



# ПЛАНЕТАРНЫЕ ШАРОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ДО НАНОРАЗМЕРОВ

А.Балкин / [balkin@retsch.ru](mailto:balkin@retsch.ru)

**П**ланетарные шаровые мельницы RETSCH используются везде, где требуется высокий уровень измельчения порошков. В связи с этим, помимо классических процессов измельчения и перемешивания, они подходят для коллоидального измельчения с получением наночастиц и имеют достаточную энергию для механического легирования. Предельно высокие центробежные силы, развиваемые в таких мельницах, обеспечивают высокую энергию измельчения и вследствие этого малое время процесса.

Свободная настройка изделий, широкий выбор размольных стаканов из высококачественных материалов, различные размеры и комбинации количества мелющих шаров позволяют адаптировать параметры измельчения под требования поставленных прикладных задач.

Благодаря защитным характеристикам (автоматическая компенсация вибраций, технология Free Force Compensation Sockets (FFCS), ножи, компенсирующие свободные колебания, программируемое время старта и хранения данных об оставшемся времени измельчения на случай отключения электричества) представленные шаровые мельницы могут работать долгое время без присутствия оператора.

Мельницы выпускаются с одной, двумя или четырьмя размольными станциями. Вместе со стаканами "комфорт" обеспечивается наивысший уровень производительности, безопасности и надежности.

Ученые исследовали и изучали наночастицы (диаметр менее 100 нм в) многие годы. На основе этих частиц были разработаны новые инновационные свойства материалов (полупроводниковые и поверхностные), например, эффект лотоса, открывающий ранее неизвестные возможности при получении наносоединений.

Теория, опыт, интуиция и креативность делают измельчение искусством.

Существует несколько методов получения наночастиц:

- из атомов и молекул посредством техники "от меньшего к большему";

## ПРЕДЕЛЬНО БЫСТРО С ВЫСОЧАЙШЕЙ ТОНКОСТЬЮ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

(начальный размер частиц <10 мм, конечная тонкость <0,1 мкм – в зависимости от типа материала и конфигурации мельницы)



Решаемые прикладные задачи: перемешивание, гомогенизация, измельчение, в том числе коллоидальное, механическое легирование. Тип используемого материала: мягкий, средне-твердый, твердый, хрупкий, волокнистый, сухой и мокрый. Примеры решаемых прикладных задач: помол сплавов, костей, керамики, химической продукции, угля, кокса, электронного лома, волокна, стекла, известняка, минералов, руд, бумаги, кварца, семян, осадков сточных вод, почвы, мусора, дерева.

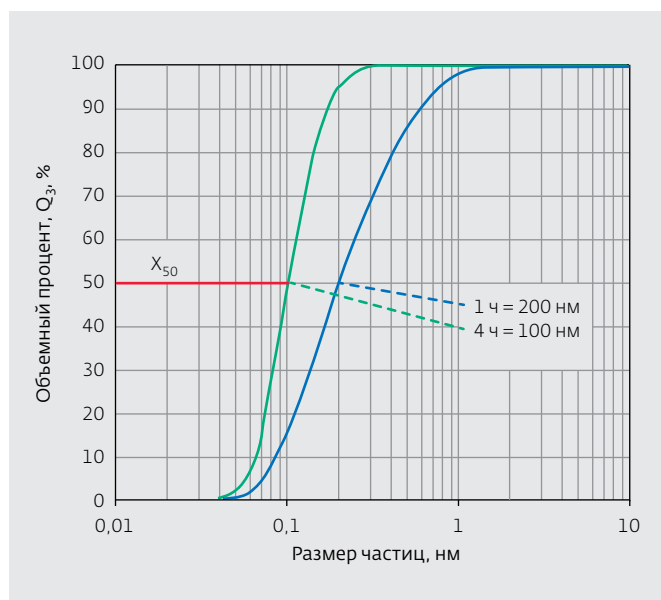


Рис.1. Измельчение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> шариками диаметром 1 мм в воде через 1 ч (синий цвет) и через 4 ч (зеленый цвет)

