

2 000 об/мин

**уникальная система
жидкостного
охлаждения**

ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ ШАРОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ДО НАНОДИАПАЗОНА

10^{-9} m

10^{-6} m

10^{-3} m



**ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ
ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА
E_{max}**



**ПЛАНЕТАРНАЯ ШАРОВАЯ
МЕЛЬНИЦА
PM 100**



**ВИБРАЦИОННАЯ
МЕЛЬНИЦА
MM 400**



**КРИОМЕЛЬНИЦА
CRYOMILL**



**ПЛАНЕТАРНАЯ ШАРОВАЯ
МЕЛЬНИЦА
PM 400**



Дорогие читатели, заказчики и бизнес-партнёры,

«Нанотехнологии» имеют важное значение в современном мире, так как продукты, содержащие наночастицы, стали частью нашей повседневной жизни. Сверхмелкие частицы используются в солнцезащитных экранах, текстиле, лекарствах или красках, и это только некоторые из примеров. Благодаря нанотехнологиям материалы и продукты получают новые свойства и дополнительные улучшения.

Компании «RETSCH» и «RETSCH TECHNOLOGY» также сосредоточились на нанотехнологиях!

Революционный дизайн новой высокоскоростной шаровой мельницы E_{max} позволяет получить наночастицы за доли того времени, которое необходимо лучшим аналогам. Мельница E_{max} может работать с максимальной скоростью 2000 об/мин, что ранее являлось для шаровых мельниц недостижимым. В этом выпуске журнала «the sample» Вы узнаете, как инженеры «RETSCH» объединили в E_{max} **максимальную энергию измельчения с инновационной системой охлаждения водой**, в результате чего мельнице не требуются перерывы на охлаждение!

Измельчение до наноразмеров также достигается с помощью хорошо зарекомендовавших себя планетарных шаровых мельниц «RETSCH». В этом выпуске мы не только представляем наш ассортимент планетарных шаровых и вибрационных мельниц, но и описываем, как успешно выполнить **высокоэнергетические процессы, такие как механическое легирование и коллоидное измельчение.**

Надеемся, Вам понравится это выпуск журнала «the sample»!

С уважением

Д-р Юрген Панкратц
Директор «Verder Scientific»

СОДЕРЖАНИЕ

ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА E_{max} – ПРОРЫВ В СВЕРХТОНКОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ СТРАНИЦА 04



Новое слово в высокоэффективном измельчении: 2000 оборотов в минуту в сочетании с высокоэффективной системой охлаждения создают сверхмалые частицы за минимальное время.

ПЛАНЕТАРНЫЕ ШАРОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ – КЛАССИКА ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРАНИЦА 08



Планетарный принцип генерирует высокую энергию для измельчения частиц до субмикронного уровня и создает идеальные условия для механического легирования и коллоидного измельчения.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ СТРАНИЦА 10

Высокоскоростная и планетарные шаровые мельницы обеспечивают необходимую кинетическую энергию для механического легирования. Компания RETSCH предлагает мельницу PM 400 MA, которая разработана специально для такого применения.

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ С ПОМОЩЬЮ КОЛЛОИДНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СТРАНИЦА 12

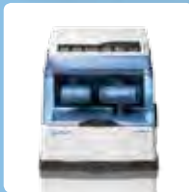
Для дальнейшего уменьшения размеров тонких частиц требуется большое количество энергии, которое сообщается в высокоскоростной или планетарных шаровых мельницах. Для измельчения до нанодиапазона также важно выбрать подходящие размольные стаканы и количества мелющих шаров.

ВИБРАЦИОННАЯ ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА MM 400 - УНИВЕРСАЛ ДЛЯ МАЛЫХ ПРОБ СТРАНИЦА 14



Вибрационные шаровые мельницы - это лучший выбор для быстрой и эффективной гомогенизации малых объемов проб.

МЕЛЬНИЦА CRYOMILL – ЛЕДЯНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ СТРАНИЦА 16



Если измельчение образца невозможно при комнатной температуре, то с этим справится мельница CryoMill. Она подходит для упругих и эластичных материалов, а также для образцов, содержащих летучие компоненты.

ПРИМЕРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ СТРАНИЦА 18

Высокоскоростные, планетарные и шаровые мельницы RETSCH подходят для измельчения огромного спектра материалов. Широкий выбор комплектующих обеспечивает оптимальное соответствие требованиям каждой конкретной задаче пробоподготовки.

КРОШЕЧНЫЕ ЧАСТИЦЫ - КОЛОССАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ: ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ДО НАНОДИАПАЗОНА

Нанотехнология является одной из самых инновационных областей науки нашего времени, которая приводит к революционным прорывам в таких отраслях, как материаловедение, фармацевтика, пищевая промышленность, производство красителей или полупроводниковая технология. Нанотехнология имеет дело с частицами в диапазоне от 1 до 100 нм, которые обладают особыми свойствами из-за их размера, а их поверхность сильно увеличена по отношению к их объему (так называемые «размерно-индуцированные параметры»). Сверхтонкие частицы являются, например, более твердыми и более ударопрочными, по сравнению с крупными. Нанотехнология позволяет перенести природные явления в область промышленности. Вот, например, эффект лотоса: ткани и краски с нанопокрытием являются такими же водо- и грязеотталкивающими, как и цветок лотоса.

НАНО

Как получить наночастицы? Метод «снизу-вверх» характеризуется сборкой частиц из отдельных атомов или молекул. **Метод «сверху-вниз» основан на уменьшении крупных частиц до наноразмеров, например, с помощью лабораторных мельниц.** Из-за значительно увеличенной площади поверхности по отношению к объему, мелкие частицы притягиваются друг к другу под действием собственных электростатических зарядов.

Наночастицы получают путем коллоидного измельчения, которое включает в себя диспергирование частиц в жидкости для нейтрализации поверхностных зарядов. В качестве дисперсионной среды обычно используют воду или спирт в зависимости от материала пробы. В некоторых случаях нейтрализация поверхностных зарядов возможна толь-

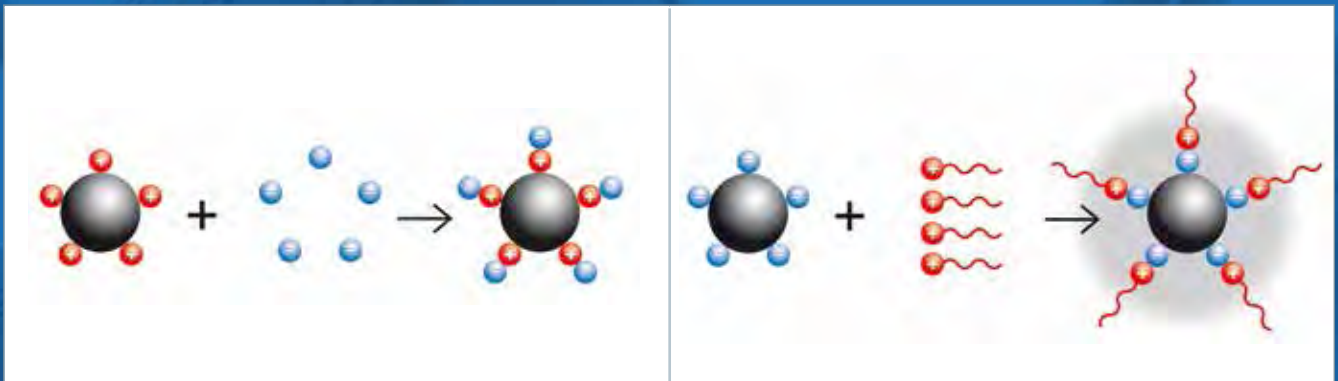
ко путем добавления буфера, например, фосфата натрия или молекул с более длинными незаряженными "хвостами", таких как диаминопимелиновая кислота (электростатическая или пространственная стабилизация).

Благодаря **планетарным шаровым мельницам и высокоскоростной шаровой мельнице E_{max} «RETSCH»** обладает **подходящими мельницами** и необходимыми технологиями для получения наночастиц. Наиболее важным для получения сверхтонких частиц является следующее:

- материал размольной гарнитуры
- размер мелющих шаров
- соотношение мелющих шаров/образца/ диспергирующих веществ по объему
- время измельчения
- энергетические затраты

Преимуществом E_{max} является инновационная система жидкостного охлаждения, которая отводит большую часть тепла, выделяемого при трении во время процесса измельчения.

