

Л и т е р а т у р а

1. Ковчур С.Г. - Стекло и керамика, 1963, № 5, с. 31.
2. Ковчур С.Г., Гайдук А.П. Промышленность Белоруссии, 1971, № 7, с. 76.
3. Ковчур С.Г., Гайдук А.П. - Стекло и керамика, 1972, № 6, с. 19.
4. Ковчур С.Г., Гайдук А.П. Тр. ГИСа - В сб.: Стекло, 1973, 2 (146), 80.
5. Weyer W. Coloured glasses Sheffield, 1954.
6. Sheen A.R., Turner W.J. J. Soc. Glass. Tech. 7, 187-205. 1924.
7. Herimhof A. Liebig's Ann. Chem. 353, 144-146, 1907.
8. Качан И.С. Изучение некоторых свойств титаноциркониевых стекол. Автореф.канд.дис. Минск, 1957.

УДК 666.1.038-52

А.И.Трушков, И.С.Любимов, Г.М.Бартенев,
Н.Н.Барабанов, А.Ф.Ковальчук

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОТЖИГА ЛИСТОВОГО СТЕКЛА

Известно [1], что для автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП), как правило, необходимы динамические модели. В случае же установившегося процесса в инерционном агрегате, в котором основные параметры режима работы длительное время остаются неизменными, может быть использована и статическая модель.

Нами получена статистическая математическая модель процесса отжига с использованием планирования экспериментов [2] [4], описывающая статические режимы процесса отжига в исследованных интервалах изменения независимых переменных: X_1 - толщины лент стекла (3+5 мм); X_2 - времени выдержки при высшей температуре отжига (0+6 мин); X_3 - времени охлаждения от высшей до низшей температуры отжига (3+13 мин); X_4 - высшей температуры отжига (450+600 °C); X_5 - низшей температуры отжига (300+450 °C); X_6 - времени охлаждения от низшей до конечной температуры отжига (1+8 мин); X_7 - времени предварительного охлаждения от температуры выработки до X_4 (3+7 мин).

За функцию отклика "Y" принята величина остаточных торцевых напряжений.

Активный эксперимент проведен на полуавтоматическом нагревательном полярископе-поляриметре [3] согласно плану Бокса-Бенкина при $K = 7$ [5]. В результате проведенных рас-

четов получена следующая модель, описывающая зависимость остаточных напряжений листового стекла от технологических факторов.

$$\hat{Y} = 4,45 + 3,8X_1 - 0,81X_2 - 2,21X_3 + 0,71X_4 - 0,33X_5 - 0,54X_6 - 0,43X_7 + 1,5X_3^2 + 3,96X_4^2 - 0,76X_5^2 + 0,51X_7^2 - 0,6X_1X_3 + 0,59X_2X_3 - 4,3X_3X_4 + 0,71X_3X_5 - 1,14X_4X_5. \quad (1)$$

Эта модель была положена в основу оптимизации режимов отжига листового стекла.

В соответствии с поставленной задачей в качестве параметров управления применяется температурный режим отжига, т.е. такое распределение температуры по длине лера, которое при заданных скорости выработки, толщине ленты стекла и величине остаточных напряжений обеспечит минимальную длину лера отжига. Для нахождения оптимального распределения температур по длине лера отжига (оптимального управления) может быть использована математическая модель (1).

Лер отжига условно разбит на четыре зоны: предварительно-го охлаждения от температуры формирования X_1 до X_4 ; выдержки при X_4 ; медленного охлаждения от X_4 до X_5 ; быстрого охлаждения от X_5 до X_7 , с которой лента стекла выходит из лера. Длина каждой зоны и температурный режим в них будут определяться скоростью выработки, толщиной ленты стекла и значением остаточных напряжений. Нахождение оптимального температурного режима, соответствующего наименьшим длинам зон отжига, заданным значениям остаточных напряжений и толщине, — одна из основных задач, которые должна решать АСУТП.

Вторая задача — поддержание оптимального температурного режима по длине лера. Для контроля профиля температур рекомендуется измерять температуры газового пространства (термопарами) и поверхности ленты стекла (пирометрами излучения) в различных точках.

С целью создания равномерного распределения температур по ширине лера отжига необходимо разработать специальную систему обогрева, например, посредством изменения температуры конвективных потоков газовой среды с использованием рециркуляции атмосферы лера.

На основании изложенного установлены следующие функции для предлагаемой АСУ лером отжига:

1. Определение оптимальных параметров режима отжига ($X_2 - X_7$) по заданным значениям скорости выработки, толщине

не ленты стекла (X_1) и допустимым остаточным напряжениям, с обеспечением при этом наименьшей длины лера.

2. Реализация расчетного оптимального теплового режима по заданному алгоритму управления.

3. Переход из одного режима работы лера в другой (работа при различных скоростях выработки и смене толщины ленты стекла).

4. Контроль за состоянием объекта управления.

