



УДК 666.1.031.1/.2

РОЗРОБКА ІЄРАРХІЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СКЛОВАРНОЮ ПІЧЧЮ

Арсенічев А.Л.¹

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ
E-mail: cwst@ukr.net

Copyright © 2014 by author and the journal “Automation technological and business - processes”.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ONAF
Open AccessDOI: [10.15673/2312-3125](https://doi.org/10.15673/2312-3125).

Анотація

У нижченаведеній статті проаналізовано недоліки підходів до керування тепловим режимом у процесі скловаріння з використанням окремих регуляторів, котрі призводять до зниження показників якості скловиробів. Також розглянуто складність задачі підтримки температурного режиму скловарної печі, складність процесу скловаріння, високі вимоги до енергозбереження та якості вихідної продукції, на основі чого запропонована ієрархічна структура системи керування процесом скловаріння, що дозволить нівелювати недоліки окремих підходів та виконати поставлені задачі. Ієрархічна структура системи керування передбачає багаторівневе керування процесом, і поділяється на три рівні: нижчий рівень (ПД-регулятор), середній рівень (нечіткий регулятор) та вищий рівень (експертна система).

Abstract

The following article analyzes shortcomings of approaches to control of thermal conditions in glass-melting process by separate controllers that lead to decreasing of quality of glassware. Also considered the problem of furnace temperature control, complexity of glass-melting process, high demands for energy efficiency and quality of initial production, based on which was proposed the hierarchical structure of control system of glass-melting process that will neutralize the disadvantages of individual approaches and perform the task. The hierarchical structure of the control system provides multi-level process control, and is divided into three levels: lower (PID controller), average (fuzzy controller) and a higher level (expert system).

Ключові слова

Скловарна піч, скловаріння, система керування, ПД-регулятор, нечіткий регулятор, експертна система.

Вступ.

Скло – штучний матеріал який має такі властивості, як прозорість, твердість хімічна стійкість, термостійкість. Крім того скло має властивості, які залежать від його прозорості. Завдяки цьому скло широко використовують майже у всіх галузях техніки, медицині, у наукових дослідженнях, та у побуті. Скло отримують шляхом термічної обробки шихти, яка є сумішшю природних або штучних сировинних матеріалів. Шихту завантажують у піч, і при визначеній температурі та витримці, отримують розплав – скломасу. При охолодженні скломаси в'язкість її зростає, що надає можливість формувати вироби шляхом видування, прокатки, витягування, пресування чи пресовидування.[1]



7 СТУДЕНТСЬКА НАУКА

Основним технологічним апаратом у виробництві будь-якої скляної продукції і склотари є скловарна піч, в якій одержують скломасу шляхом плавлення суміші шихти та склобою.

Аналіз попередніх досліджень. Існують різноманітні підходи щодо вибору певних структур систем керування скловарною піччю. У роботі [3] описана автоматична система керування температурним режимом скловарної печі котра забезпечує дотримання температури у певних точках і базується на застосуванні ПІД-регулятора. Роботи [4], [5] описують системи керування температурним режимом, побудовані на базі регуляторів нечіткої логіки. У праці [6] досліджено підхід до автоматизації скловарних печей із використанням експертних систем. Всі вище наведені роботи присвячені системам автоматизації побудованих на одному із вищезазначених регуляторів. Відповідно кожна із розроблених систем буде мати недоліки конкретних підходів. ПІД-регулювання призначене тільки для систем з одним входом і одним виходом, тобто ПІД-регулятор може керувати тільки однією змінною в технологічному процесі (наприклад, витрата газу), маніпулюючи одним приводом (наприклад, клапаном). На жаль, в скляній промисловості найбільш важливими технологічними параметрами є такі, що мають тісний зв'язок один з одним (нагрівання, охолодження). Застосування ПІД-регуляторів викликає труднощі, при використанні їх з об'єктами керування із великим показником запізнювання. Зазвичай високий час запізнювання може бути врахований за допомогою занижених налаштувань параметрів ПІД-регулятора, проте це призводить до невисокої продуктивності керування. Найчастіше ця проблема долається шляхом контролю не досліджуваними змінними процесу, такими як температура скломаси, а контролюванням вторинних змінних, таких як температура газо-повітряного середовища.

Як правило, зміна бажаного результату на виході та зміна навантаження відбувається за допомогою ручного втручання операторів. Це призводить до різноманітних та досить тривалих перехідних процесів.

Оптимізація керування реальним процесом, залежно від конкретних умов, також відбувається операторами вручну. Проте, процес виробництва скла є дуже складним, нелінійним і багатовимірним, що робить цю задачу для людини надзвичайно важкою для розв'язання.

В свою чергу системи із використанням нечіткої логіки мають теж певний перелік недоліків. Вони не здатні до навчання і адаптації до ситуації, що змінюється; вихідний набір нечітких правил формулює експерт, тому він може виявитися неповним, суперечливим, містити похибки; вигляд і параметри функцій належності, що описують вхідні і вихідні змінні стану системи, вибирають суб'єктивно і можуть виявитися такими, що не цілком відбивають реальну дійсність.

