

УДК 622.733

А.А. БЕРЕЗНЯК, В.А. ФЕДОСКИН, кандидаты техн. наук,
Н.Н. ЕРИСОВ
(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Волокнистые материалы из целлюлозы могут применяться в качестве наполнителей при брикетировании различных тонкодисперсных материалов, таких как бурый уголь, флотационные концентраты углей, смеси для получения пористой керамики. Такие наполнители обеспечивают большую прочность брикетов. Волокна целлюлозы могут быть получены из отходов бумаги, макулатуры, картона, текстиля и других. В этих материалах целлюлоза представлена спрессованными волокнами диаметром менее 20 мкм и длиной до 10 мм. Непосредственное использование таких отходов невозможно, поскольку крупные куски не только не упрочняют брикеты, но и приводят к снижению их прочности.

Для использования таких волокон необходимо их разьединить и измельчить до размера менее 0,4 мм. В таком виде волокна обладают сыпучестью и хорошо смешиваются с другими сыпучими материалами. Более длинные волокна комкуются, что не позволяет получить гомогенную смесь с дисперсными материалами. Эти операции необходимо осуществлять сухим способом, потому что волокна обладают большой влагоудерживающей способностью и их последующая сушка приводит к неоправданно большим затратам энергии.

При крупнотоннажном производстве резание нецелесообразно, так как происходит быстрый износ режущих кромок инструмента, в результате чего волокна только разьединяются без уменьшения их длины. Поэтому на первой стадии переработки отходов целлюлозы ее можно обрабатывать в молотковых дробилках или дезинтеграторах. В результате получается волокнистый продукт в виде ваты. Для определения возможности диспергирования такого продукта до необходимой крупности были проведены лабораторные исследования его измельчения в шаровых мельницах различного типа.

Испытания измельчения волокнистых материалов в барабанных шаровых мельницах не дали положительного результата. В мельнице объемом 1,5 дм³ измельчения не наблюдалось даже при добавлении остроугольных частиц феррохрома крупностью 5-10 мм. В шаровой мельнице объемом 30 дм³ выход готового класса составил менее 2% после измельчения в течении 60 мин. В обеих мельницах материал выталкивался из зоны измельчения и уплотнялся на стенке барабана.

В дальнейшем испытания проводились на вибрационных мельницах. Измельчения материала в вертикальной вибрационной мельнице с высотой камеры 150 мм и загрузкой стальных шаров диаметром 20 мм практически не на-

Підготовчі процеси збагачення

блюдалось, матеріал уплотнився і знаходився під шарами. Також не спостерігалося измельчення матеріалу в вертикальній камері висотою 300 мм і діаметром 50 мм з загрузкою твердосплавних шарів діаметром 10 мм. В цьому випадку волокнистий матеріал виталкивався вгору, де уплотнявся під кришкою. При цьому виталкивання вгору відбувалося незалежно від місця початкової загрузки матеріалу.

Найкращі результати були отримані на вертикальній вібраційній мельниці з висотою камери 150 мм і загрузкою остроугольних частиць феррохрома крупністю 5-10 мм з додаванням в якості диспергуючої добавки мрамора крупністю менше 100 мкм в кількості 30% від ваги волокнистого матеріалу. Після измельчення впродовж 20 хвилин вихід готового класу склав приблизно 12%, однак продукт був сильно забруднений металічними включеннями.

Із наведених даних можна зробити висновок, що измельчення даного типу матеріалу в випробуваних апаратах нерационально через малий вихід готового класу матеріалу і великі удільні витрати енергії. Наприклад, удільні витрати енергії при обробці матеріалу згідно з найкращим варіантом склав 18 кВт·ч/кг измельченого матеріалу. Дані про витрати енергії не можна вважати достовірними, оскільки навантаження асинхронного електродвигача не було оптимальним і величина споживаної активної потужності не визначалася. Мала продуктивність у всіх розглянутих випадках пояснюється виталкиванням волокнистого матеріалу з зони измельчення.

У подальшому дослідженні виконувалися на горизонтальній вібраційній мельниці, яка забезпечує більш інтенсивне перемішування матеріалу в об'ємі помольної камери. Лабораторна мельниця має наступні характеристики: об'єм мельниці 12 л; частота коливань 2200 min^{-1} ; амплітуда коливань 2,5 мм; потужність електродвигача 0,6 кВт; загрузка мелючих тіл 70%.

