

Д. И. Чиркун, ст. преподаватель; С. В. Ярмолик, ассистент;
А. Э. Левданский, доцент; Э. И. Левданский, профессор

ВЛИЯНИЕ ОТБойНО-ВИХРЕВОЙ СТУПЕНИ РАЗДЕЛЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГРАВИТАЦИОННОГО КЛАССИФИКАТОРА

In article materials on research of influence of an dynamic step of division into efficiency of the gravitational qualifier are presented. The reason of decrease in quality of received products in gravitational devices is analysed at low borders of division. The new design of the two-level gravitational qualifier with an dynamic element is offered. Experimental researches are spent and data on a sharpness and efficiency of classification are obtained. Skilled data have shown, that the dynamic step of classification allows to lower considerably division border in the gravitational device to 100 microns and less without decrease in efficiency of division that gives the chance to use it for reception strongly crushed powders, to aggregate in crushing installations with mills of thin crushing

Введение. Во многих отраслях промышленности широко используются материалы в виде порошков. Получение порошков осуществляется, как правило, путем измельчения. К сожалению, процессы измельчения несовершенны, поэтому получить на выходе из мельницы продукт требуемого гранулометрического состава весьма сложно. В этих случаях в технологических процессах, связанных с производством или переработкой сыпучих порошкообразных материалов, обычно присутствует стадия разделения измельченного продукта на различные фракции или классы, что позволяет управлять гранулометрическим составом конечного продукта в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями.

Процесс классификации может осуществляться различными способами. Более прогрессивными и экономически целесообразными по сравнению со способами гидроклассификации являются сухие способы разделения, осуществляемые в аппаратах с воздушными потоками, а также, при необходимости, потоками инертных, дымовых или других газов.

Согласно «силовой» классификации, предложенной Р. Нагелем, все типы применяемых в настоящее время воздушных классификаторов можно разделить по принципу действия на две обширные группы: гравитационные и инерционные, или центробежные. Разделение в гравитационных классификаторах происходит под действием только силы тяжести. В центробежных классификаторах в подавляющем большинстве случаев используется совместное воздействие на материал инерционных и гравитационных сил.

Как гравитационные, так и инерционные классификаторы находят свои области применения. Гравитационные аппараты за счет своей простоты, надежности и дешевизны являются с экономической точки зрения более предпочтительными, чем инерционные. Однако невозможность интенсификации процесса разделения за счет увеличения движущей силы не позволяет гравитационным аппаратам работать при низких границах разделения. Поэто-

му в последнее время появляются и конструктивно реализуются идеи комбинированных схем классификации, гармонично объединяющих достоинства тех или иных классических способов разделения.

Основная часть. Исследования последних лет в области гравитационного фракционирования [1] показывают, что в аппаратах, работающих по этому принципу, при оптимальных конструктивных и технологических параметрах можно осуществить эффективное разделение по плотности или размерам частиц. Например, авторами статьи при исследовании новой, разработанной на уровне изобретения, конструкции роторного гравитационного классификатора была зафиксирована эффективность разделения до 85%. Однако и здесь наблюдались свойственные всем аппаратам данного типа недостатки – резкое падение эффективности при граничных размерах разделения менее 0,2–0,3 мм, снижение КПД и степени извлечения. В итоге область применения классификатора оказывается весьма ограниченной. Для получения тонкодисперсных порошков он малопригоден, при фракционировании грубодисперсных сыпучих материалов целесообразнее использовать грохочение.

С целью расширения рабочего диапазона граничного размера разделения, принимая во внимание достоинства и недостатки гравитационного способа разделения, а также учитывая постоянно возрастающую потребность многих предприятий промышленности в тонкодисперсных порошках, существующая конструкция роторного гравитационного классификатора была усовершенствована. Сущность этого усовершенствования заключалась во введении в конструкцию аппарата дополнительной отбойно-вихревой ступени разделения и реализации, таким образом, комбинированной схемы классификации, включающей как гравитационное воздействие на поток движущегося материала, так и механическое.

Схематично устройство гравитационного роторного классификатора с отбойно-вихревой ступенью разделения показано на рис. 1.