Размольные стаканы типа «comfort», которые используются с планетарными шаровыми мельницами, идеально подходят для процессов коллоидного измельчения. Благодаря герметичным уплотнительным кольцам исключается утечка жидкости, даже при увеличении давления внутри стакана. Зажимные фланцы обеспечивают легкое перемещение, а встроенные зажимы для крышек - безопасность использования.



Нейтрализация заряженных частиц путем добавления буфера (электростатическая стабилизация, слева) или путем добавления "длиннохвостых" молекул (пространственная стабилизация, справа)

E_{max}

ПРОРЫВ В СВЕРХТОНКОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ

2 000 об/мин

**уникальная система
жидкостного
охлаждения**

Мельница E_{max} - это представитель совершенно нового поколения шаровых мельниц, которая разрабатывалась специально для сверхтонкого и сверхбыстрого измельчения. Впечатляющая скорость до 2000 об/мин, ранее недоступная для шаровых мельниц, в сочетании с особым дизайном размольного стакана способствует формированию огромного количества энергии измельчения. Вследствие уникальной комбинации сил удара и трения и вращения размольного стакана, измельчение частиц до сверхтонких размеров происходит в кратчайшие сроки. Благодаря новой жидкостной системе охлаждения избыток тепловой энергии быстро рассеивается, тем самым предотвращая перегрев образца даже при длительном измельчении.

Высокоскоростная шаровая мельница E_{max} идеально подходит для непрерывного измельчения. Мельнице не требуются перерывы на охлаждение, что значительно сокращает время измельчения по сравнению с обычными планетарными шаровыми мельницами. Чрезвычайно высокий энергетический выход в сочетании с жидкостной системой охлаждения обеспечивают непревзойденные условия для проведения механического легирования и коллоидного измельчения вплоть до нанодиапазона.



Рис. 1: E_{max} оснащена двумя размольными станциями.

E_{max}



См. видео о продукции
E_{max} на сайте
www.retsche.ru/emax

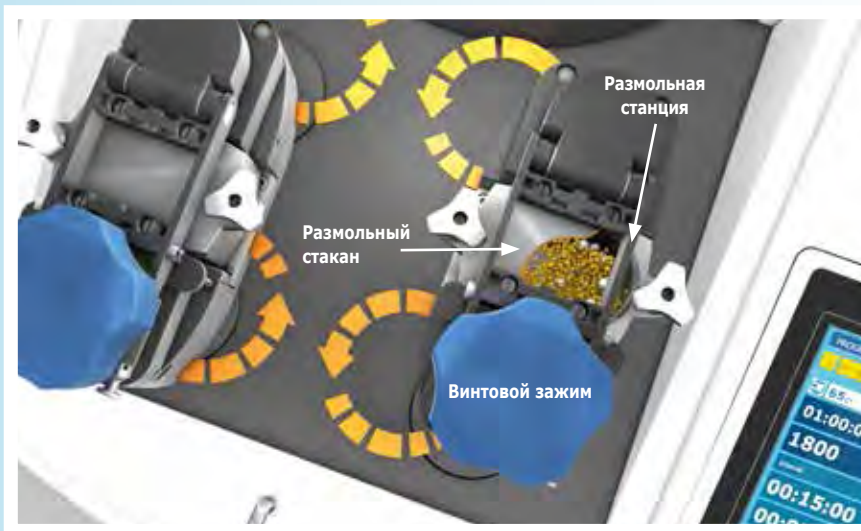


Рис. 2: Размольный стакан установлен на двух дисках, которые вращаются в одном направлении. В результате стаканы перемещаются по круговой траектории без изменения их ориентации. Четверной эксцентриковый привод обеспечивает точное асинхронное движение размольных стаканов. Массовые силы устраняются за счет встроенных противовесов.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Инновационный принцип измельчения высокоскоростной шаровой мельницы **E_{max}** объединяет в себе преимущества трех различных типов мельниц: удары с высокой частотой (вибрационная мельница), интенсивное трение (дисковая мельница) и контролируемое круговое движение размольного стакана (планетарная шаровая мельница) - именно это позволяет добиться ранее недостижимой скорости измельчения. Это уникальное сочетание достигается благодаря овальной форме и стаканов и способу их движения. Размольный стакан установлен на двух дисках, которые вращаются в одном направлении. В результате стаканы перемещаются по круговой траектории без изменения их ориентации. Комбинация формы стакана и его движения вызывает сильное трение между мелющими шарами и стенками стакана и ускорение, благодаря которому шары с большой силой прижимают образец к закругленным краям стаканов. Тем самым перемешивание материала значительно улучшается, что приводит к самой большой тонкости измельчения и самому узкому распределению по размерам частиц, какого только можно добиться в шаровых мельницах.

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ

- Более тонкое и быстрое измельчение, чем в любой другой шаровой мельнице
- Скорость до 2000 об/мин обеспечивает сверхбыстрое измельчение образцов
- Встроенная инновационная жидкостная система охлаждения для измельчения без перегрева материала и остановок на охлаждение размольной гарнитуры
- Узкое распределение частиц по размерам благодаря особому дизайну стакана, улучшающему перемешивание образца
- Стаканы со встроенными зажимами для крышки
- Управление с помощью сенсорного дисплея
- Сохранение до 10 комбинаций параметров в памяти прибора
- Возможность выбора материала размольной гарнитуры для измельчения без загрязнения пробы

Рис. 3: Особый дизайн стакана обеспечивает лучшее перемешивание образца.



Технические характеристики



www.retsch.ru/emax	
Область применения:	обычное, нано- и коллоидное измельчение, гомогенизация, механическое легирование
Начальный размер частиц*:	<5 мм
Конечная тонкость*:	<80 нм
Объем пробы*:	макс. 2 x 45 мл
Число размольных станций:	2
Размеры размольных стаканов:	50 мл / 125 мл
Скорость:	300 – 2000 об/мин
Охлаждение:	встроенная контролируемая система охлаждения проточной водой / циркуляционный охладитель
Тип размольных стаканов:	со встроенными зажимами для крышки, крышка для работы в инертной атмосфере (опция)
Материал размольной гарнитуры:	нержавеющая сталь, карбид вольфрама, оксид циркония
Хранимые комбинации параметров:	10
Габариты (Ш x В x Г):	625 x 525 x 645 мм
*в зависимости от материала и настроек/конфигурации мельницы	

БЫСТРЕЕ – ТОНЬШЕ – E_{max}

Сравнительные испытания: тонкость

Конечная тонкость в нанометровом диапазоне может быть достигнута только путем мокрого измельчения (смотрите информацию о коллоидном измельчении, стр.12). При этом используют большое количество мелющих шаров диаметром от 0,1 до 3 мм для создания максимально высокой силы трения. **Благодаря высокой скорости E_{max} в 2 000 об/мин, энергия измельчения увеличивается еще больше.** Высокая энергия измельчения используется в полной мере, поскольку тепло, возникающее в результате трения, быстро выводится уникальной системой жидкостного охлаждения. Отсутствие эффективного охлаждения привело бы к перегреву и образца, и мельницы. В зависимости от характеристик образца и режима измельчения для предотвращения перегрева в обычных планетарных шаровых мельницах рекомендуется перерываться на охлаждение. Такие перерывы составляют приблизительно. 60% от общего времени измельчения. E_{max} , напротив, создана для непрерывной работы благодаря своей эффективной системе жидкостного охлаждения.

В сравнительном тесте пигмент диоксид титана измельчали в планетарной шаровой мельнице и в E_{max} (размольный стакан 50 мл из оксида циркония, 110 г мелющих шаров диаметром 0,1 мм, 10 г образца, 15 мл 1% раствора фосфата натрия).

Через 30 минут измельчения в E_{max} тонкость 90% материала достигла 87 нм. В планетарной шаровой мельнице через аналогичное время (исключая перерывы на охлаждение) тонкость материала составляла только 476 нм. Таким образом, в E_{max} была достигнута тонкость почти в 5 раз выше, чем в планетарной шаровой мельнице.

Сравнительные испытания: тонкость и время измельчения

Превосходство E_{max} особенно очевидно при сравнении времени измельчения. На рисунке 5 показан результат измельчения графита в E_{max} при 2 000 об/мин (размольный стакан 50 мл из оксида циркония, 110 г мелющих шаров диаметром 0,1 мм, 5 г образца, 13 мл изопропанола) и в самой мощной планетарной шаровой мельнице. Графит является лубрикантом и его измельчение требует особенно высоких затрат энергии. **Уже после одного часа измельчения в E_{max} 90% материала имеет тонкость в 13 мкм.** В планетарной шаровой мельнице такая тонкость была достигнута только через 8 часов (без учета простоя для охлаждения). После 8 часов измельчения подавляющее преимущество E_{max} вновь несомненно: 90% материала имеет тонкость в 1,7 мкм, что в 7 раз меньше результата, полученного в планетарной шаровой мельнице (12,6 мкм).

