

Г. Г. КОЧЕГАРОВ, Л. П. ПАНТЮКОВА, Т. С. ЮСУПОВ

**ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ТОНКОДИСПЕРГИРОВАННОГО КВАРЦА  
ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПЛАНЕТАРНОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

Исследования в области механохимии показывают, что при сверхтонком измельчении твердых тел увеличивается их реакционная способность, диссоциация, сорбция, растворимость и т. д. [1, 2]. Изменения физико-химических свойств конечных продуктов связаны с образованием дефектности в их кристаллической структуре, определяемой в значительной степени видом и интенсивностью механического воздействия. Условия использования материала предъявляют определенные требования к процессу измельчения твердых тел по дисперсности, реакционной способности, состоянию поверхности и кристаллической структуре. Эти задачи решаются путем создания новых диспергирующих аппаратов, а также совершенствования процесса диспергирования.

Один из новых и перспективных направлений в области получения дисперсных материалов — использование планетарных центробежных мельниц (ПЦМ), позволяющих значительно интенсифицировать процесс диспергирования. Исследования, связанные с усовершенствованием технологического процесса получения дисперсных материалов на ПЦМ, должны быть направлены на изучение оптимальных условий работы аппарата.

В настоящей работе определялись оптимальные параметры процесса диспергирования применительно к лабораторной ПЦМ [3]. Мельница снабжена двумя рабочими барабанами емкостью по 600 мл, число оборотов барабана вокруг собственной оси — 1000, вокруг общей оси — 425 в 1 мин, мощность электродвигателя 2,8 кВт, шары и барабаны изготовлены из стали. Кинематическая схема мельницы приведена на рис. 1. Для исследования использовался жильный кварц ( $-1+0,25$  мм) из оловорудного месторождения с визуальным отбором примесей. Объем рабочих камер составлял 475 см<sup>3</sup>. В качестве дисперсионной среды использовалась дистиллированная вода. Удельная поверхность измерялась методом БЭТ с предварительной отмывкой образцов от аппаратного железа в концентрированной HCl. Каждая экспериментальная кривая получена при изменении лишь одного из параметров, влияние которого изучалось.

Величина удельной поверхности диспергированного материала в первом приближении определяется рядом величин, между которыми существует функциональная связь: степенью заполнения межшарового



Используя уравнение (3), можно решить вопрос о выборе оптимальных условий работы ПЦМ.

Величина  $\tau$  входит в две группы уравнения (3), и зависимость величины удельной поверхности от времени диспергирования может быть выражена соотношением  $\frac{S\sigma\tau^2}{D} = \Phi_9\left(\frac{g\tau^2}{D}\right) \Phi_{13}(n\tau)$ . Кинетика изменения удельной поверхности кварца представлена на рис. 2 (кривая 1). Сначала наблюдается значительное увеличение удельной поверхности кварца с увеличением времени диспергирования, а после 10-минутного диспергирования увеличение удельной поверхности сильно замедляется. Следовательно, дальнейшее увеличение времени диспергирования не эффективно, поскольку многократно возрастающие затраты энергии не вызывают значительного увеличения удельной поверхности.

Представим результаты по кинетике диспергирования в координатах уравнения [2]

$$\tau = K \ln \frac{S_m}{S_m - S}, \quad (4)$$

где  $K$  — константа скорости диспергирования (величина поверхности, образующейся при затрате единицы энергии);  $S_m$  — удельная поверхность предельно диспергированного материала. Как видно из рис. 2 (кривая 2), кинетика диспергирования кварца удовлетворительно описывается этим уравнением. Следовательно, имеем

$$S_m/S_m - S = \exp K\tau \quad (5)$$

или 
$$S = S_m [1 - \exp(-K\tau)]. \quad (6)$$

Таким образом, величина удельной поверхности находится в экспоненциальной зависимости от времени.

Экспериментальные данные показывают, что результаты исследования зависимостей  $S\sigma\tau^2/D = \Phi_5(\mu/d)$  и  $S\sigma\tau^2/D = \Phi_4(d/D)$  удобно скомбинировать в одну группу  $S\sigma\tau^2/D = \Phi_{11}(d/\mu)$ , откуда можно определить функциональную зависимость  $\Phi(d/\mu)$ . Как видно из рис. 3, а, для функции  $S(d/\mu)$  существует оптимальная область, в которой удельная поверхность достигает максимальной величины. В нашем случае установлено, что наиболее эффективным отношением является  $d/\mu = 4,8$ , что соответствует диаметру шаров 3 мм при исходной фракции кварца.