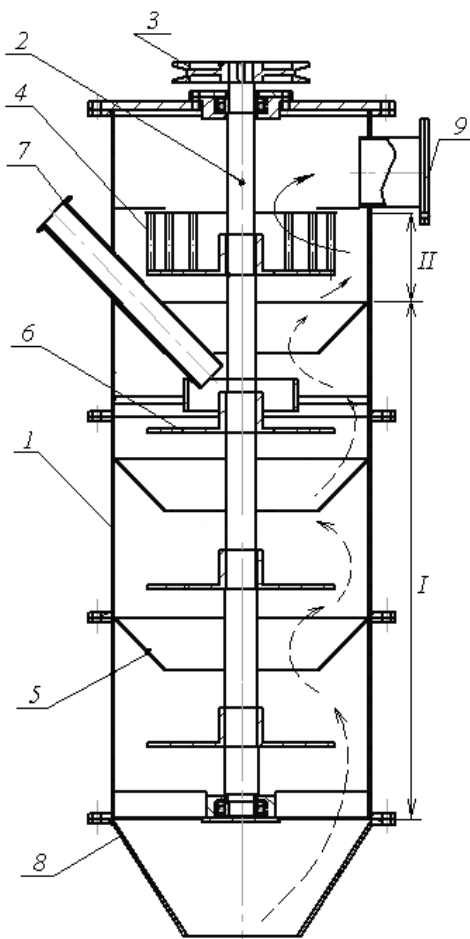


Рис. 1. Гравитационный роторный классификатор:
 I – гравитационная ступень;
 II – отбойно-вихревая ступень;
 1 – корпус; 2 – вал; 3 – приводной шкив;
 4 – отбойные элементы; 5 – конус;
 6 – распределительный диск; 7, 8, 9 – патрубки
 подачи исходного материала, отвода
 крупной и мелкой фракций

Процесс разделения в классификаторе осуществляется в два этапа следующим образом. Исходный материал через загрузочный патрубок подается на верхний вращающийся диск, откуда центробежной силой равномерно распределяется в кольцевом зазоре между диском и корпусом классификатора. Под действием гравитационных сил частицы материала опускаются вниз, попадают на пересыпной конус и опять направляются на нижележащий вращающийся диск. Навстречу движущемуся вниз материалу поднимается восходящий поток воздуха. Крупные частицы, преодолевая сопротивление воздушной среды, продолжают двигаться вниз и отводятся через нижний патрубок как грубая фракция, а мелкие частицы подхватываются восходящим потоком воздуха и уносятся вверх. Так работает гравитационная ступень (I) классификатора.

Поднимаясь в верхнюю часть аппарата, двухфазный поток попадает на отбойно-

вихревую ступень разделения (II). Конструктивно эта ступень выполнена в виде пронизаемого цилиндрического барабана, боковая поверхность которого сформирована стержнями круглого поперечного сечения, установленных по периметру с определенным шагом. При работе классификатора барабан вращается, поднимающийся двухфазный поток проходит между стержнями, при этом мелкие частицы вместе с воздухом проскакивают внутрь барабана и выводятся из рабочей полости через патрубок (9) как тонкий продукт, а крупные вследствие инерционности не успевают проскочить между стержнями. Таким образом, отбойно-вихревая ступень препятствует случайному попаданию в мелкую фракцию крупных частиц, которые из-за многих случайных факторов, таких как пульсации потока, неравномерность распределения материала, неточность конструкции, все же поднимаются вверх и «загрязняют» тонкий продукт. Естественно, максимальный размер частиц, попадающих в мелкий продукт, будет зависеть от скорости движения стержней и геометрии барабана.

Высокая эффективность такого способа разделения подтверждается внедрениями отбойно-вихревых классификаторов в цементную промышленность, агрегированием их со среднеходовыми валковыми мельницами [2].

Для оценки эффективности работы предложенного классификатора были проведены его теоретические и экспериментальные исследования.

Расчет величины расхода воздуха W осуществлялся по эмпирическому уравнению, предложенному в работе [3],

$$W = 0,53v_q \rho^{0,06}, \quad (1)$$

где v_q – скорость витания частицы граничного размера, м/с; ρ – плотность частиц, кг/м³.

Геометрические параметры отбойно-вихревой ступени подбирались в соответствии с результатами исследований, изложенными в работе [4].

Расчет эффективности классификации проводился с использованием выражения [4]

$$\varphi(\delta) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\delta}{\delta_{гр}}\right)^E}, \quad (2)$$

где $\varphi(\delta)$ – кривая разделения; δ – текущий размер частиц, м; $\delta_{гр}$ – граничный размер разделения, м; E – эффективность разделения.

Кривая разделения строилась по известной зависимости Розина – Рамллера [5]

$$\varphi_\delta(\delta) = \frac{-\left(\frac{R_3(\delta)}{R_1(\delta)}\right) d(\ln R_3(\delta))}{d(\ln R_1(\delta))}, \quad (3)$$

где $R_1(\delta)$, $R_3(\delta)$ – кривые полных остатков по мелкому и крупному продукту соответственно, полученные по результатам опытных данных.