Для решения перечисленных задач разработана структурная схема АСУ тепловых режимов лера отжига (рис. 1), включающая функциональные блоки "А", "Б", "В", "Г", "Д" и "Д'".

Блок "А" предназначен для статической оптимизации модели (1). При заданных скорости выработки, толщине ленты стекла и остаточных напряжениях он находит такие значения управляющих переменных (температурное поле), которые обеспечивают наименьшие размеры лера отжига. Для поиска оптимальных решений использована методика [6]. Найдено наименьшее значение полного времени процесса отжига ($X_2 + X_3 + X_6 + X_7$) в заданной области изменения переменных.

"Б" - блок проверки условий ограничения:

$$X_s^{\text{opt}} < X_4^{\text{opt}} < A \text{ и } L^{\text{opt}} \leq L_l,$$

где $A = T_f - (10+20)^\circ\text{C}$; T_f - температура начала деформации стекла под нагрузкой; L - длина лера отжига.

Блок "В" используется для расчета оптимальных значений температур T_i^{opt} на поверхности ленты стекла в местах установки датчиков. В основу алгоритма расчета T_i^{opt} положено допущение о линейности распределения температуры в пределах тепловых зон. Если расстояние от начала координат (выход стекла из флот-ванны) до места установки датчика l_i удовлетворяет условию $X_7^{\text{opt}} \cdot V \leq l_i$, то T_i^{opt} рассчитывается по формуле

$$T_i^{\text{opt}} = X_{\text{вх}} = - \frac{X_{\text{вх}} - X_4^{\text{opt}}}{X_7^{\text{opt}} \cdot V} l_i,$$

где V - скорость движения ленты стекла; $X_{\text{вх}}$ - температура ленты стекла в начале координат.

Если l_i удовлетворяет условию $X_7^{\text{opt}} V < l_i \leq (X_7^{\text{opt}} + X_2^{\text{opt}}) V$, то $T_i^{\text{opt}} = X_4^{\text{opt}}$,
если l_i - условию

$$(X_7^{\text{opt}} + X_2^{\text{opt}}) V < l_1 \leq (X_7^{\text{opt}} + X_2^{\text{opt}} + X_3^{\text{opt}}) V,$$

$$\text{то } T_i^{\text{opt}} = X_4^{\text{opt}} - \frac{X_4^{\text{opt}} - X_5^{\text{opt}}}{X_3^{\text{opt}} V} \left[l_1 - (X_7^{\text{opt}} + X_2^{\text{opt}}) V \right]$$

а если условию

$$(X_7^{\text{opt}} + X_2^{\text{opt}} + X_3^{\text{opt}}) V < l_1 \leq (X_7^{\text{opt}} + X_2^{\text{opt}} + X_3^{\text{opt}} + X_6^{\text{opt}}),$$

$$\text{то } T_i^{\text{opt}} = X_5^{\text{opt}} - \frac{X_5^{\text{opt}} - X_{\text{ВЫХ}}}{X_6^{\text{opt}} V} \left[l_1 - (X_7^{\text{opt}} + X_2^{\text{opt}} + X_3^{\text{opt}}) V \right].$$

В блоке "Г" производится сравнение физических значений температур по поверхности ленты стекла с оптимальными в местах установки датчиков. Результаты попадают в блок "Д'" для формирования рекомендаций оператору при работе управляющей вычислительной машины (УВМ) в режиме "Советчика" или в блок "Д" для формирования заданий локальным регуляторам (ϵ_{31}) температуры при работе УВМ в замкнутом контуре управления.

В качестве локальных автоматических систем регулирования (АСР) температуры по длине лера нами рекомендуется двухкаскадная АСР, использующая в качестве первичной информации температуру поверхности ленты стекла ($T_1^{\text{В}}$, $T_1^{\text{Н}}$) и температуру газового пространства ($T_{1\text{В}}^{2\text{П}}$, $T_{1\text{Н}}^{2\text{П}}$). Причем внутренний быстродействующий контур работает совместно с датчиком температуры газового пространства, а основной (внешний) – с датчиком температуры поверхности ленты стекла. Индексы "В" и "Н" соответственно обозначают верхнюю и нижнюю поверхности ленты стекла. Количество локальных АСР, устанавливаемых по длине лера отжига, определяется необходимой точностью поддержания здесь температурного режима.

