

УДК 676.222

Инж. А. М. Рудь; маг. А.В. Широков.
Науч. рук. доц. Д. С. Карпович, В.П. Кобринец
(кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники, БГТУ)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ФРИТТЫ

Стекловидная фритта используется в основном для приготовления остекловывающихся составов. Она не содержит пигментов, глушителей или оксидов, улучшающих адгезионную связь между покрытием и металлической поверхностью, и дает после остекловывания поверхность, более или менее прозрачную, но неоднородно матовую или окрашенную. Процесс приготовления фритты выполняется в фриттоваренной печи.

Данный процесс рассматривался на базе ОАО «Керамин». 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. При постоянной характеристике топлива такое требование может быть удовлетворено автоматическим выдерживанием заданного соотношением между расходом газа и воздуха.

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 соотношение газ-воздух. Наша задача стабилизировать температуру в печи.

Проектируемая 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.

Реальные объекты управления в большей или меньшей степени подвергаются возмущающим воздействиям, которые нарушают нормальный ход процесса в объекте. Многие возмущающие воздействия трудно заранее предусмотреть, что значительно усложняет управление процессом.

Для предупреждения об отклонении от нормальной работы в конструкции оборудования предусматривают сигнализацию, а при режимах работы близким к опасным, — средства автоматической остановки и отключения оборудования от источников энергии (автоматические блокировки).

Основным требованием к проектируемой системе управления является получение продукции заданного состава при заданной производительности и минимальных затратах.

Математическая модель разработанная для данного процесса. Для управления тепловыми объектами, которым относиться процесс плавления стеклобоя в стекловаренной печи, могут применяться различные методы управления.

АСР инвариантных к возмущению применяется для регулирования объектов у которых на регулируемую величину существенное влияние оказывает возмущающее воздействие, вызывающее нежелательное отклонение регулируемой величины от заданного значения. Структурная схема данной АСР представлена на рис.1.

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:

$$\lambda G_n + C_b G_b Q_b = Q_1 \quad (1)$$

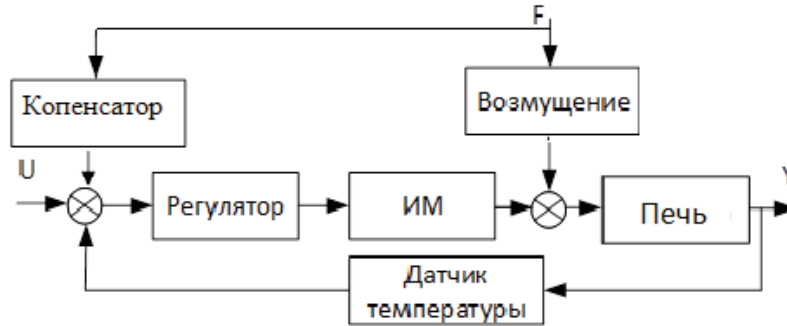


Рисунок 1 – Структура схема АСР при наличии возмущения

где λ – тепло сгорания топлива; C_b – теплоемкость воздуха; G_b – расход топлива; Q_b – температура воздуха.

Уравнение (1) показывает, что количество тепла Q_1 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 и материального балансов для небольших отклонений имеет вид:

$$\lambda G_n + C_b G_b Q_b + C_{M1} Q_{M1} g = C_M M \frac{dQ_M}{dt} + C_b G_b Q_{b1} + C_{M2} Q_{M2} g \quad (2)$$

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.

Примем, что $Q_M = Q_{M2} = Q_{Mcp}$ это значит будем брать среднюю температуру материала. Кроме того, свяжем температуру отходящих газов с температурой материала, это значит примем, что $Q_{b1} = Q_1 K Q_{Mcp}$. После ввода указанных допущений и некоторых преобразований уравнения (2) примет вид:

$$\begin{aligned} \frac{\lambda C_T}{C_b G_b K + C_M g} + \frac{C_b G_b Q_b}{C_b G_b + C_M g} + \frac{C_{M1} Q_{M1}}{C_b G_b K + C_M g} = \\ = \frac{C_M M}{C_b G_b K + C_M g} \cdot \frac{dQ_{Mcp}}{dt} + Q_{Mcp} \end{aligned} \quad (3)$$

Обычно G_n или G_b является управляющим воздействием, это значит процессами в стекловаренной печи может управлять или изменени-

ем подачи топлива, или изменения подачи воздуха, либо одного из двух в определенных соотношениях.

Температура воздуха Q_b и расход готового продукта g является возмущающими воздействиями. Поскольку Q_b обычно меняется незначительно, то основным возмущающим воздействием будем расход материала g . Отметим, что теплоемкость материала C_M также может являться входным возмущающим воздействием за счет теплоемкости изменяемой в нем температуры. В уравнении (3) за регулируемую величину принята температура готового продукта Q_M . Когда ее измерять сложно, то за регулируемую величину можно принять температуру Q_b отходящих газов. Вид уравнения от этого не меняется.

В зависимости от характера управления стекловаренной печи можно описать двумя уравнениями. Для случая управления при $g = \text{const}$ и $G_b = \text{const}$ имеем:

$$T \frac{dQ_M}{dt} + Q_M = \frac{\lambda C_T}{C_b G_b K + C_M g} Q_n = K_b G_T \quad (4)$$

и передаточная функция:

$$W_1(p) = \frac{Q_M(p)}{G_T(p)} = \frac{K_b}{Tp + 1} \quad (5)$$

Для случая управления расходом воздуха при $g = \text{const}$ и $G_T = \text{const}$:

$$T \frac{dQ_M}{dt} + Q_M = \frac{\lambda}{C_b K + C_M + \frac{g}{G_b}} = K_1 G_b \quad (6)$$

и передаточная функция:

$$W_2(p) = \frac{Q_M(p)}{G_b(p)} = \frac{K_1}{Tp + 1}$$

Уравнение, которое характеризует возмущающее воздействие при $G_T = \text{const}$ и $G_b = \text{const}$:

$$T \frac{dQ_M}{dt} + Q_M = \frac{C_{M1} Q_{M1}}{C_M + \frac{C_b K G_b}{g}} = K_2 g \quad (7)$$

и передаточная функция:

$$W_3(p) = \frac{Q_M(p)}{g(p)} = \frac{K_2}{Tp + 1}$$

Таким образом, в первом приближении стеклобой можно представить апериодическим звеном первого порядка.

Передаточная функция объекта по каналу температура высушенного материала - расход