**Диоксид титана:
в 5 раз тоньше**

Измельчение диоксида титана в E_{max} и в планетарной шаровой мельнице

	d_{10}	d_{50}	d_{90}
E_{max} (через 30 мин)	57 нм	69 нм	87 нм
Планетарная шаровая мельница (через 30 мин, без учета простоя для охлаждения)	66 нм	105 нм	476 нм

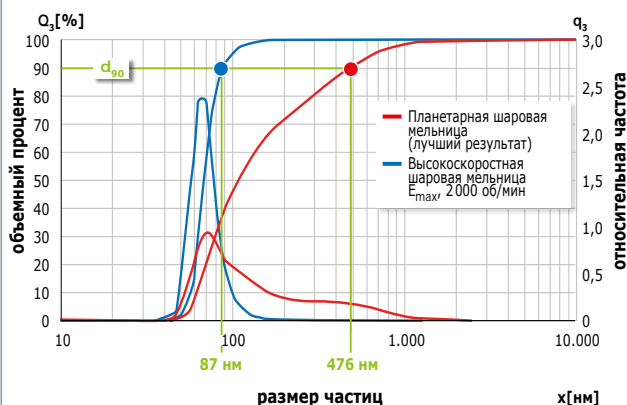


Рис. 4: E_{max} измельчает образец не только быстрее и тоньше, но и распределение частиц по размерам после измельчения в ней существенно уже.

**Графит:
в 8 раз быстрее
в 7 раз тоньше**

Сравнение времени измельчения и тонкости в E_{max} и в планетарной шаровой мельнице

Время измельчения E_{max}	1 ч	2 ч	4 ч	8 ч
Конечная тонкость	13,0 мкм	8,2 мкм	5,5 мкм	
Планетарная шаровая мельница (без учета простоя для охлаждения)	1 ч	2 ч	4 ч	8 ч
Конечная тонкость	25,0 мкм	20,3 мкм	16,2 мкм	12,6 мкм

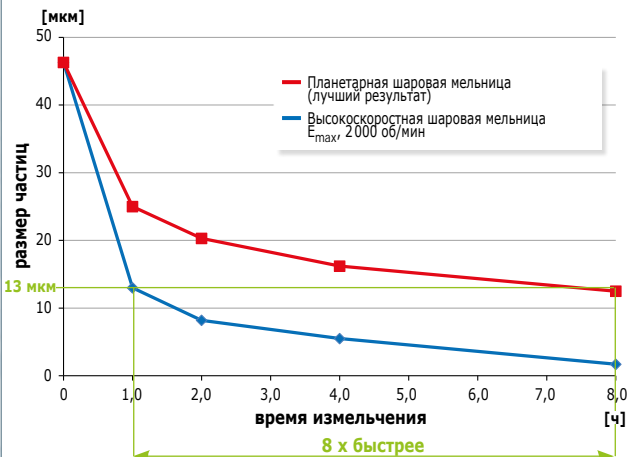


Рис. 5: Измельчение графита. Благодаря системе жидкостного охлаждения E_{max} по сравнению с планетарной шаровой мельницей без охлаждения достигает лучших результатов и в скорости, и в конечной тонкости.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Размольные стаканы мельницы E_{max} охлаждаются проточной водой при помощи встроенной жидкостной системы охлаждения. Для дальнейшего снижения температуры мельницу можно подключить к циркуляционному охладителю. Охлаждение производится через размольную станцию. Встроенное программное обеспечение мельницы позволяет проводить процесс измельчения в пределах заданного диапазона температур, т.е. установить минимальную и максимальную температуру образца. При превышении максимальной температуры мельница автоматически останавливается и продолжает работу лишь при охлаждении до

минимальной заданной температуры.

Охлаждение является существенным преимуществом особенно при обработке термочувствительных образцов или добавлении изопропанола (Рис. 7). Изопропанол испаряется при температуре 82 °С, что способствует значительному увеличению давления в стакане. Если температура остается ниже этого значения, давление внутри стакана и нагрузки на герметичное уплотнение снижаются, а размольный стакан можно открывать сразу после окончания измельчения.

Контур охлаждения E_{max}

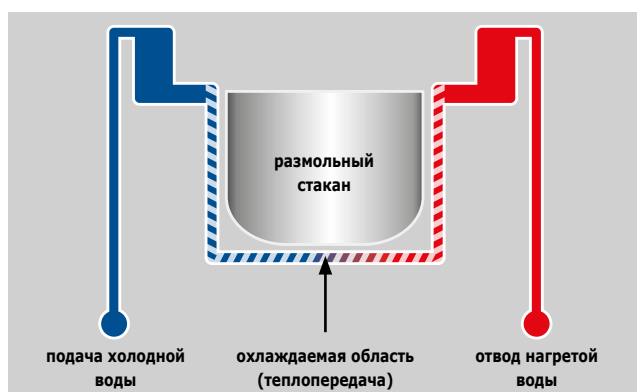


Рис. 6: Размольный стакан охлаждается через размольную станцию.

Коллоидное измельчение графита в E_{max}

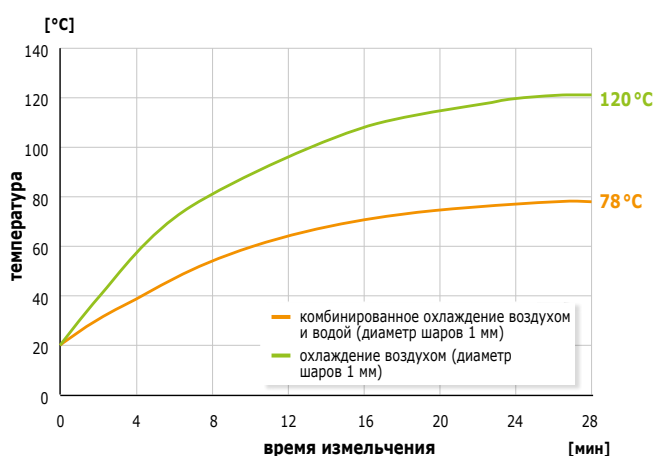


Рис. 7: Благодаря охлаждению водой при измельчении графита с изопропанолом (размольный стакан 50 мл из оксида циркония, 110 г размольных шаров диаметром 0,1 мм, 5 г образца), нагревание размольного стакана ограничивается 78 °С. Без охлаждения оно достигло бы 120 °С.

МАКСИМАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

При разработке E_{max} особое внимание было уделено безопасности эксплуатации. Положение размольного стакана контролируется автоматически, поэтому если стакан установлен неправильно, мельницу нельзя будет запустить. Также осуществляется постоянный контроль дисбаланса.

Если последний станет слишком большим, мельница автоматически остановится. Оставшееся время измельчения отражается на дисплее и в случае аварийной остановки мельницы измельчение может быть продолжено после исправления дисбаланса.

Заключение

Мельница E_{max} является пионером в новом поколении высокоскоростных мельниц. Уникальное сочетание ударов с высокой частотой и интенсивного трения, а также недостижимая ранее скорость в 2000 об/мин позволяют получить сверхтонкие частицы за короткий промежуток времени. Благодаря непревзойденной системе жидкостного охлаждения в E_{max} образуется существенно больше энергии измельчения, чем в обычных планетарных шаровых мельницах и отсутствует перегрев. Кроме того, охлаждение водой значительно сокращает время измельчения по сравнению с шаровыми мельницами без охлаждения, которые требуют перерывов в работе. Примеры, приведенные в этой статье, ярко демонстрируют, что E_{max} достигает заданных размеров за часть того времени, что требуется планетарной шаровой мельнице.

КЛАССИКА ДЛЯ ЗАДАЧ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

ПЛАНЕТАРНЫЕ ШАРОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

Планетарные шаровые мельницы «RETSCН» используются везде, где предъявляются высочайшие требования к скорости, размеру, чистоте и воспроизводимости. Они измельчают и перемешивают мягкие, средне-твердые и очень твердые, хрупкие и волокнистые материалы. С легкостью достигают конечного размера частиц вплоть до нескольких микрон, а при коллоидном измельчении - до нанодиапазона. Кроме классического процесса перемешивания и измельчения, мельницы также отвечают всем техническим требованиям для коллоидного измельчения и имеют энергию, достаточную для процесса механического легирования.

