

С.А. Джафарова, А.Т. Мамедов

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СПЕЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЧАСТИЧНО ЛЕГИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Аннотация. Рассмотрены структура и свойства спеченных материалов из частично легированных порошков на основе железа. Разработана шихта для получения композиционных конструкционных материалов на основе порошков частично легированной стали УЕ-6. Установлены взаимосвязь гранулометрического состава, содержания смазок с технологическими параметрами холодного прессования с последующим спеканием и свойствами порошковых изделий. Определено, что увеличение температуры спекания более чем 11500С не приводит к существенной гомогенизации сплава, тогда как повышение содержания углерода до 2,0 и 5,0 масс.% содействует активному спеканию изделий.

Ключевые слова: спеченные материалы, частично легированные материалы, композиционные материалы, шихта.

Постановка проблемы в общем виде

Важное место в создании новых конструкционных материалов и изделий из них занимает порошковая металлургия, которая обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными методами получения заготовок. Методы порошковой металлургии позволяют получать изделия с заранее заданными как физико-механическими, так и эксплуатационными характеристиками [2].

Повышение прочности порошковых материалов в основном достигается установлением таких оптимальных условий, которые обеспечивали бы высокое качество сращивания порошковых частиц при спекании. Анализ литературы показывает, что снижение уровня свойств обуславливается наличием примесей на поверхности частиц, существованием несплошностей, возникающих из-за шероховатости порошков [1; 3].

Создание порошковых изделий для герметичных узлов ротационных компрессоров требует проведения исследований, направленных

на одновременное обеспечение высокой конструкционной прочности, износостойкости и точности. Следовательно, разработка новых приемов легирования порошков, позволяющих обеспечить холодное пресование без технологической смазки и создать плотный контакт между частицами, открывает большие возможности получения изделий с высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств.

Анализ последних исследований и публикаций

Проведенный нами обзор научно-технической информации показывает, что в настоящее время создание высокопрочных конструкционных материалов достигается в основном сложным легированием, что обеспечивает повышение физико-механических свойств. Однако применение сложнолегированных сплавов в порошковой металлургии технологически трудновыполнимо, а экономически нецелесообразно вследствие высокой стоимости легирующих присадок [3; 6].

Поэтому разработка износостойких и высокопрочных материалов, полученных из частично легированных порошков на основе железа, для деталей ротационного компрессора является актуальной задачей.

В опубликованных работах [4; 5; 7], направленных на повышение характеристик порошковых материалов путем холодного пресования, нет разработок спеченных материалов, сочетающих необходимые для износостойких деталей свойства: хорошую обрабатываемость, высокую износостойкость, газонепроницаемость, достаточную механическую прочность и т.д.

Таким образом, анализом литературных и производственных данных определена необходимость создания новых композиционных материалов, обладающих заданными свойствами и разработка технологических процессов получения изделий из них.

Формулировка цели статьи

В связи с вышеизложенным, целью нашей работы является исследование структуры и свойств спеченных материалов конструкционного назначения, полученных из частично легированных порошков на основе железа.

Изложение основного материала

На основе проведенных исследований определены оптимальный состав и режимы приготовления шихты, основные характеристики

исходных материалов. Выбраны методы и средства проведения экспериментов и обработки их результатов. Разработана конструкция смесителя, позволяющего достичь при смешивании многокомпонентной системы комплексный эффект лопастного и шнекового смесителя (рис. 1).

