

УДК 666.125:658.512.22

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ ШИХТИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СКЛА ЗА QFD- МЕТОДОЛОГІЄЮ

Є. А. Якимчук

студент 2 курсу, групи ХБ-2, Технічний коледж НУВГП

Наукові керівники: к.т.н., доцент Н. М. Корчик,

ст. викладач О. І. Мисіна

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

У статті представлено результати аналізу технологічного процесу підготовки шихти для виробництва скла за QFD-методологією, що дозволяють окреслити структуру виробництва скла як хіміко-технологічну систему та основні закони, що визначають швидкість перебігу процесів відповідних технологічних операцій, параметри оптимізації та керування.

Ключові слова: шихта, процес, виробництво, скло, QFD-методологія, структура, хіміко-технологічна система, швидкість процесів, параметри, оптимізація, керування.

В статье представлены результаты анализа технологического процесса подготовки шихты для производства стекла по QFD-методологии, позволяющие раскрыть структуру производства стекла как химико-технологическую систему и основные законы, определяющие скорость протекания процессов соответствующих технологических операций, параметры оптимизации и управления.

Ключевые слова: шихта, процесс, производство, стекло, QFD-методология, структура, химико-технологическая система, скорость процессов, параметры, оптимизация, управление.

The article presents the results of the analysis of the technological process of charge preparation for glass production according to QFD-methodology, which allows to determine the structure of glass production as a chemical-technological system, to determine the basic laws determining the speed of the relevant technological operations, optimization and control parameters.

Keywords: charge, process, production, glass, QFD-methodology, structure, chemical-technological system, process speed, parameters, optimization, control.

Скло – це штучний матеріал, який має такі властивості, як прозорість, твердість, хімічна стійкість, термостійкість. Завдяки своїм широким властивостям, скляні вироби знайшли широке використання у різних галузях техніки, медицини, харчовій промисловості, у побуті тощо [1].

Для проектування систем виготовлення скляних виробів необхідний системний підхід. Одним з аспектів такого підходу є використання нових інформаційних технологій, а саме «експертних систем» як джерела узагальненої інформації для створення моделі, що передбачає можливість пошуку у потрібні моменти оптимальних параметрів, параметрів керування, забезпечення стабільного виходу продукції за змінних вхідних параметрів [2]. В рамках експертних систем може бути застосований метод Quality Function Deployment (QFD) – розгортання функції якості, який практично реалізований для розробки алгоритму визначення доцільної кількості технологічних операцій та їх основних параметрів для

очищення стічних вод гальванічного виробництва [3]. Незважаючи на складність даної системи (виробництво скла), її можна представити у вигляді ряду типових процесів виробництва як об'єктів автоматизації. На першому етапі аналізу виділимо основні виробничі процеси виробництва скляних виробів: 1. Підготовка шихти; 2. Варіння скломаси; 3. Формування скляного виробу на склоформуючій машині; 4. Етапи гарячого та холодного зміцнення скловиробу та його відпал; 5. Контроль якості; 6. Пакування.

З метою визначення основних параметрів (оптимізації та керування) виробництва скла ми оперували методом QFD-методології, тобто методом, сутність якого полягає у застосуванні табличного способу представлення даних для зосередження уваги на найважливіших характеристиках і завданнях кожної із підсистеми.

Метою даного дослідження є вивчення процесу підготовки шихти для виробництва скла за QFD-методологією. При цьому були вирішені такі задачі: 1) розглянуто систему виготовлення скляних виробів, що виключає підготовку шихти як складну хіміко-технологічну систему (ХТС); 2) процеси як типові процеси виробництва; 3) компоненти (сировину) як елементи ХТС.

Основні сировинні елементи (рисунок) вводяться у сплав: SiO_2 – за допомогою кварцового піску; Al_2O_3 – за допомогою технічного алюмінію оксиду, алюмінію гідроксиду, польових шпатів, каолінів тощо; CaO – через кальцій карбонат (зустрічається у вигляді крейди, мармуру, вапняку); Na_2O – через соду, натрій сульфат та селітру [1].

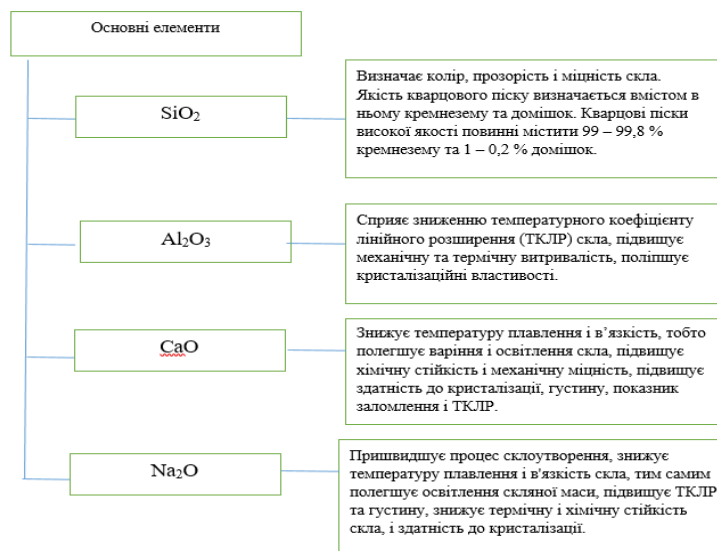


Рисунок. Основні сировинні елементи

В якості допоміжних матеріалів можна розглядати:

