

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. Г. Иванов, А. М. Гурьев, В. В. Зобнев, А. М. Кириенко

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Измельчение различных материалов присутствует в человеческой деятельности с древнейших времен и имеет достаточно широкое распространение. Так как замечено, что чем мельче размер частиц, тем проще протекает смешивание порошков различных веществ и тем активнее протекают различные реакции. Для изготовления насыщающих сред размер фракции исходных порошков также оказывает значительное влияние как на скорость химических реакций, в результате которого получают диффузионно-активные продукты, так и на само протекание этих реакций и как следствие, на химический состав, физические и эксплуатационные свойства получающихся в результате химико-термической обработки покрытий.

В данной работе проведено исследование возможностей планетарной мельницы МП-4/1,0 для измельчения как кристаллических, так и металлических материалов. После измельчения и смешивания образцы насыщающих смесей исследовали на предмет физико-химических свойств.

В качестве кристаллических материалов были исследованы карбид кремния, карбонат кальция, каменный уголь, кварцевый песок, силикатное стекло. Металлические материалы, подвергаемые измельчению: чугунная стружка (СЧ-25), титановая стружка, различные ферросплавы.

Планетарная мельница МП-4/1,0 представляет собой механическую машину, включающую механизм привода планетарной передачи вращающего момента четырьмя стаканами объемом 1 л каждый, одновременно вращающихся вокруг собственной оси и вокруг общего центра масс таким образом, что направления вращения вокруг собственной оси и вокруг центра масс разнонаправлены. Такое сложное движение приводит к высокой энергонапряженности работы мельницы, достигающей 140g. В качестве мелющих тел были использованы шары из стали ШХ15 диаметром 10, 15 и 20 мм. Соотношение

объема шаров и измельчаемого материала изменяли от 0,2 до 0,8. Для регулировки скорости вращения и соответственно, энергонапряженности работы мельница оборудована частотным преобразователем Delta, позволяющим изменять частоту от 0 до 600 Гц, при этом в данном случае предел регулировки частоты был ограничен от 15 до 60 Гц в силу того, что на частоте менее 15 Гц запуск асинхронного двигателя мельницы был не возможен, а частота более 60 Гц пагубно сказывается на ресурсе двигателя. Мельница оборудована асинхронным трехфазным двигателем мощностью 4 кВт с частотой вращения 3000 об/мин при частоте питающего напряжения 50 Гц.

Фракционный анализ продуктов помола производили с помощью сит с размерами ячеек от 0,5 мм до 63 мкм. Оценивали количество продуктов помола каждой фракции с помощью лабораторных весов с ценой деления 0,1 г.

Подвергаемые помолу исходные материалы имели разную фракцию: карбид кремния – 3-4 мм, стекло – 6-7 мм, кварцевый песок – 1-1,2 мм, каменный уголь – 5-6 мм, карбонат кальция – 3-4 мм, чугунная и титановая стружка – 2-4 мм, ферросплавы – 6-8 мм. Помол производили в атмосфере, так как помольные стаканы имеют герметично закрывающиеся крышки, надежно изолирующие рабочее пространство от воздействия атмосферы. Все материалы предварительно были измельчены с помощью планетарной мельницы до одинаковой фракции 0,45-0,5 мм, которая и была принята за исходную.

В результате исследований выяснено, что твердые материалы (карбид кремния, кварцевый песок и стекло), наилучшим образом измельчаются шарами диаметром 15 мм при соотношении объема шаров к объему измельчаемого материала 0,4:0,6 и при 70% заполнении помольного стакана. Получающиеся при этом фракции имели следующие параметры: 0,3 мм -5%, 0,2 мм – 15%, 0,1 мм

-70% 0,063 мм – 8% и менее 0,063% - остальное. В случае применения шаром диаметром 10 мм и соотношения объема мелющих тел к объему измельчаемого материала фракции 0,1–0,2мм 0,5:0,5, объем фракции менее 0,063 мкм достигает 95–97%. Время измельчения при данных параметрах и максимальной скорости вращения двигателя ~3600 об/мин составляет 5-7 минут. Единовременно измельчаемая масса по карбиду кремния при этом достигает 3,2кг.