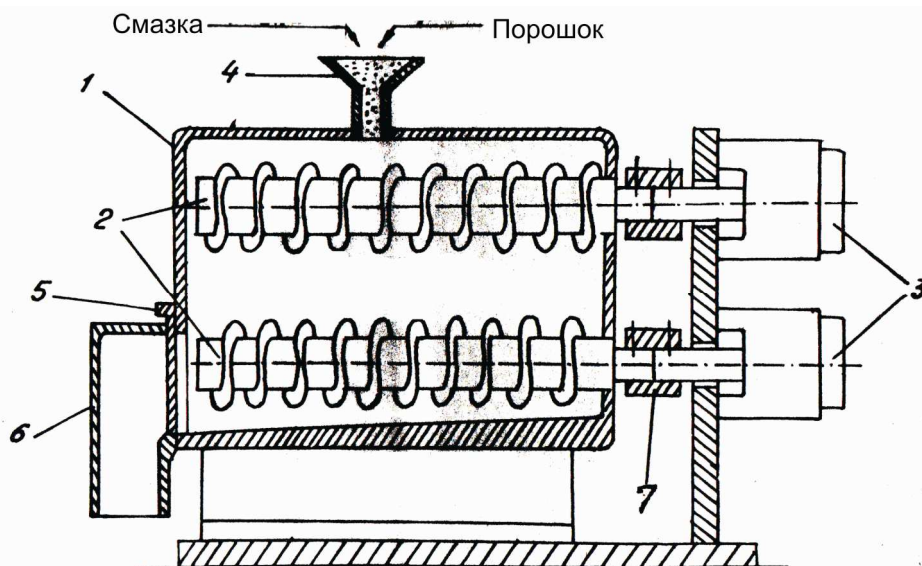


Рисунок 1 - Шнековый смеситель: 1 – камера; 2 – лопасть; 3 – мотор; 4 – бункер; 5 – крышка; 6 – бункер; 7 – муфты

Для исследований были использованы порошки: частично легированного железа марки УЕ-6 («ультрапак») по ТУ Сулинского металлургического завода и графита марки ГК-3 (ГОСТ 4404–78). Шихта для получения спеченного материала на основе частично легированного железа содержала порошки, мас. %: графита 0,5-5,0, остальное УЕ-6.

Смешивание компонентов проводилось в V – образном смесителе в течение 3,6 кс. Холодное прессование призматических образцов размером 10x10x55 мм проводили на гидравлическом прессе НРМ-100S в промышленных пресс – формах. Отработка опытной технологии формовки заготовок осуществляли на гидравлическом прессе П7640 усилием 1000 т с использованием экспериментальной пресс-формы. В лабораторных условиях прессование образцов осуществляли на гидравлическом прессе ГП-125 с использованием промышленной пресс-формы.

Спекание проводили в промышленных условиях в печах конвейерного типа «Kooyo Lindberg» при температурах 1100–1200⁰С при

постоянной скорости движений конвейерной ленты, что обеспечивало продолжительность спекания 3,6 кс. В качестве защитной среды использовали эндотермический газ. Состав эндогаза периодически контролировали на хроматографе марки ЛХМ – ЗМД.

Температура в зоне предварительного нагрева печи составляла 500-600⁰С и постоянно контролировалось хромоалюминиевой термопарой, а в зоне спекания – платина-платинородиевыми термопарами ТПП0555.

Спеченные образцы для определения плотности и пористости подвергали вакуумной пропитке маслом марки ХМ-6 в лабораторной установке. Пропитку проводили погружением деталей в нагретое масло при 80–100⁰С с выдержкой в течении 0,5-2,0 часов последующим охлаждением в жидком масле.

Исследования микроструктуры частиц порошков, а также спеченных образцов проводили в микроскопе РМЕ OLIMPUS, НЕОФОТ-21, РЭМ-200; химический состав изучали на сканирующем электронном микроскопе марки TESLA BS-300.

Твердость образцов определялась согласно ГОСТ 9013–59; пределы прочности при растяжении и изгибе по ГОСТ 1497–73 и ГОСТ 18228–78 соответственно, а ударная вязкость по ГОСТ 9654–78. Триботехнические характеристики образцов изучали на стандартной машине СМЦ-2 по ГОСТ 26614–85 с применением специального приспособления.

Обоснование результатов. Проведенные экспериментальные исследования показали, что использование частично легированного порошка «ультрапак» марки УЕ-6 с целью создания порошковых материалов антифрикционного и конструкционного назначения является весьма перспективным направлением.

Установлено, что рациональное содержание технологической смазки в шихте, в частности машинного масла, способствует формированию в материале высоких механических свойств ($\sigma_{\text{в}} > 1300$ МПа). При этом легирование порошков «ультрапак» углеродом происходит за счет технологической смазки и газовой фазы углеродосодержащей защитной атмосферы при спекании.