- прискорювачі варіння скла, до яких належать невеликі кількості натрій сульфату, сполуки флуору і хлору, а також нітрати натрію, калію, барію, амонію;
- освітлювачі – речовини, що сприяють виведенню із скляної маси газових включень. До них належать арсен (III) оксид As_2O_3 , який застосовують в кількості 0,3–0,5% від маси шихти, стибій (III) оксид Sb_2O_3 – у кількості 0,3-0,5;
- барвники для забарвлення скла. На забарвлення скла впливають: тип барвника, його концентрація, режим варіння скла, окисно-відновні умови варіння тощо [1].

На завод сировина постачається як в обробленому, так і в необробленому вигляді. Якщо сировинні матеріали уже оброблені, то вони підлягають тільки просіюванню. Якщо ж сировина необроблена, тоді з метою доведення їх до відповідних технічних вимог вона піддається певним видам обробки. Технологія приготування шихти полягає у наступному: компоненти підсушують, розплавлюють в кульовому млині, просівають через сита і дозують

за допомогою дозатора відповідно до заданого складу. Потім зважені компоненти подають у змішувач, де їх ретельно перемішують до усереднення складу, після чого подають їх до скловарної печі. Спільне застосування декількох видів відходів у якості основних сировинних компонентів шихти для виробництва скла значно знижує собівартість матеріалу, що отримується. Це дозволяє розширити асортимент і збільшити обсяг випуску ефективних але маловживаних внаслідок високої собівартості матеріалів зі скла, наприклад темно-ізоляційного і газоскла.

Зіставлення властивостей основних відходів і сировинних компонентів для виробництва скла підтверджує принципову можливість використання відходів, передусім хімічної, гірничодобувної, металургійної промисловості при виробництві скла. За технологічним призначенням відходи можуть служити сировинними матеріалами, інтенсифікаторами технологічного процесу та добавками – модефікаторами властивостей матеріалу.

Лужні відходи виробництва калій перманганату – глиноподібна маса середньої густини 1590 кг/м^3 , з крупністю часток $0,15\text{--}0,3 \text{ мм}$ та мають такий хімічний склад (%): KMnO_4 – 0,9, MnO_2 – 6,0–12,0, KOH – 10,5–21,0, K_2CO_3 – 4,0–12,0, SiO_2 – 6,0–6,2, Ca^{2+} – 0,2–0,5, CaO – 7,0–7,1, H_2O тощо. Хімічний склад лужних відходів дозволяє використовувати ці відходи як сировинний матеріал для введення у сплав відразу декількох компонентів K_2O , CaO , SiO_2 , барвник KMnO_4 .

В якості силікатного компоненту для введення до складу шихти оксидів Si , Al , Ca , Mg , Fe(II) можуть використовуватись, наприклад, відсів, який отриманий при виробництві щебеню із діабазових порід. Відсів характеризується таким хімічним складом (%): SiO_2 – 51,64–55, TiO_2 – 0,88–1,65, SO_3 – 0,05–0,39, Al_2O_3 – 13,86–15,4, CaO – 4,38–6,36, K_2O – 0,23–0,44, Fe_2O_3 – 9,7–10, MgO_2 – 4,91–6,85.

Прикладом цього методу може бути технологія утилізації відходів гальванічних виробництв Донецького заводу «Точмаш» (ДЗТ) і Торезького електротехнічного заводу (ТЕЗ). Вихідні компоненти шихти (шлаки у вигляді порошку, хромофорні оксиди) дозують ваговим методом в необхідному співвідношенні відповідно до рецептури, шихту подрібнюють і змішують сухим методом, випалювання пігменту здійснювали в муфельній печі при температурі $960\text{--}980^\circ \text{C}$ з витримкою при максимальній температурі 0,5–1 години. Відмивання пігменту від непрореагованих в процесі випалу розчинених у воді сполук здійснювали водою, підігрітою до $70\text{--}80^\circ \text{C}$. Продукт сушили при температурі $100\text{--}150^\circ \text{C}$, після чого піддавали сухому подрібненню. Найбільш відомими є пігменти: зелені, що містять 40–50% Cr_2O_3 , 60–50% Донецького заводу «Точмаш»; коричневі, що містять 40–50% NiO , 60–50% Донецького заводу «Точмаш»; чорні, що містять 85% шлаку ДЗТ, 5% F_2O_3 , 6,5% CaO , 35% Mn_2O_3 або 70% шлаку ТЕЗ, 10% Fe_2O_3 , 11% CaO , 9% Mn_2O_3 .

