

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНО-УДАРНОЙ ТЕХНИКИ В ТЕХНОЛОГИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Артамонов А.В.<sup>1</sup>, Гаркави М.С.<sup>1</sup>, Колодежная Е.В.<sup>1</sup>,  
Нефедьев А.П.<sup>2</sup>, Абдрахманова Л.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ЗАО «Урал-Омега», г. Магнитогорск, Россия

<sup>2</sup>ООО «ЕвроСинтез», г. Магнитогорск, Россия

<sup>3</sup>Казанский государственный архитектурно-строительный университет, г. Казань, Россия  
[aav@uralomega.ru](mailto:aav@uralomega.ru), [gms@uralomega.ru](mailto:gms@uralomega.ru), [kev@uralomega.ru](mailto:kev@uralomega.ru), [nar@metakaolin.ru](mailto:nar@metakaolin.ru), [laa@ksaba.ru](mailto:laa@ksaba.ru)

Композиционные материалы являются основой современного строительства, в том числе и дорожного. Используемые в них минеральные компоненты представляют собой не только наполнители общего назначения, которые регулируют большинство свойств композитов, а также являются основой их матрицы.

Эффективное использование минеральных компонентов композиционных материалов связано, прежде всего, с технологией их измельчения. В результате тонкого измельчения не только увеличивается реакционная способность минеральных порошков, но и улучшаются условия их равномерного распределения и компактирования при образовании структуры композита.

Повышение реакционной способности связано с осуществлением процесса механоактивации, т.е. с созданием дефектов (точечных и линейных) на поверхности частиц. Наиболее эффективным способом передачи энергии при механоактивации является ударное воздействие, т.к. именно оно позволяет концентрировать механическую энергию в определенных участках обрабатываемого твердого тела. Этим условиям отвечает центробежно-ударная мельница (рисунок 1), которая обеспечивает высокую энергонапряженность (более 10 кВт/кг) и большую скорость распределения ударной волны в материале.

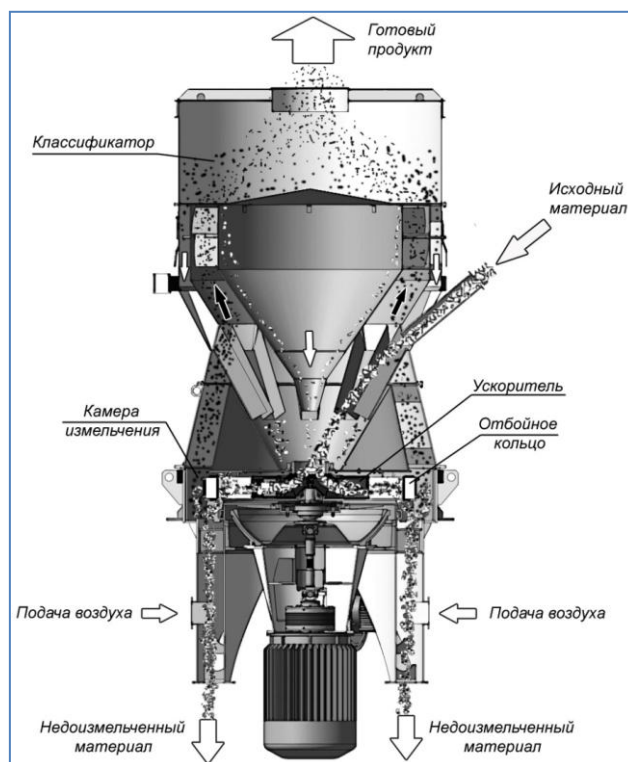


Рисунок 1. Схема измельчения материала в центробежно-ударной мельнице

Получение минеральных порошков с принципиально новыми характеристиками, особенно при создании искусственных структур композиционных материалов, связано с использованием физико-химических приемов формирования поверхности твердого тела заданного химического состава и строения, в частности за счет создания поверхностных наноструктур в результате применения различных модификаторов.

Формирование наноструктур на поверхности твердых тел позволяет не только стабилизировать их состояние за счет образования прочных химических связей модификатора с материалом, но придать ему необходимые функциональные свойства. Особенность центробежно-ударной мельницы заключается в возможности совмещения операций помола и активации. При использовании жидких модификаторов в высокоскоростном потоке воздуха в камере помола (скорость движения порядка 100 м/с) его раствор превращается в аэрозоль. За счет равномерного распределения модификатора на поверхности каждой частицы и высокой степени сопряжения компонентов достигается закрепление добавки на минеральном наполнителе, которое реализуется по механизму молекулярного наслаивания [1].