Изучение влияния технологических смазок на свойства показали, что при получении высокопрочного конструкционного изделия оптимальным содержанием стеарата цинка в шихте является 0,5

мас.%, а машинного масла – 1,0 мас.%. При этих содержаниях достигаются наиболее высокие и оптимальные значения всех механических свойств спеченных материалов (рис. 2, рис. 3).

Установлено, что при введении в шихту мелкодисперсных порошков графита (менее 100 мкм) получаются высококачественные образцы, с увеличением размера происходит снижение механических и антифрикционных свойств.

Определено, что размеры фракций порошка «ультрапак» на свойства образцов действует по-разному. При использовании мелких фракций формируется низкая плотность, что связана с их большей окисленностью.

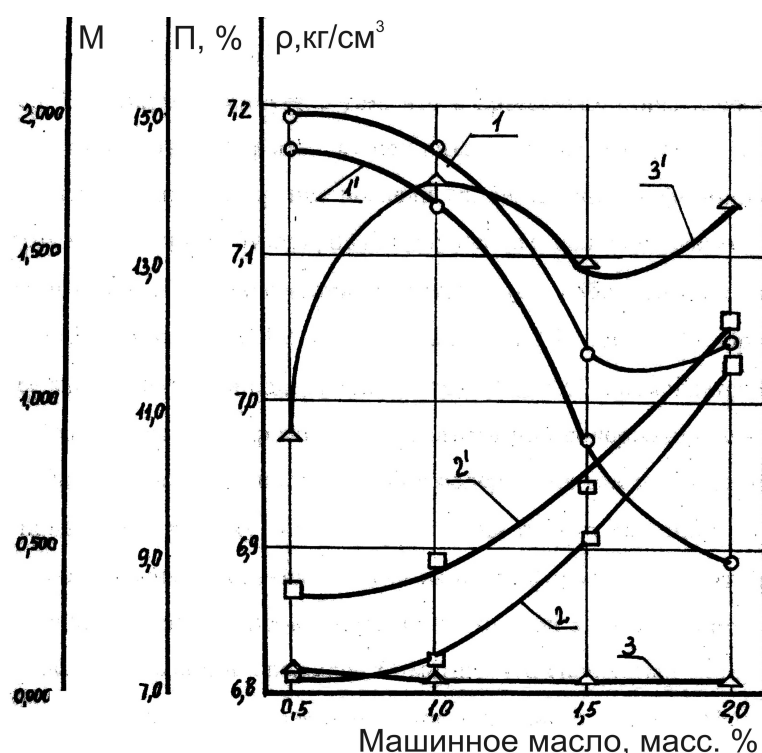


Рисунок 2 - Зависимость плотности (1, 1'), пористости (2, 2') и масловпитываемости (3, 3') образцов от содержания машинного масла в шихте: 1, 2, 3 – сырые; 1', 2', 3' – спеченные образцы

