

УДК 621.7

А. В. Гагалюк, канд. техн. наук, І. Ю. Фесина, Т. Г. Зазуляк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ SLM – ДЕТАЛЕЙ У ВЕРСТАТОБУДУВАННІ

A. V. Gagalyuk, Ph.D, Sen. Lecturer, I. Yu. Fesyina, T. G. Zazulyak

PERSPECTIVITY OF APPLICATION OF SLM – PARTS IN MACHINE TOOL CONSTRUCTION.

Верстатобудування є достатньо консервативною галуззю виробництва. Впровадження новітніх або експериментальних технологій не завжди доцільне, а іноді вкрай необхідне. Інертність до впровадження новітніх технологій щодо виготовлення самих верстатів пов'язана з високою вартістю та трудомісткістю виробництва. Разом з тим верстатобудування є також і достатньо металомістким виробництвом. Історично так склалося, що всі передові технології в інших галузі виробництва приходять з аерокосмічної галузі. Не виключенням є SLM (Selective laser melting).

Це метод лазерного пошарового спікання порошку по попередньо створених 3D моделях. Суть його полягає в тому, що з 3D моделі деталі за допомогою алгоритму створюються поперечні січення з кроком 2 мкм і лазер спікає порошок. Таким чином ми отримуємо наплавлену модель. По суті це є друкування деталі. У якості порошку донедавна використовували INCONEL 718. Це жароміцний, корозійностійкий сплав на основі нікелю, хрому, молібдену. Сімейство цих сплавів використовують в аерокосмічній галузі. Оскільки сплав зберігає міцність в широкому проміжку температур, тому його використовують там де сталь і алюміній не підходять. Проте він має і недоліки, а саме схильний до наклепу при механічному обробленні, а щодо зварювання INCONEL 718 джерела суперечать одне одному. В дослідженнях українського вченого [1] описано характеристики дослідних зразків з цього сплаву. Німецька компанія APWORKS (група Airbus) запатентувала порошок Scalmalloy – це алюмінієво (Al) – магнієво (Mg) – скандієвий (Sc) порошок з унікальною мікроструктурою, міцністю та пластичністю, який можна використовувати на всіх SLM – машинах. Scalmalloy має дуже добру зварюваність, корозійна стійкість, низький коефіцієнт теплового розширення, стійку мікроструктуру при високих температурах до 250°C, відмінні характеристики для звичайного процесу обробки тощо. Його також використовують в аерокосмічній галузі, зокрема для друкування перегородки салону літака Airbus 380 (співпраця з Autodesk) та кронштейна супутника Eurostar 3000. У табл. 1 наведено характеристики Scalmalloy порівняно з аналогічними матеріалами.

Таблиця 1. Порівняльні характеристики матеріалів

	AlSi10Mg	Scalmalloy	Ti6Al4V	СЧ30
Границя текучості, $\sigma_{0,2}$, МПа	230	470	1020	240
Границя розтягу, МПа	350	520	1070	100-350
Питома міцність, МПа	131	195	243	
Видовження при розриві (%)	6	13	14	9,6
Твердість по Віккерсу	119	180	320	~243
Густина, г/см ³	2,67	2,67	4,41	7

В таблиці 1 наведено характеристики чавуну СЧ30 – основного матеріалу для виготовлення станин та інших несучих частин верстатів. За своїми характеристиками чавун є крихким, а не пластичним матеріалом, тому порівняння може здатися недоречним. Проте є певні властивості наведених сплавів, які майже відповідають

чавуну.

Компанія Directed Manufacturing виготовила (2013 р.) і випробувала інжектор ракетного двигуна (РД). Ця подія мала вагоме значення в галузі SLM, оскільки це був найбільший 3D-друкований компонент РД (табл.2), що складався з двох частин, в той час як схожі інжектори складалися з 115 деталей, причому витримав збільшення тяги в 10 разів.

Таблиця 2. Порівняльні характеристики виготовлення ракетного інжектора

Параметри	3-D друк методом SLM	Традиційні способи обробки
Термін виготовлення деталі	3 тижні (з них 40 годин на виготовлення)	6 місяців
кількість компонентів деталі	1 частина	4 частини
Кількість спаяних (зварних) з'єднань	0	5 спайок
Вартість деталі	\$5 тис.	\$10 тис.

З 2011 року наукові розробки багатьох металознавців спрямовані на виготовлення порошків, а кількість їх виробників у 2017 році складала 32, а полімерних – 23. За даними [2] 2012-2013 років зафіксовано зростання попиту SLM обладнання на 76%, а в щорічній доповіді компанії Gartner за даними 2016 року ринок складав \$13,2 млрд. на основі якого було зроблено прогноз на 2020 рік щодо збільшення ринку 3D – друку до \$29 млрд. Загалом щорічний приріст склав 22,3%. Згідно статистики [3] IDC Worldwide Semiannual 3D Printing Spending Guide в 2016 році максимальний дохід від застосування припав на автомобілебудування - \$3,9 млрд. і авіакосмос - \$2,4 млрд.

Очевидно, що дана технологія створює нові перспективні можливості для виготовлення деталей, проте SLM машини не замінять використання верстатного обладнання. Принаймні в найближчому майбутньому. Навіть у деталях виготовлених наплавленням є поверхні, яким необхідно забезпечити відповідну шорсткість, що можна виконати лише на металорізальних верстатах. Проте у розрізі співвідношення «маса деталі – міцність», SLM метод, на сьогодні є найкращим з досягнень.

Цілком реально, що SLM метод міг би мати майбутнє у виготовленні верстатів, що могло б забезпечити зменшення ваги, навіть до 20%. Проте головною характеристикою верстата є точність, яка залежить від багатьох факторів, зокрема від вібрацій. Тому основним матеріалом для виготовлення несучих частин верстатів залишається чавун, який попри свою вагу добре гасить вібрації та коливання. Враховуючи, що життєвий цикл металообробного обладнання складає 20 років [3], то в класичній компоновці верстатів найближчим часом нічого не зміниться, адже виготовлення комплектуючих методом спікання є невиправдано дорогими, допоки SLM принтери не стануть доступнішими.

Література

1. Чумаков Д.М. Перспективы использования аддитивных технологий при создании авиационной и ракетно-космической техники. *Труды МАИ*. 2014. № 78. URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=53682>
2. Аджамский С. В. Реализация SLM - технологии для изготовления образцов из жаропрочного сплава INCONEL 718, применяемого в авиационно-космической технике. *Авиационно-космическая техника и технология*. 2019. № 2. С. 69–75. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit_2019_2_11.
3. Н.М.Максимов. Мировой рынок аддитивных технологий. *Аддитивные технологи*. – 2017. №2. С. 16 – 23. URL: <https://additiv-tech.ru/publications/mirovoy-rynok-additivnyh-tehnologiy.html>