Експертні системи погано вміють подавати знання про часові та просторові відношення, розмірковувати, виходячи зі здорового глузду, розпізнавати межі своєї компетентності, працювати із суперечливими знаннями. При використанні експертних систем часто виникає необхідність залучення людини-експерта з проблемної області, що є носієм знань. Повна відмова від такого експерта є фактично нереальною.

Постановка задачі. Зважаючи на недоліки систем описаних вище, а також знаючи що скловарна піч є складним об'єктом із великою кількістю регульованих параметрів, для збільшення точності керування процесом скловаріння доцільно було б використовувати складні багатоконтурні системи керування. Дана стаття присвячена розробці ієрархічної структури системи керування процесом виробництва скла.

Виклад основного матеріалу. У процесі скловаріння одним із найважливіших параметрів є температурний режим скловарної печі. Забезпечення певного значення температури у конкретній точці є відносно простим завданням, котре з успіхом виконує ПІД регулятор. На відміну від класичної задачі підтримки температури на заданому рівні у скловарній печі, ця задача є значно складнішою. Коли виникає необхідність підняти температуру у кінці печі, ПІД-регулятор піднімає витрату газу. При піднятті витрати газу на початку печі температура зростає значно швидше, призводячи до вспінання поверхні скломаси, а це негативно впливає на показники якості скломаси, а саме збільшує кількість бульбашок у готовій продукції. Окрім цього, на неоднозначність та ускладнення задачі підтримки певного температурного режиму впливають як реальні фактори типу кількості і якості склобою у шихті, вологості шихти і т.д., так і абстрактні фактори, такі як «пам'ять скла».

Зважаючи на таку неоднозначність задачі підтримки температурного режиму скловарної печі, складність процесу скловаріння, високі вимоги до енергозбереження та якості вихідної продукції, пропонується наступна ієрархічна структура системи керування процесом скловаріння.



7 СТУДЕНТСЬКА НАУКА

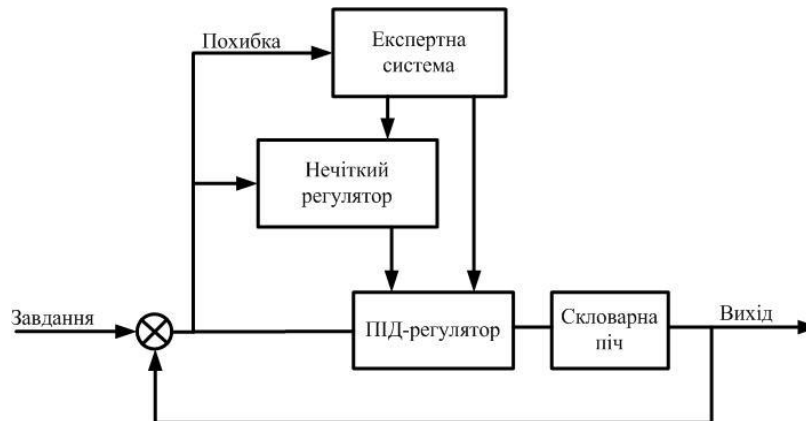


Рис. 1 – Ієрархічна структура системи керування процесом скловаріння

Ієрархічна структура системи керування передбачає багаторівневе керування процесом:

1. Нижчий рівень (ПІД-регулятор) – пристрій в контурі керування зі зворотнім зв'язком. Формує керувальний сигнал з метою отримання необхідних точності та якості перехідного процесу. ПІД-регулятор формує керувальний сигнал, що є сумою трьох складових, перша з яких пропорційна розузгодженню вхідного сигналу та сигналу зворотного зв'язку, друга - інтеграл сигналу розузгодження, третя – похідна сигналу розузгодження. На даному рівні як правило реалізується керування конкретними змінними що забезпечують чітке виконання технологічного регламенту роботи скловарної печі. Основною змінною в нашому випадку є температура в точці кельвипункта, дотримання котрої на певному рівні дає можливість отримувати продукцію прийнятної якості [2];
2. Середній рівень (наглядовий рівень) – оцінює регулятор з метою підтвердження, чи задовольняє він задані критерії ефективності та оптимізує сигнал керування. В якості такого «наглядача», використовується регулятор, побудований на нечіткій логіці.

Схема, яка складається з нечіткого ПІД-регулятора має задачу керування температурою газового середовища печі. Схема даного регулятора представлена на рис. 2.

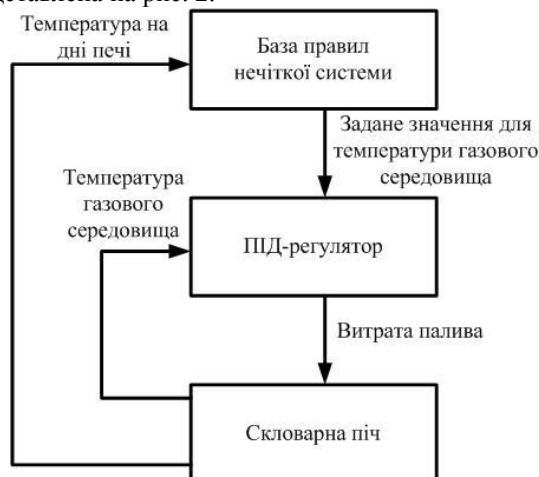


Рис. 2 – Структура нечіткої системи

На рисунку 2 представлена структура регулятора. Два регулятори: ПІД-регулятор та нечітка система, поєднані у каскадну систему. Показник температури дна печі подається до нечіткої системи, що формує задане значення для температури газового середовища. Температура газового середовища регулюється ПІД-регулятором, налаштованим для моделі скловарної печі. База правил нечіткої системи отримана від технологів та експертів даної галузі.