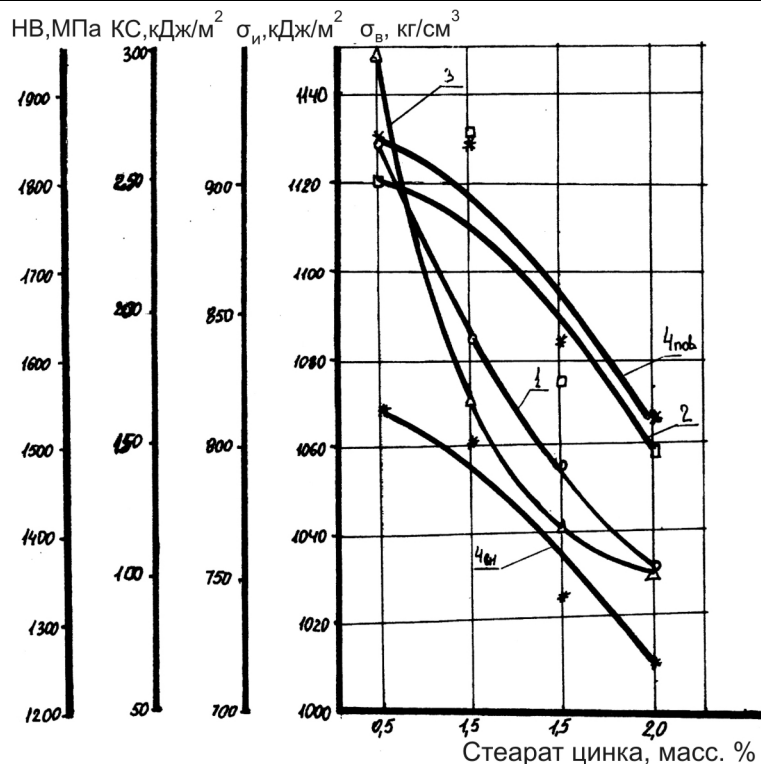


Рисунок 3 - Зависимость механических свойств образцов от содержания стеарата цинка в шихте: 1 – σ_в; 2 – σ_и; 3 – KС; 4 – HV

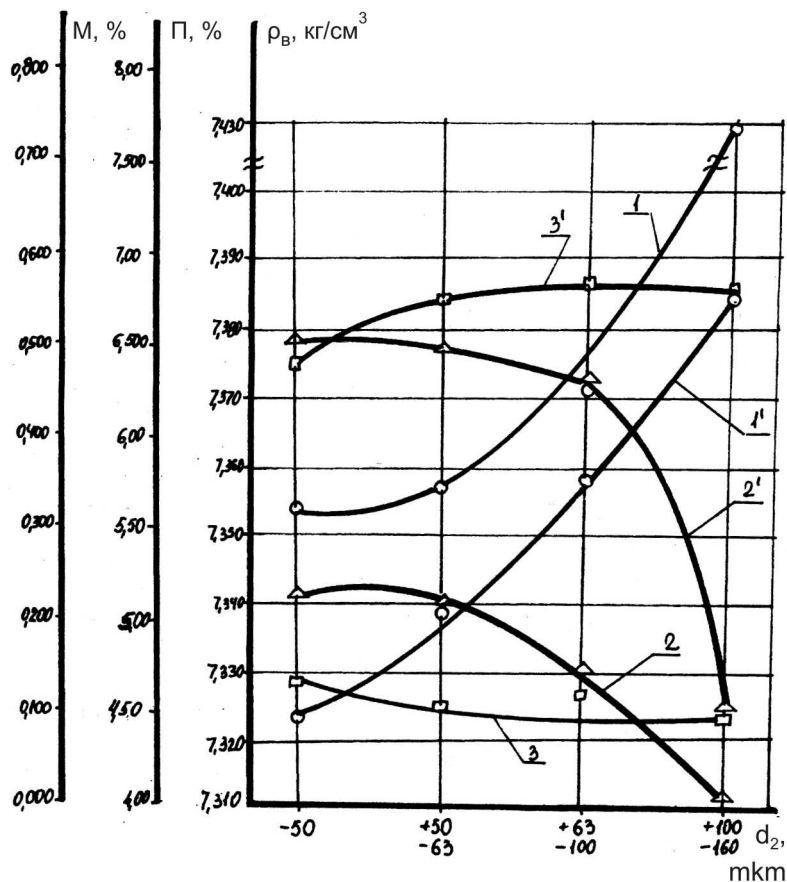


Рисунок 4 - Зависимость механических свойств сплава от дисперсности порошка железа: 1 – σ_в; 2 – σ_и; 3 – KС; 4 – HVп; 4/ – HVв

Прочность при растяжении и твердость образцов при этом имеют максимальные значения, обусловленной получением гомогенной структуры (рис. 4).

Анализ микроструктуры показали, что после спекания имеет место образование закалочных структур, что связаны с комплексным вкладом легирующих добавок (Ni, Mo, Cu) на кинетику изотермического превращения, карбидообразованием и с дисперсностью порошков. Установлено, что закалочные структуры образуются, в основном при содержании графита в шихте более 2,0 мас. %.

Установлено, что существенное влияние на формирование структуры и свойства материала из «ультрапак» оказывает температура спекания. Определено, что оптимальной температурой спекания «ультрапак» является 1100-1150⁰С. Дальнейшее повышение приводит к созданию износостойкой структуры вследствие образования легированных карбидов и цементита (рис. 5).