Рассев крупного и мелкого продукта после классификации осуществлялся на аналитической просеивающей машине AS-200 согласно стандарту DIN ISO 3310-1.

Экспериментальные исследования процесса разделения проводились при различных расходах воздуха, проходящего через классификатор, и частотах вращения отбойного барабана.

Очевидно, что увеличение расхода воздуха будет приводить к смещению кривой разделения в сторону больших размеров и наоборот. Острота сепарации [5], характеризующая наклон кривой разделения и являющаяся качественной характеристикой процесса, также изменяется (рис. 2).

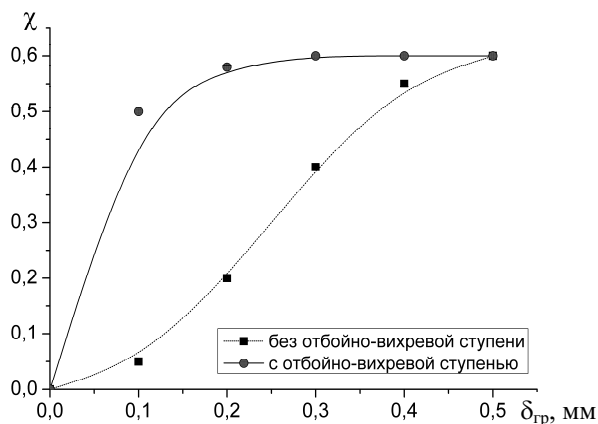


Рис. 2. Острота сепарации

Графические зависимости, представленные на рис. 2, показывают, что с отбойно-вихревой ступенью величина остроты классификации в аппарате сохраняется на приемлемом уровне до величины граничного размером 100 мкм и менее. В тоже время без этой ступени она достигает своей максимальной величины лишь при границе разделения 0,5 мм, что характерно для классификаторов гравитационного типа.

Аналогичным образом оценивалась эффективность разделения при оптимальном расходе воздуха, рассчитанном по выражению (1), и различных скоростях вращения отбойного барабана. Графические зависимости, изображенные на рис. 3, позволяют сделать вывод о значительном повышении эффективности разделения при малых граничных размерах.

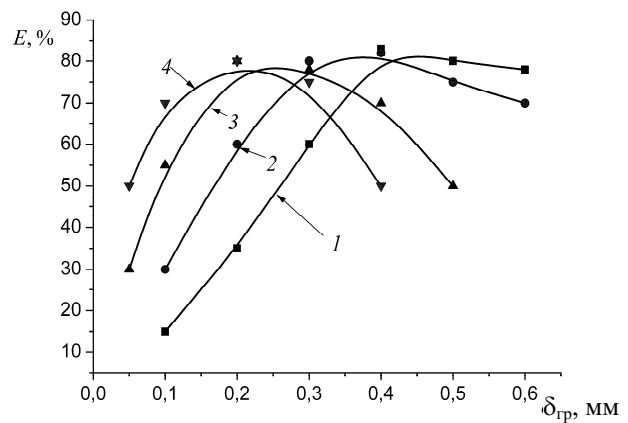


Рис. 3. Эффективность разделения:
1 – без отбойно-вихревой ступени;
2, 3, 4 – при линейной скорости стержней отбойного барабана – 10, 15 и 25 м/с соответственно

Заключение. Проведенные исследования показали, что отбойно-вихревая ступень классификации позволяет значительно снизить граничный размер разделения в гравитационном аппарате до 100 мкм и менее без существенного понижения эффективности процесса. Это дает возможность использовать классификатор для получения тонкодисперсных порошков, агрегировать в помольные установки с мельницами тонкого измельчения.

Литература

1. Кирсанов, В. А. Научные основы и принципы совершенствования процессов и аппаратов каскадной пневмоклассификации сыпучих материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / В. А. Кирсанов; Иванов. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2005. – 36 с.
2. Дуда, В. Цемент / В. Дуда; под. ред. Б. Э. Юдовича. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
3. Чиркун, Д. И. Совершенствование процессов разделения в воздушных классификаторах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Д. И. Чиркун; Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2006. – 18 с.
4. Андреев, А. А. Разделение угольной пыли в динамическом сепараторе с предвключенным направляющим аппаратом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / А. А. Андреев; Иванов. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2006. – 18 с.
5. Мизонов, В. Е. Аэродинамическая классификация порошков / В. Е. Мизонов, С. Г. Ушаков. – М.: Химия, 1989. – 158 с.