

СПРАВОЧНИК

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ  
И ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ



# **Металлические порошки и порошковые материалы**

**Справочник**

Под редакцией

члена-корреспондента РАН,  
доктора технических наук, профессора  
М.И. Алымова  
и доктора технических наук, профессора  
Ю.В. Левинского

Издание справочника одобрено  
Отделением химии и наук о материалах РАН

Москва  
«Научный мир»  
2018

УДК 621.762:006

ББК 34.39;30.36

М41

Авторы: М.И. Алымов, Ю.В. Левинский, С.С. Набойченко, А.В. Касимцев, В.С. Панов, С.А. Оглезнева, И.М. Миляев, И.А. Тимофеев, Е.В. Вершинина, А.Ю. Албагачиев, Ю.В. Тузов, О.Н. Фомина, В.С. Комлев.

Под редакцией М.И. Алымова и Ю.В. Левинского.

Для оформления обложки использовано изображение картины Казимира Малевича «Супрематическая композиция», 1916 г.

**Металлические порошки и порошковые материалы:** справочник / Коллектив авторов; под редакцией М.И. Алымова и Ю.В. Левинского. – М.: Научный мир, 2018. – 610 с.

ISBN 978-5-91522-469-7

Изложены методы определения свойств и получения металлических порошков и порошковых материалов, в том числе методы получения, свойства, химический состав, области применения твердых сплавов, конструкционных, пористых магнитных, электрических, триботехнических материалов, тяжелых, дисперсно-упроченных сплавов и изделий из них. Обобщены и прокомментированы отечественные нормативные документы по основным разделам порошковой металлургии, приведены сведения о степени соответствия этих документов международным стандартам.

Справочник предназначен для потребителей металлических порошков и порошковых материалов: научных сотрудников, металлургов, металловедов, технологов и конструкторов. Он будет полезен студентам и аспирантам металлургических и машиностроительных вузов.



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проекту № 18-13-00021. Не подлежит продаже.

Рекомендовано к печати Ученым советом ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мерджанова Российской академии наук и Отделением химии и наук о материалах РАН.

ISBN 978-5-91522-469-7

© Коллектив авторов, 2018

© Научный мир, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	8
<b>ЧАСТЬ I. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ .....</b>	<b>12</b>
<b>Раздел 1. Общие вопросы международной стандартизации.....</b>	<b>12</b>
1.1. Международная стандартизация в области порошковой металлургии.....	12
1.2. Региональная стандартизация в области порошковой металлургии.....	12
<b>Раздел 2. Определение свойств порошков         и порошковых материалов.....</b>	<b>23</b>
2.1. Насыпная плотность .....	23
2.2. Насыпная плотность после утряски.....	28
2.3. Прессуемость порошков при одноосном сжатии .....	30
2.4. Текучесть порошков .....	32
2.5. Плотность формовок .....	34
2.6. Прочность неспеченных прессовок .....	36
2.7. Твердость по Виккерсу твердых сплавов .....	36
2.8. Модуль Юнга.....	39
2.9. Образцы для испытаний на растяжение порошковых материалов.....	40
2.10. Плотность, содержание масла и открытая пористость в проницаемых материалах.....	41
<b>Раздел 3. Способы получения и свойства         металлических порошков.....</b>	<b>47</b>
3.1. Порошки железа и сплавов на его основе .....	47
3.1.1. Основные способы получения железных порошков .....	47

3.1.2. Железные порошки.....	52
3.1.3. Легированные порошки на основе железа.....	58
3.2. Порошки цветных металлов и сплавов на их основе.....	65
3.2.1. Основные способы получения порошков цветных металлов.....	65
3.2.2. Структура ГОСТов и ТУ на порошки цветных металлов и их сплавов.....	71
3.2.3. Алюминиевые порошки и пудры.....	79
3.2.4. Ванадиевый порошок электролитический.....	98
3.2.5. Вольфрамовые порошки.....	99
3.2.6. Гафний порошок.....	107
3.2.7. Порошок золота мелкозернистый.....	108
3.2.8. Индий порошок.....	109
3.2.9. Кобальтовые порошки.....	110
3.2.10. Магниевые порошки.....	112
3.2.11. Медные порошки и пудры.....	120
3.2.12. Молибденовые порошки.....	147
3.2.13. Никелевые порошки.....	149
3.2.14. Ниобиевые порошки.....	153
3.2.15. Оловянные порошки.....	157
3.2.16. Порошки платины и платиноидов.....	159
3.2.17. Рений металлический.....	169
3.2.18. Свинцовый порошок.....	169
3.2.19. Серебряные порошки.....	171
3.2.20. Скандиевый порошок.....	174
3.2.21. Танталовые порошки.....	176
3.2.22. Титановые порошки.....	179
3.2.23. Цинковые порошки.....	185
3.2.24. Циркониевые порошки.....	191
3.2.25. Смеси порошковые на основе цветных металлов.....	194
3.2.26. Порошки, сплавы и смеси для напыления и наплавки.....	200
3.2.27. Порошкообразные сплавы и смеси для припоев.....	208
3.2.28. Пасты паяльные, содержащие цветные металлы.....	216
3.2.29. Порошки на основе цветных металлов для специального назначения.....	220
3.2.30. Порошки благородных металлов.....	223
3.2.31. Порошки бериллия.....	227
3.2.32. Порошки интерметаллидов.....	233
3.2.33. Порошки для аддитивных технологий.....	239

