

УДК

А.Б. ЛИПИЛИН, генеральный директор, М.В. ВЕКСЛЕР, инженер,  
Н.В. КОРЕНЮГИНА, гл. технолог МП «ТЕХПРИБОР» (г. Щекино, РФ, Тульская обл.)

## Оборудование и технология получения тонкодисперсных порошков из древесных отходов

В настоящее время многие полимерные материалы, выпускаемые промышленностью, имеют в своем составе «усиливающие» тонкодисперсные наполнители, улучшающие эксплуатационные свойства композиций, одновременно делая их более экономичными.

Одним из самых распространенных материалов органического происхождения, используемого в качестве тонкодисперсного наполнителя полимеров, является древесная мука. Высокая прочность на изгиб и растяжение при малой средней плотности, низкая теплопроводность, волокнистая структура обусловили ее применение в производстве изделий из полипропилена, поливинилхлорида, резины и т. д. Свойства получаемых композитов во многом определяются характеристиками древесного наполнителя и прежде всего его гранулометрическим составом. С уменьшением размера частиц (при условии их хорошего перемешивания) физико-механические характеристики наполненных полимеров, как правило, улучшаются, а максимальная концентрация наполнителя смещается в сторону более высоких значений (до 70–80%).

Однако решение такой, казалось бы, тривиальной задачи, как тонкий помол древесины, на деле сопряжен со значительным расходом энергии, а само производство порошков-наполнителей отличается большой громоздкостью и металлоемкостью.

Для получения древесной муки традиционно используются молотковые мельницы, по сути, являющиеся модифицированными дробилками, способными выдавать порошок нужного качества только в замкнутом цикле помола с большой циркуляцией «крупки». Попытки использования для помола древесных отходов вибрационных мельниц, хотя и позволили получить порошки соответствующие марке 100, однако расход энергии оказался очень велик, порядка 1000–1200 кВт·ч/т продукта. К тому же, обязательным условием применения вибромельниц являлось предварительное тонкое дробление сырья, а также его сушка до влажности не бо-

лее 4%, что еще больше увеличивало энергозатраты на получение древесной муки. Эксперименты с воздушоструйными мельницами также не увенчались успехом в плане повышения тонкости помола и снижения расхода энергии. Из-за плохой, по сравнению с природными каменными материалами, измельчаемости древесины, эти агрегаты оказались не приспособлены для производства тонких марок 120 и меньше [1].

Основная проблема получения древесной муки с использованием мельниц, изначально созданных для работы с хрупкими материалами поликристаллического строения, связана с реализуемой ими моделью измельчения. Минеральное сырье, как правило, имеет прочность при сжатии 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 [2]. Древесные отходы, такие как опилки, стружка, щепа и т. д. — материалы не хрупкие, а напротив упругие, удар по ним не приводит к их разрушению, значит, измельчение таких материалов должно производиться другими способами.

Низкий КПД используемых в производстве древесной муки молотковых мельниц связан главным образом с неподходящей моделью измельчения. Шарнирные ударные элементы сами по себе не способны разрушить упругие частицы древесины, они лишь сообщают им вихревой характер движения. Более чем скромные результаты измельчения получают за счет закручивания материалопотока и самоистирания частиц в этом потоке. Но сама конструкция молотковых мельниц ввиду больших рабочих зазоров и массивности ротора не способствует усилению положительного эффекта взаимного измельчения частиц. 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» разработана импеллерная мельница «МИКРОКСЕЛЕМА» (рис. 1), предназначенная для тонкого помола сырья органического происхождения.

Мельница относится к типу измельчительного оборудования истирающего действия, ее рабочим органом является лопастный ротор-импеллер. Основное ее отличие 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, с увеличенными рабочими зазорами для предотвращения поломок рабочих органов, связанных с попаданием в камеру помола недробимых включений, а вторая, напротив, с малыми



Рис. 1. Импеллерная мельница «МИКРОКСЕЛЕМА»



Рис. 2. а – исходный материал – опилки, сучья, ветки  $\varnothing$  30 мм, длина до 20 мм; б – материал после измельчения на импеллерной мельнице «МИКРОКСЕЛЕМА»



зазорами для эффективного помола и динамической классификации частиц, согласно их размеров.