Этот метод реализован при получении гидрофобных тонкодисперсных карбонатных наполнителей для полимеров (микрокальцита). При использовании гидрофобизаторов на основе поликарбоксилатов (Geomin) получены гидрофобные тонкодисперсные ( $d_{50} = 2$  мкм) минеральные наполнители, существенно превосходящие по степени гидрофобности традиционные наполнители (таблица 1).

Таблица 1 – Гидрофобные свойства карбонатных микронаполнителей

Наименование гидрофобизатора	Средняя величина энтальпии смачивания, Дж/г	Степень гидрофобности
Без гидрофобизатора	0,27	-
Стеариновая кислота	0,75	2,77
Geomin	2,03	7,52

Установленные различия в степени гидрофобности минеральных наполнителей закономерно отражаются на свойствах ПВХ-композиций, изготовленных с их использованием (таблица 2).

Таблица 2 – Физико-технические показатели ПВХ-композиций

Наименование гидрофобизатора	Массовая доля наполнителя, %	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	Водопоглощение %	Термостабильность, мин.	ПТР, г/10мин
Без гидрофобизатора	10	39,5	0,05	16	1,25
Стеариновая кислота	20	43	0,12	18,5	1,25
Geomin	30	42	0,08	18	1,5

Как следует из приведенных данных, при практически одинаковых характеристиках полученных ПВХ-композиций, применение гидрофобного минерального наполнителя, изготовленного в центробежно-ударной мельнице, позволяет увеличить его долю в составе композиционного материала. Следует также отметить, что использование метода молекулярного наслаивания, реализуемого при получении минерального наполнителя в центробежно-ударной мельнице, позволяет существенно снизить расход жидкого модификатора: 0,5% от массы наполнителя против 1% при использовании стеариновой кислоты.

Другим направлением использования центробежно-ударной техники является подготовка материалов для композитов, в частности глинистого сырья для керамических матриц. При получении керамических композиционных материалов важную роль играют

реологические свойства формовочной массы, которые определяются структурно-механическим типом глинистого сырья. Модифицирование структурно-механического типа глинистого сырья достигается его тонким измельчением в присутствии малых добавок водорастворимых полимеров или поверхностно-активных веществ. При этом реализуется вышеописанный механизм химического изменения поверхностных свойств твердых глинистых частиц. Кроме того, при тонком измельчении сырьевых компонентов формовочных масс увеличивается концентрация поверхностных активных центров, которые обладают высокой адсорбционной способностью по отношению к жидкой фазе. Это приводит к интенсификации процесса спекания керамических композитов и повышения их физико-механических показателей [2].

В таблице 3 приведены сравнительные физико-технические показатели керамического композита, изготовленного из глинистого сырья, измельченного в вибрационной мельнице (ВМ) и центробежно-ударной мельнице (МЦ).

Таблица 1 - Физико-технические показатели керамических композитов

Способ измельчения	Плотность композита, кг/м <sup>3</sup>	Усадка, %		Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, МПа
		воздушная	огневая		
ВМ	1710	2,67	2,41	7,3	29,5
МЦ	1720	1,21	0,98	5,8	41,8

Представленные в таблице 3 данные свидетельствуют о высокой эффективности подготовки сырьевых материалов в центробежно-ударной мельнице.

Центробежно-ударные мельницы являются основой измельчительных комплексов различной производительности (рисунок 2), которые могут быть использованы в виде полнокомплектной линии по производству минеральных компонентов композиционных материалов.



Рисунок 2. Измельчительный комплекс КИ для изготовления минеральных порошков

Указанная полнокомплектная линия включает в себя не только измельчительный комплекс КИ, но и оборудование для предварительной подготовки исходного материала (сушка, дробление, классификация), а также системы аспирации, питатели и емкости для хранения используемых компонентов и готовой продукции.

Высокая степень автоматизации, принцип работы линии с постоянным контролем технологических режимных параметров с системой обратной связи позволяет создать современное производство минеральных порошков с гарантированными характеристиками.

#### **Литература**

1. Малыгин А.А. Нанотехнология молекулярного наслаивания // Российские нанотехнологии. 2007. том 2, № 3-4. С. 87-100.
2. Шаталова В.В., Турченко А.Е. Термодинамическая оценка сорбционной способности глинистых дисперсий и формирования микроструктуры керамических масс при введении полимерных добавок // Физико-химические проблемы строительного материаловедения. – 2008. - №1. – С.36-46.