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ

- Эффективный процесс измельчения для получения отличных результатов до субмикронного уровня
- Воспроизводимые результаты благодаря регулировке энергии и скорости
- Подходит для длительных испытаний и непрерывного измельчения
- Позволяет выполнять как сухой, так и мокрый размол
- Широкий выбор материалов размольных гарнитур для измельчения, не влияющего на результаты дальнейших исследований

ВЫБОР МОДЕЛИ ПРИБОРА И КОМПЛЕКТУЮЩИХ

Планетарные мельницы RETSCH доступны в различных исполнениях. **Модели РМ 100, РМ 100 СМ и РМ 200 – это настольные модели с одной или двумя размольными станциями.** Модель РМ 100 СМ работает в центробежном режиме, т.е. соотношение скорости планетарного диска и размольного стакана составляет 1: -1. Как результат, различное движение шаров производит более бережное измельчение с меньшим износом гарнитуры. **Напольная модель РМ 400 модель с двумя или четырьмя размольными станциями** позволяет измельчать до восьми проб одновременно за счет возможности установки стаканов друг на друга. Для того чтобы обеспечить высокий выход энергии, необходимый для механического легирования, РМ 400 доступна как тип «МА» с соотношением скоростей 1:-2,5 или 1:-3.

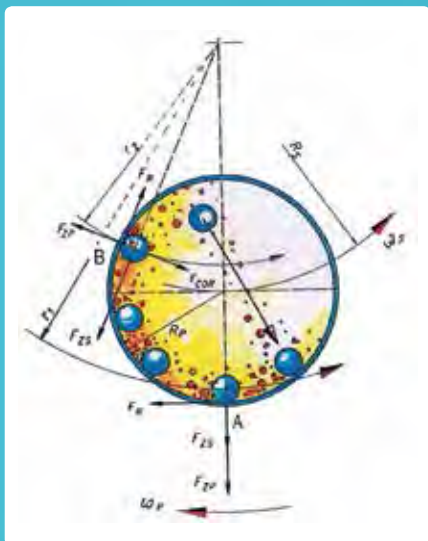
Ряд размольных стаканов «comfort» специально разработан для экстремальных рабочих условий, таких как продолжительные испытания, коллоидное измельчение, большие механические нагрузки, максимальные скорости или механическое легирование. Размольные материалы и шары доступны в различных материалах и размерах (12 мл - 500 мл), что позволяет сделать прободготовку нейтральной к последующему анализу. Благодаря кольцевому уплотнителю все стаканы "comfort" газо- и пыленепроницаемы.

Для коллоидного измельчения рекомендуется использовать размольный стакан со специальным зажимными устройства для крышек. Их использование обеспечивает газонепроницаемость внутри и снаружи перчаточного бокса, а также безопасную транспортировку размольного стакана.

Для измельчения в инертных условиях доступны **аэрационные крышки**. Они позволяют вводить в размольный стакан такие газы, как аргон или азот.



«ПЛАНЕТАРНЫЙ ПРИНЦИП»



Каждый размольный стакан в планетарной шаровой мельнице представляет собой «планету». «Планета» располагается на круглой платформе - планетарном диске, вне центра. Когда планетарный диск вращается, каждый размольный стакан вращается вокруг своей оси в противоположном направлении. Таким образом, размольные шары стремительно наращивают скорость под действием центробежных и кориолисовых сил (См. рис. 1).

Как результат, возникает очень высокая энергия измельчения, позволяющая получать очень мелкие частицы.

Огромное ускорение мелющих шаров при отражении от стенок стакана способствует сильному ударному воздействию на материал пробы и приводит к лучшему измельчению за счет трения. Для коллоидного измельчения и большинства других сфер применения соотношение скоростей планетарного диска и размольного стакана должно составлять 1: -2. Если необходима более высокая подача энергии, рекомендуется выбирать либо планетарные шаровые мельницы с другими соотношениями скоростей, либо высокоскоростные шаровые мельницы, такие как Emax.

Рис. 1: В планетарной шаровой мельнице центробежные и кориолисовы силы обеспечивают измельчение до субмикронного уровня.

КОНЕЧНАЯ ТОНКОСТЬ ДО НАНОДИАПАЗОНА

На рисунке 2 показан результат измельчения корунда (Al₂O₃) при скорости 650 об/мин в планетарной шаровой мельнице РМ 100. После 1 часа измельчения с мелющими шарами диаметром 1 мм с добавлением воды усредненное значение распределения частиц по раз-

мерам составило 200 нм; через 4 часа - 100 нм. При следующем анализе материал первоначально измельчался в течение 1 часа с 1-мм мелющими шарами, а затем в течение 3 часов с 0,1-мм (см. рис. 3). При таких условиях было достигнуто среднее значение в 76 нм.

Результаты показывают, что планетарные шаровые мельницы могут измельчать до нанодиапазона. Выбор правильного диаметра шара играет решающую роль для успешного nanoизмельчения.

Коллоидное измельчение корунда в РМ 100

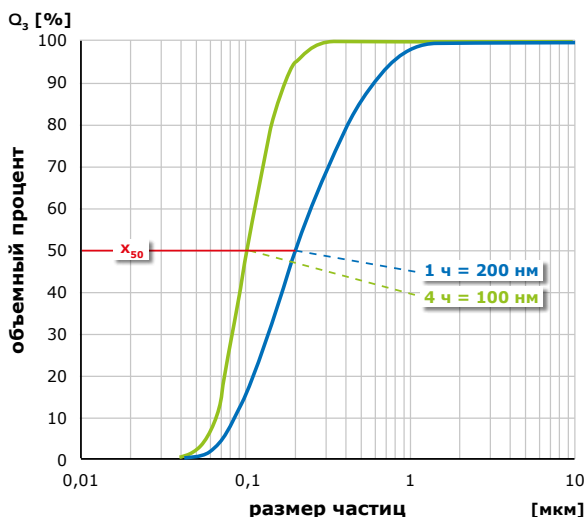


Рис.2: Измельчение корунда в с водой с мелющими шарами диаметром 1 мм после 1 часа (синий) и после 4 часов (зеленый).

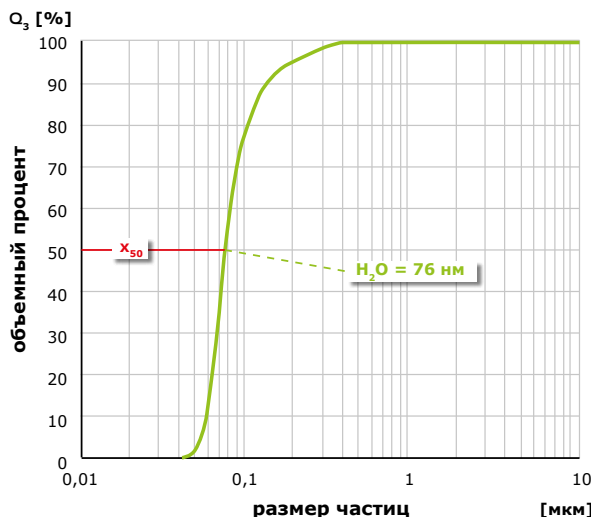


Рис.3: Измельчение корунда с водой с мелющими шарами диаметром 1 мм (1 час), а затем с 0,1 мм (3 часа).

Заключение

Планетарные шаровые мельницы идеально подходят для классических задач измельчения и перемешивания, в которых требуется высокие затраты энергии. Они подходят и для сухого и мокрого измельчения; при последнем способе могут быть достигнуты размеры даже в нанометровом диапазоне в зависимости от материала образца. Компания «RETSCH» предлагает различные исполнения и многочисленные комплектующие, что делает линейку серии РМ универсальной.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ



Высокоскоростная шаровая мельница E_max

Планетарная шаровая мельница PM 400

Сплавы, например, амальгама или нержавеющая сталь, широко известны и используются повсеместно. Традиционный способ их производства заключается в сплавлении компонентов при очень высоких температурах. Если требуется небольшое количество, или если сплавы не могут быть получены путем плавления, альтернативой является механическое легирование. Для проведения механического легирования идеально подходят шаровые мельницы. Высокая подача энергии обеспечивается благодаря силам трения и ударов, возникающим во время измельчения. Механическое сплавление также успешно применяется в механохимии, например, для проведения химических реакций без использования растворителей.

ЧТО ПРОИСХОДИТ ВО ВРЕМЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЛЕГИРОВАНИЯ?

Первые сплавы (например, бронза) были получены еще в 3300 году до нашей эры. В наши дни существует огромное разнообразие сплавов, которые характеризуются оптимизированными свойствами. Некоторые компоненты могут быть смешаны в расплавленном состоянии и остаются растворенными друг в друге за счет образования смешанных кристаллических структур. Новые свойства, например, усиленная твердость сплава, являются результатом встраивания атомов элемента сплава в кристаллическую решетку основного элемента. В связи с различными диаметрами атомов, решетка в смешанных кристаллах деформируется, поверхности скольжения изменяются, металл становится более твердым, но и более хрупким.

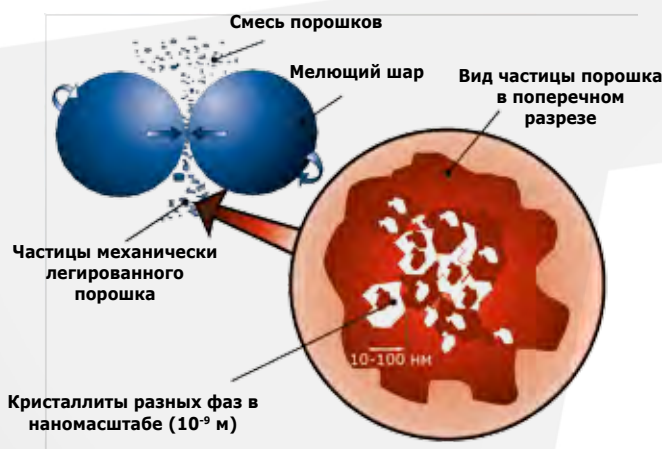


Рис.1: Принцип механического легирования

МЕХАНИЧЕСКОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ В ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Что делать, если компоненты невозможно сплавлять стандартным способом? Если, например, температура плавления отличается настолько, что когда один компонент почти испарится, другой только начнет плавиться? В конце 1960-х путем механического легирования были впервые созданы ферро-никелевые сплавы для получения чрезвычайно термостойких материалов. При механическом легировании используются интенсивные кинетические процессы для сплавления компонентов в виде порошков (рис. 1). **Планетарные шаровые**

мельницы и Высокоскоростная шаровая мельница E_max обеспечивают необходимую подачу энергии благодаря сильным ударным воздействиям. Частицы порошка пластически деформируются между мелющими шарами и сплавляются друг с другом с помощью интенсивных кинетических процессов. Планетарная шаровая мельница PM 400 MA, которая имеет соотношение скоростей 1: -3, еще больше увеличивает ударные воздействия, что делает эту мельницу идеальным вариантом для механического легирования.

МЕХАНОХИМИЯ

Механические воздействия планетарной шаровой мельницы также хорошо подходят для так называемой механохимии. Трение и удары обеспечивают энергию активации, необходимую для химических реакций, которые в этом случае можно проводить без использования растворителей. Типы реакций сильно различаются: от окислительного галогенирования или реакций Дильса-Альдера до реакций образования виниламинов, синтеза гликозидов или даже несложных региоселективных реакций. Механохимия может быть использована, например, для дегалогенирования отходов, которое вряд ли было бы возможно с использованием обычных способов.

Сначала получают более крупные частицы методом, описанным ниже. Увеличение дефектов строения веществ, таких как смещения, зазоры и напряжение в кристаллических решетках отдельных частиц, приводят к повышенной скорости диффузии их атомов, что приводит к увеличению хрупкости, которая в свою очередь способствует образованию трещин и последующему разрушению частицы. Диффузия поддерживается за счет повышения температуры, генерируемого теплом, возникающим в результате тре-

ния в размоленном стакане. Схематичный расчет показал, что в планетарной шаровой мельнице возникают температурные пики в 700 – 1800 K и пики давления в несколько тысяч атмосфер[1]. Процессы сплавления и уплотнения продолжаются до достижения полной однородности, что может произойти через несколько минут или несколько часов. В частицах порошка образуются миниатюрные кристаллические участки смежных исходных компонентов, которые называются «нанокристаллитами» (рис. 2 и 3).

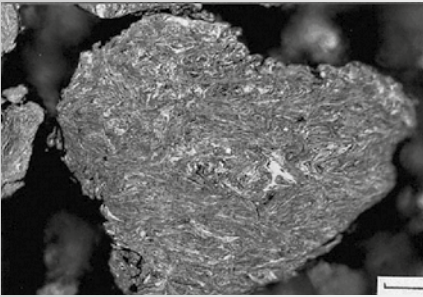


Рис.2: Вид в поперечном разрезе – оптическая микрофотография механически легированных частиц порошка железа, тантала и меди (FeTaCu) через 5 ч

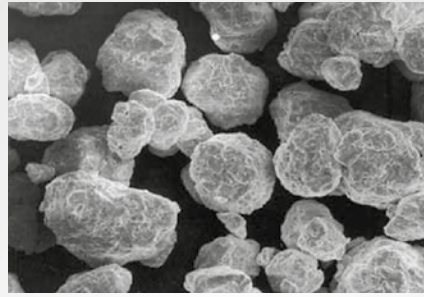


Рис.3: Изображение, полученное с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Механически легированный порошок FeTaCu через 20 ч (вид сверху)

Таким образом получают сплавы, которые не могут быть получены сплавлением и литьем. Соотношение смешивания при этом выбирается любое. Шаровые мельницы компании «RETSCH» обеспечивают необходимую подачу энергии для механического легирования и могут работать на высокой скорости. Для работы в атмосферной среде с

заданными свойствами или инертных условиях размольные стаканы типа «comfort» могут быть дополнительно оборудованы зажимными устройствами и аэрационными крышками. Высокоскоростная шаровая мельница E_{max} также отвечает всем требованиям для проведения механического легирования.

[1] Уракаев Ф.Х. (2000 г.), Порошковые технологии 200, 107, 93



Источник: Сариянараяна и др.. (2001 г.), Наука и технология механического легирования, материаловедения и инженерии, A304-306 p151-158

ПРОИЗВОДСТВО НАНОЧАСТИЦ С ПОМОЩЬЮ КОЛЛОИДНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Так называемое коллоидное или наноизмельчение обычно выполняется как мокрый помол. Для большего уменьшения и без того мелких частиц с помощью механических воздействий, требуются высокие затраты энергии, такие как образуются в мельнице E_{max} и планетарных шаровых мельницах «RETSCH». Для успешного измельчения до нанодиапазона также важно выбрать подходящую размольную гарнитуру и рассчитать количество мелющих шаров.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

В зависимости от начальной крупности пробы и необходимой конечной тонкости может потребоваться предварительное измельчение. Процесс сухого измельчения с размольными шарами диаметром $d > 3$ мм обычно проводится путем заполнения одной трети стакана мелющими шарами и одной трети материалом образца. После чего полученный образец используется для фактического коллоидного процесса.



Размольный стакан типа «comfort» для серии PM с защитным устройством, аэрационная крышка

КОЛЛОИДНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ В ПЛАНЕТАРНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Благодаря наличию планетарных шаровых мельниц и новой мельницы E_{max} , компания «RETSCH» может предложить два типа шаровых мельниц, которые обеспечивают необходимую подачу энергии для коллоидного измельчения до нанометрового диапазона. Для коллоидного измельчения лучше всего подходят размольные стаканы и шары из материалов, обладающих высокой абразивной устойчивостью, например, оксида циркония. **60 % объема размольного стакана заполняется мелющими шарами диаметром от 0,5 до 3 мм**, что способствует увеличению трения. Сам образец заполняет около трети объема стакана. За счет добавления подходящего диспергирующего агента (например: вода, изопропанол, буфер) консистенция образца должна стать пастообразной, что обеспечит идеальные условия для кол-

лоидного измельчения. Если требуется очень мелкая конечная тонкость, то рекомендуется провести второе коллоидное измельчение с мелющими шарами диаметром от 0,1 до 0,5 мм, особенно, если в первый раз использовались шары от 2 до 3 мм (шары должны быть минимум в 3 раза больше размера частиц исходного материала). Чтобы отделить образец от мелющих шаров, они помещаются в сито (с отверстиями размером на 20 – 50% меньше, чем шары) с приемным поддоном. Для последующего коллоидного измельчения 60% стакана заполняются мелкими шарами. Суспензия, образованная в результате предыдущего измельчения, тщательно перемешивается с мелющими шарами до тех пор, пока не будет получена пастообразная консистенция.

