

ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕЛЬНО-ПРОГНОЗУВАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ У ПРОЦЕСІ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ

Жученко А. І., Жученко Л. К., Сівченко Ю. С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, zhaniv@ukr.net

Вуглеграфітові матеріали відіграють важливу роль у різних галузях промисловості України: хімічній та електротехнічній, чорній та кольоровій металургії, машинобудуванні та інших. Проте якість вуглецевих виробів не завжди відповідає поставленим умовам, а значна енерго- та ресурсозатратність виробництва через його довготривалість знижує його рентабельність.

Якість вуглеграфітових виробів безпосередньо залежить від процесу їх виготовлення. Одним з визначальних етапів виробництва є процес випалювання вуглеграфітових виробів. У зв'язку з цим виникає потреба у вдосконаленні керування цим процесом.

Випалювання вуглеграфітових заготовок є ключовим процесом, який впливає на мікроструктуру та фізико-хімічні властивості графіту. Під час цього процесу, який включає нагрівання до високих температур під контрольованими атмосферними умовами, органічні прекурсори перетворюються на кристалізований графіт. Це змінює електричні, термічні та механічні характеристики матеріалу, що є критично важливим для його подальшого використання в технологічних застосуваннях. Процес випалювання вуглеграфітових заготовок відіграє важливу роль у формуванні їх фізичних та хімічних властивостей. Це визначає якість та ефективність кінцевого продукту, а отже, його конкурентоспроможність на ринку.

Саме тому підвищення ефективності цього технологічного процесу має особливе значення. Одним із шляхів розв'язання цієї задачі є створення сучасної системи керування даним процесом.

Аналіз сьогоденної практичної реалізації процесу випалювання вуглецевих виробів свідчить про те, що даний процес є фактично некерованим. Після розміщення горілки на черговій камері (після чого камера стає «камерою під вогнем») процес випалювання триває певний час при максимальній витраті палива. Тривалість даного процесу задається оператором – технологом на основі власного досвіду та статистичних даних, накопичених на попередніх кампаніях випалювання. Такий підхід забезпечує максимальну продуктивність печі випалювання щодо виробів, що обробляються. При цьому об'єктивно існуючі помилки у технологічній реалізації перебігу процесу та його тривалості призводять, з одного боку, до перевитрат енергоносіїв, а з іншого боку – до значної кількості браку кінцевої продукції [1].

Одним із сучасних методів аналізу та синтезу систем керування є модельно – прогнозуюче керування (Model Predictive Control – MPC) [2–4]. У наш час область застосування MPC -керування суттєво розширилася та охоплює такі галузі як хімічну, машинобудівну, аерокосмічну, харчову та інші.

Основною перевагою МРС- керування, яка визначає його успішне використання у практиці побудови та експлуатації систем керування, служить відносна простота базової схеми формування зворотного зв'язку разом з високими адаптивними властивостями. Остання обставина дозволяє керувати багатовимірними та багатозв'язними об'єктами із складною структурою, що включає нелінійності, оптимізувати процеси у режимі реального часу з урахуванням обмежень на керуючі та керовані змінні, враховувати невизначеності у завданні об'єктів та збурень.

Враховуючи складність процесу випалювання як об'єкта автоматичного керування, названі вище обставини обумовлюють перспективність застосування МРС-керування у системі оптимального керування даним технологічним процесом.

Синтез МРС-керування передбачає розв'язання наступних науково-технічних задач:

- розроблення та валідація математичної моделі процесу, яка повинна адекватно відображати реальні фізико-хімічні явища під час нагрівання та охолодження вуглеграфітових виробів;
- формулювання критерію оптимізації з урахуванням обмежень на керовані та керуючі змінні;
- обґрунтований вибір методу оптимізації для розрахунку оптимальних параметрів керування на основі прогнозів математичної моделі;
- дослідження температурних полів у печі випалювання для обґрунтованого розташування датчиків температури, за результатами вимірювання яких система керування буде формувати керуючі впливи.

Розв'язання сформульованих задач і є предметом подальших досліджень.

1. Жученко Л. К. Автоматизація процесів керування термічною обробкою вуглецевих матеріалів: дис. ... докт. філос. з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій: 151/КП імені Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 181 с.

2. Camacho E. F., Bordons A. C. Model predictive control / Springer. 2007. 405 p.

3. L. Wang. Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB. Springer, 2009. 376 p.

4. Северілов В. А. Узагальнення задач оптимального управління розподіленням ресурсів в часі / В. А. Северілов, І. С. Колесник // Доповіді МНК «Контроль і управління в технічних системах», Вінниця, 2001. с. 142 –146.