Оскільки значна частина виробничого процесу скла досі керується вручну на основі досвіду людини-оператора, правила, вбудовані в пропонованих нечітких контролерах намагаються імітувати поведінку оператора.

**7** СТУДЕНТСЬКА НАУКА

Такий підхід здатний подолати високі значення запізнювання в регулюванні, зміну динаміки процесу, збурення і невизначеності в моделі. 3. Вищий рівень (експертна система) – змодельоване середовище експертних знань.

Експертна система узагальнює та аналізує дані в режимі реального часу, операційні спостереження та лабораторні аналізи, щоб зробити висновки і давати рекомендації для оптимального керування процесом виготовлення скла. Експертна система може використовуватися в режимі он-лайн або в автономному режимі. У режимі он-лайн вона дає диспетчеру рекомендації, які визначають найкращу стратегію управління, яку варто виконувати в зумовлених ситуаціях. В автономному режимі експертна система може бути використана для підготовки нових або недосвідчених диспетчерів.

Висновки: Запропонована ієрархічна структура автоматичної системи керування процесом скловаріння дозволяє нівелювати недоліки систем побудованих на окремих регуляторах шляхом поєднання їх в одну систему. Поєднання класичних підходів типу ПІД-регулятора та сучасних експертних систем, дозволяє вирішити багатовимірну задачу підтримки заданого температурного режиму скловарної печі, котра на даному етапі потребує втручання людини-експерта, сучасними програмними засобами. В подальшому планується проведення розрахунків налаштувань відповідних регуляторів та створення баз правил, а також дослідження отриманої системи керування.

Література

1. Дипломна робота на тему «Вільногорське скло» [Електронний ресурс] / - Режим доступу до ресурсу: <http://referat.parta.ua/view/15356/>;
2. Жученко А. І. Дослідження впливу температурного поля скловарної печі на показники якості скловиробів / А.І. Жученко, В.С. Цапар. // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. - 2014. - №1. - С. 3-7.;
3. Патент України на корисну модель UA 90052 U, C03B 5/24. Спосіб керування тепловим режимом скловарної печі / А.І. Жученко, В.С. Цапар. - № u201314506; заявл. 11.12.2013; опубл. 12.05.2014;
4. Суликова В. А. Алгоритм нечеткого управління процесом варки стекла / В. А. Суликова. // Вестник ОГУ. - 2014. - №3. - С. 173-179.;
5. Aoki S. Application of fuzzy control logic for dead-time processes in a glass-melting furnace / S. Aoki, S. Kawachi. // Fuzzy Sets and Systems. - 1990. - №38. - С. 251-265.;
6. Chmelar J. Supervisory advanced control of glass melters and forehearths by expert system / J. Chmelar, R. Bodi, E. Muysenberg. // Proc. Int. Congr. Glass. - 2001. - №1. - С. 247-254.

References

1. Dypломna robota na temu «Vynlogorske sklo » [Electronniy resurs] / - Rezhym dostupu do resursu: <http://referat.parta.ua/view/15356/>;
2. Zhuchenko A.I. Doslidzhennya vplivu temperaturnogo polya sklovarnoi pechi na pokazniki yakosti sklovyrobiv / A.I. Zhuchenko, V.S. Tsapar. // Himichna ingeneriya, ekologiya ta resursozberegennya. - 2014. - №1. - S. 3-7.;
3. Patent Ukrainy na korysnu model UA 90052 U, C03B 5/24. Sposib keruvannya teplovym rezhymom sklovarnoi pechi / A.I. Zhuchenko, V.S. Tsapar. - № u201314506; zayavl. 11.12.2013; opubl. 12.05.2014.;
4. Sulikova V. A. Algoritm nechetkogo upravleniya processom varki stekla / V.A. Sulikova. // Vestnik OGU. - 2014. - №3. - S. 173-179.;
5. Aoki S. Application of fuzzy control logic for dead-time processes in a glass-melting furnace / S. Aoki, S. Kawachi. // Fuzzy Sets and Systems. - 1990. - №38. - С. 251-265.;
6. Chmelar J. Supervisory advanced control of glass melters and forehearths by expert system / J. Chmelar, R. Bodi, E. Muysenberg. // Proc. Int. Congr. Glass. - 2001. - №1. - С. 247-254.

Науковий керівник: Цапар В.С., асистент кафедри АХВ НТУ “КПІ”

ЦИТАТА НОМЕРА

*„На свете есть столь серьезные вещи,
что говорит о них можно только шутя”
(Нильс Бор)*