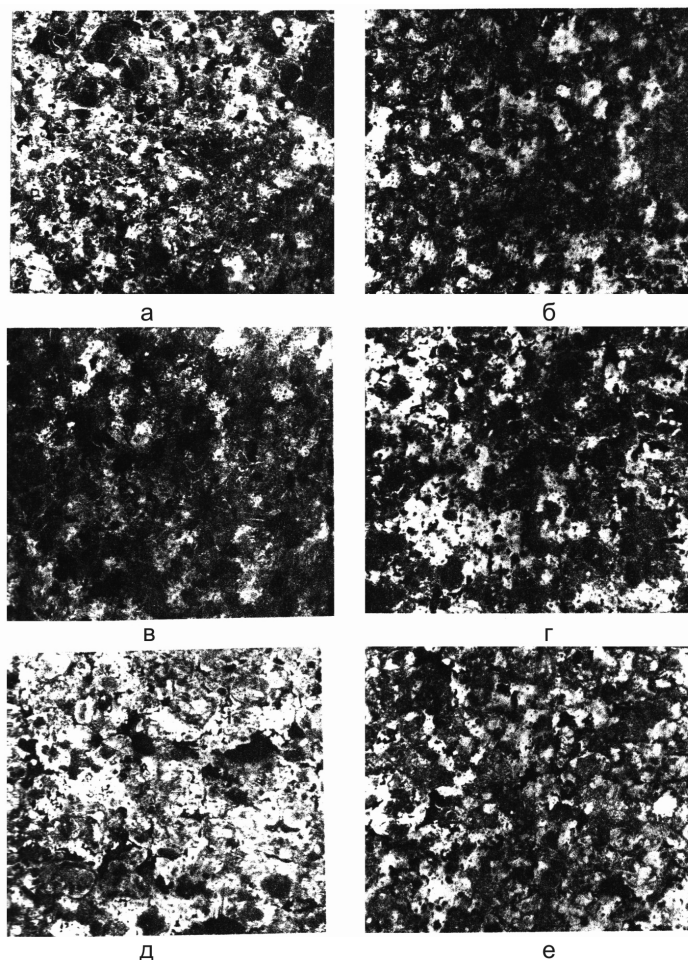


Рисунок 5 - Микроструктура спеченных ($P = 1000\text{МПа}$, $T = 11500\text{С}$) образцов из «ультрапак» $\times 200$. а, б, в – наружная поверхность; г, д, е – внутренняя поверхность

Экспериментальными исследованиями, установлено, что наилучшие результаты по физико-механическим и антифрикционным свойствам достигаются при содержании графита в шихте 0,5-1,0 мас.%. Увеличение содержания графита более 2,0 мас.% нежелательно из-за его отрицательного влияния на все свойства спеченного материала, в том числе и на антифрикционные (рис. 6).