Более мягкие а также металлические материалы при максимальной частоте вращения ~3600 об/мин, объеме загрузки 0,6 от объема помольного стакана, диаметре мелющих шаров 20 мм и соотношении объемов мелющих тел и измельчаемого материала 0,6:0,4 при измельчении в течение 10 минут дают следующее распределение фракций: 0,1 мм – 60%, 0,063мм – 30%, менее 0,063 мм – остальное. В случае использования в качестве исходной фракции 0,2мм и шаров диаметром 10 мм при прочих равных параметрах объем фракции 0,063 мм достигает 70%, менее 0,063 мм – 28% и фракции 0,1 мм – до 2%

Таким образом, экспериментально установлены оптимальные режимы и фракции измельчаемых материалов:

- для керамических материалов с твердостью по шкале Мооса от 4,5 и выше целевой фракции 0,1 мм оптимальным будет использование шаров диаметром 15 мм при исходной фракции 0,45-0,5мм. Параметры режима измельчения при этом: частота питающего напряжения – 60Гц, время измельчения – 5-7 минут (2,5-3,5 минуты в прямом, остальное время – в реверсивном режиме), отношение объемов мелющих тел и измельчаемого материала 0,4:0,6; заполнение стакана – на 70%

- для целевой фракции менее 0,063 мм необходимо использовать шары диаметром 10 мм, исходную фракцию материала – 0,1-0,2мм при отношении объемов мелющих тел к объему материала 0,5:0,5 при прочих равных с вышеперечисленными параметрах

- для металлических и керамических материалов с твердостью по шкале Мооса менее 4 при целевой фракции 0,1 мм необходимо использовать мелющие шары диаметром 20 мм при отношении объема шаров к объему материала 0,6:0,4, заполнение стакана – 60%, время измельчения – 10 минут (2 цикла прямого и 2 – реверсивного вращения, по 2,5

минуты каждый) при частоте вращения ~3600 об/мин

- в случае требуемой фракции 0,063 мм и менее, рекомендуемый диаметр шаров 10 мм и размер исходной фракции 0,2 мм при прочих равных параметрах.

После измельчения порошки исследовались на различные физико-химические свойства: спекаемость, температура плавления, возможность сплавления и реакций между компонентами и атмосферой. Данные исследования проводили в камерной высокотемпературной печи СНОЛ с максимальной рабочей температурой 1250°C. Полученные порошко прессовали в брикеты и подвергали нагреву при температурах 850, 900, 950, 1000, 1100 °C.

Выяснено, что с понижением размера порошков, их химическая активность повышается, физические же свойства снижаются. Так, например, прессованный порошок каменного угля при фракции 0,5 мм нагреве до 850 °C сначала спекается, при выдержке в течение 10 и более минут – сгорает, зола при этом рассыпается. Тот же порошок фракции менее 0,063 мм сгорает, а зола спекается в пористый конгломерат, похожий на пемзу. Порошок стекла фракции 0,5 мм начинает спекаться при 950°C, при этом расплав просветляется только при 1100° и выдержке при этой температуре в течение 20 минут. Порошок стекла фракции менее 0,063 мм спекается уже при 850°C, образуя при этом менее плотную, губчатую массу, поминающую пемзу, а также имеющую в 1,7-2,5 раза меньший коэффициент теплопроводности, чем монолитное стекло.

Карбид кремния фракции менее 0,063 мкм при нагреве до 950°C спекается в практически монолитный материал, тогда как при фракции 0,45-0,5 мм следов спекания не заметно даже в случае нагрева и выдержки при 1100°C. Кроме того, спеченный карбид кремния помимо высокой твердости имеет и достаточно высокую пластичность, что позволяет применять этот материал для изготовления различных быстроизнашивающихся изделий, в том числе, подвергающихся незначительным ударным нагрузкам.

Аналогичные закономерности выявлены и для других мелкодисперсных материалов: с понижением размеров частиц примерно на порядок, температуры спекания и плавления снижаются на величину порядка 150–300°C.