетів і елементів дизайну з високим рівнем деталізації. Селективне лазерне спікання - інноваційний метод затвердіння рідкого фотополімеру. Дана технологія дозволяє працювати з цементом, керамічної глиною, складними полімерами, металевим порошком.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування результатів дослідження. Сьогодні складно знайти галузь виробництва, де б не застосовувалися 3D-принтери: з їх допомогою виготовляються деталі літаків, космічних апаратів, підводних човнів, інструменти, протези і імпланти, ювелірні вироби та ін. Перспектива очевидна - адитивна технологія найближчим часом стане пріоритетною технологією машинобудування.

Провідні країни світу активно включаються в 3D-гонку. Так, в 2012 р в Янгстоуне, Огайо, відкрився Національний інноваційний інститут адитивного виробництва NAMII - перший центр адитивних технологій з п'ятнадцяти створюваних в США. Машинний парк інституту вже налічує 10 адитивних машин, три з яких є найсучаснішими машинами для створення металевих деталей.

Сфера застосування. Ринок адитивних технологій в динаміці розвитку випереджає інші галузі виробництва. Його середнє щорічне зростання оцінюється в 27% і, за оцінкою компанії IDC, до 2019 р складе 26,7 млрд доларів США в порівнянні з 11 млрд в 2015 р.

Однак АТ-ринку ще належить розкрити невикористаний потенціал в сфері виробництва товарів широкого споживання. До 10% коштів компаній від вартості виробництва товару витрачається на його прототипування. І багато компаній вже зайняли

даний сегмент ринку. Але інші 90% йдуть у виробництво, тому створення додатків для швидкого виготовлення товарів стане основним напрямком розвитку цієї галузі в майбутньому.

У 2014 р частка швидкого прототипування на ринку адитивних технологій хоча і зменшилася, залишалася найбільшою - 35%, частка швидкого виробництва виросла і сягнула 31%, частка в створенні інструментів залишилася на рівні 25%, решта припадала на дослідження і освіту.

Адитивні технології активно застосовуються в автомобільній галузі. Команда американського інженера Джима Корра, засновника Kor Ecologic, понад 15 років працює над проектом Urbee - першим прототипом 3D-автомобіля. Слід сказати, що на принтері надрукований лише кузов і деякі деталі - каркас авто металевий. Даний автомобіль розвиває невелику максимальну швидкість в 112 кілометрів, але володіє низьким лобовим опором завдяки дизайну корпусу і здатний проїжджати на електродвигуні близько 65 кілометрів. Адитивна технологія використовується і в прототипі американської компанії Local Motors, яка готує до масового виробництва свої електрокари. Прототипи компанії володіють сучасним дизайном, великим запасом ходу і штучним інтелектом.

Потенціал розвитку даних технологій дійсно високий і здатний на порядок прискорити розвиток наукового-технічного прогресу - наукові лабораторії за допомогою 3D-принтерів створюють інноваційні матеріали і тканини. Застосування адитивних технологій в промисловості дозволяє виробникам прискорити прототипування нових зразків і скоротити шлях від ідеї до реалізації. Перспективи розвитку галузі вкрай сприятливі. Фінансові аналітики пророкують ринку 3D-друку стрімке зростання.



Рис. 1 – Результат використання сучасних технологій

Адитивні технології в 2015 – 2020 роках. Згідно зі звітом Wohlers Report 2015 року, з 1988 по 2014 року в світі було встановлено 79 602 промислових 3D-принтера. При цьому 38,1% пристроїв вартістю понад 5 тис. Доларів США припадає на США, 9,3% - на Японію, 9,2% – на Китай, і 8,7% – на Німеччину. Решта країн світу знаходяться в значній відриві від лідерів. З 2007 по 2014 річний обсяг продажів настільних принтерів виріс з 66 до 139 584 пристроїв. У 2014 р 91,6% продажу припадало на настільні 3D-принтери і 8,4% – на промислові установки адитивного виробництва, прибуток від яких, однак, склала 86,6% від загального обсягу, або 1,12 млрд доларів США в абсолютному вираженні. Настільні машини задовольнялися 173,2 млн доларів США і 13,4%. З 2016 року очікується зростання продажів до 7,3 млрд доларів США, в 2018 р. – 12,7 млрд, в 2020 році ринок досягне 21,2 млрд доларів.

