

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ВЫТЯЖКИ МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Филипенко А.И., Пономарева А.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ТАПР, тел. (057)702-14-86),
E-mail: Nurka07@inbox.ru

In a view of rigid dependence of operating characteristics and optical properties microstructure optical fiber (MOF) from cross-section geometry, the production engineering of their manufacturing demands the rigid control and automation of management process.

The existing monitoring system of process MOF drawing is offered for developing the module of cross-section MOF control in this work.

Область применения компонентов на основе микроструктурированных оптических волокон (МСВ) постоянно растет. Это связано с уникальностью оптических свойств волокон данного типа и с возможностью их управлением с помощью варьирования конструктивно-технологическими параметрами на этапе проектирования и изготовления. Технология изготовления МСВ достаточно молода и в ее основе лежат традиционные технологии изготовления стандартных оптических волокон. Однако в виду жесткой зависимости эксплуатационных характеристик и оптических свойств МСВ от геометрии сечения, технология их изготовления требует жесткого контроля и автоматизации процесса управления [1].

Традиционно технологический процесс изготовления световодов на основе кварцевого стекла делится на два этапа: получение заготовки и бесконтактного вытягивания при высокой температуре. Вытягивание стандартных оптических волноводов (ОВ) осуществляется из заготовок в вытяжной башне. При этом контроль геометрических параметров оптического волокна осуществляется поддержанием внешнего диаметра ОВ за счет изменения скорости вытяжной шпильевой лебедки, находящейся в нижней части башни, при стабилизации остальных управляющих параметрах технологического процесса (ТП) вытяжки волокна.

Такой подход не может быть применен для изготовления волокон нового типа – микроструктурированных оптических волокон, отличающихся от стандартных ОВ тем, что оболочка у них пронизана большим количеством полых сквозных каналов, заполненных воздухом и простирающихся по всей длине волокна. В виду сложной структуры при традиционном способе автоматизированного управления ТП вытяжки МСВ велика вероятность обрыва или разрушения структуры МС волокна

Целью работы является анализ процесса управления технологическим процессом вытяжки МСВ.

Анализ существующих методов управления вытяжкой ОВ

Изменение наружного диаметра ОВ обычно осуществляется при помощи изменения параметров ТП вытяжки:

- скорости вытяжки ОВ;
- подачи заготовки;
- температуры термоустановки;
- расхода инертного газа.

Наибольшее распространение получил способ изменения диаметра ОВ за счет изменения скорости вытяжки при стабилизации остальных управляющих переменных состояния процесса.

В указанном случае готовая стержневая заготовка (независимо от способа ее изготовления) вытягивается в волокно в специальной вытяжной башне. Процесс вытягивания начинается наверху башни, где стержневая заготовка зажимается в центрирующем патроне.

Нижний конец заготовки подается в электрическую печь, где он нагревается до температуры чуть больше 2000°С. Графитовый нагревательный элемент защищен средой из инертного газа аргона. Заготовка медленно опускается в печь, а в это же самое время из нее вниз выходит вытягиваемое из заготовки волокно.

Скорость вытягивания и скорость подачи автоматически контролируются с помощью АСУ.



Рис. 1

Диаметр волокна проверяется находящимся сразу же под печью измерительным прибором с лазерным управлением.

Полученные значения передаются в систему контроля, которая и регулирует скорость вытяжной шпильевой лебедки, находящейся в нижней части башни.

Затем волокно покрывается защитным слоем акрилата. Таким образом, волокно получает первичное покрытие. Это происходит в то время, когда волокно все еще находится в башне. Первичное покрытие состоит из двух слоев акрилата – более мягкого внутреннего слоя и более жесткого наружного. Сразу же после нанесения первичного покрытия оно отверждается под воздействием УФ-

излучения. При второй проверке диаметра волокна проверяется диаметр первичного покрытия, а также его соосность с волокном. Волокно получает свой окончательный диаметр.

Таким образом, поддерживается непрерывность процесса вытягивания для всей заготовки.

Температура в печи должна поддерживаться в пределах узкого диапазона.

Системы управления и мониторинга представляют собой иерархическую структуру на базе соединенных между собой цифровых устройств разного класса. Организация взаимодействия между этими устройствами является центральной задачей проектирования современных систем

управления процессом. Для рационального использования имеющихся ресурсов необходимо определить вид и количество информации – информационные потоки между звеньями системы.

