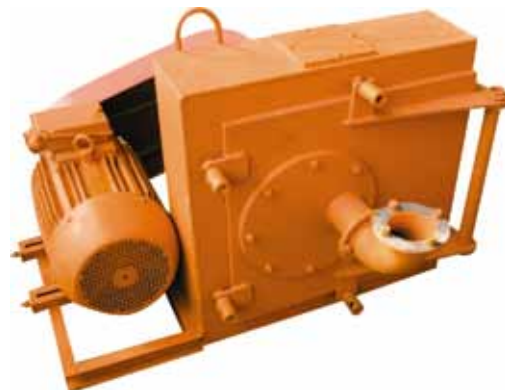


Импеллерные мельницы производства машиностроительного предприятия «ТЕХПРИБОР» (г. Щекино, Тульская обл.) позволяют получать древесную муку с размером частиц $D_{90} < 10$ мкм и расходом энергии всего 300 кВт·ч на тонну, что в 3,5–4 раза меньше энергопотребления используемых в настоящее время молотковых мельниц.

Импеллерная мельница
модели «ИМ-450»



Энергоэффективная технология производства тонкодисперсных порошков из древесных отходов

А. Б. Липилин, генеральный директор МП «ТЕХПРИБОР»;

М. В. Векслер, ведущий специалист;

Н. В. Коренюгина, главный технолог

Большинство полимерных материалов (ПМ), выпускаемых промышленностью, имеют в своем составе «усиливающие» тонкодисперсные наполнители, которые значительно улучшают эксплуатационные свойства композиций и повышают их экономичность. В качестве наполнителей наиболее часто используются твердые дисперсные или волокнистые материалы как минерального, так и органического происхождения. Важнейшими факторами, определяющими количественный и качественный состав ПМ, является совместимость их компонентов, а также дисперсность наполнителя. С уменьшением размеров частиц (при условии их хорошего смешивания с полимерным связующим) их максимальная концентрация в составе ПМ смещается в сторону более высоких значений (до 70–80% масс.), обуславливая тем самым дальнейшее повышение физико-механических характеристик наполненных ПМ.

Эффективным способом улучшения совместимости полимеров с наполнителями является тонкий помол последних, который сопровождается образованием свежих, реакционно-активных поверхностей. По ряду признаков механическое измельчение представляет собой наиболее универсальный и экономичный способ получения тонкодисперсных порошков из дешевых, практически «бросовых» материалов. Одним из самых распространенных органических наполнителей ПМ является древесная мука. Высокая прочность на изгиб и растяжение, малая плотность, низкая теплопроводность и волокнистая структура древесной муки обусловили ее применение в производстве изделий из пластмасс, резины и т.д. Качество этих ПМ во многом определяется свойствами древесного наполнителя и, прежде всего, размерами частиц.

До недавнего времени механическое измельчение низкоплотных упругих материалов было сопряжено со значительными трудностями и сопровождалось высоким расходом энергии. Так, для получения относительно грубодисперсного продукта из древесных отходов (например, марок 160–560) традиционно используются молотковые мельницы, которые, по сути, являются модифицированными дробилками, способными выдавать порошок нужного качества только в замкнутом цикле помола с огромной циркуляцией «крупки». Попытки использования для помола древесных отходов вибрационных мельниц хотя и позволили получить порошки, соответствующие марке 100, однако расход энергии также оказался очень велик – порядка 1000–1200 кВт·ч на тонну продукта. К тому же обязательным условием применения вибромельниц являлось предварительное тонкое дробление сырья, а также его сушка до 4%-ной влажности, что еще больше увеличивало энергозатраты на получение древесного порошка. Эксперименты с воздушоструйными мельницами также не увенчались успехом в плане повышения тонкости помола и снижения расхода энергии. Из-за плохой по сравнению с минеральными веществами (кварц, известняк и др.) измельчаемости древесины эти агрегаты оказались не приспособлены для производства тонких марок порошка – 120 и менее [1].

