


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



**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ  
ПОРОШКИ.**

**ИЗДЕЛИЯ  
ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
ПОРОШКОВ**

«Инфра-Инженерия» 

**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ.  
ИЗДЕЛИЯ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ**

*Справочник*

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

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

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2021

УДК 621.762  
ББК 34.39+30.36  
М41

Авторы:

*М. И. Алымов, Ю. В. Левинский, Е. В. Вершинина, С. С. Набойченко,  
А. В. Касимцев, В. С. Панов, С. А. Оглезнева, И. М. Миляев,  
И. А. Тимофеев, А. Ю. Албагачиев, Ю. В. Тузов, В. С. Комлев*

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор  
*Столин Александр Моисеевич;*  
кандидат технических наук, профессор  
*Нарва Валентина Константиновна*

*Для оформления обложки использована картина  
В. В. Кандинского «Радостная структура», 1926 г.*

**М41**      **Металлические порошки. Изделия из металлических порошков :**  
справочник / [М. И. Алымов и др.] ; под ред. д. т. н., проф. М. И. Алымова  
и д. т. н., проф. Ю. В. Левинского. – Москва ; Вологда : Инфра-  
Инженерия, 2021. – 560 с. : ил., табл.  
ISBN 978-5-9729-0736-6

Изложены сведения о химических составах, способах получения, свойствах и областях применения порошковых материалов и изделий, получаемых методами порошковой металлургии. Приведены характеристики изделий различного назначения, в том числе конструкционных, из твердых сплавов, пористых, магнитных, электротехнических, триботехнических, дисперсно-упрочненных и др.

Для производителей и потребителей продукции порошковой металлургии, а также научных сотрудников, инженеров, технологов и студентов, интересующихся вопросами материаловедения и металловедения.

УДК 621.762  
ББК 34.39+30.36

ISBN 978-5-9729-0736-6

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2021  
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	6
<b>ЧАСТЬ I. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ.....</b>	<b>9</b>
<b>Раздел 1. Способы получения и свойства</b>	
<b>металлических порошков .....</b>	<b>9</b>
1.1. Порошки железа и сплавов на его основе.....	9
1.1.1. Основные способы получения железных порошков.....	9
1.1.2. Железные порошки .....	14
1.1.3. Легированные порошки на основе железа.....	20
1.2. Порошки цветных металлов и сплавов на их основе.....	27
1.2.1. Основные способы получения порошков	
цветных металлов .....	27
1.2.2. Структура ГОСТов и ТУ на порошки цветных	
металлов и их сплавов .....	33
1.2.3. Алюминиевые порошки и пудры.....	41
1.2.4. Ванадиевый порошок электролитический.....	60
1.2.5. Вольфрамовые порошки.....	61
1.2.6. Гафний порошок.....	69
1.2.7. Порошок золота мелкозернистый.....	70
1.2.8. Индий порошок.....	71
1.2.9. Кобальтовые порошки .....	72
1.2.10. Магниеые порошки .....	74
1.2.11. Медные порошки и пудры.....	82
1.2.12. Молибденовые порошки .....	109
1.2.13. Никелевые порошки.....	111
1.2.14. Ниобиевые порошки .....	115
1.2.15. Оловянные порошки .....	119
1.2.16. Порошки платины и платиноидов .....	121
1.2.17. Рений металлический.....	131
1.2.18. Свинцовый порошок .....	131
1.2.19. Серебряные порошки.....	133
1.2.20. Скандиевый порошок .....	136
1.2.21. Танталовые порошки .....	138
1.2.22. Титановые порошки.....	141
1.2.23. Цинковые порошки .....	147
1.2.24. Циркониевые порошки .....	153
1.2.25. Смеси порошковые на основе цветных металлов .....	156
1.2.26. Порошки, сплавы и смеси для напыления и наплавки .....	162
1.2.27. Порошкообразные сплавы и смеси для припоев .....	170
1.2.28. Пасты паяльные, содержащие цветные металлы .....	178
1.2.29. Порошки на основе цветных металлов	
для специального назначения .....	183
1.2.30. Порошки благородных металлов.....	185
1.2.31. Порошки бериллия.....	189
1.2.32. Порошки интерметаллидов .....	195
1.2.33. Порошки для аддитивных технологий.....	201