Анализ ТП вытяжки МСВ как объекта управления

Информация - важнейший компонент управления технологическими и физическими процессами, поскольку она позволяет учитывать все слагаемые процесса.

Технологический процесс контролируется с помощью датчиков, т.е. устройств преобразующих физические параметры процесса в электрические величины, которые можно непосредственно измерить (сопротивление, ток или разность потенциалов). Непосредственное влияние на процесс осуществляется с помощью исполнительных механизмов. Последние преобразуют электрические сигналы в физические воздействия.

Цифровые системы управления работают только с информацией, представленной в цифровой форме, поэтому полученные в результате измерений электрические аналоговые величины обрабатываются с помощью АЦП. Операция управления исполнительными механизмами несколько проще, поскольку компьютер может непосредственно вырабатывать электрические сигналы.

Информация от удаленных объектов через каналы связи поступает к центральному управляющему компьютеру, который:

- интерпретирует все поступающие от физического процесса данные;
- принимает решения в соответствии с алгоритмами программы обработки;
- посылает управляющие сигналы;
- обменивается информацией с человеком-оператором и реагирует на его команды.

Схема ТП вытяжки МСВ как объекта управления представлена на рис. 2.

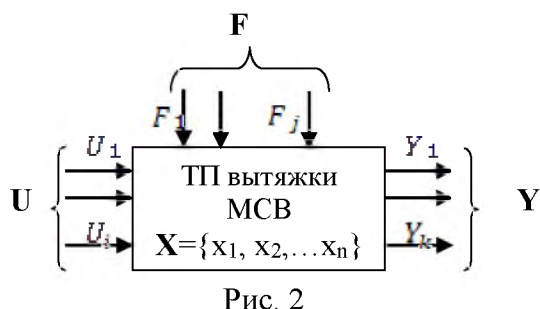


Рис. 2

Где U – управляющие воздействия, F – возмущающие воздействия, Y – регистрируемые воздействия, X – состояния системы. Каждое воздействие можно представить в виде векторов – набора параметров

$$U = \{U_1, U_2, \dots, U_r\};$$

$$F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\};$$

$$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}.$$

Возмущающие воздействия, действующие на ТП, вызывают высокочастотные (выше 0,1 Гц) и низкочастотные (ниже 0,1 Гц) флуктуации диаметра ОБ. Флуктуации с высокой частотой связаны с колебанием температуры, зависящей от изменения интенсивности подачи инертного газа - аргона в нижней части луковницы. Низкочастотные флуктуации диаметра ОБ вызываются колебаниями скоростей подачи заготовки и вытяжки ОБ, изменениями температуры высокотемпературной зоны печи, изменениями соотношения масс «расплав-заготовка».

К управляемым переменным состояниям ТП, которые определяют оптико-физические и структурные свойства МСВ, относятся:

- температура расплавленной части заготовки (луковницы),
- температура заготовки, длина зоны формирования МСВ,
- распределение температуры по оси вытяжки МСВ,
- распределение температуры поперек МСВ,
- конвективные тепловые потоки внутри печи,
- температурные градиенты в зоне формирования МСВ,
- поля скоростей, температур,
- диаметр вытягиваемого МСВ,
- концентричность и эллиптичность МСВ,
- неизменность структуры оболочки МСВ,
- распределение коэффициента преломления материала МСВ и т.п.

Эти переменные состояния, в основном, и определяют оптико-физические и структурные свойства МСВ. Однако в настоящее время непосредственный контроль этих переменных состояний невозможен и неэффективен. Как показали исследования [2], оптико-физические свойства стандартных ОБ в значительной степени зависят от точности поддержания его диаметра.

Поддержание диаметра стандартного ОВ традиционно осуществляется путем регулирования скорости вытягивания при постоянных значениях скорости потока инертного газа, температуры, скорости подачи заготовки. В свою очередь опыты по созданию МС волокон с аналогичным регулированием ТП дали неудовлетворительные результаты [3].

