Влияние способа смешивания порошков на свойства получаемых шихт

А. А. Волхонский

Изучены технологические и механические характеристики порошковых шихт, полученных в различном смесительном оборудовании.

Повышение качества порошковых изделий — одна из важнейших задач, решение которой позволяет обеспечить надежную работу деталей машин, узлов и агрегатов. Существуют различные методы повышения качества порошковых изделий, основанные на использовании разных приемов обработки порошковых материалов как на стадии шихтоприготовления, так и в процессе формования [1]. Специфика и уникальность технологических схем порошковой металлургии позволяют, с одной стороны, снижать расход материала и энергоемкость производства, автоматизировать производственный цикл и уменьшать затраты на финишную обработку, а с другой — активно управлять процессами получения материалов с прогнозированием их механических и эксплуатационных характеристик.

Для выявления влияния типа шихтоприготовительного оборудования (ШПО) на гранулометрический состав, насыпную плотность, текучесть и прессуемость получаемых порошковых шихт использовали конусный смеситель и планетарную мельницу САНД-1. Обоснованием выбора такого оборудования является возможность изменять режимы работы мельницы, а следовательно, управлять процессом шихтоприготовления, в то время как при использовании конусного смесителя такая возможность отсутствует, и в нем будет происходить обычное перемешивание порошков-компонентов под действием практически только гравитационных сил. В качестве исходного материала был выбран наиболее распространенный в нашей стране для изготовления деталей конструкционного назначения материал следующего состава, масс. %: порошок железа (ПЖВ 2.200-28) — 98,2; меди (ПМС-1) — 0,5; графита (ГК-3) — 0,8 и стеората цинка ($(C_{17}H_{35}COO)_2Zn$) — 0,5.

Для установления влияния времени приготовления порошковых шихт на их свойства принята следующая продолжительность работы ШПО: 1, 2, 3, 4, и 5 часов. Режимы работы планетарной мельницы рассчитывали из условия сохранения целостности частиц железного порошка как основы материала, для остальных компонентов — обеспечение пластической деформации их материала за счет силового воздействия рабочих тел мельницы [2 – 5]. Такой режим САНД-1 должен обеспечить нанесение материала частиц меди, графита и стеарата цинка на поверхность частиц железного порошка. Результаты исследования влияния последовательности введения указанных выше компонентов на свойства, макро- и микроструктуру частиц порошковых шихт в процессе их приготовления в конусном смесителе и САНД-1 представлены в работе [6].

Для выявления влияния типа ШПО на гранулометрический состав, текучесть, насыпную плотность, уплотняемость, механические и эксплуатационные характеристики полученных из них материалов, использовали одновременную загрузку порошков компонентов в конусный смеситель и САНД-1. Анализ гранулометрического состава (рис. 1*а* и *б*) получаемого шихтового продукта свидетельствует о том, что в САНД-1 с течением времени количество каждой фракции меняется незначительно и близко по значению к поставляемому порошку железа (ПЖВ 2.200-28), в отличие от смесей, приготавливаемых в конусном смесителе. Погрешность измерения составляла не более 1%.

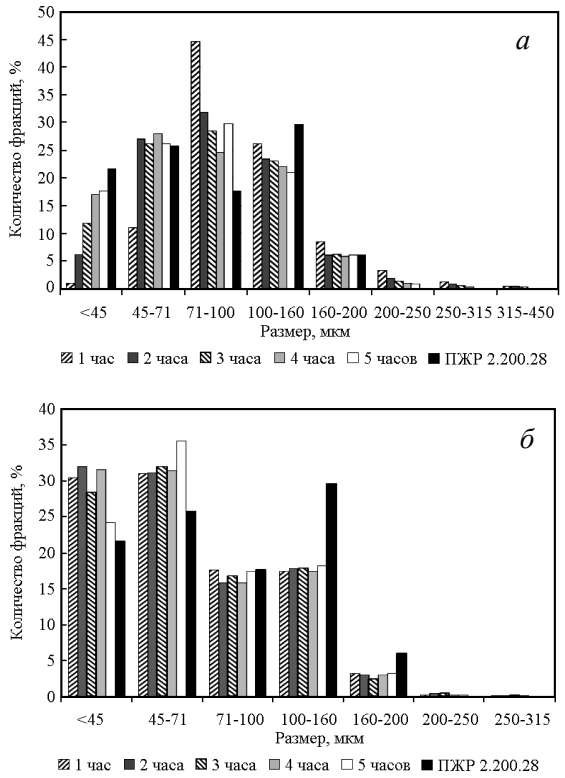

Рис. 1. Зависимость гранулометрического состава порошковых шихт от времени приготовления. *а* — конусный смеситель, *б* — САНД-1.

