Г. В. Алиаскарова, К. В. Микрюков

ПОЛУЧЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОЙ СЕРЫ ПУТЕМ ИСТЕЧЕНИЯ СТРУИ РАСПЛАВА СЕРЫ В ВОДУ

Ключевые слова: гранулы серы, истечение расплава, напор, температура расплава серы, самопроизвольный распад струи, кристаллизационная емкость, диаметр отверстия для истечения.

В статье описаны известные способы получения гранулированной серы, а также разработанный нами способ изготовления серы в виде гранул близкой к сферической формы, который может послужить основой для создания промышленной технологии грануляции серы, отличающейся существенно меньшими по сравнению с зарубежными аналогами капитальными и эксплуатационными затратами, простотой аппаратного оформления.

Key words: sulfur granules, the expiration of the melt, the pressure, the temperature of the molten sulfur, the spontaneous decay of the jet, the crystallization vessel, the diameter of the hole for the expiration.

The known methods of producing of granulated sulfur, and also the developed by authors method of producing the approximately spherical granules of sulfur, are described in the article. The developed method can be the basic for industrial technology of sulfur granulating. Essentially lower capital and operational costs, simple manufacturing equipment – these are the differences of this method from the foreign analogues.

Введение

Основным условием потребителей элементарной серы является поставка ее в виде прочных малопористых гранул [1,2]. Удобство обращения с гранулированной серой связано с тем, что она не слеживается, сохраняет сыпучесть и не образует пыли при хранении и перевозках, легко транспортируется и дозируется. Лучшей геометрической формой хрупкой твердой серы является шар, отличающийся наиболее благоприятным соотношением массы и объема и наибольшей прочностью (благодаря исключению эффекта рычага, увеличивающего разрушающие силы). Сущность известных способов получения гранулированной серы сводится к истечению расплава серы через отверстие в виде отдельных капель, которые в процессе свободного падения охлаждаются воздухом, сырым водяным паром или струями воды. Практическая реализация этих способов требует больших капитальных затрат при строительстве грануляционных башен высотой 40-90 м, сложной системы очистки отходящих газов или пара от серной пыли, нейтрализации закисленного отработанного пара. Общий недостаток этих способов связан с трудностями поддержания стабильного режима истечения расплава серы в виде капель, что приводит к получению гранул серы неправильной формы с и большим разбросом по размерам. Например, в техническом решении [3] устройство для получения гранул из расплава серы представляет собой корпус цилиндрической формы, внутри которого расположены три камеры, разделенные двумя перегородками и снабженные патрубками: нижним для подачи пара, средним для подачи воздуха в воздушные форсунки и верхним для вывода пара. В камерах жестко смонтированы распылительные серные и воздушные форсунки и паровые трубки для обогрева распылителей серы, которые

выполнены в виде трубок с лопастями, жестко укрепленными на внутреннем диаметре форсунки под углом 45° к оси трубки, выходные отверстия которых составляют 0,8-0,9 их внутреннего диаметра, при этом распылительные форсунки для серы закреплены сверху к крышке устройства, а внизу к его донной части, воздушные форсунки закреплены к верхней перегородке нижней камеры, внизу к донной части устройства, а в средней камере смонтированы паровые трубки для обогрева распылителей серы.

В способе Rotoform (фирма Sandvik Process Systems) расплав серы также истекает в виде отдельных капель, падающих на охлаждаемую металлическую поверхность. Получаемые по этому способу гранулы серы имеют форму чешуек с полусферической поверхностью, которые истираются при контакте друг с другом из-за эффекта рычага, увеличивающего разрушающие силы, что приводит к образованию пожаро- и взрывоопасной дисперсной серы. В другом процессе [4], расплавленная жидкая сера поступает в диспергатор, расположенный в верхней части бака гранулятора, куда непрерывно подается вода, причем перед падением в воду струя жидкой серы в воздухе распадается на отдельные капли. Капли жидкой серы падают в воду и охлаждаются, превращаясь в гранулы. Нижняя часть бака переходит в конус с выходным отверстием и гидрозатвором, через который пульпа, состоящая из воды и гранул серы, выводится из бака-гранулятора. Охлаждение и грануляция происходят в толще циркулирующего водяного слоя. Существенным недостатком данного процесса является то, что получаемые гранулы имеют неправильную форму и большой разброс по размерам. Нами опытным путем установлено, что при соблюдении определенных диапазонов параметров истечения жидкой серы в воду струя серы, попадая в воду, самопроизвольно распадается на частицы

