

5. Автоматический выбор наибольших весовых оценок и соответствующих им альтернатив  $X_{ij}$ .

Реализация разработанного метода и алгоритма на конкретных примерах проектирования гидроблоков управления позволяет проверить эффективность и целесообразность. Это позволяет провести эксперименты для оценки качества и надежности разработанных решений. Получить сбор и анализ данных о производительности гидроблоков в условиях реальной эксплуатации и при необходимости произвести корректировку метода и алгоритмов на основе полученных данных, что обеспечит постоянное совершенствование процесса проектирования.

**Заключение.** Применение философских категорий «Часть и целое» в процессе формирования структурных решений для гидроблоков управления позволяет систематизировать подход к проектированию и оптимизации.

**Благодарность.** Выражаю признательность и благодарность научному руководителю Пинчуку Владимиру Владимировичу, профессору, к.т.н., доценту кафедры «Нефтегазоразработка и гидропневмоавтоматика» за консультацию и помощь при проведении данного исследования.

#### Список литературы

1. Пинчук В. В., Проектирование унифицированных функциональных блоков / В. В. пинчук, Н. В. кислов // Весті Нацыянальнай акадэмп навук Беларусі. Серія фізіка-тэхнічных навук. – 2001. – № 2. – С.63–67
2. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. - / Д.Н.Попов, В.К. Асташев, А.Н. Густомясов и др. - М.: Машиностроение, 2012. — 304 с.
3. Пухов А.С. Синтез решений при создании автоматизированных технических объектов: Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. И доп. - Курган: Изд-во Курганского гос. у-та, 2006. -142 с.
4. Рудченко Ю.А., Кроль Д.Г., Зализный Д.И., Лымарь, О.В. Определение возможных причин повреждения кабельных муфт в системе электроснабжения электропогружных установок / Ю. А. Рудченко [и др.] // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 3.— С. 36-43.
5. Михальченко, А. А. Влияние режимов 3D-печати термопластами на прочностные свойства изделий / А. А. Михальченко, А. Б. Невзорова, И. Б. Одарченко // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого : научно-практический журнал. – 2023. – № 1.— С. 31—40.

УДК 621.9.048.4

### АНАЛИЗ РАЗМЕРОВ И ФОРМЫ ЧАСТИЦ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Невзоров М.В. (аспирант)

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

*Ключевые слова: металлические порошки, термическое напыление, покрытия; напыление*

**Актуальность.** Металлические порошки – это высокотехнологичные материалы, используемые не только для изготовления прецизионных металлических деталей с широким спектром эксплуатационных характеристик, но и для нанесения на поверхность детали при ее упрочнении или восстановлении [1, 2]. Практически любой металл может быть превращен в порошок с помощью таких процессов, как распыление, электролиз, химическое восстановление и измельчение по крупности (измельчение в порошок) [3]. Выбор метода производства определяется на основе анализа затрат, поставок сырья и распределения частиц по размеру и форме, что наиболее благоприятно сказывается на производительности оборудования [4].

**Цель работы** – провести сравнительный анализ размеров и формы металлических порошков, используемых в процесс лазерного напыления на металлические поверхности деталей нефтепромыслового оборудования.

**Результаты работы.** Металлический порошок обычно представляет собой совокупность металлических частиц размером менее 1 мм, и не существует единого стандарта для определения интервала размеров частиц. Обычно используется следующая градация: частицы размером 1000~50 мкм — это обычный порошок; 50~10 мкм — это мелкий порошок; 10~0,5 мкм — это очень мелкий порошок; <0,5 мкм — это ультрамелкий порошок; 0,1~100 нм — это нанопорошок.

Каждая частица порошка может быть кристаллом или несколькими кристаллами в зависимости от типа металла, размера частиц и способа получения (рисунок).

**Влияние размера и формы частиц.** Распределение металлических частиц по размерам и форме влияет на поведение порошка во время заполнения формы, прессования и спекания и, следовательно, влияет на физические свойства напыляемых покрытий и их адгезию к поверхности детали. Сферические или иным образом округлые частицы предпочтительнее из-за текучести порошка и улучшенного уплотнения, что позволяет получить конструктивно прочные поверхности на детали. Более крупные и сферические частицы уменьшают трение между частицами, что является основной проблемой при нанесении покрытий термическими способами [4]. В настоящее время на рынке используются порошки со средним диаметром от 0,8 до 3,0 мкм. Более мелкие наноразмерные порошки обладают повышенной твердостью и прочностью. С другой стороны, более крупные частицы могут значительно снизить эксплуатационные характеристики продукта. Размер и форма частиц влияют на объемный расход и количество материала, подаваемого для напыления [5].

