

УДК 621.928.6

## КАСКАДНЫЙ ГИДРОСЕПАРАТОР ДЛЯ ОТМЫВКИ ШЛАКОВ

Разработана конструкция каскадного гидросепаратора. Проведены лабораторные исследования по отмывке металлургического шлака фракции 1–10 мм. Определены оптимальные технологические параметры процесса отмывки и разработана технологическая схема промышленной установки.

**Ключевые слова:** гидравлическая классификация, шлак, отмывка, каскадный процесс.

**П**роизводство металлов и сплавов связано с образованием значительного количества попутных продуктов, представляющих собой отходы производства. Лишь незначительная часть шлаков утилизируется, основная их масса складывается в отвалах и специальных хранилищах. Шлаковые отвалы располагаются на плодородных землях, загрязняют атмосферу, гидросферу и почву. Особенно опасны для атмосферы пылевидные частицы, которые легко поднимаются ветром и переносятся на значительные расстояния.

Вторичная переработка шлаков позволяет выделить из них большое количество ценных компонентов, таких как металлургический алюминий, глинозем, кремнезем, хлориды щелочных металлов и др. Например, в промышленности строительных материалов широко используются солевые шлаки алюминиевого производства с содержанием в них до 6 % хлоридов. Технологией их переработки предусматривается извлечение водорастворимых солей натрия и калия. Наиболее производительным является процесс активного выщелачивания в аппаратах с интенсивным движением жидкости.

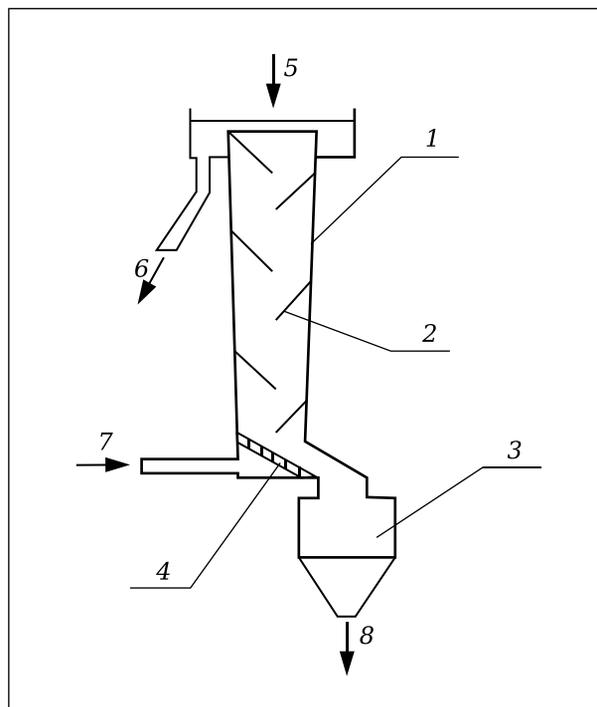
Никелевые шлаки нашли применение в производстве абразивных порошков для пескоструйной обработки изделий\*. В этом случае требуется получение порошкообразных материалов определенных фракций с минимальным загрязнением их пылевыми частицами.

Наиболее распространенные в промышленности гидравлические конусные классификаторы, обладающие простотой конструкции и большой производительностью по исходному питанию, характеризуются низкой эффективностью отмывки.

\* **Пономарёв, В. Б.** Пневматическая сепарация никелевых шлаков для получения абразивов / В. Б. Пономарёв // Междунар. научно-иссл. журнал (г. Екатеринбург). — 2013. — № 10, ч. 2 — С. 69, 70.

Наиболее перспективным методом повышения эффективности работы технологических аппаратов является применение принципа каскадности. В связи с этим была разработана конструкция вертикального каскадного гидросепаратора (рис. 1). В данной конструкции роль каскадных элементов выполняют наклонные полки, благодаря которым происходит каскадная пересыпка поступающего сверху продукта и промывка его водяным потоком.

Возникающее над и под полками вихреобразование (рис. 2) способствует дезагрегации и расслоению конгломератов частиц различной крупности. Скатывающийся с наклонных полок поток материала многократно промывается восходящим потоком воды и освобождается от мел-



**Рис. 1.** Каскадный гидросепаратор: 1 — вертикальная шахта; 2 — наклонные полки; 3 — бункер готового продукта; 4 — распределительная решетка; 5 — подача запыленного шлака; 6 — слив отработанной воды; 7 — подача чистой воды; 8 — разгрузка отмытого шлака

✉  
В. Б. Пономарёв  
E-mail: v.b.ponomarev@urfu.ru



**Рис. 2.** Процесс отмывки никелевого шлака (расход воды 38 м<sup>3</sup>/мин)

ких пылевых частиц, при этом движущиеся вверх «случайные» крупные зерна имеют тенденцию к возврату вниз в верхних секциях аппарата. Этому также способствует конусообразная, с увеличивающимся сечением конструкция корпуса аппарата.

Ориентировочную скорость осаждения  $U$  твердых частиц в воде можно определить по формуле Стокса:

$$U = \frac{Kgd^2(\rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{в}})}{18\eta}$$

где  $K$  — коэффициент формы частиц (для дробленых материалов с осколочной формой частиц рекомендуется  $K = 0,4 \div 0,8$ ; примем  $K = 0,6$ );  $g$  — ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $d$  — диаметр частиц, м;  $\rho_{\text{ч}}$  — плотность частиц, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{ч}} = 2600 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_{\text{в}}$  — плотность воды, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $\eta$  — динамическая вязкость воды,  $\eta = 0,00101 \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

Если принять максимальный диаметр частиц исходного продукта  $d = 0,005 \text{ м}$ , получим  $U = 12,95 \text{ м/с}$ .

Для обеспечения режима «витания» частиц средняя скорость водяного потока должна быть



**Рис. 3.** Исходный (слева) и отмытый (справа) продукты после взмучивания в воде

равна скорости осаждения частиц. Таким образом, в лабораторном аппарате с площадью сечения в нижней части 0,01 м<sup>2</sup> расход воды составит 7,7 м<sup>3</sup>/мин.

Эксперименты по отмывке шлака производства никеля проводились с производительностью по исходному питанию 120 кг/ч при четырех скоростных режимах движения воды: 5, 7, 30 и 38 м<sup>3</sup>/мин.

Проведенные исследования показали, что даже при спокойном течении воды (5–7 м<sup>3</sup>/мин) происходит качественная отмывка шлака, подтверждающаяся отсутствием мутности в контрольном сосуде (рис. 3).

При развитом турбулентном режиме (расход воды 38 м<sup>3</sup>/мин) визуально наблюдается образование над- и подполочных вихрей, улучшающих расслоение частиц шлака, однако при этом часть крупных зерен попадает в отстойник.

Проведенные исследования показали соответствие расчетных параметров результатам эксперимента и возможность проектирования высокоэффективных конструкций каскадных гидросепараторов. ■

Получено 19.12.14  
© В. Б. Пономарёв, 2015 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



第九届先进陶瓷国际研讨会

The Ninth International Conference on High-Performance Ceramics

9-я Международная конференция по высокотехнологичной керамике (CICC)

4-7 ноября 2015 г.

г. Гуйлинь, Китай

www.ccs-cicc.com/CICC-9