Закономерности изменения значения насыпной плотности и текучести порошковых шихт (погрешность измерения составляла не более 0,02 и 3%, соответственно), полученных в мельнице САНД-1 и конусном смесителе представлены на рис. 2.

В конусном смесителе текучесть шихты выше по сравнению с продукцией, приготовленной в САНД-1, особенно в промежутке с 3 до 5 часов (рис. 2). На наш взгляд, это подтверждает гипотезу об

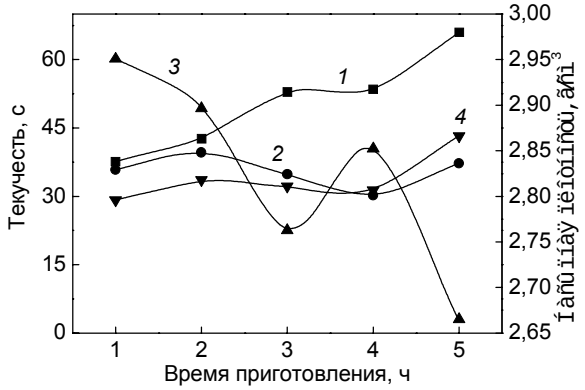

Рис. 2. Зависимость текучести (*1* и *2*) и насыпной плотности (*3* и *4*) от времени приготовления шихты: *1* и *3* — САНД-1; *2* и *4* — конусный смеситель.

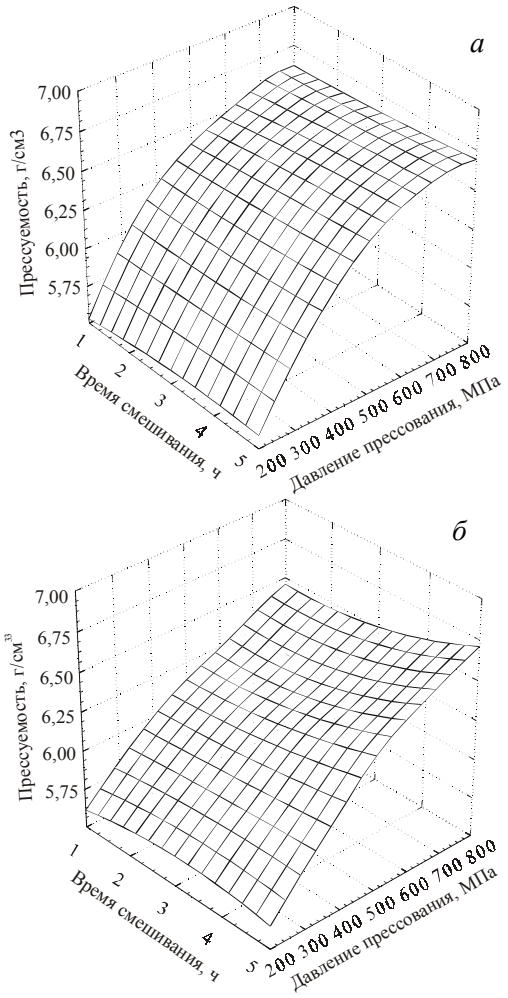

Рис. 3. Уплотняемость порошковых шихт в зависимости от времени их приготовления (*а* — САНД-1, *б* — конусный смеситель). Погрешность измерения составляла не более 0,3%.

образовании более разветвленной поверхности частиц порошков в этот период времени, за счет взаимодействия компонентов с рабочими телами ШПО, то есть к возрастанию времени истечения шихты через калиброванное отверстие прибора.

Из сравнения значений насыпной плотности и текучести следует, что оптимальные ее значения достигаются в течение одного часа приготовления шихты в САНД-1, тогда как в конусном смесителе процесс приготовления шихты с гомогенной структурой занимает 3 часа.

