

## АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07113 - «Аддитивное производство»

### **БАЗАРБАЙ БАУЫРЖАН БАКЫТБЕКҰЛЫ**

**на тему: «Научные и технологические основы изготовления высококачественных изделий комплексной экструзионно-аддитивной технологией из металлополимерных порошковых материалов»**

**Актуальность.** Строгое соблюдение технологического режима литейного цикла и стабильность процесса позволяют производить различные высококачественные изделия из порошковых материалов, применяемых в различных отраслях промышленности. Однако, для изготовления изделий с использованием технологии литья под давлением необходимо использовать сложные по конструкции формы, более того, изготовление каждой новой детали требует проектирования и изготовления специальных форм, что является источником значительных финансовых затрат.

В этой связи, для устранения недостатков действующей технологии для производства металлоизделий сложной формы с высоконаполненными металлополимерными композициями, проводились исследования на пресс-установке для 3D-принтера с изучением технологических основ 3D печати и спекания продукта.

3D печать в последнее время находит активное применение в различных отраслях экономики, а исследования в этой сфере постоянно совершенствуются. Значительное влияние на качество изделий, получаемых с помощью аддитивных технологий, оказывают исследования по изучению и дальнейшему совершенствованию 3D-печати для получения изделий высокого качества, что, несомненно, является актуальным.

**Цель работы.** Исследование и разработка конструкции прессовой установки для выпуска филамента, пресованного из металлополимерных композитных гранул, с изготовлением 3D-печатной модели из нити, разработанной на прессовом устройстве (ПУ), и исследование изменения ее структуры путем обжига, спекания и улучшения качества.

**Научная новизна работы определяется следующими результатами:**

- На основе физического моделирования, а также экспериментальных исследований выявлены оптимальные режимы обработки филамента;
- Определены значения напряженно-деформационного состояния (НДС) ПУ, обеспечивающие ее устойчивое функционирование;
- Определены режимы 3D-печати, позволяющие получать металлополимерную композитную нить для изделий, не уступающих по свойствам литьевым;

- Установлено влияние технологических параметров с помощью обжига и спекания для удаления связующих в составе образца, изготовленного с помощью 3D-печати.

**В соответствии с поставленными целями сформулированы следующие задачи:**

- Произвести анализ структурных свойств металлополимерного композитного материала для изготовления металлополимерной композитной нити;
- Разработать конструкторскую документацию нового ПУ;
- На основе компьютерного моделирования спроектировать ПУ и рассчитать ее геометрические размеры;
- С помощью имитационного и физического моделирования рассчитать прочность и твердость основных деталей и узлов ПУ;
- С помощью интегральной системы компьютерного моделирования MSCNastran рассчитать НДС основных узлов ПУ;
- Разработать программу по определению основных параметров 3D-печати с использованием металлополимерных композитных филаментов, и обжигу и спеканию изделий, а также исследовать твердость спеченных изделий.

**Положения, выносимые на защиту:**

- Уплотнение прессованного металлополимерного композитного материала на 5-7%, в составе нити из порошков нержавеющей стали, изготовленной на основе смешанного сжатия расплавленного сырья на новой ПУ;
- Создана программа для определения параметров печати на 3D принтере нитей из металлополимерного композита, основанных на улучшении качества образца;
- Обжиг и спекание образцов, распечатанных на 3D-принтере с металлополимерной композитной нитью, снижающих параметры удаления связующего до 2-4%;
- Получение спеченных образцов, имеющих уменьшение по объему до 13% относительно первоначального объема исходного образца.

**Апробация результатов исследования.**

Основные положения и научные результаты обсуждены на международных научно-практических конференциях и опубликованы материалы конференции:

1. Анализ метода изготовления филамента по технологии FDM из высоконаполненного металлополимерного композитного материала для МИМ-технологии. Конференция «Сатпаевские чтения – 2021». 2, 2021, ст. 636-641, ISSN: 978-601-323-246-1.

**Вклад диссертанта в подготовку публикаций.** В процессе подготовки диссертационной работы опубликовано 5 статей в журналах, индексируемых в базе данных Scopus и Web of Science, и 3 научные работы, входящие в список статей в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Работы в журналах, входящих в базы Scopus и Web of Science:

1. The stress-strain state (SSS) calculation of heavy loaded elements of a new-designed pressing device (PD) (article). *Metalurgija*. 61, 1, 2022, pp.250–252, ISSN: 0543-5846, (Metals and Alloys), Процентиль: 37.

2. Development of the design and technology of extrusion of metal-polymer mixtures for the production of feedstocks (article), *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4/1, 118, 2022 pp. 23–33, ISSN: 1729-3774, (Engineering), Процентиль: 46.

3. Investigation of the effect of thermal post-treatment on density and hardness of a green part printed with FFF technology (article), *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 57, 6, 2022, pp.1258–1266, ISSN: 1314-747, E-ISSN:1314-7978, (Engineering), Процентиль: 38.

4. Modeling of stress-deformed conditions of heavy loaded elements of new equipment of metal injection molding technologies (article), *Metalurgija*. 60, 3-4, 2021, pp. 317–320, ISSN: 05435846, (Metals and Alloys), Процентиль: 37.

5. Development of technological basis of 3d printing with highly filled metal-poly-dimensional compositions for manufacture of metal products of complex shape (article), *Metalurgija*. 60, 3-4, 2021, pp. 355–358, ISSN: 05435846, (Metals and Alloys), Процентиль: 37.

Список статей в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан:

1. Investigation of Methods for Removing Polymers of a Sample Printed with a Metal-polymer Composite Material in Additive Manufacturing (article), *Труды университета. Раздел «Машиностроение. Металлургия»*. 3, 88, 2022, стр. 23-28.

2. Analysis of a new filament making mel pressing device (article), *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Series of geology and technical sciences*. 4, 454, 2022, pp. 6–15, ISSN: 2224-5278.

3. Computer modeling and verification of mechanical properties of metal-polymer composite materials used in the technological process of layer-by-layer growing of parts used in the technological process of layer-by-layer growing (article), *BULLETIN of L.N. Gumilyov ENU. Technical Science and Technology Series*. 2, 139, 2022, pp. 72–85, ISSN: 2616-7263, eISSN: 2663-1261.

**Монография.** В результате подготовки диссертационной работы издана 1 монография:

1. Прогрессивные методы обработки материалов давлением. УДК 669:621.7, ББК 34.39, П 78, 2022, ISBN 978-601-228-473-7. (Печатный и Электронный).

**Патенты.** Получен 1 патент на изобретение:

1. «Непрерывное прессовое устройство для изготовления длинномерных профилей из порошковых материалов». Патент на изобретение № 35634, 2020/0905.1, 01.07.2022.

Диссертационная работа осуществлена в рамках выполнения проекта грантового финансирования AP08857034 «Разработка новой конструкции

прессового устройства и камеры с газодинамической установкой с программным управлением для изготовления аддитивной технологией изделия высокого качества». Результаты исследования внедрены в производство на предприятии ТОО «Жакен Калша».

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения. Содержит: 103 страницы текста, 57 рисунков, 17 таблиц, 96 библиографических источников, 5 приложений.