

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СЕЛЕНИДА ЦИНКА**В.А. Погонин, А.В. Гредитов, В.А. Шиганцов***Кафедра «Информационные процессы и управление», ТГТУ**Представлена членом редколлегии профессором В.И. Бодровым***Ключевые слова и фразы:** оптимизация; оптические материалы; селенид цинка.**Аннотация:** Рассматривается постановка задачи оптимизации процесса производства поликристаллических материалов. Приводится алгоритм решения задачи оптимизации.

Процесс производства поликристаллического селенида цинка относится к классу сложных химико-технологических процессов. Технологические и конструктивные особенности его организации и протекания (высокие температуры, сильное разрежение, фазовые превращения и массоперенос парогазовой смеси) не позволяют применять в условиях промышленного производства необоснованные технологические режимы. Используемые в настоящее время режимы не обеспечивают высокого выхода конечного продукта при удовлетворении требований к его качеству [1]. Широкое использование оптических материалов на основе селенида цинка в производстве, в частности, в оптике лазеров для инфракрасного диапазона излучения, постоянно растущие требования к их характеристикам, дорогостоящее сырье, сложное и дорогостоящее оборудование для их производства, недостаточно высокие характеристики материалов из селенида цинка, низкая эффективность используемого сырья, большой процент брака требуют постановки и решения задачи оптимизации процесса производства поликристаллических материалов на основе селенида цинка.

Как показали исследования [2], входными переменными, существенно влияющими на процесс, являются: мощность теплового источника W , положение реактора по аксиальной оси относительно теплового источника H , расход охлаждающей воды верхней крышки реактора G_B .

В дальнейшем будем обозначать вектор варьируемых технологических переменных в виде $u = (u_1, u_2, u_3)$. Таким образом, в нашем случае

$$u = (W, H, G_B). \quad (1)$$

Все возрастающая потребность в оптических материалах на основе селенида цинка, все более широкое использование их в различных сферах деятельности человека требует более интенсивного выпуска таких материалов. Это обстоятельство делает целесообразным использование в качестве целевой функции производительность технологического процесса. Так как процесс производства поликристаллических оптических материалов на основе селенида цинка периодический, повышение его производительности эквивалентно уменьшению времени цикла, или эквивалентно увеличению скорости роста материала. Исходя из этого, в качестве возможной целевой функции Q будем использовать длительность цикла осаждения поликристаллического селенида цинка $\tau_{ц}$ до заданной массы

$$Q = \tau_{ц}. \quad (2)$$

При проведении технологического процесса необходимо выполнять ряд технологических требований, обеспечивающих заданное качество конечного продукта. Необходимо учитывать группы требований, обусловленных качеством сырья, аппаратурным оформлением процесса и условиями физической реализуемости переменных процесса.

К ограничениям первой группы относятся условия на предельное содержание примесей в исходном сырье. При решении задачи оптимизации будем считать эти условия выполненными.

Повышение производительности при заданной организации производства связано с увеличением скорости роста осаждаемого материала. Однако неограниченное увеличение невозможно в связи с увеличением зерна осаждаемого материала. Кроме того, увеличение производительности технологического процесса требует ввести ограничения на нижнюю границу скорости роста осаждаемого материала ω_m . Таким образом, имеет место следующее технологическое ограничение:

$$\omega_m^{\min} \leq \omega_m \leq \omega_m^{\max}. \quad (3)$$

Исходя из условия повышения эффективности использования исходного сырья при проведении технологического процесса, необходимо ввести ограничение на минимальную эффективность использования компонентов парогазовой смеси β_k

$$\beta_k \geq \beta_k^{\min}. \quad (4)$$

В силу того, что при малых значениях температуры в зоне разделительной мембраны (фильтра) могут быть не созданы условия для перехода парогазовой смеси в камеру осаждения реактора и возможно «забивание» фильтра, т. е. осаждение материала на стенках реактора и на фильтре, а не в камере осаждения, необходимо ввести ограничения для минимальной температуры в зоне фильтра T_ϕ . Данное ограничение запишем в следующем виде:

$$T_\phi \geq T_\phi^{\min}. \quad (5)$$

Отметим, что механическая прочность изделия из селенида цинка в большой степени определяется средним размером зерна поликристаллического материала, поэтому необходимо ввести ограничение на максимальную величину зерна d