Отношение объема диспергируемого материала к объему межшарового пространства, выраженное в процентах, определяет степень заполнения межшарового объема диспергируемым материалом. Зависимость удельной поверхности материала от степени заполнения им межшарового объема, согласно уравнению (3), выражается соотношением  $S = D/\sigma\tau^2 \cdot \Phi_1(\alpha)$ . Из рис. 3, б видно, что с уменьшением количества диспергируемого материала величина его удельной поверхности сначала резко возрастает, а затем падает. Наибольшей величины удельная поверхность достигает, когда материал заполняет 4% объема межшарового пространства. Близкий к этому результат был получен Роузом для шаровой мельницы [6].

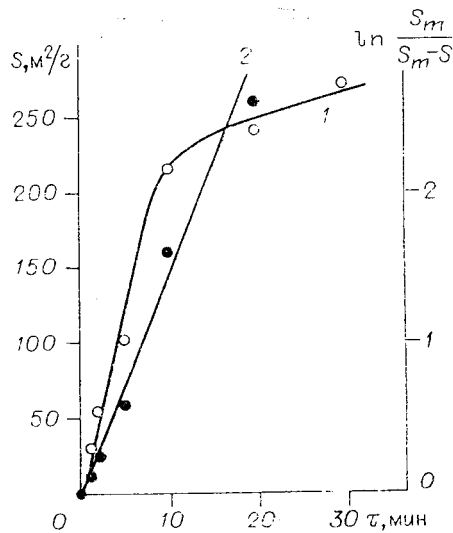


Рис. 2. Кинетика диспергирования кварца.

1 — в дистиллированной воде; 2 — в координатах уравнения (4).

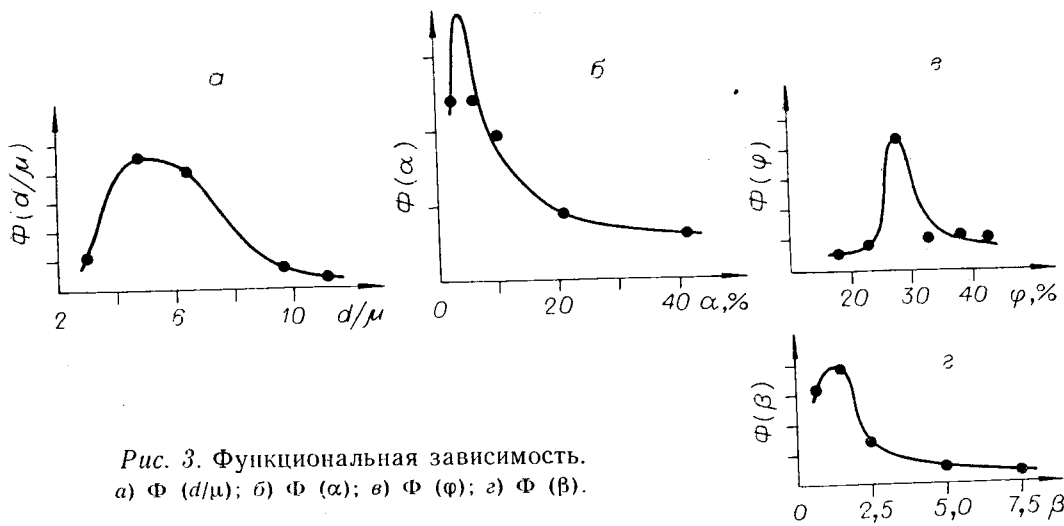


Рис. 3. Функциональная зависимость.  
 а)  $\Phi(d/\mu)$ ; б)  $\Phi(\alpha)$ ; в)  $\Phi(\varphi)$ ; з)  $\Phi(\beta)$ .

Зависимость величины удельной поверхности от степени заполнения объема барабана шарами выражается соотношением  $S = D/\sigma\tau^2 \cdot \Phi_2(\varphi)$  (см. рис. 3, в). Зависимость  $\Phi(\varphi)$  имеет экстремальный характер, максимальной величины удельная поверхность достигает в области 28%-ной загрузки.

