

666.1.4:681.7.088.4

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ СОДЕРЖАЩЕГО УПРУГОВЯЗКУЮ СРЕДУ

Канд. техн. наук, доц. В.А. ИЛЬЧЕВ, асп. Л.Б.АЛЕКСЕЕВА, д-р техн. наук, проф. В.П. УВАРОВ

Рассматривается технологический процесс вытяжки стеклянных стержней (световодов) из разогретой стекломассы.

Решаемая задача является частью системы виртуального мониторинга (СВМ) непрерывного технологического процесса (ТП) [1]. Основная идея виртуального мониторинга – получение новых знаний о текущем состоянии ТП и динамике его развития путем математической обработки оперативных данных. Эти данные – результат применения уже существующих контрольно – измерительных средств, входящих в структуру АСУ технологических процессов.

Основа СВМ – виртуальный анализатор (ВА). Он представляет собой программно-аналитический комплекс, основная задача которого - идентифицировать скрытую динамику протекающих процессов. ВА может входить в состав АСУ ТП либо существовать в форме интеллектуальной настройки контура управления. Основная функция ВА – идентификация свойств ТП как объекта управления. Эта функция реализуется с помощью математических моделей, выявляющих взаимосвязь входных и выходных параметров.

К объектам управления, содержащим упруговязкую среду, можно отнести разнообразные технологические процессы вытяжки одножильных и многожильных стеклянных стержней и волокон из разогретой стекломассы.

При разработке ВА очень сложно определить наиболее рациональную математическую базу, обеспечивающую возможность синтеза эффективной системы анализа ТП. В связи с этим ВА может быть построен на совокупности различных математических моделей, отражающих те или иные свойства объекта управления.

Для исследования процессов, происходящих в зоне формирования световода, предлагается математическая модель, включающая три группы уравнений: неразрывности; равновесия сил и

физические, описывающие состояние стекломассы [2]. Эта система нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных с подвижной нижней границей.

В [3] приведено численное решение полученной системы уравнений. Для реализуемых диапазонов технологических параметров (вязкость стекломассы, скорость подачи стекла в зону нагрева, скорость вытяжки) приведено приближенное решение, определяющее длину зоны формирования в момент времени t

$$z = \left(1 - \left(\frac{1}{K} \right)^{\frac{1}{1-K}} \right) t v_{\text{в}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент перетяжки, равный $K = \frac{v_{\text{в}}}{v_{\text{п}}} = \frac{S_0}{S}$; $K \gg 1$; S_0 – площадь сечения за-

готовки; $v_{\text{в}}$ – скорость вытяжки; $v_{\text{п}}$ – скорость подачи.

Из (1) можно найти рабочие режимы, соответствующие определенной длине зоны формирования оптического стержня (световода). Зная длину зоны формирования, можно определить ее геометрию, а следовательно, и геометрию световода в установившемся режиме [3].

После выхода на установившийся режим, в силу различных неконтролируемых воздействий, могут происходить отклонения технологических параметров. Эти отклонения вызовут возмущения в зоне формирования световода, что приведет к изменению геометрических характеристик световода, определяющих его качество.

Система уравнений, описывающая возмущенное состояние, имеет вид [3]

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \bar{v}}{\partial t} &= -(v + \bar{v}) \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial z} - \bar{v} \frac{\partial v}{\partial z}; \\ \frac{\partial \bar{p}}{\partial t} &= \frac{3(\mu + \bar{\mu})}{\lambda} \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} - (v + \bar{v}) \frac{\partial \bar{p}}{\partial z} - \bar{v} \frac{\partial p}{\partial z} - \frac{\bar{p}}{\lambda} + \frac{3\bar{\mu}}{\lambda} \frac{\partial v}{\partial z}; \\ \frac{\partial \bar{S}}{\partial t} &= -(S + \bar{S}) \frac{\partial \bar{v}}{\partial z} - (v + \bar{v}) \frac{\partial \bar{S}}{\partial z} - \frac{\bar{S}v - \bar{v}S}{v} \frac{\partial v}{\partial z}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где z – осевая координата; ρ – плотность стекломассы; μ – динамическая вязкость стекломассы; $\lambda = \mu/G$ – время релаксации; G – модуль упругости стекломассы; $v(z)$, $\mu(z)$, $p(z)$, $S(z)$ – решения для скорости, вязкости, напряжения, площади поперечного сечения зоны формирования, соответствующие установившемуся движению стекломассы; $\bar{v}(z, t)$, $\bar{\mu}(z, t)$, $\bar{p}(z)$, $\bar{S}(z, t)$ – возмущения скорости, вязкости, напряжения, площади поперечного сечения зоны формирования световода.

Поддержание длины L зоны формирования в определенном диапазоне обеспечит требуемое постоянство радиуса сечения световода. Зависимость изменения длины зоны формирования при неконтролируемых возмущениях технологических параметров может быть определена из первого и второго уравнений системы (2). Исключив из этих уравнений силовой фактор, будем иметь

$$\frac{\partial \alpha_v}{\partial t} = \frac{d\nu}{dz} \frac{(\alpha_\mu - \alpha_v)}{(1 + \alpha_\mu)}, \quad (3)$$

где $\alpha_v = \bar{v}/\nu$; $\alpha_\mu = \bar{\mu}/\mu$.