$$\bar{d} \leq \bar{d}^{\max}. \quad (6)$$

Помимо этого, необходимо ввести ограничения на величины оптических характеристик материала. Так как изделие из селенида цинка применяется, в основном, для изготовления устройств проходной оптики в CO_2 -лазерах ИК-диапазона, они должны обладать достаточно высоким коэффициентом пропускания T_{PR} для длины волны 10,6 мкм и низким коэффициентом поглощения χ (для той же длины волны). Поэтому соответствующие ограничения запишем в виде:

$$T_{PR} \geq T_{PR}^{\min}, \quad (7)$$

$$\chi \leq \chi^{\max}. \quad (8)$$

Кроме того, необходимо ввести ограничения на управляющие воздействия, локализуя область их варьирования, исходя из современных потребностей в количестве и требований к качеству поликристаллического селенида цинка. Эти ограничения имеют вид:

$$H^{\min} \leq H \leq H^{\max}, \quad (9)$$

$$W^{\min} \leq W \leq W^{\max}, \quad (10)$$

где $H^{\min}, H^{\max}, W^{\min}, W^{\max}$ – максимальные и минимальные значения управляющих воздействий, определенные при построении области допустимых управляющих воздействий технологического процесса [2].

Сформулируем теперь задачу оптимизации технологического процесса производства поликристаллических оптических материалов на основе селенида цинка: необходимо найти вектор оптимизирующих параметров u , где $u = (W, H, G_B)$, при которых достигает минимума время процесса осаждения $\tau_{ц}(u, x)$, т. е.

$$u = \arg \min_{u \in U} \tau_{ц}(u, x), \quad (11)$$

при удовлетворении соотношений, определяемых математической моделью

$$y = M(u, x), \quad (12)$$

ограничений и выполнении в каждый момент времени условий физической реализуемости (1) – (10):

$$\omega_M^{\min} \leq \omega_M \leq \omega_M^{\max},$$

$$\beta_k \geq \beta_k^{\min},$$

$$T_{\Phi} \geq T_{\Phi}^{\min},$$

$$\bar{d} \leq \bar{d}^{\max},$$

$$T_{PR} \geq T_{PR}^{\min},$$

$$\chi \leq \chi^{\max},$$

$$H^{\min} \leq H \leq H^{\max},$$

$$W^{\min} \leq W \leq W^{\max}.$$

Сформулированную задачу оптимизации будем называть задачей максимальной производительности.

Для решения этой задачи был разработан алгоритм, в котором заложены следующие идеи.

1. Выбор случайного направления из некоторого множества случайных направлений. Этим преодолеваются потери времени на неэффективные топтания на месте при вычислении градиента в градиентных методах.

2. Использование особенностей «модельного» алгоритма при коррекции воздействий в случае неудачного шага поиска. Основная особенность заключается в том, что предварительно вычисленные в ходе имитационного моделирования с большим шагом по входным переменным массивы «функции влияния» при расчете тепловых потоков на внешней поверхности реактора позволяют существенно ограничить множество случайных направлений.

Этим метод отличается от традиционных методов случайного поиска, в которых в подобных случаях производится новый выбор случайного направления, что увеличивает время поиска.

Блок-схема алгоритма представлена на рисунке.

В результате анализа расчетных характеристик было установлено, что при значениях оптимизирующих параметров - положения реактора по аксиальной оси относительно теплового источника $H = 120$ мм, мощности теплового источника $W = 75$ кВт и расхода охлаждающей вод $G_B = 25$ м³/час – выходные переменные процесса имеют значения: $\tau_{ц} = 71$ час 11 мин, $\beta_{ZnSe} = 75$ %, $T_{PR} = 67$ %, $\chi = 3 \cdot 10^{-3}$ см⁻¹, $d = 2,11$ мм и являются оптимальными для данной конструкции установки.