<b>ЧАСТЬ II. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b> .....	203
<b>Раздел 2. Порошковые материалы</b> .....	203
2.1. Твердые сплавы.....	203
2.1.1. Производство твердых сплавов в России. Основные российские производители твердых сплавов .....	204
2.1.2. Свойства и области применения твердых сплавов .....	214
2.1.2.1. Классификация твердых сплавов.....	214
2.1.2.2. Группы применения твердых сплавов для резания.....	215
2.1.2.3. Сплавы WC-Co .....	216
2.1.2.4. Сплавы WC-TiC-Co.....	221
2.1.2.5. Сплавы TiC-WC-TaC-Co.....	222
2.1.2.6. Сплавы с высоким содержанием карбида и карбонитрида титана (керметы).....	224
2.1.2.7. Твердосплавные пластины с износостойкими покрытиями.....	229
2.1.2.8. Твердосплавные заготовки для монолитного инструмента .....	246
2.1.2.9. Сплавы для горно-бурового инструмента и дорожных машин .....	251
2.1.2.10. Планирующее (плоское) резание (обработка дорожного полотна).....	254
2.1.2.11. Сплавы для обработки металлов давлением. Классификация сплавов.....	257
2.1.2.12. Специальные твердые сплавы.....	276
2.2. Конструкционные порошковые материалы на основе железа .....	278
2.3. Пористые материалы .....	292
2.3.1. Пористые проницаемые материалы .....	293
2.3.1.1. Свойства проницаемых материалов .....	293
2.3.1.2. Способы производства пористых проницаемых материалов.....	297
2.3.1.3. Применение пористых проницаемых материалов .....	300
2.3.1.4. Пористые изделия из порошков титана .....	301
2.3.1.5. Изделия из порошков распыленной оловянной бронзы .....	303
2.3.1.6. Пористые изделия из никеля.....	305
2.3.1.7. Пористые изделия из порошков нержавеющей стали .....	306
2.3.2. Пористые непроницаемые материалы .....	308
2.3.2.1. Технология производства пористых непроницаемых материалов .....	308
2.3.2.2. Применение пористых непроницаемых материалов.....	309
2.3.2.3. Алюминиевые пористые непроницаемые материалы.....	310
2.4. Тяжелые сплавы.....	310
2.5. Дисперсноупрочненные сплавы .....	313
2.6. Магнитные материалы .....	322
2.6.1. Магнитотвердые материалы .....	322
2.6.1.1. Основные величины и единицы измерения .....	322
2.6.1.2. Технические определения и термины .....	325
2.6.1.3. Основные типы постоянных магнитов, получаемых методами порошковой металлургии .....	326

2.6.1.4. Ферритовые постоянные магниты .....	329
2.6.1.5. Редкоземельные магниты .....	331
2.6.1.6. Контроль и испытание постоянных магнитов .....	338
2.6.2. Магнитомягкие материалы .....	343
2.6.2.1. Свойства и области применения магнитомягких материалов .....	343
2.6.2.2. Магнитомягкие ферриты для низкой и высокой частот .....	348
2.7. Порошковые материалы на основе вольфрама, молибдена и их сплавов .....	381
2.7.1. Способы получения .....	381
2.7.2. Технические условия и свойства .....	383
2.7.3. Нормативно-техническая документация.....	402
2.8. Электротехнические материалы.....	405
2.8.1. Основные виды материалов и изделий .....	405
2.8.2. Электрические контакты .....	406
2.8.3. Электропроводниковые материалы и изделия различного назначения .....	451
2.8.3.1. Катодные материалы.....	451
2.8.3.2. Сварочный инструмент.....	452
2.8.3.3. Вставки троллейбусные контактные .....	459
2.8.3.4. Конструкционные электротехнические изделия .....	463
2.9. Триботехнические антифрикционные и фрикционные порошковые материалы.....	472
2.9.1. Антифрикционные порошковые материалы и требования к ним .....	472
2.9.1.1. Антифрикционные материалы на основе железа .....	473
2.9.1.2. Антифрикционные материалы на основе меди .....	479
2.9.1.3. Спеченные подшипниковые материалы, пропитанные маслом .....	487
2.9.1.4. Материалы для электрических контактов.....	492
2.9.2. Порошковые фрикционные материалы и требования к ним.....	493
2.9.2.1. Производство спеченных композиционных фрикционных изделий .....	503
2.9.2.1.1. Порошковые фрикционные материалы на основе меди .....	503
2.9.2.1.2. Фрикционные материалы на медно-титановой основе.....	506
2.9.2.1.3. Фрикционные материалы на основе железа .....	510
2.9.3. Металлические порошковые имплантационные материалы для хирургии .....	513
<b>Раздел 3. Приложения .....</b>	<b>517</b>