

ЖЕЛЕЗНЫЕ И ЛЕГИРОВАННЫЕ ПОРОШКИ В РОССИИ – ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ

АКИМЕНКО В.Б.¹, ГУЛЯЕВ И.А.¹, КАЛАШНИКОВА О.Ю.¹,
СЕКАЧЕВ М.А.¹, ГАВРИЛОВ С.А.², ГАВРИЛОВ В.А.²

¹ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П.Бардина», г. Москва, Россия,
тел./факс: (+7 495) 777-93-56, e-mail: akimenko08@mail.ru

²ООО «ССМ-ТМ», г. Череповец, Россия,
тел.: (+7 202) 56 61 20, e-mail: va.gavrilov@ssmtm.ru.

В современной России порошки на железной основе в промышленных масштабах производят в ООО «Северстальмаш-Тяжмаш» (г.Череповец Вологодской обл.) методом распыления расплава чугуна сжатым воздухом. Производство восстановленных железных порошков на ЗАО «Стакс» (г. Красный Сулин, Ростовская обл.) временно приостановлено.

Исходя из требований потребителей, а также основываясь на мировых тенденциях развития порошковой металлургии железа, разработки Института порошковой металлургии «ЦНИИЧермет им.И.П.Бардина» (ИПМ ЦНИИЧермет) последнего десятилетия в этой области направлены, в первую очередь, на расширение марочного состава и создание прогрессивных технологий получения железных и легированных порошков для нового поколения техники.

Среди новых процессов и классов порошковых материалов, созданных в последнее время и имеющих не только научное, но и важное практическое значение с точки зрения их освоения отечественной промышленностью, необходимо выделить три: восстановленные железные порошки, распыленные железные порошки и легированные порошки на их основе.

По первому направлению разработана и успешно опробована в опытно-промышленных условиях запатентованная технология получения восстановленных железных порошков высших марок из первородного сырья – гематитовых руд Курской магнитной аномалии (КМА) [1]. Использование этой технологии позволяет производить высококачественные железные порошки в широком интервале насыпной плотности (от 2,0 г/см³ до 2,6 г/см³) и прочностью прессовки до 50МПа при плотности 6,5г/см³.

В процессе исследований выявлен еще один вид высококачественного сырья для производства восстановленных железных порошков в широком диапазоне потребительских характери-

стик – гранулированные оксиды травильных растворов ОАО НЛМК. Эти гранулы по содержанию примесей аналогичны чистой прокатной окалине кипящих марок стали, а по составу и кристаллическому строению соответствуют гематиту ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). При этом они имеют округлую форму частиц размером не более 2мм, насыпную плотность около 3г/см^3 , обладают высокой текучестью и не склонны к образованию пыли в процессе транспортировки и переработки. Установлено, что при карботермическом восстановлении гранул в проходных промышленных печах без существенных изменений технологического передела могут быть получены железные порошки марки ПЖВ2 с насыпной плотностью от $2,2\text{г/см}^3$ до $2,4\text{г/см}^3$. Как показали испытания, проведенные в ОАО АВТОВАЗ, эти порошки по своим потребительским свойствам могут успешно конкурировать с аналогичной продукцией шведской фирмы «Hoganas AB». Исследования, выполненные ИПМ ЦНИИЧермет, показали также, что при водородном восстановлении гранулированных оксидов в проходных конвейерных печах можно в промышленных масштабах получать «легкие» железные порошки с насыпной плотностью $1,5\text{--}2,0\text{г/см}^3$.

В качестве основных разработок института в области распыленных железных порошков следует выделить процесс получения воздухораспыленного железного порошка с высокоактивной поверхностью частиц [2], характеризующегося сочетанием лучших технологических свойств восстановленных и распыленных порошков: хорошей формуемостью и высокой уплотняемостью при сохранении необходимого уровня текучести и насыпной плотности.

Технология основана на создании на поверхности частиц распыленных порошков, чистых по химическому составу, высокопористого кораллоподобного железа, сходного по строению с восстановленными железными порошками и обладающего существенно большей площадью удельной поверхности по сравнению с обычными железными порошками. Как показали электронно-микроскопические исследования (рис.1), поверхность частиц высокоактивных порошков покрыта множеством кораллоподобных наростов сформированных из отдельных кристаллитов, размер которых колеблется от десятков до сотен нанометров и зависит, в основном, от температуры и длительности отжига. Такая особая структура порошка формируется в процессе обезуглероживающе-восстановительного отжига воздухораспыленного порошка-сырца с применением специальных дисперсных добавок: оксида железа Fe_2O_3 , имеющего структуру гемати-

та и порошка графита в количестве, обеспечивающем отношение содержания кислорода к углероду в порошковой шихте на уровне 2,2-2,4.