Спостерігається велика різноманітність в розмірах і застосовуваних технологіях. Наприклад, берлінська компанія BigRep виробляє величезний FDM-принтер під назвою BigRep ONE.2 за ціною 36 тис. євро, здатний друкувати об'єкти розміром до 900 x +1055 x 1100 мм з дозволом 100-1000 мікрон, двома екструдерами і можливістю використовувати різні матеріали.

Швидке прототипування. Під швидким прототипуванням розуміють створення прототипу виробу за максимально короткий термін. Воно входить в число основних застосувань технологій адитивного виробництва. Прототип - це прообраз виробу, необхідний

для оптимізації форми деталі, оцінки її ергономіки, перевірки можливостей складання і правильності компонувальних рішень. Ось чому скорочення терміну виготовлення деталі дозволяє значно скоротити час розробки. Також прототип може бути моделлю, призначеної для проведення аеро- і гідродинамічних випробувань або перевірки функціональності деталей корпусу техніки.

Швидке виробництво. Адитивні технології в автомобілебудуванні мають великі перспективи. Малосерійне виробництво виробів зі складною геометрією і зі специфічних матеріалів поширене в багатьох галузях. Безпосереднє вирощування виробів з металу тут мотивовано економічною доцільністю, так як цей спосіб виробництва виявився менш витратним. Із використанням адитивних технологій виробляють робочі органи турбін і валів, імпланти і ендопротези, запасні частини для автомобілів і літаків.

Розвитку швидкого виробництва сприяло і значне розширення числа доступних металопорошкових матеріалів. Якщо в 2000 роках налічувалося 5-6 видів порошків, то зараз пропонується широка номенклатура, що обчислюється десятками композицій від конструкційних сталей до дорогоцінних металів і жароміцних сплавів.

Перспективні і адитивні технології в машинобудуванні, де їх можна використовувати при виготовленні інструментів і пристроїв для серійного виробництва – вставок для термопласт-автоматів, прес-форм, шаблонів.

SCIAKY EBAM 300. Однією з кращих промислових машин адитивного виробництва є EBAM 300 компанії Sciaqu. Електронно-променева гармата завдає шари металу зі швидкістю до 9 кг на годину.

- розмір робочої камери - 5791 x 1219 x 1219 мм;
- тиск вакуумної камери - 1×10^{-4} Тор;
- споживана потужність - до 42 кВт при напрузі 60 кВ;
- технологія – екструзія;
- матеріал - титан і сплави титану, тантал, інконель, вольфрам, ніобій, нержавіюча сталь, алюміній, сталь, сплав міді з нікелем (70/30 і 30/70);
- максимальний обсяг - 8605,2 л;
- ціна - 250 тис. доларів США.



Рис.2 – Промислова машина для протипування EBAM 300 компанії Sciaqu

Застосування адитивних технологій у різних галузях автомобілебудування забезпечує:

- виготовлення складнопрофільних і унікальних деталей без використання механічних обробних верстатів і дорогої оснастки;
- підвищення рентабельності виробництва малої серії і ексклюзивних варіантів;
- усунення впливу «людського» фактора при виготовленні деталей: побудова деталі проводиться в повністю автоматичному режимі;

- зниження ваги деталей за рахунок зменшення товщини стінок, елементів, створення стільникових та інших структур (т. зв. біонічного дизайну);
- можливість створення комплексних, інтегрованих деталей за один технологічний цикл;
- відсутність в деталях ливарних дефектів і напружень;
- управління фізико-механічними властивостями створюваного виробу.

Вартість часу. 3D принтер виготовляє прототипи за кілька годин, а не місяців. Що дає змогу на порядок швидше приймати рішення про доопрацювання конструкції або запуску виробу в серію. Очевидно, чим менше часу потрібно для конструкторських робіт, тим нижче вартість розробки всього проекту. Більш того, в умовах зростання конкуренції, тільки швидке виведення нових виробів на ринок забезпечує максимальний попит з боку споживачів.

Ціна помилки. За допомогою функціонального прототипу можна з більшою ймовірністю виявити помилки в конструкції на етапі проектування. Виправлення помилки, поміченої пізніше на етапі виробництва, обійдеться в сотні і тисячі разів дорожче.

