

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТЕКЛОВИДНОЙ ФРИТТЫ

Рудь А.А., Лихавицкий В. И., Сарока В.В., Павлюкевич Д. Ю.
Белорусский государственный технологический университет
г. Минск, Беларусь

Стекловидная фритта – продукт быстрого охлаждения в воде жидкой массы или пасты, полученной при плавлении исходных компонентов стекла (шихты). К таким компонентам относятся, например, диоксид кремния карбонат натрия, карбонат магния; карбонат бария, карбонат калия карбонат кальция, сульфат натрия, сульфат калия, нитрат натрия нитрат калия, оксиды свинца (глет, или красный свинец), каолин полевой шпат, бурая борная кислота.

Процесс приготовления фритты выполняется в фриттоваренной печи. Она основной тепловой агрегат в технологическом процессе производства фритты. В ней протекают процессы тепловой обработки сырьевых материалов, получения стекломассы и выработки из нее изделий.

Принцип работы состоит в том, что стеклобой транспортером из склада поступает в бункер. Уровень его заполнения поддерживается в диапазоне ($L_6=20-80\%$) путем изменением расхода стеклобоя (F_c^*). При достижении значения уровня $L_6=20\%$ - начинается подача стеклобоя, а при достижении $L_6=80\%$ - прекращается. Далее стеклобой поступает в шнек, который перемещает его в плавильную печь.

В ней происходит плавление стеклобоя при температуре воздуха плавильной печи ($T_{пл}=1600^\circ\text{C}$) путем изменения расхода газа ($F_г=30-35 \text{ м}^3/\text{ч}$). Для обеспечения качественного горения газа в зону горения через боковые стенки вентилятором (подводится воздух в соотношении ($F_г; F_в=1:5$)). Стадия плавления продолжается 3-4 часа.

Дымовые газы, отходящие от плавильной печи отводятся с помощью вентилятора-дымососа и поступают в рукавный фильтр. В нем происходит очистка газа, где очищенный воздух попадает в атмосферу.

В результате плавления стеклобоя, стекловидная масса (фритта) из плавильной печи стекает тонкой струйкой на поток воды гранулятора.

Горячий расплав проходит сквозь отверстия фильеры (принцип мясорубки), выдавливается в камеру, где вращается ножевая головка и срезает на поверхности фильеры в горячем состоянии. Сразу же после резки готовые гранулы интенсивно охлаждаются водой. После чего гранулы попадают на ленточный транспортер и отправляются на дальнейшее изготовление керамических изделий.

Вытяжная система дымового газа (дымоход) установлена в конечной части печи и состоит из вентилятора и системы труб, клапанов, задвижек. Она выполняет всасывание и выброс дымового газа, испарений и газов, выделяющихся при варке стеклобоя. Максимальная постоянная допустимая температура дымового газа, поступающего на вентилятор, составляет 250°C . При необходимости температуру можно понизить при помощи клапана разбавления. Температура измеряется термопарой и показывается термометром. Максимальная пиковая температура, поддерживаемая в течение очень коротких интервалов, не должна превышать 300°C .

Таким образом, для данного объекта в качестве регулируемой величины выбираем температуру отходящих газов, в качестве основного регулирующего

воздействия – расход газа поступающего в топку на сгорание, в качестве основного возмущающего воздействия – расход стеклообоя поступающий в стекловаренную печь.

Управление процессом осуществляется путем поддержания соотношения объема подаваемого газа и воздуха необходимого для поддержания горения в печи, а следовательно температуры внутри печи. В условиях многомерности процесса по выходным показателям, возмущающим и управляющим воздействиям, существования сильных взаимосвязей между технологическими элементами объекта, выбор направления и размеров изменения управляющих воздействий, а также косвенная оценка текущих значений показателей качества являются сложными для технолога задачами.

Один из важнейших параметров, характеризующих работу фриттоваренной печи, – температура. Автоматическое регулирование температуры в рабочем пространстве печи не позволяет поддерживать заданный оптимальный температурный режим. Большое значение для процесса стекловарения имеет и постоянство газовой среды в ванной печи. Изменение количества топлива, подаваемого в печь, меняет соотношение между ним и количеством воздуха. Это определяет характер факела горения, условия теплообмена в печи потери теплоты с отходящими дымовыми газами. При недостатке воздуха увеличение подачи в печь газа не приведет к повышению температуры в печи, а наоборот, вызовет ее снижение и потери количества несгоревшего газа через дымовую трубу. Стабильность режима горения может быть достигнута только при условии, что количество воздуха будет изменяться одновременно с количеством подаваемого топлива.

Автоматическое регулирование соотношения газ – воздух обеспечивают экономичность процесса горения за счет полноты сгорания и отсутствия избытка воздуха. В печах необходимо поддерживать постоянный контроль стекломассы. Колебания уровня стекломассы отрицательно сказываются: увеличивают разъедание огнеупорного материала кладки бассейна печи.

Недостатком является то, что на данном этапе варки фритты в плавильной печи может образовываться излишки азота, что приведет к уменьшению температуры горения, поэтому требуется правильное соотношения газ-воздух. Система управления должна обеспечивать: высокую надёжность схемы автоматизации, устойчивую работу при наличии внешних возмущающих факторов, сигнализацию и индикацию режимов работы, удобство ведения процесса и обслуживания, эффективность работы.

В печи путем сгорания топлива вырабатывается количество тепла, необходимого для плавления готового продукта. Тогда уравнение теплового баланса можно записать с условием сгорания топлива и подачи воздуха:

$$\lambda G_n + C_b G_b Q_b = Q_l,$$

где λ – тепло сгорания топлива; C_b – теплоемкость воздуха; G_b – расход топлива; Q_b – температура воздуха. Уравнение (2.1) показывает, что количество тепла Q_l превращается за счет сгорания топлива и подачи воздуха.

Плавильное отделение имеет большую массу нагреваемого материала, в котором может накопиться тепло. Поэтому процессы в нем будут инерциальные.

Уравнение теплового баланса для небольших отклонений имеет вид:

$$\lambda G_n + C_b G_b Q_b + C_{M1} Q_{M1} g = C_M M \frac{dQ_M}{dt} + C_b G_b Q_{b1} + C_{M2} Q_{M2} g$$

где C_M, C_{M1}, C_{M2} – теплоемкость материала при температуре Q_M, Q_{M1}, Q_{M2} ; Q_M, Q_{M1}, Q_{M2} – температура материала в аппарате на входе и выходе; M – запас материала в аппарате; g – расход материала; Q_{b1} – температура отходящей смеси воздуха и паров воды.