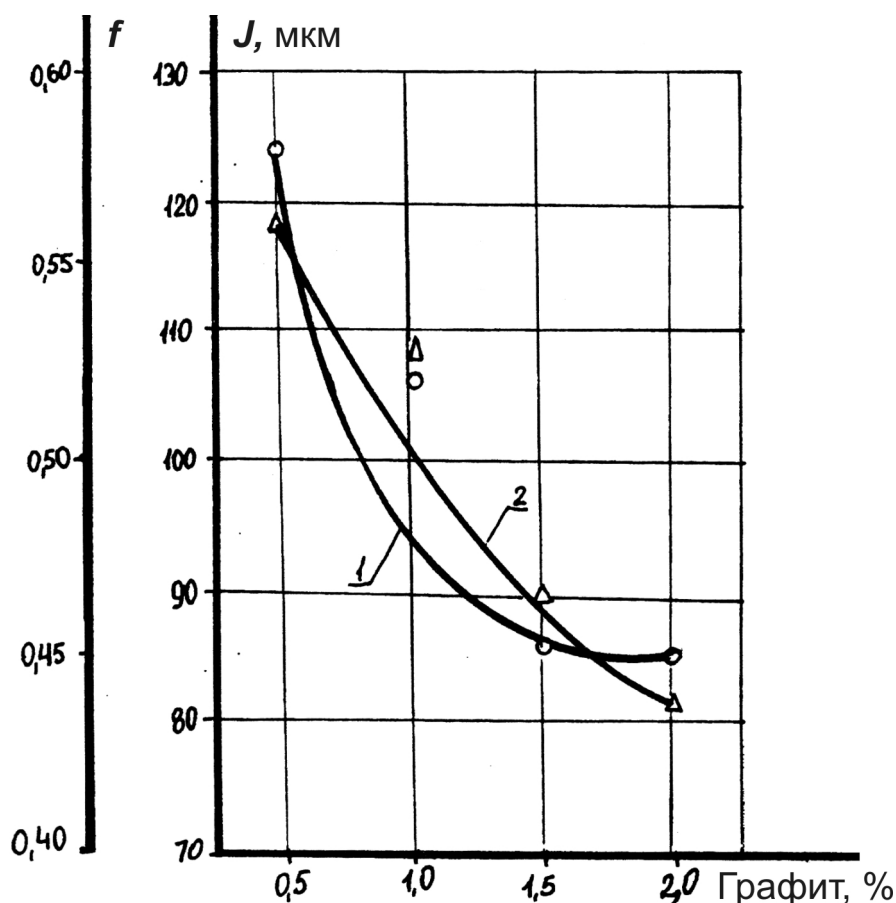


Рисунок 6 - Зависимость коэффициента трения (1) и интенсивности изнашивания (2) от содержания графита в шихте. $T_{сп} = 1150^{\circ}C$

Выводы и перспективы дальнейших исследований в данном направлении

Таким образом, разработана шихта для получения композиционных конструкционных материалов на основе порошков частично легированной стали УЕ-6. Шихта содержит порошки частично легированного железа и графита при следующем соотношении компонентов, мас.%; порошок графита 0,5-2,0 и частично легированный порошок железа – остальное, дисперсность порошков составляет +50 - 160 мкм.

Установлены взаимосвязь гранулометрического состава, содержания смазок с технологическими параметрами холодного прессования с последующим спеканием и свойствами порошковых изделий. Механизм структурообразования порошковых материалов на основе частично легированного железа объяснен образованием закаленной структуры при спекании, комплексным вкладом легирующих добавок и дисперсностью компонентов шихты.

Установлено, что легирующие добавки при спекании образуют твердые растворы переменного состава типа Fe-Ni, Fe-Cu, Fe-Ni, Fe-Cu – Ni-Mo и др. Определено, что увеличение температуры спекания более 1150⁰С не приводит к существенной гомогенизации сплава, тогда как повышение содержания углерода до 2,0 и 5,0 мас.% способствуют активному спеканию изделий.

Предложенная в данной работе технология открывает как большие возможности в порошковой металлургии, так и перспективы дальнейших исследований с целью получения изделий с высоким уровнем эксплуатационных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферов В. Н. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / В. Н. Анциферов, Г. Б. Бобров, Л. К. Дружинин. – М. : Металлургия, 1987. – 792 с.
2. Анциферов В. Н. Спеченные легированные стали / В. Н. Анциферов, В. Б. Акименко. – М. : Металлургия, 2003. – 88 с.
3. Большин М. Ю. Порошковая металлургия / М. Ю. Большин. – М. : Металлургия, 2008. – 288 с.
4. Ермаков С. С. Порошковые стали и изделия / С. С. Ермаков, Н. Ф. Вязников. – СПб. : Машиностроение, 2003. – 316 с.
5. Кипарисов С. С. Порошковая металлургия / С. С. Кипарисов, Г. А. Либенсон. – М. : Металлургия, 2002. – 524 с.
6. Конструкционные порошковые материалы и изделия / Ю. Г. Дорофеев, Л. Г. Мориненко, В. И. Устиненко. – М. : Металлургия, 2006. – 143 с.
7. Мамедов А. Конструкционные и антифрикционные порошковые материалы / А. Т. Мамедов. – Баку : Элм, 2005. – 458 с.