**ЧАСТЬ II. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКОВЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ .....241****Раздел 4. Порошковые материалы .....241**

4.1. Твердые сплавы.....	241
4.1.1. Производство твердых сплавов в России. Основные российские производители твердых сплавов.....	242
4.1.2. Свойства и области применения твердых сплавов.....	252
4.1.2.1 Классификация твердых сплавов.....	252
4.1.2.2. Группы применения твердых сплавов для резания.....	253
4.1.2.3. Сплавы WC-Co .....	254
4.1.2.4. Сплавы WC-TiC-Co.....	259
4.1.2.5. Сплавы TiC-WC-TaC-Co .....	260
4.1.2.6. Сплавы с высоким содержанием карбида и карбонитрида титана (керметы).....	262
4.1.2.7. Твердосплавные пластины с износостойкими покрытиями.....	267
4.1.2.8. Твердосплавные заготовки для монолитного инструмента .....	284
4.1.2.9. Сплавы для горно-бурового инструмента и дорожных машин.....	289
4.1.2.10. Планирующее (плоское) резание (обработка дорожного полотна).....	292
4.1.2.11. Сплавы для обработки металлов давлением. Классификация сплавов.....	295
4.1.2.12. Специальные твердые сплавы.....	314
4.2. Конструкционные порошковые материалы на основе железа .....	316
4.3. Пористые материалы .....	330
4.3.1. Пористые проницаемые материалы.....	331
4.3.1.1 Свойства проницаемых материалов .....	331
4.3.1.2 Способы производства пористых проницаемых материалов .....	335
4.3.1.3 Применение пористых проницаемых материалов .....	338
4.3.1.4. Пористые изделия из порошков титана.....	339
4.3.1.5 Изделия из порошков распыленной оловянной бронзы .....	341
4.3.1.6. Пористые изделия из никеля .....	343

---

4.3.1.7. Пористые изделия из порошков нержавеющей стали .....	344
4.3.2. Пористые непроницаемые материалы.....	346
4.3.2.1. Технология производства пористых непроницаемых материалов .....	346
4.3.2.2. Применение пористых непроницаемых материалов .....	347
4.3.2.3. Алюминиевые пористые непроницаемые материалы.....	348
4.4. Тяжелые сплавы .....	348
4.5. Дисперсноупрочненные сплавы .....	351
4.6. Магнитные материалы .....	360
4.6.1. Магнитотвердые материалы .....	360
4.6.1.1. Основные величины и единицы измерения .....	360
4.6.1.2. Технические определения и термины .....	363
4.6.1.3. Основные типы постоянных магнитов, получаемых методами порошковой металлургии .....	364
4.6.1.4. Ферритовые постоянные магниты .....	367
4.6.1.5. Редкоземельные магниты.....	369
4.6.1.6. Контроль и испытание постоянных магнитов .....	376
4.6.2. Магнитомягкие материалы .....	381
4.6.2.1. Свойства и области применения магнитомягких материалов.....	381
4.6.2.2. Магнитомягкие ферриты для низкой и высокой частот.....	386
4.7. Порошковые материалы на основе вольфрама, молибдена и их сплавов .....	419
4.7.1. Способы получения.....	419
4.7.2. Технические условия и свойства.....	423
4.7.3. Нормативно-техническая документация .....	440
4.8. Электротехнические материалы.....	443
4.8.1. Основные виды материалов и изделий.....	443
4.8.2. Электрические контакты.....	444
4.8.3. Электропроводниковые материалы и изделия различного назначения.....	489
4.8.3.1. Катодные материалы .....	489
4.8.3.2. Сварочный инструмент .....	490
4.8.3.3. Вставки троллейбусные контактные .....	497

---

4.8.3.4. Конструкционные электротехнические изделия .....	501
4.9. Триботехнические антифрикционные и фрикционные порошковые материалы.....	510
4.9.1. Антифрикционные порошковые материалы и требования к ним .....	510
4.9.1.1. Антифрикционные материалы на основе железа .....	511
4.9.1.2. Антифрикционные материалы на основе меди.....	517
4.9.1.3. Спеченные подшипниковые материалы, пропитанные маслом.....	525
4.9.1.4. Материалы для электрических контактов.....	530
4.9.2. Порошковые фрикционные материалы и требования к ним .....	531
4.9.2.1. Производство спеченных композиционных фрикционных изделий .....	541
4.9.2.1.1. Порошковые фрикционные материалы на основе меди .....	541
4.9.2.1.2. Фрикционные материалы на медно-титановой основе .....	544
4.9.2.1.3. Фрикционные материалы на основе железа .....	548
4.9.3. Металлические порошковые имплантационные материалы для хирургии .....	551
<b>Раздел 5. Приложения .....</b>	<b>555</b>