КОНСИСТЕНЦИЯ

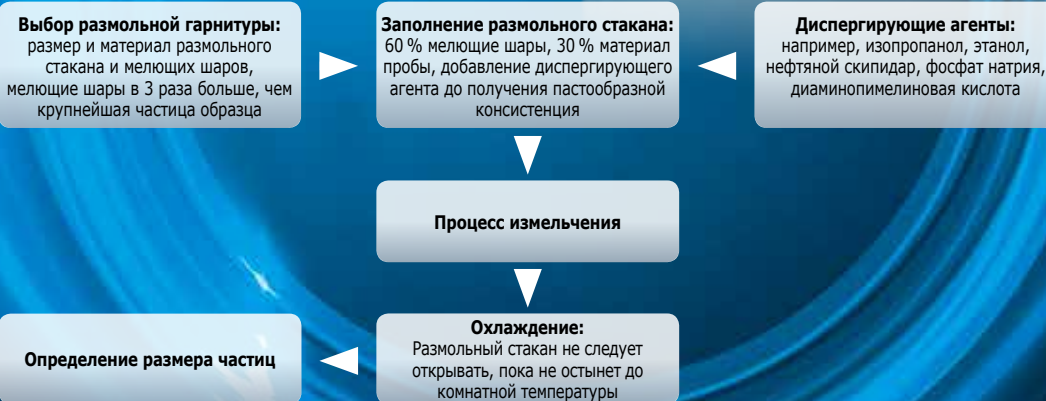
Если есть вероятность, что образец может разбухнуть при мокром помол, то в процессе измельчения следует контролировать консистенцию смеси образца и мелющих шаров,

чтобы при необходимости добавить еще диспергирующего агента. Если известно, что материал легко набухает, то его следует сильнее разбавить перед началом измельчения.

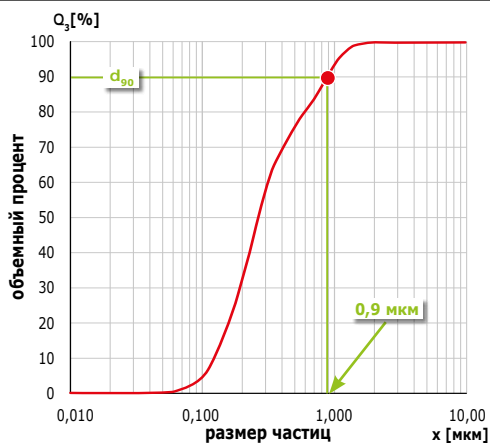
ИЗВЕЛЕНИЕ РАЗМОЛЬНОГО СТАКАНА

Необходимо соблюдать осторожность при извлечении размольного стакана из планетарной шаровой мельницы, так как снаружи он может нагреваться до 150°C за счет тепла, выделяемого в процессе измельчения, а внутри - образоваться повышенное давление. Поэтому рекомендуется использовать **дополнительные защитные крышки** для стаканов «comfort», которые обеспечивают их безопасное изъятие.

После процесса измельчения стакан рекомендуется охладить. Стакан мельницы E_{max} уже оснащен встроенным зажимным механизмом. Кроме того, эффективная система охлаждения E_{max} предотвращает чрезмерный нагрев стакана. Оба стакана могут быть оснащены дополнительными аэрационными крышками, которые позволяют работать в инертной среде.

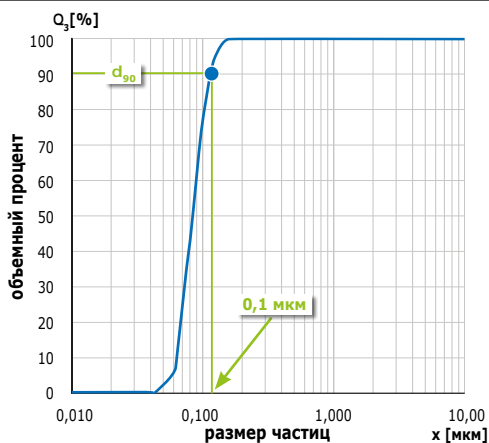


Измельчение скальных пород (гранитоподобных) в PM 100



В стакан объемом 50 мл из оксида циркония, заполненный шарами из оксида циркония диаметром 2 мм на 30 мл, добавили 21 г материала образца (что соответствует одной трети объема стакана) и 15 мл воды. Перемешали содержимое до получения пастообразной консистенции. После 2 часов измельчения в PM 100 при скорости 550 об/мин 90% материала имело тонкость 0,9 мкм.

Измельчение корунда в Emax



Суспензию корунда в 0,5% фосфате натрия, составляющую 20% по массе, измельчали в Emax. Начальная крупность материала составила 1,2 мкм (d₉₀). 30 г суспензии перемешали с 110 г мелющих шаров диаметром 0,1 мм в стакане объемом 50 мл и измельчали в течение 30 минут на скорости 2000 об/мин. В результате 90% материала достигло тонкости 0,11 мкм.

ВИБРАЦИОННАЯ МЕЛЬНИЦА MM400

УНИВЕРСАЛ ДЛЯ МАЛЫХ ПРОБ

Измельчение –
Перемешивание –
Разрушение
клеток

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ

- Эффективное воспроизводимое измельчение, смешивание и гомогенизация за считанные секунды
- Мощное измельчение до 20 образцов одновременно при максимальной частоте 30 Гц
- Размольные стаканы с завинчивающейся крышкой позволяют проводить три различных типа измельчения: сухое, морозное и криогенное
- Возможность хранения до 9 комбинаций параметров в памяти прибора
- Большой выбор размеров размольных стаканов от 1,5 до 50 мл, адаптер для пробирок
- Набор CryoKit для охлаждения размольных стаканов при -196 °C

Независимо от типа материала, будь то кости или ткани, волосы, таблетки, дерево, пластмасса, минералы или химические вещества – Вибрационные мельницы MM 400 и MM 200 зарекомендовали себя как универсальные устройства для измельчения, перемешивания и гомогенизации небольших проб. Они быстро и надежно измельчают твердые, средне-твердые, хрупкие, а также мягкие, эластичные или волокнистые образцы до 5 мкм.

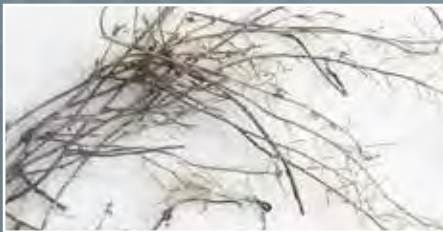
Вибрационная
мельница MM 400
www.retsch.ru/mm

ПОДГОТОВКА ПРОБЫ РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Растения используют повсеместно: например, в качестве пищи, при изготовлении бумаги или для производства вторичного топлива. Благодаря содержанию компонентов древесных волокон (например, лигнина) растения часто обладают волокнистой структурой. Лигнин является очень устойчивым соединением, использование которого может создать осложнения, например, при производстве кормов для животных или биоэтанола. Чтобы добиться существенных изменений в этих областях, необходимо понимать, как именно обра-

зуется лигнин в растениях. Понимая процесс образования растительных веществ, можно изменять содержание или структуру лигнина с помощью определенных точечных биотехнологических воздействий. Использование растений с модифицированным лигнином может обеспечить улучшение усвояемости пищи при кормлении скота или упростить отбеливание при производстве бумаги, что делает подобные процессы более экологичными. При проведении исследований для анализа часто бывает доступно лишь небольшое

количество растительного материала. Мельница MM400 является идеальным вариантом для подготовки небольших объемов образцов. Шесть проб резуховидки Таля (Arabidópsis thaliána) измельчали в MM 400 до конечной тонкости в 100 мкм для последующего анализа. Даже после непродолжительного измельчения образец был однородным, т.е. отсутствовали крупные компоненты или волокна, которые могли помешать последующему анализу.



резуховидка Таля, 6 веточек (прим. 2 г)



после предварительного измельчения вручную



после тонкого измельчения в MM 400

размельные стаканы объемом 50 мл из нержавеющей стали, 1 шар диаметром 25 мм из нержавеющей стали, 30 Гц, 2 мин



ПРИНЦИП РАБОТЫ ВИБРАЦИОННОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Инерция размельных шаров в колеблющихся стаканах приводит к сильному воздействию шаров на закругленные концы стакана. **Образец измельчается за секунды или минуты и тщательно перемешивается.** Если используются множество мелких шаров, то эффект трения усиливается, что позволяет разрушать даже биологические клетки.