З використанням розглянутих відходів для виготовлення керамічних пігментів вирішується не тільки екологічна проблема, але і з'являється можливість зменшити або повністю виключити витрату дорогих, дефіцитних сполук важких металів. Це зменшує собівартість виготовлення мінеральних пігментів чорного, коричневого і жовто-коричневого кольорів.

Нижче у таблиці представлено результати аналізу технологічного процесу підготовки шихти: наведені основні типові технологічні процеси та обладнання, а саме: механічні – для виділення частинок необхідного розміру, зменшення розміру частинок та їх транспортування; масообмінні – для видалення вологи з матеріалу, а також представлені основні параметри технологічної операції, тип устаткування, технологічні операції та відповідні критерії оптимізації.

Таблиця

Аналіз технологічного процесу – підготовка сировини (компонентів шихти)

Етап	Технологічна операція	Параметри	Фізико – хімічні зміни	Типовий технологічний процес	Тип устаткування (машина або апарат)	Критерій Оптимізація
Підготовка піску	1. Транспортування піску в прийемний бункер	Продуктивність, енергозатрати, густина матеріалу, еквівалентний діаметр частинки		Механічний (транспортування сипучого матеріалу)	Машина (електрокран)	Питома енергоємність, продуктивність транспортера, стабілізація усередненої витрати за період часу
	2. Транспортування з бункера в сушильне відділення	Швидкість руху стрічки (0,5-2 м/с), ширина стрічки 400-1400мм, форма стрічки, кут горизонтальної довжини, довжина стрічки		Механічний (транспортування сипучого матеріалу)	Машина (стрічковий транспортер)	Питома енергоємність, продуктивність транспортера, стабілізація усередненої витрати за період часу
	3. Сушіння	$t < 70^{\circ}\text{C}$, кінцева вологість 0,5%, вологість повітря, швидкість переміщення, початкова вологість матеріалу, $t^{\circ}\text{C}$ пов.	Видалення вологи з піску	Масообміну (лімітуючим процесом є дифузія)	Апарат (сушарка)	Вологість вихідного матеріалу, час сушіння
	4. Класифікація	d (частинки), кількість отворів, число обертів, енергозатрати, d (отворів), число сит, продуктивність	Виділення частинок необхідного розміру	Механічний	Апарат (грохот)	Усереднений розмір частинок
Обробка доломіту	5. Транспортування	Продуктивність, густина матеріалу, енергозатрати.		Механічний	Машина (грейферний кран)	Питома енергоємність, усереднене трансп.
	6. Дроблення	Кут захвату, оптимальна швидкість, продуктивність, витрата енергії	Зменшення діаметру частинок	Механічний	Машина (шокова дробарка)	Усереднений розмір частинок
	7. Сушіння	Початкова $t^{\circ}\text{C}$, кінцева вологість, вологість повітря, швидкість переміщення, початкова вологість матеріалу, $t^{\circ}\text{C}$ пов.	Видалення вологи з матеріалу	Масообміну (лімітуючим процесом є дифузія)	Апарат (сушарка)	Вологість вихідного матеріалу, час сушіння
	8. Подрібнення	Число обертів, центробіжна сила, маса шару, продуктивність, витрата енергії	Помел матеріалу	Механічний	Апарата (млин)	Усереднений розмір частинок
	9. Класифікація	d (частинки), d (отворів), кількість отворів (36), продуктивність, розмір отворів.	Виділення частинок необхідного розміру	Механічний	Апарат (сито)	Усереднений розмір частинок
Обробка глинозему	10. Транспортування	Продуктивність, енергозатрати, густина матеріалу.		Механічний	Апарат (грохот)	Питома енергоємність
	11. Класифікація	d (частинки), d (отворів), кількість отворів продуктивність, розмір отворів.	Виділення частинок необхідного розміру	Механічний	Апарат (сито – бурат)	Усереднений розмір частинок

Висновки. Результати аналізу, представлених в даній роботі, технологічного процесу підготовки шихти для виробництва скла за QFD-методологією дозволяють визначити структуру виробництва скла як хіміко-технологічну систему, визначити основні закони, що визначають швидкість перебігу процесів відповідних технологічних операцій, параметрів оптимізації та керування. Крім того, представлені дані можна розглядати як одну із стадій аналізу виробництва скла як об'єкта автоматизації.

1. Лосик М. В., Звір О. М. Технологічні та фізико-хімічні властивості скла : навч. посіб. Львів : ЛНАМ, 2018. 40 с.
2. Системний аналіз : методичний посіб. з дисципліни / уклад. М. П. Дивак. Тернопіль : ТАНГ, 2004. 136 с.
3. Кирилук С. В. Очищення концентрованих стічних вод гальванічного виробництва у комбінованій системі : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.21. Київ, 2017. 26 с.