Основная проблема получения древесной муки с использованием мельниц, изначально созданных для работы с хрупкими материалами поликристаллического строения, связана с реализуемым ими принципом измельчения. Минеральное сырье, как правило, имеет прочность на сжатие в 8–10 раз больше, чем на изгиб и растяжение, то есть для его измельчения рационально использовать удар. И молотковые, и воздушоструйные мельницы относятся к типу измельчительного оборудования ударного действия, вибрационные мельницы – ударно-истирающего [1]. Однако древесные отходы – такие как опилки, стружка, щепка и т.п. – материалы не

хрупкие, а напротив, упругие, удар по ним не приводит к их разрушению, и следовательно, измельчение таких материалов должно производиться другими способами.

Совершенно очевидно, что низкий КПД используемых в производстве древесной муки молотковых мельниц связан с крайне неоптимальным принципом измельчения данного материала. Шарнирные ударные элементы сами по себе не способны разрушить упругие частицы древесины, они лишь сообщают им вихревой характер движения. Поэтому более чем скромные результаты измельчения получены не за счет «основного», а за счет «побочных» эффектов перемещения помольных органов – закручивания потока и самоистирания частиц в этом потоке. Да и сама конструкция молотковых мельниц ввиду больших рабочих зазоров и массивности ротора не способствует усилению положительного эффекта взаимного измельчения частиц в плотных потоках.

Для кардинального уменьшения расхода энергии на получение тонкодисперсного древесного порошка требуется создание измельчительной машины принципиально иного типа, отличной от молотковых, вибрационных и струйных мельниц.

Машиностроительным предприятием «ТЕХПРИБОР» была разработана и запущена в производство импеллерная мельница модели «ИМ-450» (см. фото у заголовка статьи), предназначенная для тонкого помола древесных отходов. Мельница относится к типу измельчительного оборудования истирающего действия, ее рабочим органом является лопастной ротор-импеллер. Основное отличие импеллерной мельницы «ИМ-450» от оборудования аналогичного назначения – это возможность формирования в камере помола зоны интенсивного самоизмельчения тороидальной формы, где вихревой характер движения частиц дополняется их радиальным перемещением в плотном слое.

Оригинальная конструкция импеллера и статора мельницы позволяют создать две практически независимые области измельчения. Первая область имеет увеличенные рабочие зазоры для предотвращения



Исходный материал (опилки, сучья, ветки диаметром до 30 и длиной до 20 мм) (а) и материал после измельчения на импеллерной мельнице «ИМ-450» (б)

поломок рабочих органов, связанных с попаданием в камеру помола недробимых включений, а вторая, напротив, – малые зазоры для эффективного помола и динамической сепарации частиц согласно их размерам. Испытания импеллерной мельницы «ИМ-450» подтвердили высокую эффективность данного оборудования при помоле неподготовленных опилок хвойных и лиственных пород древесины (см. фото).

Полученный порошок состоит из частиц размерами 2–5 мкм (70 %) и 7–10 мкм (30 %) (исследования по изучению гранулометрии порошков проводились Государственным НИИ «Синтезбелок»). Производительность мельницы составляет 100 кг/ч, расход энергии на получение одной тонны тонкодисперсного порошка не превышает 300 кВт·ч.

Таким образом, по сравнению с известными видами оборудования тонкого помола древесины импеллерная мельница «ИМ-450» имеет в 3,5–4 раза меньший расход энергии на получение древесного порошка размером $D_{90} < 10$ мкм, что позволяет говорить об успешной реализации в данном агрегате одного из наиболее эффективных принципов измельчения волокнистых материалов – самоистирания частиц в плотных потоках.

Литература

1. Ходаков Г. С. Тонкое измельчение строительных материалов. М.: Наука, 1972. С. 188–240.
2. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977. С. 135–234.