УДК 621.926.2

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУЙНЫХ ПРОТИВОТОЧНЫХ МЕЛЬНИЦ

Д. В. КАРПАЧЕВ, И. А. ТРЕТЬЯКОВ,
Е. И. ШЕЛУДЧЕНКО, А. Н. ГОЛОВКОВ
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова
Белгород, Россия

Существенное значение при эксплуатации струйных противоточных мельниц имеет подготовка исходного сырья. Предварительная классификация материала по крупности и удаление крупных включений позволяют стабилизировать загрузку мельницы, избежать локальных перегрузок и снизить риск нештатных режимов работы. В ряде случаев целесообразно проводить предварительную сушку сырья – это особенно актуально для гигроскопичных и склонных к агломерации материалов: снижение влажности повышает сыпучесть, улучшает распределение частиц в потоке и способствует более эффективному соударению. Кроме того, однородность исходного материала по влажности и плотности положительно сказывается на воспроизводимости гранулометрического состава конечного продукта и снижает колебания энергопотребления в ходе технологического цикла [1].

Струйная противоточная мельница (рис. 1) – это оборудование для сухого сверхтонкого измельчения материалов (до микрометра и менее) за счёт столкновения высокоскоростных газовых потоков. Её ключевая особенность – конструкция, где два потока энергоносителя (газа или пара) движутся навстречу друг другу, создавая зону интенсивного соударения частиц [2].

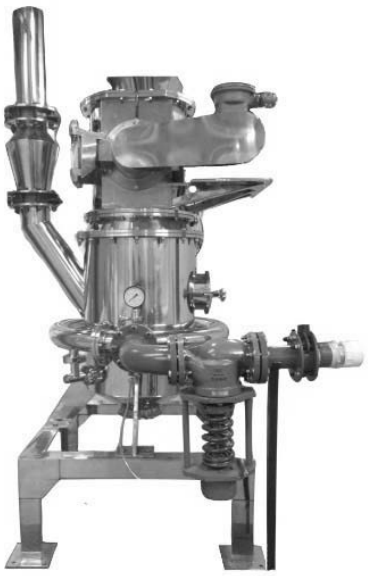

Рис. 1. Струйная противоточная мельница

Преимущества. Возможность получения ультрадисперсных порошков с высокой удельной поверхностью. Отсутствие механических мелющих тел, что

исключает загрязнение продукта металлическими примесями. Возможность работы в замкнутом цикле, что повышает эффективность.

Недостатки. Относительно невысокий КПД из-за затрат энергии на сжатие энергоносителя. Сложность настройки параметров (давление, скорость потоков, геометрия элементов) под конкретный материал. Ограниченная производительность по сравнению с некоторыми другими типами мельниц.

Такие мельницы широко используются в горнорудной промышленности для обогащения полезных ископаемых, а также в производстве керамики, пигментов, фармацевтических субстанций и других материалов, где требуется сверхтонкий помол [3].

Перспективы развития технологий струйного измельчения во многом связаны с расширением спектра обрабатываемых материалов и адаптацией оборудования под специфические требования новых отраслей. Например, в производстве функциональных наноматериалов и композитов востребованы режимы, обеспечивающие не только заданную дисперсность, но и контролируемую морфологию частиц – сохранение или, напротив, сглаживание острых граней, формирование сфероидных форм, минимизацию дефектов кристаллической решётки. Для решения таких задач исследуются комбинированные схемы воздействия, включая использование сверхзвуковых струй с модулированными параметрами, импульсную подачу энергоносителя, а также совмещение струйного помола с механохимической активацией.

Важным аспектом дальнейшего совершенствования струйных противоточных мельниц остаётся стандартизация методик оценки их эффективности и сопоставимости результатов испытаний. Существующие подходы к определению удельной поверхности, анализу распределения частиц по размерам и расчёту удельных энергозатрат зачастую дают разброс данных из-за различий в пробоподготовке, условиях измерения и интерпретации результатов. Разработка единых отраслевых протоколов, включающих рекомендации по выбору эталонных материалов, регламентации режимов тестирования и критериям валидации цифровых моделей, позволит ускорить трансфер инновационных решений из лабораторий в промышленное производство и повысить доверие к новым техническим разработкам со стороны потенциальных потребителей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усовершенствованная конструкция струйной противоточной мельницы для горнорудной промышленности / С. И. Анциферов, С. Б. Булгаков, А. В. Карачевцева, М. В. Тимашев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 12-2. – С. 5–16.

2. **Постникова, И. В.** Струйные мельницы / И. В. Постникова, В. Н. Блиничев // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. – 2015. – № 2 (42). – С. 144–151.

3. **Поздняков, С. С.** Пневмоструйная противоточная мельница для избирательного измельчения и обогащения : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06 / Поздняков С. С. – Белгород, 2007. – 23 с.