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЛАГОДАРЯ ШИРОКОМУ ВЫБОРУ КОМПЛЕКТУЮЩИХ

Широкий выбор размеров и материалов размельных стаканов превращает вибрационные мельницы в универсальные приборы. Стаканы, изготовленные из нержавеющей стали, доступны в объемах от 1,5 до 25 мл (MM 200) или 50 мл (MM 400). Если для дальнейшего анализа необходимо соблюдать чистоту пробы и минимизировать намол материала гарнитуры, используются такие материалы, как

карбид вольфрама, оксид циркония, агат или ПТФЭ. Уплонители и завинчивающиеся крышки размельных стаканов MM 400 позволяют использовать эту мельницу в **криогенных условиях.** Для выполнения таких задач компания «RETSCH» предлагает набор «CryoKit», позволяющий охладить стаканы до температуры -196 °С в жидком азоте, тем самым охрупчив образец внутри стакана. Вибрационные мельницы часто

используют для разрушения **клеток и тканей при выделении ДНК/РНК.** Для этих задач предусмотрены штативы с адаптером на 20 пробирок. Параметры измельчения, такие как частота и время, настраиваются с помощью дисплея. В память мельницы можно записать до 9 комбинаций параметров для упрощения выполнения рутинных задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вибрационные мельницы «RETSCH» MM 200 и MM 400 являются универсальными, компактными настольными приборами, которые предназначены специально для измельчения небольших количеств образца. Они перемешивают и гомогенизируют порошки и суспензии в считанные секунды, а также идеально подходят для разрушения клеток.

CRYOMILL

ЛЕДЯНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

Для термочувствительных и эластичных материалов, а также материалов, содержащих летучие компоненты, криогенное измельчение является единственным способом достижения тонкости, необходимой для проведения многих исследований. Охлаждение жидким азотом до -196°C охрупчивает образец, благодаря чему увеличивается ломкость материала и становится возможным измельчить пробу до 5 мкм. Летучие вещества в пробе сохраняются и могут быть измерены количественно; также предупреждается возможность термического разложения.

ХАРАКТЕРНЫЕ ЧЕРТЫ

- ▶ Повышенная частота вибраций 30 Гц обеспечивает высокую подачу энергии и конечную тонкость до 5 микрон
- ▶ Отсутствует прямой контакт с жидким азотом, что обеспечивает безопасную работу
- ▶ Система автозаполнения гарантирует низкое потребление азота
- ▶ Память на 9 комбинаций параметров
- ▶ Также подходит для измельчения и при комнатной температуре

**Быстро –
безопасно –
с охлаждением
до -196°C**



Вибрационная мельница
CryoMill
www.retsch.ru/cryomill

БЕЗОПАСНАЯ И УНИВЕРСАЛЬНАЯ



Особым преимуществом мельницы CryoMill является высокая эксплуатационная безопасность, поскольку **пользователь никогда не контактирует с жидким азотом**. Жидкий азот циркулирует в системе охлаждения и непрерывно восполняется при помощи системы автоматического заполнения, контролируемой датчиком температуры, в количестве строго необходимом для поддержания температуры

-196 °С. Автоматическая охлаждающая система гарантирует, что процесс измельчения не начнется ранее, чем проба будет полностью охлаждена, в результате чего **уменьшается энергопотребление и гарантируется воспроизводимость результатов измельчения**. С частотой вибраций 30 Гц криомельница CryoMill эффективно измельчает большинство материалов за несколько минут. Комбинация ударов и трения ведет к **более тонкому измельчению** по сравнению с другими криомельницами. Если выход энергии измельчения слишком высок, то мельница автоматически останавливается для отвода тепла, возникающего в результате трения в размольном стакане. Криомельница также может работать без охлаждения азотом.



Благодаря широкому ассортименту комплектующих, сферы применения криомельницы крайне разнообразны. Для подачи азота компания «RETSCH» поставляет **50-литровый сосуд Дьюара для LN₂ с предохранительным клапаном**. Для предотвращения потери материала размольные стаканы всех объемов - от 5 до 50 мл - ввинчи-

ваются очень плотно. Для подготовки чистых проб, намол в которых не окажет влияния на дальнейшие исследования, доступны размольные стаканы объемом 25 мл и шары различных диаметров из оксида циркония или ПТФЭ, а также **переходники для использования до 6 пробирок объемом 2 мл**.

В целях выбора оптимальных условий измельчения для определенного материала, такие параметры как: предварительное охлаждение, время измельчения и интервалы свободно задаются. Во время предварительного охлаждения размольный стакан движется с частотой 5 Гц, так что мелющий шар постоянно находится в движении и не примерзает к влажным образцам. Возможность сохранения до 9 комбинаций параметров измельчения упрощает выполнение рутинных процессов. На дисплее отображается информация о текущем этапе работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Криомельница CryoMill производства «RETSCH» зарекомендовала себя как идеальный прибор для измельчения термочувствительных материалов с температурой стеклования ниже комнатной. Достигается конечная тонкость значительно меньшая, чем в других криомельницах. Для материалов, содержащих летучие компоненты, мельница CryoMill является идеальным прибором для пробоподготовки.

БЕРЕЖНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНА



Полиэтиленовые бутылки популярны и широко используются в качестве легкой и прочной упаковки для напитков. Однако, минеральная вода и другие напитки в пластиковых бутылках могут содержать следы вредного ацетальдегида. Это вещество, даже в таких небольших количествах, как 10-20 частей на миллиард, оказывает негативное воздействие на вкусовые ощущения. Таким образом, процесс контроля качества в отношении производителей упаковки и заводов по разливу напитков включает в себя затратные по времени и усложненные количественные анализы. Поскольку ацетальдегид является весьма летучим соединением, следует избегать нагрева образца полиэтилена до выполнения анализа. **Криогенное измельчение при -196 °С является идеальным способом для бережного и воспроизводимого измельчения образцов эластичных материалов**. Потеря ацетальдегида при нагреве в процессе измельчения предотвращается благодаря охлаждению. Криогенное измельчение идеально подходит для подготовки образцов для дальнейших хроматографических контрольных испытаний в сертифицированных лабораториях.



Предварительное измельчение пластичного полиэтиленового материала происходит в **режущей мельнице, такой как «RETSCH» SM 300**, которая идеально подходит для этой цели. Эта мельница обеспечивает надлежащее предварительное измельчение до размера примерно 5 мм без термического стресса для материала. Требуемая конечная тонкость менее 0,5 мм может быть достигнута на втором этапе измельчения в мельнице CryoMill. Измельчение 6 г предварительно измельченного полиэтиленового материала занимает всего 5 минут.



Полиэтилен **после предварительного измельчения в SM 300** (по центру) – 1200 об/мин, 6 мм сито, параллельно-секционный ротор

После **измельчения в мельнице CryoMill** (справа) – 50 мл размольный стакан из нержавеющей стали, 1 x 25 мм размольный шар из нержавеющей стали, 30 Гц, 2 x 2 мин. с 1 мин. промежуточным охлаждением.

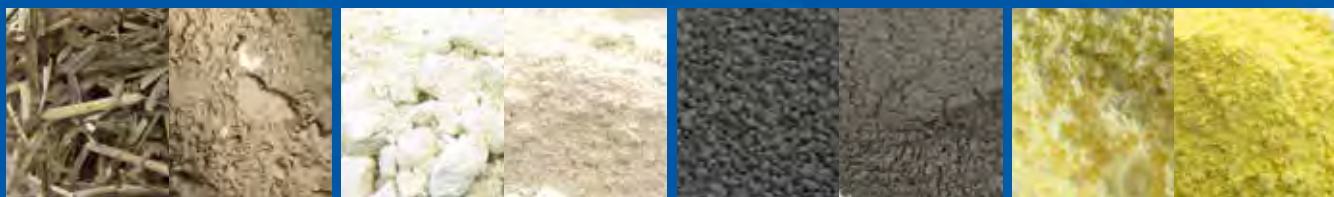
ПРИМЕРЫ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Инновационные шаровые мельницы «RETSCH» удовлетворяют и превосходят все требования к быстрому и воспроизводимому измельчению вплоть до субмикронного диапазона. Их используют для самых сложных задач от рутинной обработки проб до коллоидного измельчения и разработки современных материалов.