Для зависимости величины удельной поверхности от соотношения жидкой и твердой фаз, выражающейся отношением  $S = D/\sigma\tau^2 \cdot \Phi_3(\beta)$ , экспериментально получена оптимальная величина 1,5:1 (см. рис. 3, з). Более детально влияние количества жидкой фазы на величину удельной поверхности рассмотрено в [2], где показано, что первый максимум для функции  $\Phi(\beta)$  наблюдается при образовании на поверхности порошка мономолекулярного слоя воды, а оптимальные условия диспергирования достигаются при содержании воды, превышающем 50% от веса материала.

Таким образом, оптимальный режим ПЦМ М-3 характеризуется параметрами  $\tau = 10$  мин,  $d/\mu = 4,8$ ,  $\alpha = 4\%$ ,  $\varphi = 2,8\%$ ,  $\beta = 1,5:1$ . Следует отметить, что в данном случае подразумевается условный оптимальный режим, поскольку исследованы не все параметры режима диспергирования, а наиболее существенные из них.

Для полученных образцов кварца определялся характер структурных изменений кристаллической решетки. С этой целью снимались спектры рентгеновского рассеяния на приборе УРС-50 ИМ и измерялась полуширина рефлекса (101). Необходимо отметить, что на интенсивность рефлекса кварца накладывалась интенсивность рефлекса (003) слюды, присутствовавшей в виде включений в образцах кварца. Активность полученных образцов определялась по растворимости кварца. Растворение навески в 1 г проводилось в 50 мл 20%-ного раствора NaOH при температуре  $\sim 75^\circ\text{C}$  в течение 1 ч. Данные по полуширине рефлекса (101) и растворимости кварца приведены в таблице.

**Влияние режима диспергирования на кристаллическую структуру и растворимость кварца**

Изменяемый параметр режима диспергирования	Исходный кварц			Изменяемый параметр режима диспергирования	Оптимальный режим		
	S, м <sup>2</sup> /г	Полуширина рефлекса (101), мм	Растворимость, %		S, м <sup>2</sup> /г	Полуширина рефлекса (101), мм	Растворимость, %
Исходный кварц	0,04	5,8	2,75	$\tau = 5$ мин	102	14,6	28,02
Оптимальный режим	225	15,2	28,8	$\tau = 30$ мин	271	15,8	27,44
$\alpha = 2,5\%$	145	14,8	25,2	$\beta = 5:1$	132	12,2	19,18
$\alpha = 21\%$	54	14,5	29,74	$\beta = 7,5:1$	128	12,2	23,25
$\varphi = 18\%$	122	14,5	27,87	$d/\mu = 3,2$	147	7,0	29,07
$\varphi = 45,5\%$	134	14,0	23,29	$d/\mu = 11,2$	126	13,5	22,43
$\tau = 1$ мин	29	12,4	20,07				

Из представленных в таблице данных следует, что изменения кристаллической структуры кварца и его растворимость существенно зависят от условий механического воздействия. Наибольшие искажения кристаллической структуры кварца и наибольшая его растворимость наблюдаются для образцов, полученных в области оптимального режима диспергирования.

Проведенное исследование подтверждает высказанное априори предположение о зависимости степени совершенства кристаллической структуры порошков от каждого из параметров режима диспергирования [7]. Полученные результаты создают предпосылки направленного диспергирования с изменением физико-химических свойств твердого тела, что, однако, требует дальнейших исследований.

*Институт геологии и геофизики  
СО АН СССР,  
Новосибирск*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Болдырев, Е. Г. Аввакумов. Усп. хим., **10**, 10, 1835 (1971).
  2. Г. С. Ходаков. Физика измельчения. М., 1972.
  3. С. И. Голосов. Авт. свид. СССР № 101874. Бюл. изобр., № 11 (1955).
  4. Р. Гийо. Проблема измельчения материалов и ее развитие. М., 1964.
  5. Г. Е. Роуз. Тр. Европейского совещания по измельчению. М., 1966.
  6. Н. Е. Rose. Trans. Inst. Chem. Eng., **35**, 87 (1957).
  7. Л. М. Кривошукская, Т. С. Юсупов. Физико-химические методы анализа минералов. Новосибирск, 1977, с. 22.
-