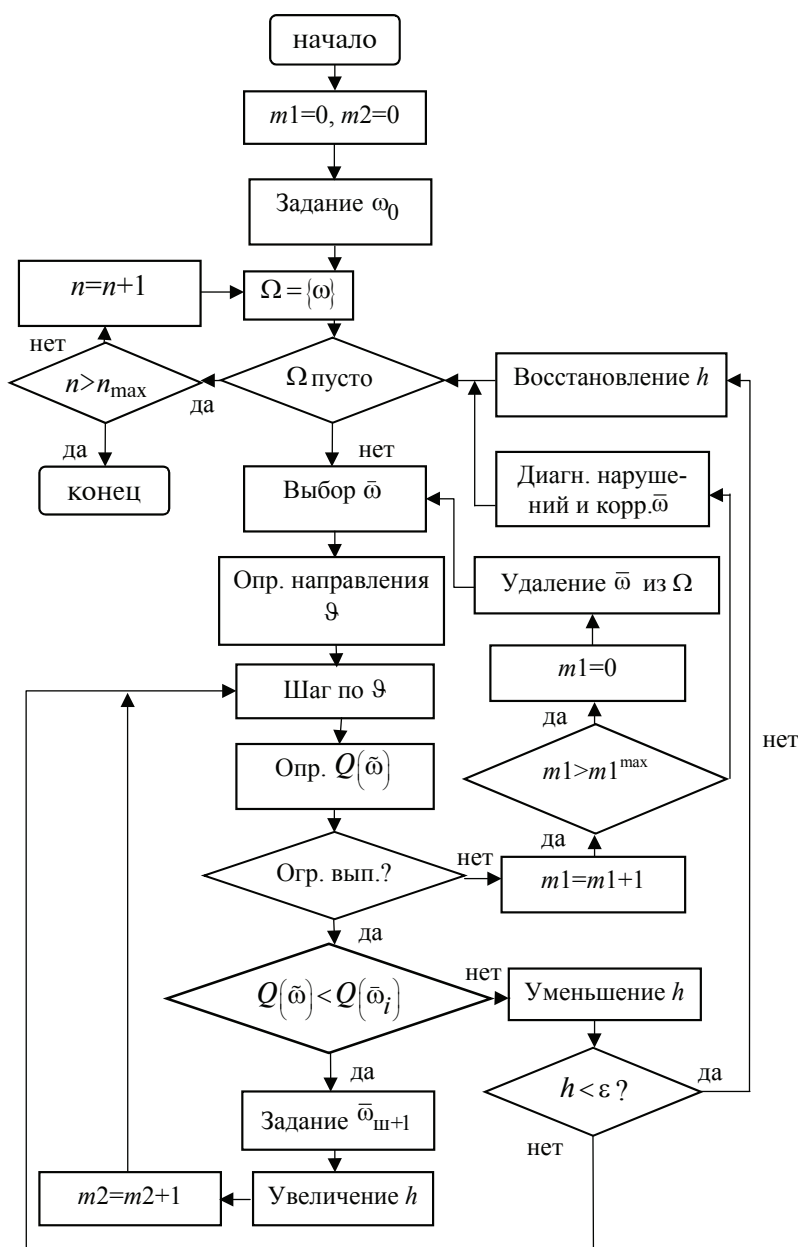


Рис. 1 Блок-схема алгоритма решения задачи оптимизации

В соответствии с этими результатами, для оптимального режима наблюдается уменьшение времени цикла на 7 часов и улучшение коэффициента использования исходного сырья не менее чем на 5 % при удовлетворительных механических и оптических характеристиках.

Список литературы

1. Воробьев А.Н., Гарибин Е.А. Численные исследования массопереноса при формировании поликристаллического селенида цинка CVD-методом // Высокочистые вещества, 1994. Т.4. – С.46-49.

2. Бодров В.И., Погонин В.А., Гредитов А.В. Математическое моделирование процесса производства поликристаллических оптических материалов на основе селенида цинка // ТОХТ. – 1997. – Т.2. – С.51-56.

**Optimization of the Production Optical Materials
on the Basis of Zinc Selenide**

V.A. Pogonin, A.V. Greditov, V.A. Shigantsov

Department "Information Processes and Management", TSTU

Key words and phrases: optical materials; zinc selenide; optimization.

Abstract: Formulation of optimization task of poly-crystal materials production is considered.

Algorithm of optimization task solution is given.

**Optimisierung des Produktionsprozesses der optischen Stoffe
auf Grund des Zinkselenids**

Zusammenfassung: Es wird die Aufgabestellung der Optimierung des Produktionsprozesses der Polykristallinstoffe betrachtet. Es wird den Algorithmus der Lösung der Optimierungsaufgabe angeführt.

**Optimisation du processus de la production des matériaux optiques
à la base du séléniure du zinc**

Résumé: On examine le problème de l'optimisation du processus de la production des matériaux polycristallins. On cite l'algorithme de la résolution du problème de l'optimisation.
