

**Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»**

МРНТИ 62.076.26

УДК: 621.762.06

П.Л. Цыба

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан**(E-mail: p.syba@tttu.edu.kz)***Порошковая металлургия: новые материалы и методы их получения**

Статья посвящена анализу современных достижений в области порошковой металлургии, а также исследованию новых материалов и методов их получения. Рассматриваются инновационные подходы к синтезу металлических и композиционных порошков, включая механическое легирование, газо- и плазмофазные методы, а также аддитивные технологии. Особое внимание уделяется разработке материалов с улучшенными механическими, термическими и коррозионными свойствами, которые находят применение в авиационно-космической промышленности, медицине и энергетике. Описаны перспективы использования нанопорошков и их влияние на микро- и наноструктуру конечных изделий. Сделан вывод о ключевой роли порошковой металлургии в создании инновационных материалов для высокотехнологичных отраслей.

*Ключевые слова.* порошковая металлургия, металлические порошки, нанопорошки, композиционные материалы, механическое легирование, аддитивные технологии, синтез порошков, наноструктура, высокотехнологичные отрасли.

*Введение*

Порошковая металлургия представляет собой совокупность процессов, включающих получение металлических порошков, их обработку и формирование в изделия. Этот метод отличается высокой экономичностью и экологичностью, так как позволяет минимизировать отходы производства. Основные этапы включают:

1. Получение порошков.
2. Компактирование порошков в заданную форму.
3. Спекание, обеспечивающее плотность и прочность изделия.

Основное преимущество порошковой металлургии заключается в возможности получения изделий сложной формы и специальных материалов с уникальными свойствами, таких как высокотемпературные сплавы, магнитные материалы и пористые структуры [1].

Порошковая металлургия является одним из наиболее перспективных направлений в современной металлургии, предоставляющим широкие возможности для создания материалов с уникальными свойствами. Этот метод позволяет получать изделия высокой точности и качества, которые невозможно произвести традиционными способами. Благодаря порошковой металлургии открываются новые горизонты в таких отраслях, как авиация, космическая промышленность, медицина, автомобилестроение и энергетика.

Порошковая металлургия изучалась многими учёными, которые внесли значительный вклад в развитие этой области. Например, А. Е. Шипов в своих трудах рассмотрел особенности механического легирования, что позволило улучшить однородность и физико-механические свойства порошков. Дж. Синклер посвятил свои исследования плазменным методам получения порошков, что дало возможность создавать материалы с высокой чистотой и контролируемой структурой. И. В. Головин изучал нанопорошки, которые позволяют достичь улучшенных свойств конечных изделий за счёт их наноструктурированности. Эти работы стали основой для развития новых технологий и методов в порошковой металлургии [2].

## Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

### Методы и материалы

Порошковая металлургия включает широкий спектр технологий, основанных на использовании металлических порошков. Эти методы позволяют создавать материалы с высокой плотностью, однородностью и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Рассмотрим ключевые аспекты данного направления, включая современные методы получения порошков.

Основное преимущество порошковой металлургии заключается в возможности получения изделий сложной формы и специальных материалов с уникальными свойствами, таких как высокотемпературные сплавы, магнитные материалы и пористые структуры. Это делает порошковую металлургию незаменимым инструментом для создания компонентов с точными геометрическими параметрами и улучшенными эксплуатационными характеристиками. Технологии порошковой металлургии активно используются для производства деталей, которые работают в экстремальных условиях, таких как турбины, компоненты двигателей и термостойкие покрытия, что особенно важно в высокотехнологичных отраслях, таких как авиация и космическая промышленность [3].

Современные методы порошковой металлургии значительно расширили свои возможности. В настоящее время используется ряд инновационных подходов, которые включают методы, такие как механическое легирование, газофазные технологии, плазменные и аддитивные технологии. Эти методы позволяют не только получать порошки с заданными свойствами, но и эффективно контролировать процесс синтеза и форму частиц, что открывает новые горизонты для создания материалов с ранее невозможными характеристиками. Например, методы аддитивного производства (3D-печати) позволяют изготавливать изделия сложной формы с минимальными отходами материала, что значительно снижает себестоимость и увеличивает производственные возможности.