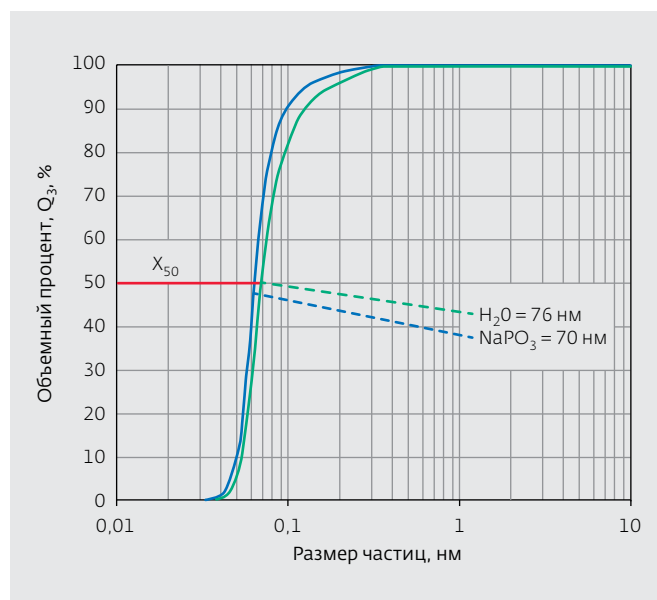


Рис.2. Измельчение Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> шариками диаметром 1 мм (1 ч) и более эффективно диаметром 0,1 мм (3 ч) в воде (зеленый цвет) и в 1%-ном NaPO<sub>3</sub> (синий цвет)

- посредством техники "от большего к меньшему" (частицы уменьшаются в размерах до нанометрового диапазона измельчением).

Планетарные шаровые мельницы RETSCH PM 100, PM 200 и PM 400 являются лучшими инструментами для техники "от большего к меньшему", так как они производят достаточное количество необходимой энергии для измельчения материала до нанометрового диапазона.

Важно отметить, что основные правила при измельчении частиц до микронных размеров не приемлемы для наночастиц – с уменьшением их размеров электростатическое и молекулярное взаимодействия увеличиваются, что ведет к агломерации, которая не может быть уменьшена. По этой причине коллоидальное измельчение должно проводиться в жидкой среде, которая, насколько это возможно, позволяет рассеивать и разделять частицы. Типичная среда для этих целей – спирт, но другие растворители и даже вода также подходят для решения некоторых прикладных задач.

Для наноизмельчения шаровая мельница, стаканы и шары должны быть изготовлены из материала с высокой износоустойчивостью, например, из оксида циркония. Это также поможет минимизировать загрязнение пробы. Как правило, используются шары маленьких

диаметров (менее 3 мм), а время измельчения составляет несколько часов. Все это необходимо для получения наночастиц, поскольку для их создания требуется существенно большая энергия и большая поверхность, чем при сухом измельчении в микронном диапазоне. На рис.1 показан результат измельчения оксида алюминия на скорости 650 об/мин.

При измельчении в воде с использованием шариков диаметром 1 мм через час 50% частиц имеют размер ≈200 нм, через 4 ч этот параметр равняется 100 нм. Во второй серии опытов материал измельчался в иной дисперсной среде; 1 ч – с шариками  $\varnothing$  1 мм и затем 3 ч – с шариками  $\varnothing$  0,1 мм (рис.2).

Среднее значение тонкости измельчения составило в воде 76 нм и в 1%-ном растворе метафосфата натрия (NaPO<sub>3</sub>) – 70 нм. В целом результаты измельчения показывают, что планетарные шаровые мельницы подходят для производства частиц нанометрового диапазона. Важно отметить, что на результат большое влияние оказывает выбор размера шариков и дисперсной жидкости. ■

Более подробная информация ООО "Реч Рус"  
Россия – С.-Петербург.  
Тел.: +7 (812) 777-11-07  
E-Mail: info@retsch.ru Web: www.retsch.ru