Перейдя в (3) к безразмерному параметру времени $\theta = \frac{t}{L} \nu_v$ и разрешив это соотношение относительно dz , $d\nu$, получим

$$\frac{dz}{L} = \frac{(\alpha_\mu - \alpha_v)}{(1 + \alpha_\mu)} \frac{d\nu}{\nu_v} \frac{\partial \alpha_v}{\partial \theta}. \quad (4)$$

Соотношение (4) связывает относительное изменение длины зоны формирования $\frac{dz}{L}$ с возмущениями α_v , α_μ и позволяет оценить чувствительность зоны формирования к неконтролируемым возмущениям технологических параметров.

При исследовании переходных процессов, возникающих при управлении, надо учитывать свойства как зоны формирования (объекта управления), так и исполнительного устройства (установки вытяжки).

Характер переходных процессов в установке вытяжки зависит от соотношения $\zeta = 0,5 \sqrt{\tau_m/\tau_d}$, где τ_m – постоянная времени установки вытяжки, $\tau_m = I/k$; I – приведенный момент инерции установки вытяжки; k – крутизна статической характеристики двигателя; τ_d – постоянная времени двигателя. Если $\zeta > 1$ – установка вытяжки аperiodическое звено, если $\zeta < 1$ – колебательное.

Переходные процессы в установке вытяжки создают возмущающую силу $F(t)$, действующую на зону формирования световода. Для воздействия произвольного вида, прикладываемого к объекту управления в момент времени $t = 0$, переходный процесс может быть определен на основе интеграла Дюамеля – Карсона

$$z(t) = \int_0^t F(\tau) h(t-\tau) d\tau,$$

где τ – вспомогательное время интегрирования, изменяющееся в пределах от нуля до рассматриваемого текущего времени t ; $h(t-\tau)$ – реакция стекломассы в момент t на единичный импульс.

При определении реакции стекломассы на единичный импульс использовано понятие критического коэффициента демпфирования, равного $\eta_{кр} = 2m\sqrt{c/m} = 4m\pi/T$, где m – количество стекломассы в зоне формирования; η , c – коэффициенты соответственно демпфирования и упругости стекломассы; $T = 2\pi\sqrt{m/c}$.

При $n = \eta/\eta_{кр} < 1$ стекломасса в зоне формирования проявляет упругие свойства и ее поведение соответствует типовому колебательному звену. При $n > 1$ реакция стекломассы соответствует аperiodическому звену.

Таким образом, характер переходных процессов в системе «зона формирования световода – установка вытяжки» зависит от следующих величин: ζ , n , τ_m/T .

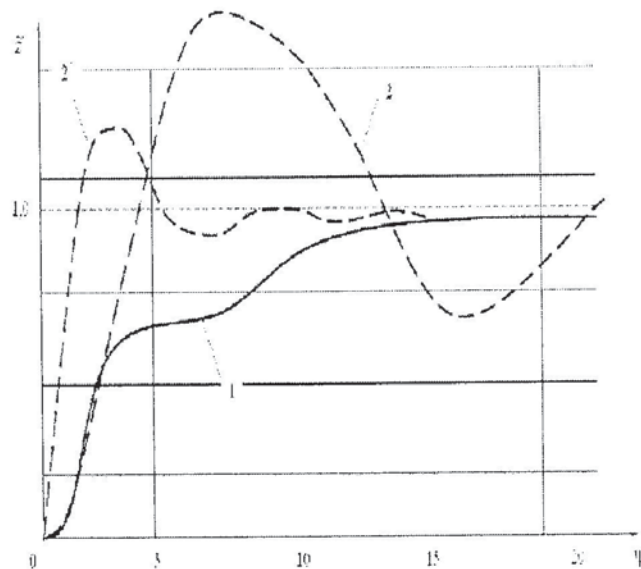


Рис 1.

На рис. 1 показан вид переходных процессов в безразмерных координатах \tilde{z} (изменение длины зоны формирования), Ψ (время) при различных значениях указанных параметров.

Характер переходного процесса позволяет выбрать способ управления. Если переходный процесс проходит без перерегулирования, то можно использовать форсированное управление. Ес-

ли переходный процесс имеет колебательный характер (с перерегулированием), то для уменьшения времени этого процесса можно ввести квазиоптимальное управление [4].

Таким образом, математический арсенал ВА представляет собой совокупность математических моделей, расширяющих возможности мониторинга ТП и повышающих оперативность и достоверность информационного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мусаев А.А. Виртуальные анализаторы: концепция построения и применения в задачах управления непрерывными технологическими процессами // Автоматизация в промышленности. – 2003. – №8. – С. 3 – 15.
- 2 Уваров В.П., Ильичев В.А. Математические модели процесса вытяжки оптических стержней. С.-Петербург, ХИМИЗДАТ, 2003. – 136с.
- 3 Ильичев В.А., Алексеенко А.Б., Уваров В.П. Оценка статических свойств объекта управления, содержащего упруговязкую среду // Известия вузов. Машиностроение. – 2007. – №4. – С.16 – 20.
- 4 Смит Отто Дж. Автоматическое регулирование. – М.: Физматгиз, 1962. – 320с.