2015 рік можна по праву вважати одним з найбільш успішних для друку автомобілів. Нижче представлені кращі досягнення з цієї сфери.

Почнемо з одного з найбільш досвідчених у справі «3D-автомобіля» компаній – американської KorEcologic, яка була заснована інженером Джимом Кором.



Рис. 3 – Виготовлення кузова майбутнього автомобіля

Його команда працює над проектом Urbee уже більше 15 років і досягла непоганих результатів. У 2013-му фірма анонсувала перший прототип і незабаром представила саму машину, що отримала ім'я Urbee 2. Це була гібридна модель з кузовом і деякими деталями інтер'єру, надрукованими на 3D-принтері за технологією FDM, однак силова структура тут інша – в основі машини лежить металевий каркас. Urbee 2 не вражає максимальною швидкістю (112 кілометрів на годину), проте володіє фантастично низьким коефіцієнтом лобового опору (0,149) і здатний проїжджати виключно на електротязі майже 65 кілометрів.



Рис. 4 – Готовий автомобіль

Незабаром фірма обіцяє встановити світовий рекорд економічності — перетнути на Urbee 2 США з сходу на захід, пройшовши шлях від Нью-Йорка до Сан-Франциско (понад 4500 кілометрів) на 38 літрів біопалива.

Американська компанія LocalMotors, яка у вересні 2014 презентувала свій перший надрукований на 3D-принтері електрокар (готовий до масового виробництва) під назвою «Strati», вже через рік, на початку листопада 2015, представила на міжнародній виставці SEMA в Лас-Вегасі модель автомобіля нового покоління.



Рис. 5 – Автомобілі нового покоління

Електромобіль LM3D Swim, який покликаний стати «безпечним, розумним і стійким» транспортним засобом, був сконструйований менш ніж за чотири місяці з дня затвердження його дизайну. Як повідомляє виробник, приблизно 75% відсотків його деталей виготовлено з допомогою технологій тривимірної друку, а в майбутньому цей показник компанія планує довести до 90%.



Рис. 6 – Автомобіль виготовлений за новими технологіями

Представниками LocalMotors зазначається, що її інженери постійно знаходяться в пошуку нових видів компонентів для адитивного виробництва, а в якості матеріалів для виготовлення LM3D Swim використовується суміш з 80% АБС-пластику і 20% вуглеволокна.

Висновки. Комплексне вирішення проблеми застосування та впровадження адитивних технологій для автомобілебудування надалі залишається актуальним та потребує оптимального врахування технічних, технологічних та організаційно-економічних аспектів. Властивості різних матеріалів, використовуваних в адитивному виробництві, дають переваги

і нові компромісні рішення для виготовлення деталей. В даний час ведуться дослідження питання застосування в адитивному виробництві нових сплавів, які зможуть забезпечити додаткові переваги. Адитивні технології є дуже перспективними для автомобільній галузі.

Список літературних джерел

1. Колесніков В. О. Перспективи використання 3d принтерів / В. О. Колесніков, Я. В. Коровін, Е. Савченко // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 квітня 2012 р. – С. 338-341.
2. Гутько Ю. І. Використання адитивних технологій та технологій прототипування у ливарному виробництві / Ю. І. Гутько, Р. Бер, В.О. Колесніков // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів Європи та СНД" 26 травня. 2014 р.68 -71 с.
3. Гутько Ю. І. Технологии прототипирования в литейном производстве / Ю. И. Гутько, Р. Бер, В. А. Колесников // Нові матеріали і перспективні технології, охорона праці і професійна освіта Матеріали Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю 4 квітня 2014 року, м. Луганськ. – 10-11 с.
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.printcad.ru/primeneniya-3d-printerov/mashinostroenie.html>.
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.renishaw.com/empirecycles>.

Павлова Юлія Вікторівна – бакалавр кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Рубіжне

Рулевська Тетяна Федорівна – магістрант кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ

Колесніков Валерій Олександрович – к.т.н., м.н.с. сумісник лабораторії водневої стійкості конструкційних сплавів відділу фізичних основ руйнування та міцності матеріалів в агресивних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України; доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Старобільськ