Анализ изменения величины плотности и ее характера в зависимости от давления прессования образцов из порошковых шихт, полученных в смесителе и мельнице САНД-1 при различном времени их приготовления, свидетельствует о вполне удовлетворительной уплотняемости и прессуемости шихтовой продукции в области исследованных

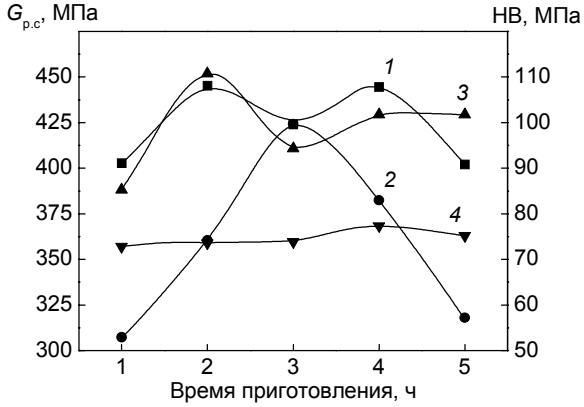

Рис. 4. Зависимость предела прочности на радиальное сжатие (*1*, *2*) и твердости (*3*, *4*) образцов от времени приготовления и вида используемого ШПО. *1* и *3* – САНД-1; *2* и *4* — конусный смеситель. Погрешность измерения — не более 2%.

давлений. Однако следует отметить, что образцы, полученные в мельнице, уплотняются наилучшим образом. Объясняется это, на наш взгляд, благоприятной структурой частиц полученной шихты, заключающейся в наличии пленки материала меди, графита и стеарата цинка на поверхности частиц железа, то есть они "обволакивают" этот компонент. Причем, в процессе приготовления шихты в мельнице САНД-1 на графиках наблюдается монотонная стабильность возрастания плотности образцов с увеличением давления прессования (рис. 3*а*). Ее величина незначительно увеличивается только с возрастанием времени приготовления шихтовой продукции, что хорошо согласуется с выявленными закономерностями изменения ее гранулометрического состава и насыпной плотности. На графических зависимостях изменения плотности образцов, полученных из порошковой шихты, приготовленной в конусном смесителе, наблюдается наличие экстремума и отсутствие монотонности уплотнения (рис. 3*б*).

Поскольку цель исследований — определение параметров шихтоприготовления, обеспечивающих не только оптимальное сочетание технологических свойств шихтовой продукции, но и определение их механических и эксплуатационных свойств, были изготовлены стандартные образцы для испытания на радиальное сжатие ($G_{р.с}$) и растяжение.

На рис. 4 представлены результаты механических испытаний на радиальное сжатие образцов-втулок, полученных из порошковых шихт, приготовленных в конусном смесителе и мельнице САНД-1. Это обеспечило возможность произвести сравнение свойств спеченных материалов в зависимости от типа использованного ШПО.

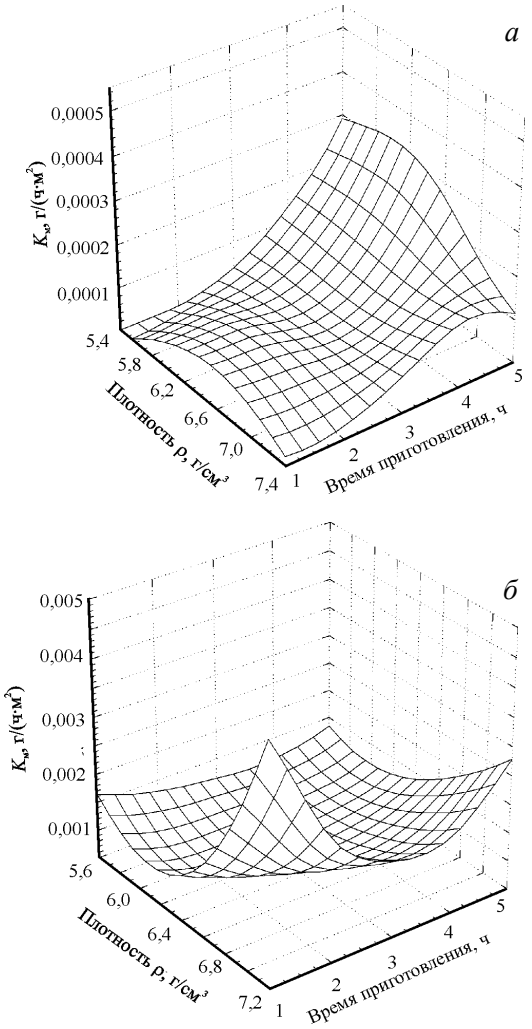

Рис. 5. Зависимость прироста массы после атмосферной коррозии от вида используемого ШПО: *а* — САНД-1, *б* — конусный смеситель. Погрешность измерения — не более 7 %.