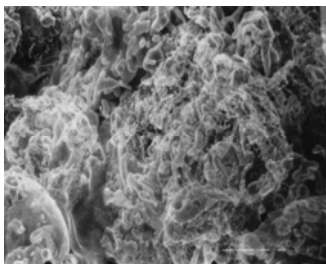


Рис.1. Сканограмма частиц высоко-активного воздухомасляного железного порошка, РЭМ, $\times 1430$

Результаты исследования основных физико-технологических свойств распыленных высокоактивных железных порошков нового поколения с различным содержанием активирующих добавок, представленные на рис.2, свидетельствуют, что описанное выше состояние поверхности железного порошка позволяет не только существенно повысить прочность прессовки (выше 25МПа), т.е. значительно улучшить формуемость распыленных порошков, но и сохранить такое важное преимущество перед восстановленными порошками, как высокая уплотняемость. Сопоставление свойств лабораторных парий высокоактивного железного порошка ПЖРВ2.200, полученного с добавлением 6%Fe₂O₃ в исходную порошковую шихту, с потребительскими свойствами железных порошков высших марок отечественных и ведущих мировых производителей показало, что по прочности прессовки разработанный порошок практически не уступает восстановленному железному порошку, а по уплотняемости соответствует водораспыленному порошку (табл.1). Производство такого железного распыленного порошка нового поколения планируется освоить в цехе изложниц ООО «ССМ-ТМ», где успешно прошли первые эксперименты по опробованию новой технологии.

Известно, что существенным резервом повышения эксплуатационных свойств порошковых сталей является введение в железные порошки легирующих элементов, в том числе таких не традиционных для литых и катаных сталей, как сера, фосфор и медь. В этом направлении, в последние годы в ИПМ ЦНИИЧермет разработана широкая гамма легированных железных порошков, в которых легирующие добавки распределены с различной степенью гомогенности в зависимости от технологии изготовления изделий и условий их эксплуатации. При этом, в каче-

стве основы были использованы как распыленные, так и восстановленные железные порошки в диапазоне насыпной плотности от 2,0 г/см³ до 3,0 г/см³.

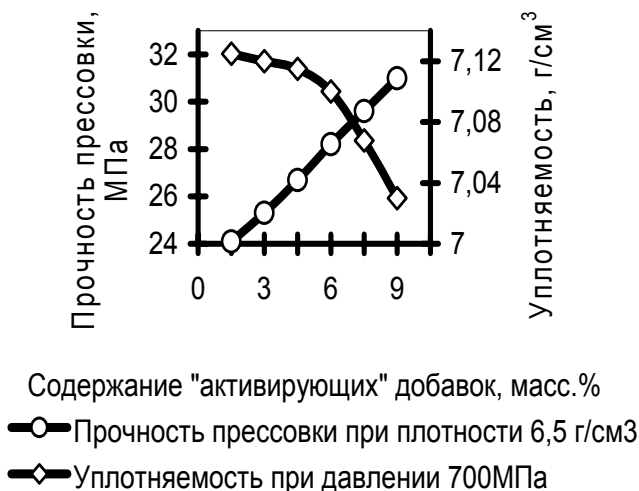


Рис.2. Влияние концентрации активирующей добавки Fe₂O₃ на свойства порошка

Свойства распыленных железных порошков

Таблица 1

Марка порош-ка	Насыпная плотность, г/см ³	Теку-честь, с/50г	Упл., г/см ³ при давлении, МПа		Прочн. пресс., МПа, при плотн. 6,5/гсм ³
			400	700	
Распыленный порошок с высокоактивной поверхностью					
ПЖРВ2.200	2,2	38	6,4	7,1	30
Порошки ООО «ССМ-Тяжмаш»					
ПЖРВ2.200	2,6	≤37	≥6,6	≥7,1	≥18
ПЖРВ3.200	2,8	≤34	≥6,5	≥7,0	≥14

В настоящее время ИПМ ЦНИИчермет подготовлены к промышленному освоению технологии производства следующих видов легированных железных порошков:

- железо-медные лигатуры с содержанием меди 5-20% для прецизионных конструкционных, триботехнических и электротехнических деталей;
- порошки железо-фосфор и железо-фосфор-олово с 0,5-1,0% Р и 5-8% Sn для электротехнических изделий из магнитно-мягких материалов и деталей приборов типа магнитных клапанов, экранов и др.;

- порошки систем Fe-Ni-Mo-Co, Fe-Ni-Mo-Cu-Si для высокопрочных износо- и теплостойких деталей, например, направляющих роликов сортовых прокатных станов. Основой для получения этих порошков методом частичного легирования служит воздухораспыленный порошок, гомогенно-легированный никелем [3,4];

- порошки систем Fe-Ni-Mo и Fe-Ni-Mo-Cu на основе высокоактивного воздухораспыленного железного порошка для получения высокопрочных спеченных изделий особо сложной конфигурации, в том числе таким прогрессивным методом формования, как теплое прессование.