ПЛАНЕТАРНЫЕ ШАРОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

Проба	Размольная гарнитура	Параметры измельчения	Количество пробы	Конечная тонкость
Зола	Размольный стакан 500 мл, оксид циркония, 1100 г мелющих шаров 1 мм, оксид циркония, 120 мл воды	600 об/мин, 2 ч	100 г	<1,3 мкм
Катализаторы	Размольный стакан 250 мл, оксид циркония, 15 мелющих шаров 20 мм, оксид циркония	450 об/мин, 2 мин	130 мл	<63 мкм
Керамика	Размольный стакан 500 мл, оксид циркония, 25 мелющих шаров 20 мм, оксид циркония, несколько капель изопропанола	280 об/мин, 20 мин	250 г	<20 мкм
Сточный шлам	Размольный стакан 500 мл, нержавеющая сталь, 25 мелющих шаров 20 мм, нержавеющая сталь	500 об/мин, 8 мин	172 г	<110 мкм
Оксид марганца	Размольный стакан 250 мл, оксид циркония, 550 г мелющих шаров 2 мм, оксид циркония, 100 мл 0,5% фосфат натрия	480 об/мин, 2 ч	40 г	<0,7 мкм
Полезные ископаемые	Размольный стакан 500 мл, оксид циркония, предв.изм.: 8 мелющих шаров 30 мм, оксид циркония, тонкое изм.: 160 мелющих шаров 30 мм, оксид циркония	400 об/мин, 3 мин и 20 мин	150 г	<45 мкм
Полукристаллические полимеры	Размольный стакан 50 мл, оксид циркония, 160 мелющих шаров 10 мм, оксид циркония, 20 мл воды	530 об/мин, 2 ч	2 г	<0,6 мкм
Солома	Размольный стакан 500 мл, оксид циркония, 160 мелющих шаров 10 мм, оксид циркония	400 об/мин, 75 мин	50 г	<50 мкм
Суперабсорбент	Размольный стакан 500 мл, оксид циркония, 160 мелющих шаров 10 мм, оксид циркония	280 об/мин, 30 мин	100 г	<50 мкм



ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА E_{max}

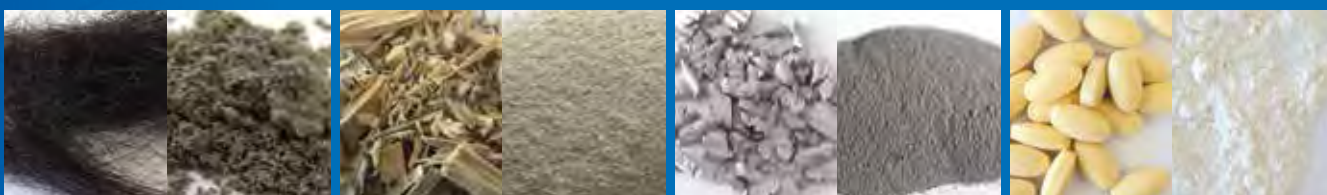
Проба	Размольная гарнитура	Параметры измельчения	Количество пробы	Конечная тонкость
Al ₂ O ₃	Размольный стакан 50 мл, оксид циркония, 110 мелющих шаров 0,1 мм, оксид циркония, 0,5% фосфат натрия	2000 об/мин, 15 мин	23 г 20% общего веса суспензии	<0,14 мкм
Уголь	Размольный стакан 125 мл, нержавеющая сталь, 54 мелющих шара 10 мм, нержавеющая сталь	1500 об/мин, 10 мин	26 г	<17 мкм
Графит	Размольный стакан 50 мл, оксид циркония, 110 мелющих шаров 1 мм, оксид циркония, 13 мл изопропанола	2000 об/мин, 8 ч	5 г	<1,7 мкм
Пигмент TiO ₂	Размольный стакан 50 мл, оксид циркония, 110 мелющих шаров 0,1 мм, оксид циркония, 15 мл 1% фосфата натрия	2000 об/мин, 30 мин	10 г	<0,087 мкм
Кварц	Размольный стакан 125 мл, нержавеющая сталь, 18 мелющих шаров 15 мм, нержавеющая сталь	1000 об/мин, 30 мин	66 г	<16 мкм



Вибрационные мельницы «RETSCH» идеально подходят для измельчения и гомогенизации широчайшего спектра различных материалов проб. Независимо от того, являются ли материалы твердыми, средне-твердыми мягкими, хрупкими, эластичными или волокнистыми, они могут быть измельчены в сухом, влажном или криогенном режиме.

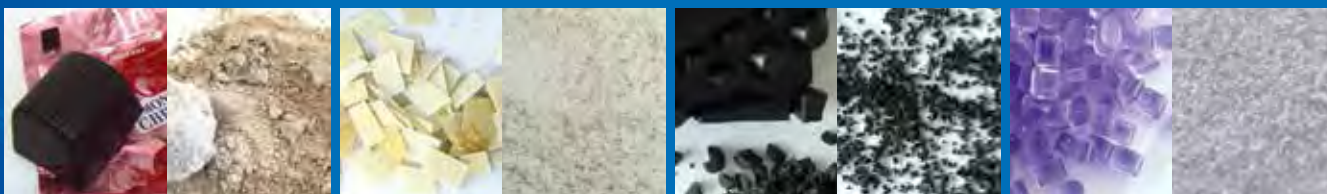
ВИБРАЦИОННАЯ МЕЛЬНИЦА MM 400

Проба	Размольная гарнитура	Параметры измельчения	Количество пробы	Конечная тонкость
Сплав хрома	Размольный стакан 25 мл, карбид вольфрама, 3 мелющих шара 20 мм, карбид вольфрама	30 Гц, 2 мин	20 г	<250 мкм
Ткани лягушки	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 3 мелющих шара 12 мм, нержавеющая сталь, проба и стакан предварительно охлаждены жидким азотом	30 Гц, 2 мин	10 г	гомогенизация
Мох	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 3 мелющих шара 15 мм, нержавеющая сталь	30 Гц, 3 мин	1 г	<150 мкм
Части насекомых	Адаптер для 5 пробирок на 2 мл из ПТФЭ, 0,5 г мелющих шаров 12 мм, нержавеющая сталь	30 Гц, 3 мин	1-2 шт	гомогенизация
Таблетки	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 6 мелющих шаров 12 мм, нержавеющая сталь	30 Гц, 5 мин	15 г	<150 мкм
Дерево	Адаптер для 5 пробирок на 2 мл из ПТФЭ, 3 мелющих шара 7 мм, нержавеющая сталь	30 Гц, 3 мин	1 шт	<200 мкм



КРИОМЕЛЬНИЦА CRYOMILL

Проба	Размольная гарнитура	Параметры измельчения	Количество пробы	Конечная тонкость
Каучук	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 1 мелющий шар 25 мм, нержавеющая сталь, 10 мин предварительное охлаждение	30 Гц, 2 мин	4 г	<1 мм
Шоколад	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 1 мелющий шар 25 мм, нержавеющая сталь, 10 мин предварительное охлаждение	30 Гц, 2 мин	1 шт	<0,5 мм
Бумага	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 1 мелющий шар 25 мм, нержавеющая сталь, 6 мин предварительное охлаждение	25 Гц, 8 x 2 мин, с интервалом 30 сек	4 г	<400 мкм
ПЭТ гранулят	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 1 мелющий шар 25 мм, нержавеющая сталь, 10 мин предварительное охлаждение	25 Гц, 8 x 4 мин, с интервалом 30 сек	10 г	<350 мкм
Обувная подошва	Размольный стакан 50 мл, нержавеющая сталь, 1 мелющий шар 25 мм, нержавеющая сталь, 10 мин предварительное охлаждение	30 Гц, 4 x 2 мин, с интервалом 1 мин	6 г	<400 мкм



RETSCH

ЗАДАЕТ СТАНДАРТЫ

В ПРОБОПОДГОТОВКЕ И КАЛИБРОВКЕ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ

Компания «RETSCH» является ведущим мировым поставщиком оборудования для измельчения, гомогенизации и определения размера частиц твердых веществ в контексте контроля качества.

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

- Щековые дробилки
- Роторные мельницы
- Режущие мельницы
- Ножевые мельницы
- Дисковые мельницы
- Вибрационные мельницы
- Шаровые мельницы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРА ЧАСТИЦ

- Просеивающие машины
- Лабораторные сита
- Программное обеспечение EasySieve
- Характеристика частиц методом динамического анализа изображений (RETSCH TECHNOLOGY)

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- Делители проб
- Вибрационные питатели
- Сушильные аппараты
- Ультразвуковые ванны
- Таблеточные прессы



VERDER
scientific

CARBOLITE ELTRA **Retsch** **Retsch**
TECHNOLOGY

Подразделение VERDER SCIENTIFIC холдинга VERDER Group задает стандарты в разработке, производстве и реализации лабораторного и аналитического оборудования. Приборы используют для контроля качества, исследований и разработок для пробоподготовки и анализа твердых веществ.

ООО «Вердер Сайнтифик» | Бумажная ул. 17 | 190020 Санкт-Петербург | Россия
Телефон +7 812 7771107 | Факс +7 812 3256073 | info@retsch.ru | www.retsch.ru