Для запобігання залягання матеріалу на стінках помольної камери була застосована комбінована загрузка шарів діаметром 30-55 мм разом з проволокою довжиною 100 і діаметром 2 мм. Кінетична крива измельчення наведена на малюнку.

По осі ординат відкладено величина залишку на ситі класу -200 мкм, %, а по осі абсцисс – час, хвилин. Експериментальні дані апроксимувалися сплайнами в вигляді експоненціальних рівнянь виду:

$$f = a \cdot \exp(-b \cdot t),$$

де f – залишок класу -200 мкм на ситі, %; a – початковий залишок на ситі, b – показник степені, величина якого визначає швидкість измельчення, t – час, хвилин.

Кінетична крива измельчення на малюнку показує, що наявність волокон перешкоджає процесу измельчення (перші 30 хвилин) і після їх видалення він інтенсифікується.

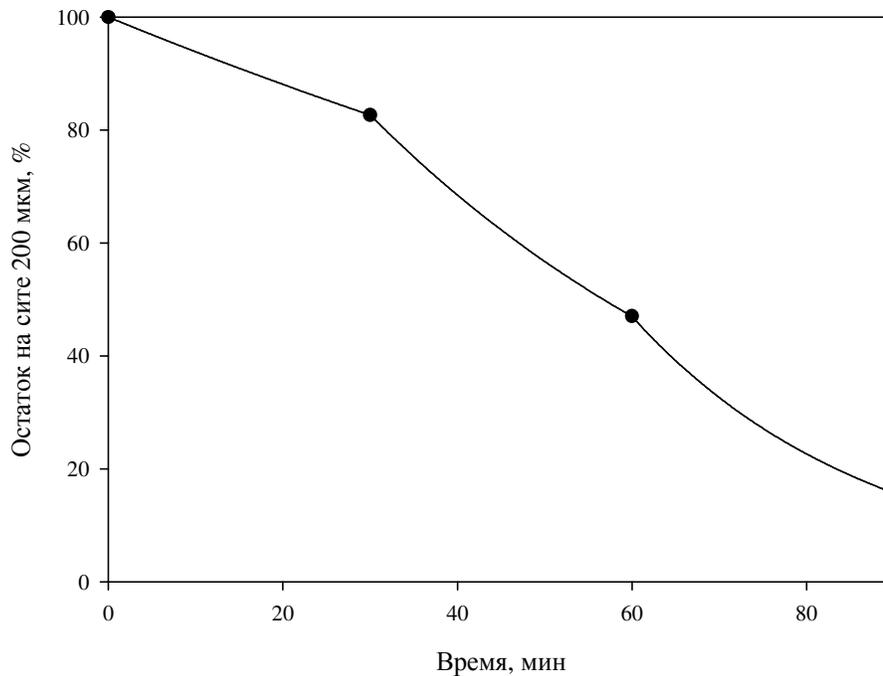


Рис. 1. Зависимость скорости измельчения волокнистого материала от времени в горизонтальной вибрационной мельнице с комбинированной загрузкой измельчающих тел

Об этом также свидетельствует величина коэффициента b в уравнениях сплайнов. В случае измельчения исходного материала в первые 30 мин он равен 0,006 (первые две точки графика). После удаления длинных волокон скорость измельчения увеличивается и в следующие 30 мин показатель степени равен 0,019 (вторая и третья точки графика). В конце процесса (последние две точки графика) фактически измельчаются чешуйки материала крупностью до 5 мм, которые не окомковываются, так как отсутствуют длинные волокна. Значение показателя степени для этого случая достигло величины 0,037.

Приблизительно затраты энергии в данном случае составили менее 3 кВт·ч/кг измельченного материала.

Выводы

1. Для измельчения волокнистого материала в горизонтальной вибрационной мельнице необходимо применять комбинированную загрузку измельчающих тел.
2. Перед измельчением целесообразна предварительная подготовка исходного материала, заключающаяся в удалении длинных волокон.

© Березняк А.А., Федоскин В.А., Ерисов Н.Н., 2016

*Надійшла до редколегії 27.07.2016 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*