РАЗДЕЛ IV. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Самарский А.А, Торгашова О.Ю.

**Разработка конструкции и алгоритмов управления установки
высокотемпературного нагрева для перетяжки стекловолокна**

*Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
(Россия, Саратов)*

doi:10.18411/spc-22-06-2020-07

idsp: sciencepublic-22-06-2020-07

Научная новизна. Разработана конструкция установки высокотемпературного нагрева для перетяжки стекловолокна, *отличающаяся* применением карбидо-корундовых нагревателей в форме прямоугольных пластин, *что позволило* получить температурное поле заданной структуры при сравнительно невысокой стоимости нагревательных элементов.

Осуществлен переход от математической модели объекта управления в форме дифференциальным уравнением с частными производными в цилиндрической системе координат к представлению в спектральной области. *Отличие* от других известных подходов к решению задачи анализа и синтеза систем управления температурным полем нагревательной камеры состоит в том, что спектральное представление объекта представляет собой бесконечную систему обыкновенных дифференциальных уравнений в форме Коши с аддитивно входящими управляющими воздействиями – граничными условиями задачи. *Это позволяет* на основе аналитических методов пространства состояний построить алгоритмы управления в форме разностных уравнений, удобные для реализации на микропроцессорных устройствах.

Построено математическое обеспечение, *отличающееся* использованием спектрального метода, *что позволило* выполнить синтез закона управления рассматриваемым объектом и провести анализ системы, замкнутой построенным регулятором.

Актуальность идеи. В производстве стекловолокна из некоторых видов стекла требуется осуществлять нагрев до температуры 1200-1500 °С. Управление температурным полем нагревательной камеры предложено осуществлять с применением карбидо-корундовых нагревателей, которые располагаются на внешней стенке нагревательной камеры (Рисунок 1). Нагреватель состоит из трех секций по длине нагревательной камеры, каждая имеет по шесть нагревателей, расположенных на цилиндрическом корпусе.

Анализ нагревателей, представленных на рынке, показал, что их стоимость определяется не только размерами, но и формой. Экономически наиболее выгодными являются нагреватели, имеющие прямоугольную конструкцию. Их применение существенно снижает стоимость установки и позволяет легко производить замену вышедшего из строя нагревательного элемента.

Рисунок 1 – Схема установки для перетяжки заготовок из кварцевого стекла:

1 – корпус нагревательной камеры; 2 – нагреватель предварительного подогрева; 3 – экран; 4 – карбидокорундовые нагреватели (три секции по шесть штук); 5 – теплоизоляция; 6 – датчик температуры; 7 – стеклозаготовка

Температурное поле камеры зависит от осевой, радиальной и угловой координат, а управляющее воздействие – от осевой и угловой координат. Таким образом, при решении данной задачи требуется учитывать все три координаты цилиндрической системы. Сокращение размерности исходной математической модели за счет различных допущений может привести к существенному снижению точности и качества регулирования.

При разработке законов управления пространственно многомерными динамическими объектами возникают существенные сложности. Применение большинства методов синтеза, учитывающих распределенную структуру объекта, приводит к оптимизационным дифференциальным и интегро-дифференциальным уравнениям с частными производными, решение которых представляет отдельную сложную задачу.

Применение спектрального метода для проведения анализа температурных полей установки позволяет получить представление объекта управления в виде бесконечной системы обыкновенных дифференциальных уравнений в форме Коши. При этом переменными состояниями являются амплитуды пространственных мод разложения в ряд функции, относительно которой записано исходное представление объекта управления уравнением с частными производными. Представление в форме Коши открывает широкие возможности использования методов пространства состояний обыкновенных систем для синтеза законов управления распределенных систем. Кроме того, спектральный метод позволяет учесть пространственную многомерность объекта управления.

Таким образом, задача разработки установки высокотемпературного нагрева с применением спектрального метода синтеза является актуальной.

Техническая значимость. Проведенный анализ и синтез системы управления температурным полем нагревательной установки дает возможность разработать алгоритмы выбора и расчета высокотемпературных нагревателей и датчиков температуры, что является неременным условием технической реализации систем высокотемпературного нагрева для технологических установок по вытяжке изделий из стекла.

1. Сиразетдинов Т.К. Оптимизация систем с распределенными параметрами. М.: Наука, 1977. 479 с.
2. Коваль В.А. Спектральный метод анализа и синтеза распределенных систем. Саратов: СГТУ, 2010. 145 с.