Для производства высокопрочных и теплостойких деталей автомобилей семейств ВАЗ и ГАЗ в ООО «ССМ-ТМ» по разработкам ИПМ ЦНИИЧермет в 1998-2001гг. освоены промышленные технологии [5,6] получения частично-легированных железных порошков марок ПЛ-Н4Д2М-РВ (Fe-4%Ni-1,5%Cu- 0,5%Mo), выпускаемых по ТУ 14-1-5402-2000, и ПЛ-К6МН (Fe-6%Co-1,5%Mo-1,5%Ni), выпускаемых по ТУ 14-1-5427-2001 (табл.2).

Таблица 2

Основные потребительские свойства частично-легированных железных порошков, промышленно освоенных в ООО «Северстальмаш-Тяжмаш» по технологии ИПМ ЦНИИЧермет

Марка порошка	Насыпная плотность, г/см ³	Текуч., с/50г	Уплотняемость, г/см ³	Прочность прессовки, МПа
ПЛ-Н4Д2М-РВ-27	2,60-2,80	≤37	≥6,95 (600)	≥25
ПЛ-Н4Д2М-РВ-29	2,60-3,05	≤34	≥7,00 (600)	≥23
ПЛ-К6МН	2,7-3,1	≤33	≥7,05 (700)	≥15

Примечание. * В скобках – давление прессования образцов, МПа.

** Прочность прессовки при плотности образцов 7г/см³.

В 2007 г. коллектив ИПМ ЦНИИЧермет совместно с ОАО «АВТОВАЗ» и ООО «ССМ-Тяжмаш» за разработку порошковых материалов на основе легированных порошков был награжден Серебряной медалью лауреата международной выставки «Металл-Экспо».

Таким образом, современные железные и легированные порошки, выпускаемые в России в промышленных масштабах, практически не уступают лучшим зарубежным маркам.

По разработанным в последние годы в ИПМ ЦНИИЧермет технологиям возможно в максимально сжатые сроки на существующих производствах значительно расширить номенклатуру железных и легированных порошков для различных видов изделий, конкурентоспособных с аналогичной продукцией ведущих производителей Европы, Северной Америки и Японии.

Литература:

1. Пат.2231420 РФ, МКИ⁷ B22 F 9/20. Способ получения железного порошка/ М.А.Секачев, В.Б.Акименко, И.А.Гуляев, О.Ю.Калашникова - №2002134350. Заявлено 20.12.02. Опубл. 27.06.04 Бюл. № 18.
2. Пат.2364469 РФ, МПК⁸ B22 F 9/08. Способ получения железного порошка/ В.Б.Акименко, И.А.Гуляев, М.А.Секачев и др. - №2008121386. Заявлено 29.05.08. Опубл. 20.08.2009 Бюл.№ 23.
3. Пат.2327547 РФ, МПК⁸ B22 F 9/08, 9/04 1/00. Способ получения порошка на железной основе (его варианты)/ И.А.Гуляев, О.Ю.Калашникова, И.А.Липгарт и др. - №2006132830. Заявлено 14.09.06. Опубл. 27.06.08 Бюл.№ 18.
4. Пат.2327548 РФ, МПК⁸ B22 F 9/08, 9/04 1/00. Способ получения порошка на железной основе (его варианты)/ И.А.Гуляев, О.Ю.Калашникова, И.А.Липгарт и др. - №2006132829. Заявлено 14.09.06. Опубл. 27.06.08 Бюл.№18.
5. Пат.2202445 РФ, МКИ⁷ B22 F 9/06, 1/00. Способ получения порошка на железной основе/ И.А.Гуляев, О.Ю.Калашникова, А.А.Обухович и др. - №2001127140. Заявлено 05.10.01. Опубл. 20.04.03 Бюл.№11.
6. Пат.2202446 РФ, МКИ⁷ B22 F 9/06, 1/00. Способ получения порошка на железной основе (его варианты)/ И.А.Гуляев, О.Ю.Калашникова, А.А.Обухович и др. - №2001127141. Заявлено 05.10.01. Опубл. 20.04.03 Бюл.№11.

СИНТЕЗ МАГНИТНОГО ДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ НИТЕВИДНЫХ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА В МАТРИЦЕ МЕЗОПОРИСТОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ

**АРБЕНИН А.Ю., МУККОНЕН И.Н.,
ЗЕМЦОВА Е.Г., СМЕРНОВ В.М.**

*Санкт-Петербургский государственный университет,
г.Санкт-Петербург. Россия, тел./факс: (+7 812) 428 40 33,
e-mail: ezimtova@yandex.ru*

Развитие информационных технологий привело к необходимости хранения и обработки колоссального объема цифровой информации. Сегодня информационные технологии на магнитном носителе получили самое широко распространение и в настоящее время никакая другая технология не может конкурировать с ними в плотности записи и хранения информации. Дальнейшее усовершенствование таких систем требует создания новых магнитных материалов с более высокой плотностью записи. Одним из перспективных технологических путей в этом направлении является получение наноматериалов с упорядоченным расположением магнитных наночастиц (нанокристаллов оптимального размера) в диамагнитной матрице. Необходимо отме-