правильной сферической формы одного размера, которые, по мере свободного падения в слое воды, охлаждаются и кристаллизуются. Задача получения сферических гранул серы в данном случае достигается тем, что жидкая сера под напором от 900 Па до 9000 Па истекает из отверстия диаметром от 0,5 мм до 2,5 мм в виде вертикальной сплошной струи в ламинарном режиме и попадает в воду, причем расстояние между точкой истечения струи серы и поверхностью воды составляет не более 80 мм. Предварительно в стальной теплоизолированной емкости, на наружной стенке которой размещен ленточный электрический нагреватель, приготовили расплав серы с температурой 155 °С. Стальную емкость с отверстием диаметром 1,0 мм в дне установили над колонной, заполненной водой с температурой 20 °С так, что расстояние между дном емкости и поверхностью воды составило 60 мм. Затем расплав серы залили в стальную емкость с отверстием диаметром 1,0 мм в дне, предварительно нагретую до 155 °С с помощью ленточного электрического нагревателя, размещенного снаружи стенки, причем высоту слоя жидкой серы в сосуде с отверстием поддерживали 0,35 м, что соответствует напору 6200 Па. Происходило истечение сплошной струи жидкой серы из отверстия в воду и самопроизвольный распад струи серы в воде на сферические капли диаметром 3 мм, которые в процессе свободного падения в слое воды охлаждались и кристаллизовались. Твердые гранулы серы отделили от воды на металлической сетке и получили сыпучий продукт в виде сферических гранул серы диаметром 3 мм с влажностью 8,5 %. Сушку гранул до остаточной влажности 0,1 % проводили при 80 °С в электрическом сушильном шкафу. Полученная гранулированная сера по всем показателям соответствовала ГОСТ 27.1-93. По результатам испытаний полученной гранулированной серы согласно методике Канадского Института Серы на первом уровне стандартного теста на хрупкость образуется менее 0,5 % пыли. Температура жидкой серы, истекающей из отверстия, при реализации разработанного нами способа, может составлять от 120 °С до 160 °С, температура воды, в которую падает струя серы – от 10 °С до 90 °С, причем эти параметры не оказывают существенного влияния на форму и гранулометрический состав получаемого продукта.

Наиболее целесообразно напор жидкой серы в пределах 900-9000 Па создавать, поддерживая высоту слоя жидкой серы в сосуде с отверстием, из которого истекает струя серы, в пределах от 0,05 м до 0,5 м. Диаметр отверстия для истечения серы должен составлять 0,5 мм до 2,5 мм, а расстояние между точкой истечения струи серы и поверхностью воды – не более 80 мм. Установлено, что при напоре жидкой серы менее 900 Па или диаметре отверстия для истечения менее 0,5 мм струя серы, ударяясь о поверхность воды, образует плоские пластинки неправильной формы. При напоре жидкой серы более 9000 Па, диаметре отверстия для истечения более 2,5 мм или расстоянии между точкой истечения струи серы и поверхностью воды более 80 мм в получаемом продукте появляется примесь частиц серы неправильной формы и агломератов из слипшихся в процессе охлаждения и кристаллизации частиц неправильной формы. Нижний предел расстояния между точкой истечения струи серы и поверхностью воды составляет около 10 мм, что позволяет исключить соприкосновение дна емкости с расплавом серы с поверхностью воды. Разработанный нами способ изготовления серы в виде гранул близкой к сферической формы из кускового сырья или расплава может послужить основой для создания промышленной технологии грануляции серы, отличающейся существенно меньшими по сравнению с зарубежными аналогами капитальными и эксплуатационными затратами, простотой аппаратного оформления.

Литература

1. Бараева Л.Р., Ахметова Р.Т., Юсупова А.А., Хацринов А.И., Кузнецова Э.В. Технология композиционных материалов на основе серы, кремнеземсодержащего сырья и хлорида железа // Вестник Казанского технологического университета: 2010 г., №8, с.293-297.
2. Набиев Р.Р., Терещенко К.А., Улитин Н.В. Интенсифицирующее воздействие кавитационной области на полимеризацию серы // Вестник Казанского технологического университета: 2012 г., Т. 15. №21, с.93-96.
3. Патент РФ 2054314 от 01.12.1992 Устройство для получения гранулированной серы ГД-2.
4. Технология переработки сернистого природного газа, Справочник М.: Недра 1993 г., с. 109-111.

© Г. В. Алиаскарова – директор ООО «Пормед»; К. В. Микрюков – доцент каф. ТИПиКМ КНИТУ, главный специалист ООО «Пормед».

© G. V. Aliaskarova – LLC “Pormed”, CEO; K. V. Mikrjukov – LLC “Pormed”, leading specialist, associate professor, KNRTU.