Испытания на радиальное сжатие и растяжение свидетельствует о том, что большие значения этих характеристик имеют материалы, шихта для получения которых была приготовлена в планетарной мельнице. Это объясняется, по нашему мнению, образующейся структурой частиц порошковых шихт, которая повышает эффективность процессов спекания материала и обеспечивает формирование гомогенной структуры в сравнении с материалом, шихта которого была получена в конусном смесителе.

Более низкая твердость материала, получаемого в ШПО инерциального типа, на наш взгляд объясняется тем, что обработка порошковых компонентов в САНД-1 приводит к интенсификации процессов снятия внутренних напряжений и сращивания при спекании, то есть эти изделия, получаемые после

термической обработки, имеют меньше дефектов строения.

На рис. 5 представлены результаты измерения стойкости полученных материалов к атмосферной коррозии.

Погрешность измерения составляла не более 7%.

Такая стойкость к атмосферной коррозии на наш взгляд обьясняется тем, что обработка в высокоэнергетическим ШПО способствует образованию структуры с менее активной поверхностью после спекания, что замедляет процессы коррозии, по сравнению с материалами, полученными в обычном смесителе.

Благодаря использованию ШПО инерциального типа САНД-1, в котором можно варьировать силовыми характеристиками, то есть создавать различные виды взаимодействия между частицами порошков и рабочими телами, шихты получаемых материалов имеют более высокие свойства по сравнению со смесями, приготовленными в смесителях типа конусный смеситель, принцип работы которых основан на перемешивании компонентов порошков под действием сил гравитации, например:

— время спекания изделий, полученных из этих шихт, уменьшается в 1,5 – 2 раза;

— предел прочности при растяжении получаемых изделий на 10% выше;

— коррозионная стойкость при испытаниях на атмосферном воздухе выше;

— предел прочности на радиальное сжатие больше до 25%.

Заключение

Обобщая результаты анализов изменения технологических и эксплуатационных характеристик приготовленных шихт и изделий из них в планетарной мельнице, можно обоснованно сказать, что такое оборудование позволяет управлять процессом путем изменения частоты вращения ее рабочих камер, диаметров шаров и варьирования времени приготовления шихтовой продукции, в отличие от конусного смесителя. Таким образом, применение данного вида оборудования позволяет получать материалы с более высокими свойствами и меньшими энергозатратами.

Литература

1. Вернигоров Ю.М., Гордин Ю.А., Дреев Г.А. Зависимость свойств порошковых смесей от способа перемешивания. Тез. Докл.VII Всесоюз. научн.-техн. конф. “Горячее прессование в порошковой металлургии”, Новочеркасск, 1998, с. 102 – 104.
2. Дорофеев Ю.Г., Мирошников В.И., Бабец А.В., Волжин Д.Б. Приготовление порошковых шихт с заданными технологическими свойствами в планетарных мельницах. Порошковые и композиционные материалы и изделия: Сб. науч. трудов. Юж.-Рос. гос. техн. ун-т, Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2000, с. 182 – 187.
3. Дорофеев Ю.Г., Мирошников В.И., Бабец А.В., Волжин Д.Б. Принципы расчета параметров работы планетарной мельницы, обеспечивающие получение шихт с требуемыми технологическими свойствами. Порошковые и композиционные материалы. Структура, свойства, технологии: Сб. науч. трудов. Юж.-Рос. гос. техн. ун-т, Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2001, с. 72 – 76.
4. Васько Н.Г., Мирошников В.И., Бабец А.В., Волжин Д.Б. Исследование движения рабочих тел в планетарной мельнице. Порошковые и композиционные материалы. Структура, свойства, технологии: Сб. науч. трудов. Юж.-Рос. гос. техн. ун-т, Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2001, с. 77 – 82.
5. Дорофеев Ю.Г., Волжин Д.Б., Волхонский А.А. Влияние технологических параметров на результаты плакирования железного порошка медью в планетарной мельнице. Порошковые и композиционные материалы, структура, свойства, технологии получения: Материалы Междунар. науч.-техн. конф., 16 – 20 сент. 2002 г., г. Новочеркасск. Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2002, с. 42 – 44.
6. Волхонский А.А. Исследование технологических свойств порошковых шихт с различной последовательностью введения компонентов в смесительное оборудование. Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2006, Спец. Вып.: Актуальные проблемы машиностроения, с. 44 – 47.

Волхонский А.А. *— Южно-Российский государственный технический университет (НПИ) (г. Новочеркасск), кандидат технических наук, ассистент кафедры. Специалист в области порошковой металлургии.*