На рисунке 1 представлены современные методы получения порошков и их доля использования. Механическое легирование занимает лидирующую позицию (30%), за ним следуют газофазные методы (25%) и плазменные технологии (20%). Аддитивные технологии и химические методы также играют значительную роль, составляя 15% и 10% соответственно. Это иллюстрирует распределение ключевых подходов в порошковой металлургии и их значение в современных высокотехнологичных отраслях.

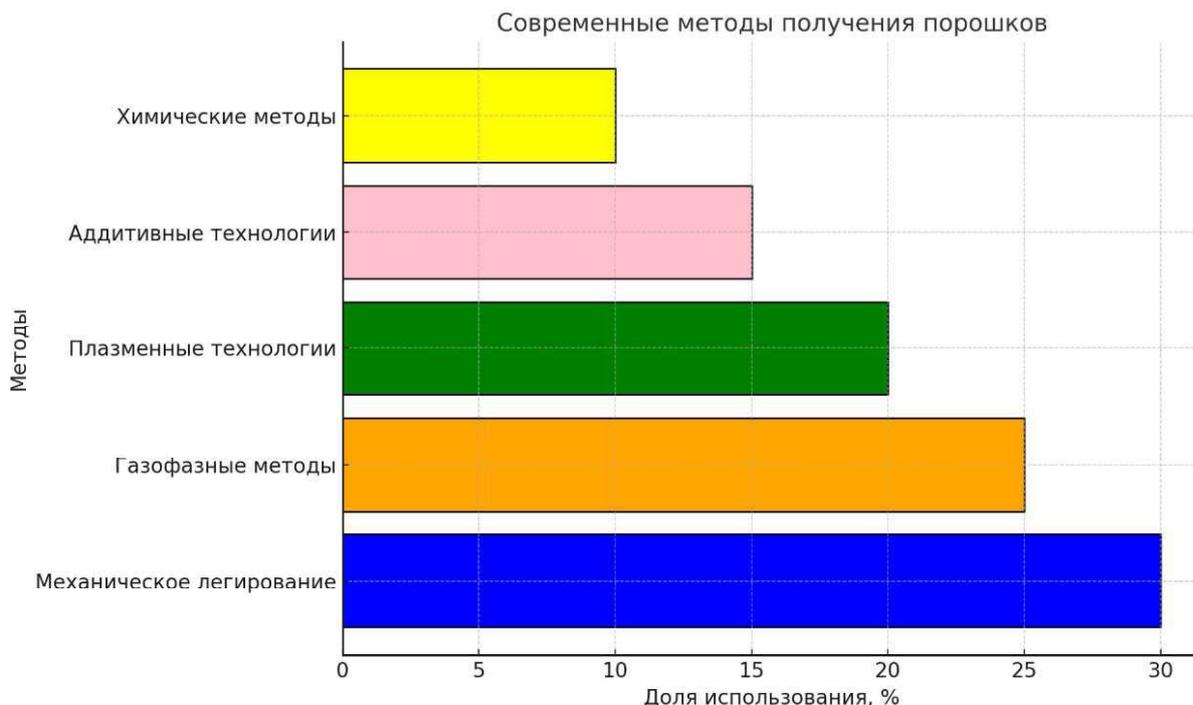


Рисунок 1. Современные методы получения порошков

На рисунке 2 представлено распределение современных методов получения порошков в порошковой металлургии.

## Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

Распределение методов получения порошков в порошковой металлургии



Рисунок 2. Распределение методов получения порошков в порошковой металлургии

Выводы к графику:

1. Механическое легирование занимает лидирующую позицию (30%) благодаря своей универсальности и сравнительно невысокой стоимости. Этот метод широко используется для получения порошков с высокой однородностью.

2. Газофазные методы (25%) активно применяются для синтеза ультрадисперсных порошков, которые находят применение в высокотехнологичных отраслях.