I

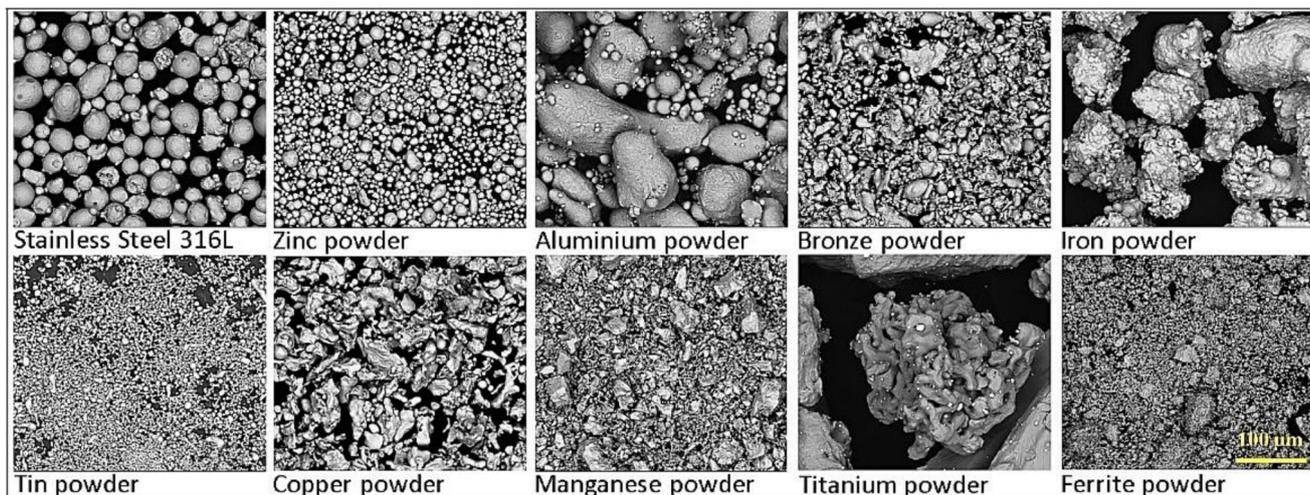


Рисунок – Микроструктура металлических порошков (<https://www.mdpi.com/2075-4701/8/4/255/xml>)

**Заключение.** Таким образом, сравнительный анализ размеров и формы металлических порошков, используемых в процессе лазерного напыления на металлические поверхности показал, что необходимо учитывать характеристики исходных порошков, включающих форму и распределение частиц по размерам, текучесть и химический состав, а также технологические способы термической обработки образцов для получения необходимой структуры и свойств формируемых покрытий.

Благодарю научного руководителя Петришина Г.В., к.т.н., доцента, проректора по учебной работе ГГТУ им. П.О. Сухого за консультацию при подготовке данной работы.

#### Список литературы

1. Ильющенко А.Ф. Исследование характеристик специальных порошков и материалов, полученных методом селективного лазерного сплавления / Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. 2018. Т. 63, № 2. С. 150–160.
2. Ольт Ю., Максаров В.В., Петришин Г.В., Пантелеенко Е.Ф., Лискович М.И. - Магнитно-абразивная обработка труднообрабатываемых материалов новыми диффузионно-легированными материалами СТИН. – 2023. – №1. – С. 22–25.
3. Буйкус К.В., Григорьев С.В., Оковитый В.А., Саранцев В.В., Снарский А.С., Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В., Пантелеенко Ф.И., Ки Йонг Чой. Упрочнение и восстановление поверхностей деталей: лабораторный практикум: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по металлургическим и машиностроительным специальностям. – Минск : БНТУ, 2010. –342 с.
4. Пантелеенко Е.Ф., Петришин Г.В. Функциональные покрытия из дисперсных металлических отходов / Е.В. Пантелеенко, Г.В. Петришин // [Иновации В Машиностроении \(Инмаш-2015\)](#) : Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции. Кемерово, 23–25 сентября 2015 года – Кемерово, 2015. С.355–360.
5. Петришин, Г.В. Износостойкие гетерогенные покрытия из борированных наплавочных материалов на основе отходов стальной дроби, нанесенные магнитно-электрическим методом: дисс. ... канд.техн.наук: 05.02.01 / Г.В. Петришин; ГГТУ им. П.О. Сухого. – Гомель, 2006. – 178 с.