Предложенный алгоритм управления с небольшими изменениями функциональных задач блоков позволяет, кроме указанных, решать еще и задачи оптимизации:

– нахождения максимальной производительности существующего лера отжига при заданных толщине ленты стекла в остаточных напряжениях;

– получения минимальных остаточных напряжений в ленте при заданных скорости выработки, толщине ленты стекла и длине лера отжига;

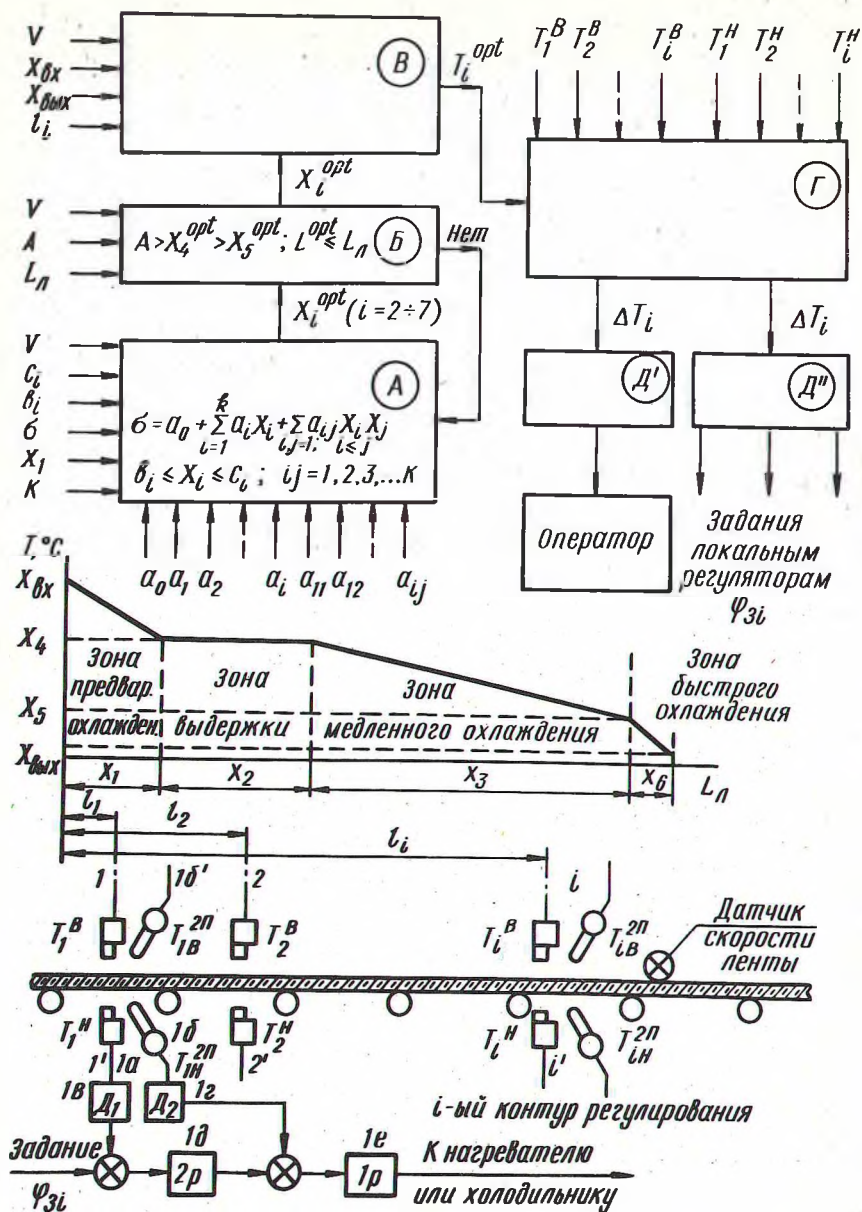


Рис. 1. Структурная схема алгоритма управления тепловым режимом лера отжига.

-рационального осуществления плавного перехода по тепло - вому режиму от одной толщины ленты стекла к другой. Для этого, например, необходимо на основании возможностей флоат- ванны правильно сформулировать стратегию изменения скорости выработки ленты стекла по времени $V(t)$ или ее толщины по времени $\delta(t)$, или того и другого вместе и в соответствии с этим вводить данные по $V(t)$ и $\delta(t)$ в блоки "А" "Б", "В".

Разработанный алгоритм АСУ тепловым режимом лера отжига рекомендован для внедрения в производство Борском стекловоду им. А.М.Горького.

Л и т е р а т у р а

1. Дудников Е.Г. Основы автоматического регулирования тепловых процессов. М., 1956.
2. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М., 1974.
3. Барабанов Н.Н. и др. Полуавтоматический нагревательный полярископ-поляриметр для контроля остаточных и временных термических напряжений в стеклах. - Стекло и керамика, 1976, с. 12-14.
4. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., 1965.
5. Box E.P., Behnken D.W. Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables - Technometrics, 1960, 2, N 4.
6. Вознесенский В.А., Ковальчук А.Ф. Принятие решений по статистическим моделям. М., 1978.

УДК 666.1.541.6

Л.А.Жунина

ПУТИ НАПРАВЛЕННОГО МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ В ПИРОКСЕНОВЫХ СИСТЕМАХ

Направленное минералообразование в пироксеновых системах складывается из комплексного сочетания многих физико-химических явлений и процессов, протекающих в системе под влиянием внешних факторов [1, 2]. Отдельные вопросы минералообразования изложены в литературе [1-19]. Однако обобщение и анализ роли важнейших факторов, определяющих процесс в пироксенах, практически отсутствуют.