3. Плазменные технологии (20%) обеспечивают получение порошков с высокой чистотой и контролируемым размером частиц, что важно для авиационной и медицинской промышленности.

4. Аддитивные технологии (15%) играют ключевую роль в производстве порошков для 3D-печати, что способствует созданию изделий сложной формы.

5. Химические методы (10%) остаются экономически выгодным подходом для массового производства металлических порошков.

Эти данные подчеркивают значимость каждого метода в зависимости от его применимости и экономической целесообразности

На рисунке 3 представлено распределение применения порошковой металлургии в различных отраслях.

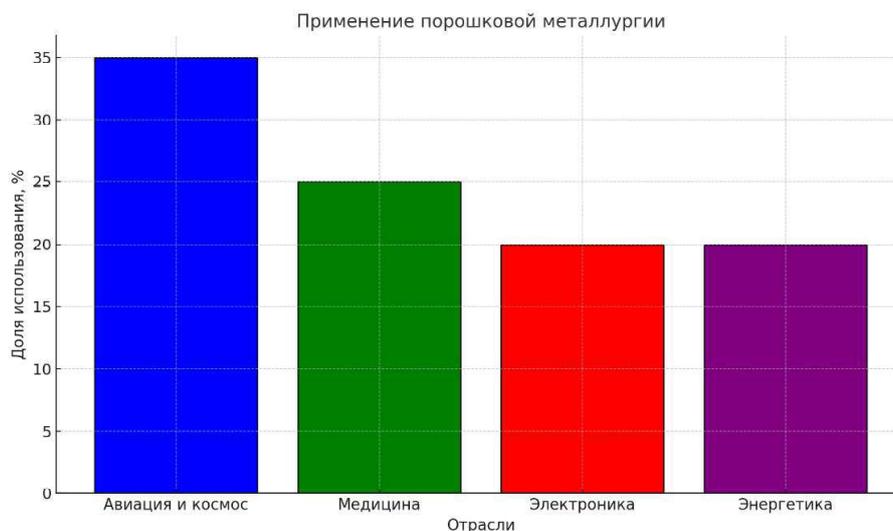


Рисунок 3. Применение порошковой металлургии

Выводы к графику:

## **Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»**

1. Авиация и космос занимают ведущую долю (35%) благодаря требованиям к высокопрочным и легким материалам, которые могут быть получены методами порошковой металлургии.

2. Медицина (25%) активно использует биосовместимые материалы для создания имплантатов и медицинского оборудования.

3. Электроника (20%) применяет магнитные материалы, полученные методом порошковой металлургии, для улучшения производительности устройств.

4. Энергетика (20%) использует специальные сплавы для производства компонентов, способных выдерживать высокие температуры и нагрузки.

Этот рисунок демонстрирует, что порошковая металлургия активно применяется в высокотехнологичных отраслях, где критически важны уникальные свойства материалов [4].

### *Результаты и обсуждение*

Порошковая металлургия представляет собой динамично развивающуюся область, открывающую широкие перспективы для создания инновационных материалов. Современные методы получения порошков, такие как механическое легирование, газофазные и плазменные технологии, позволяют достичь уникальных характеристик материалов. Порошковая металлургия уже нашла широкое применение в авиации, медицине, электронике и энергетике, обеспечивая высокое качество и экономическую эффективность производства. Дальнейшее развитие данной области связано с внедрением новых технологий и совершенствованием методов контроля качества.

Порошковая металлургия продолжает эволюционировать благодаря интеграции передовых научных исследований и технологий, что позволяет создавать материалы с ранее недостижимыми свойствами. Особое внимание уделяется разработке многокомпонентных и наноструктурированных порошков, которые обеспечивают улучшенные механические, термические и коррозионные характеристики. Также активно ведутся исследования в области восстановления отходов порошковой металлургии, что способствует устойчивому развитию отрасли и минимизации экологических последствий [5].

С каждым годом растет интерес к порошковой металлургии как способу изготовления изделий с высокой степенью точности и минимальными отходами, что открывает новые возможности для производства деталей сложной формы и высокой сложности. Использование этих технологий позволяет значительно уменьшить стоимость и сроки производства, а также повысить надежность и долговечность готовых изделий.