На основании вышеизложенного, предлагается осуществлять автоматизированное управление процессом вытяжки, блок-схема которого представлена на рис.3

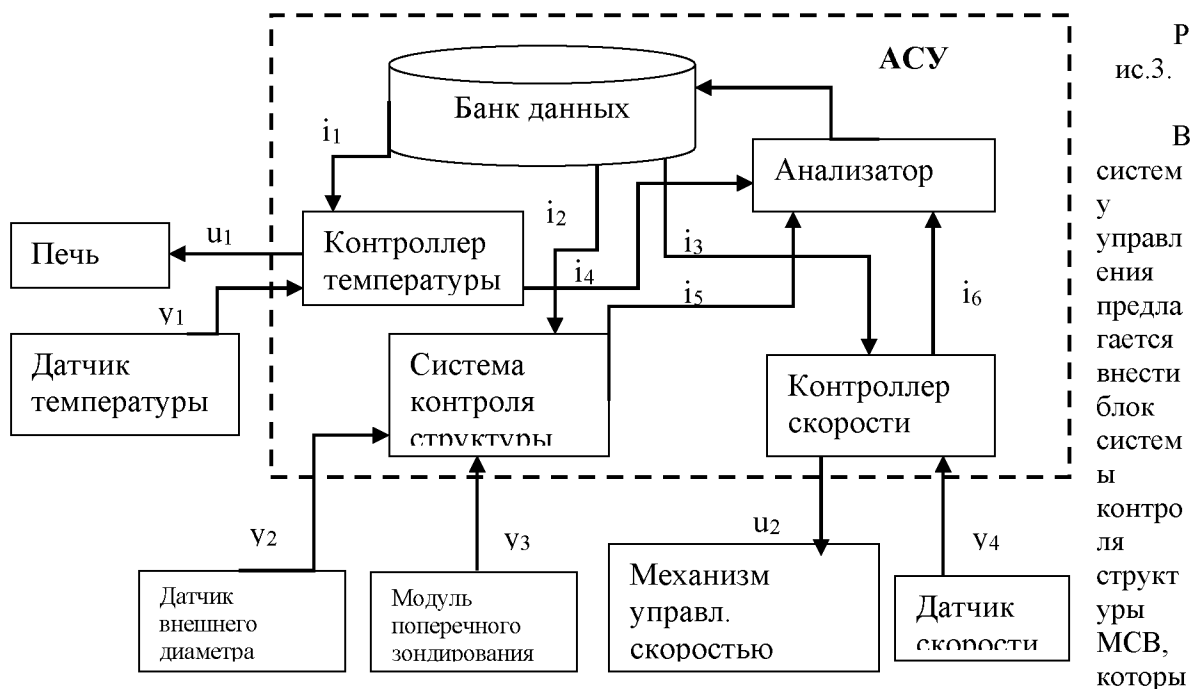


Рис.3.

В системе управления предлагается внести блок системы контроля структуры МСВ, который

анализирует регистрируемые данные u_2, u_3 и подает результаты в виде информационных данных i_5 в анализатор. В анализатор сводится вся информация о регистрируемых данных, о выданных управляющих воздействиях на данном шаге. Далее все данные сохраняются в банк данных и в контроллеры управления процессом вытяжки.

Выводы

Проанализированы технологический процесс вытяжки МС волокна, основные параметры ТП, методы и технические средства управления процессом вытяжки. На основании чего сделаны выводы о невозможности использования традиционной АСУ вытяжкой стандартного ОВ для изготовления МС волокон.

Предложено усовершенствовать существующую систему управления (рис.3), в которую предлагается кроме контроллеров управления температурой и скоростью вытяжки ОВ включить систему контроля структуры МСВ. Система контроля структуры МСВ выполняет роль анализатора внутренней структуры на основании данных, полученных с датчика внешнего диаметра и модуля поперечного зондирования МСВ.

На основании полученных результатов в дальнейшем возможна разработка программного и аппаратного обеспечения АСУ вытяжкой МСВ.

Список литературы: 1 Современное состояние проблемы контроля конструктивно-геометрических параметров микроструктурированных оптических волокон./ А.И. Филипенко, А.В. Пономарева// Радиотехника: Всеукр.межвед. науч.-техн. Сб. 2008. Вип.154. с. 102-107. 2. Лазарев Л.П., Мирвицкая С.Д. Контроль геометрических и оптических параметров волокон. – М.: Радио и связь, 1988. – 280с. 3. Photonic Crystal Fibers/R. Buczynski// ACTA PHYSICA POLONICA A. Vol. 106 (2004) - pp. 141-167.