

УДК 677.024

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ  
ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ШЛИХТОВАНИЯ В ПЕНЕ**

*С.Н. ВИНИЧЕНКО, А.Б. КОЗЛОВ, Ю.Н. КОРОЛЕВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Среди существенных факторов, определяющих качество шлихтования в пене, важными являются характеристика и структура пены. Вследствие этого одна из основных задач заключается в получении пены с определенными свойствами: способность раствора к вспениванию, стабильность пены, равномерные ее истекаемость, плотность и вязкость, стойкость к старению, а также получение пены определенной дисперсности  $D$  и кратности  $K_p$ .

В отличие от последних двух характеристик ( $D$  и  $K_p$ ), которые зависят от интенсивности процесса пенообразования и конструкции вспенивающего устройства, все остальные характеристики зависят от состава приготовленной шлихты. Параметрами, характеризующими структуру пены, являются относительный объем жидкости и газа в пене, форма и размер газовых пузырьков, толщина жидких пленок между пузырьками и т.п.

В связи с этим в настоящее время основная проблема, требующая решения – это контроль над получением пены, удовлетворяющей вышеперечисленным параметрам, с целью обеспечения соответствующих физико-механических свойств основных нитей при шлихтовании.

Один из основных контролируемых параметров – качество пены, то есть ее структура.

Кратность пены – отношение объема  $V_n$  пены к объему  $V_p$  раствора, пошедшего на ее образование [1]:

$$K_{pn} = \frac{V_n}{V_p} = \frac{(V_p + V_r)}{V_p}, \quad (1)$$

где  $V_r$  – объем газа в пене.

Дисперсность пены определяется как величина, обратная среднему линейному размеру  $d$  пенных пузырьков (чем мельче пузырьки, тем дисперсность выше), или поверхностью раздела раствор – газ в единице объема пены:

$$D = \frac{1}{d}. \quad (2)$$

Иногда дисперсность пены характеризуют удельной межфазной поверхностью  $\epsilon$ , то есть суммарной поверхностью  $S$  газовых пузырьков, содержащихся в единице объема  $V_n$  пены [1]:

$$\epsilon = \frac{S}{V_n}. \quad (3)$$

Для контроля качества пены целесообразно использовать оптоэлектронные преобразователи – световодные преобразователи с сохранением полного внутреннего отражения (ПВО) [2]. Данный датчик можно расположить в пене на выходе вспенивающего устройства (пеногенератора).

Рассмотрение оптических эффектов, возникающих при взаимодействии света с объектом исследования, показывает большие возможности оптической информации для оценки состояния объектов.

Как известно, равенство между углом падения и углом преломления имеет вид:

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin \varphi, \quad (4)$$

где  $n_1$  – показатель преломления окружающей среды;  $n_2$  – показатель преломления вещества;  $\theta$  – угол между перпендикуляром к границе раздела и направлением падения луча.

При переходе луча из оптически более плотной среды в оптически менее плотную (то есть  $n_1 > n_2$ ) угол падения  $\theta$  будет меньше угла преломления  $\varphi$ , следовательно, увеличивая угол падения при каком-то  $\theta_{кр}$ , световой поток будет скользить по поверхности раздела двух сред:

$$\theta_{кр} = \arcsin \frac{n_2}{n_1}, \quad (5)$$

где  $n_1$  – показатель преломления материала ИЭ (измерительного элемента).

Дальнейшее увеличение угла падения приведет к отражению луча от границы раздела.

Для примера выбран оптический материал КО-2, устойчивый к агрессивным средам, очень прочный, имеющий широкий спектральный диапазон и достаточно низкий показатель преломления. Из КО-2 был изготовлен ИЭ многократного нарушения полного внутреннего отражения (МНПВО) двойного прохождения с переменным углом падения: длина  $l = 50$  мм, толщина  $t = 2$  мм, число отражений  $N = 50$  (при  $\theta = 45^\circ$ ). Показатель преломления данного элемента  $n_1 = 2,2$  [3].

Как сказано выше, явление полного внутреннего отражения наступает при падении светового потока на границу раздела измерительный элемент – образец под углом  $\theta$ , большим критического угла падения. При этом световой поток проникает в

анализируемый образец на некоторую величину  $d$  (глубина проникновения).

Глубина проникновения светового потока определяется из данного равенства:

$$d_p = \frac{\lambda_1}{\left[2\pi(\sin^2 \theta - n_{21}^2)\right]^{1/2}}, \quad (6)$$

где  $n_{21} = n_2/n_1$ ;  $\lambda_1$  – длина волны светового потока.

Например, для контроля площади заполнения рабочей поверхности ИЭ в качестве образца использовали воду. В целях определения диапазона изменения углов падения вычислены критические углы падения света для воздуха и воды: для воздуха  $\theta = 27^\circ$ , для воды  $\theta = 37^\circ$ . Следовательно, для данного ИЭ угол падения не следует брать меньше  $40^\circ$ .

Поскольку пена представляет собой двухфазную систему с непрерывной дисперсией воздуха в дисперсной фазе – шликте, то критические углы падения для этих двух сред будут: для воздуха  $\theta_{кр1} = 27^\circ$  и для шликты  $\theta_{кр2} \approx 40^\circ$ .

Зная параметры ИЭ, определяем объем, прореагировавшего со светом образца, что позволит контролировать площадь заполнения рабочей поверхности ИЭ пеной. При этом угол падения светового потока выбирается в пределах между найденными критическими углами для воздуха и шликты, то есть  $\theta_{кр1} < \theta < \theta_{кр2}$ . Это позволяет контролировать объем воздуха в пене, то есть размер пузырьков, их количество, а следовательно, и плотность пены.

## ВЫВОДЫ

Предварительные исследования показали, что метод ПВО позволяет наряду с множеством измеряемых параметров определять также плотность пены и соответственно количество шликты в заданном объеме пены. Таким образом, определение кратности на выходе пеногенератора позволит организовать систему автоматического управления пеногенератором.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Канн К.Б.* Капиллярная гидродинамика пен. – Новосибирск: Наука, 1989.
2. *Бабченко А.М., Бусурин В.И., Носов Ю.Р.* // Измерения, контроль, автоматизация. – 1987, № 2. С.3...13.

3. *Калабеков А.Л., Королев Ю.Н.* Экологический мониторинг. Некоторые методы неинвазивного анализа интактных клеток. – М.: Изд-во Прима - Пресс - М, 2000.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 04.02.04

---