От своих функциональных аналогов импеллерная мельница «МИКРОКСЕЛЕМА» отличается не только меньшей энергоемкостью, высокой размольной мощностью и компактными габаритными размерами. Ее основное преимущество – это возможность экономичной сушки влажного сырья одновременно с его измельчением. При этом тепло не подается в мельницу извне, оно генерируется внутри камеры помола за счет интенсивного взаимодействия частиц материала или так называемой «кинетической сушки». За один «проход» через камеру помола влажность древесины снижается в среднем на 20%, что позволяет подавать на помол влажное сырье.

Импеллерная мельница «МИКРОКСЕЛЕМА» работает следующим образом: в загрузочной горловине биоматериал подхватывается воздушным потоком, образованным вращающимся ротором-импеллером и увлекается в камеру помола. Под действием преобладающей центробежной силы крупные частицы отбрасываются на периферию помольной камеры, где образуют слой интенсивного самоизмельчения. При этом часть механической энергии, сообщаемой ротору-импеллеру его приводом, переходит в тепло, за счет которого и происходит высушивание биоматериала.

Время пребывания частиц в камере помола, дисперсность получаемого порошка, а также степень его нагрева могут изменяться в широких пределах без остановки работы мельницы. Для этих целей служит встроенное устройство классификации частиц согласно их размеров. Изменение основных параметров обработки биоматериала осуществляется по следующему алгоритму: более тонкий помол – выше нагрев, и наоборот, грубый помол – меньше нагрев.

Испытания импеллерной мельницы «МИКРОКСЕЛЕМА» подтвердили ее высокую эффективность при помоле неподготовленных опилок хвойных и лиственных пород древесины естественной влажности (рис. 2).

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

На базе мельницы «МИКРОКСЕЛЕМА-ДМ» разработана компактная линия сушки-измельчения для производства тонкодисперсных древесных порошков (рис. 3). Ее техническая характеристика приведена в таблице.

Таким образом, по сравнению с известными видами оборудования тонкого помола древесины, импеллерная мельница «МИКРОКСЕЛЕМА» имеет в 2,5–3 раза

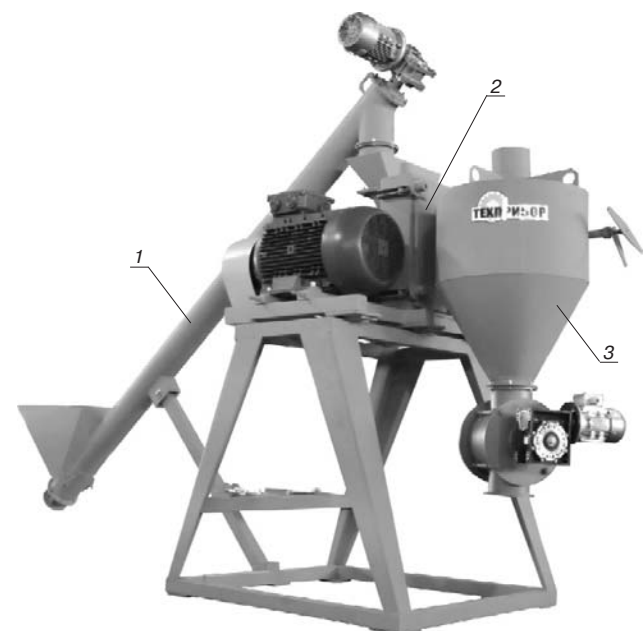


Рис. 3. Установка по производству тонкодисперсных древесных порошков: 1 – питатель шнековый; 2 – импеллерная мельница «МИКРОКСЕЛЕМА»; 3 – циклон и бункер-накопитель

Параметры	Величины
Габаритные размеры (L×B×H), мм	5000×3000×4500
Масса, кг	1900
Напряжение питания, В	380
Установленная мощность, кВт	39
Крупность питания не более, мм	20
Производительность, м³/ч	0,01–2
Объем воды, проходящей по контуру охлаждения, м³/ч	1–4

меньший расход энергии, на получение древесной муки, что позволяет говорить об успешной реализации в данном аппарате одной из наиболее эффективных моделей измельчения волокнистых материалов – самоистирание частиц в воздушном потоке.

#### Список литературы

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