### *Выводы*

Важнейшими задачами для дальнейшего развития порошковой металлургии являются создание более совершенных методов управления процессами синтеза порошков и контроль их качества на всех этапах производства. Эти шаги будут способствовать еще более широкому внедрению порошковой металлургии в различных отраслях, включая производство автомобильных компонентов, строительных материалов и инновационных решений для промышленных технологий.

Таким образом, порошковая металлургия продолжает развиваться, открывая новые горизонты для создания высокотехнологичных материалов и решений, которые способствуют развитию научных и производственных процессов в разных сферах жизни.

### *Список литературы*

1 Шипов, А. Е. «Механическое легирование в порошковой металлургии» *Металлургический журнал*, 2020.

2 Синклер, Дж. «Плазменные методы получения металлических порошков» *International Journal of Powder Metallurgy*, 2018.

3 Головин, И. В. «Нанопорошки: синтез и применение в металлургии» *Российский металлургический журнал*, 2021.

4 Беляков, А. А. «Аддитивные технологии в порошковой металлургии» *Современные технологии*, 2019.

## Раздел 1. «Металлургия, технологии новых материалов»

5 Всемирная организация порошковой металлургии. «Ежегодный отчёт о развитии технологий порошковой металлургии» 2022.

П.Л. Цыба

### Ұнтақты металлургия: жаңа материалдар және оларды алу әдістері

Мақала ұнтақ металлургиясындағы заманауи жетістіктерді талдауға, сондай-ақ жаңа материалдар мен оларды алу әдістерін зерттеуге арналған. Металл және композициялық ұнтақтарды синтездеудің инновациялық тәсілдері, соның ішінде механикалық легирлеу, газ және плазмафазалық әдістер, сондай - ақ аддитивті технологиялар қарастырылады. Аэроғарыш өнеркәсібінде, медицинада және энергетикада қолданылатын жақсартылған механикалық, термиялық және коррозиялық қасиеттері бар материалдарды әзірлеуге ерекше назар аударылады. Нано ұнтақтарды пайдалану перспективалары және олардың соңғы өнімдердің микро және наноқұрылымына әсері сипатталған. Жоғары технологиялық салалар үшін инновациялық материалдарды жасаудағы ұнтақты металлургияның негізгі рөлі туралы қорытынды жасалды.

*Түйін сөздер:* ұнтақ металлургиясы, металл ұнтақтары, наноұнтақтар, композиттік материалдар, механикалық легирлеу, аддитивті технологиялар, ұнтақ синтезі, наноқұрылым, жоғары технологиялық салалар.

P.L. Tsyba

### Powder metallurgy: new materials and methods for their production

The article analyzes modern advancements in the field of powder metallurgy, focusing on the study of new materials and methods for their production. Innovative approaches to the synthesis of metallic and composite powders are discussed, including mechanical alloying, gas- and plasma-phase methods, as well as additive technologies. Particular attention is given to the development of materials with enhanced mechanical, thermal, and corrosion-resistant properties, which are widely applied in the aerospace industry, medicine, and energy sector. The prospects of using nanopowders and their impact on the micro- and nanostructure of final products are highlighted. The article concludes with the critical role of powder metallurgy in creating innovative materials for high-tech industries.

**Keyword:** powder metallurgy, metallic powders, nanopowders, composite materials, mechanical alloying, additive technologies, powder synthesis, nanostructure, high-tech industries.

### References

- 1 Shipov, A. E. «Mechanical alloying in powder metallurgy» Metallurgical Journal, 2020.
- 2 Sinclair, J. «Plasma methods for the production of metal powders» International Journal of Powder Metallurgy, 2018.
- 3 Golovin, I. V. «Nanopowders: synthesis and application in metallurgy» Russian Metallurgical Journal, 2021.
- 4 Belyakov, A. A. «Additive technologies in powder Metallurgy» Modern Technologies, 2019.
- 5 The World Organization powder metallurgy. «Annual report on the development of powder metallurgy technologies» 2022.