

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННТТ ім. акад. І.С.Турого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

(підпис)

Сергій Балаженко
(ім'я та прізвище)

« 20 » 02 2024 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

Вікторія Володимирівна
(ім'я та прізвище)

« 20 » 02 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 131 Прикладна механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Прикладна механіка

на тему: Дослідження процесу нарізання ПЕТТ мембрани в машині для виготовлення пива

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ПМ-2-1М

Лакно Микола Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Лакно

(підпис)

Керівник Костюк Володимир Степанович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

КВ

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Микола Якович

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач Лакно

(підпис)

Київ - 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) НХІТІ ім. акад. І.С.Турого
Кафедра мехатроніки та пакувальної техніки
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Прикладна механіка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри М.П.П.

Микола КИВОЛЯС-ВОЛОДИМІР
« 20 » 11 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Лашко Михайл Вікторовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу нагрівання ПЕТТ преформ в машині для виготовлення пляшок

керівник роботи Костюк Володимир Степанович кандидат тех. наук доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 20 » 11 2023 року № 940-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 05.02.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи машини для виготовлення ПЕТТ пляшок, ПЕТТ преформи, процес нагрівання.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Зведення. Вступ. Розділ 1. Теоретичні основи дослідження.

Розділ 2. Методи дослідження

Розділ 3. Дослідження процесу нагрівання ПЕТТ преформ.

Розділ 4. Вимоги безпеки до процесів виготовлення ПЕТТ преформ

Висновки

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація на 17 слайдів

6. Консультанти розділів роботи

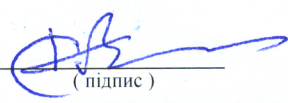
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат.	21.11.2023	
2.	Вступ.	22.11.2023	
3.	Розділ 1. Теоретичні основи дослідження	24.11.2023	
4.	Розділ 2. Методи дослідження	07.12.2023	
5.	Розділ 3. Дослідження процесу нагрівання ПЕП преформ	29.12.2023	
6.	Розділ 4. Висновки безпеки до процесів виходження ПЕП преформи	20.01.2024	
7.	Висновки	02.02.2024	
8.	Список використаних джерел	02.02.2024	

Здобувач освіти  (підпис) Микола ЛАХО (ім'я та прізвище)

Керівник роботи  (підпис) Володимир КОСІЛОВ (ім'я та прізвище)

« 20 » 11 2023 р.

Реферат

Сьогодні Україна є одним із найбільших виробників пластикових пляшок у Європі. Обсяг виробництва PET-пляшок у 2022 році становив близько 3,5 мільярдів штук. Для виготовлення такої кількості пляшок необхідно використовувати високопродуктивне обладнання, яке забезпечує якісне нагрівання преформ.

Процес нагрівання PET преформ є одним з найважливіших етапів у виробництві пластикових пляшок. Від якості нагрівання залежить форма і розмір пляшки, а також її міцність та герметичність.

У сучасних машинах для виготовлення пляшок процес нагрівання преформ здійснюється за допомогою інфрачервоних (ІЧ) випромінювачів. ІЧ-випромінювання має ряд переваг перед іншими методами нагрівання, зокрема:

- Висока швидкість нагрівання;
- Однорідне нагрівання поверхні преформи;
- Відсутність контакту між преформою і нагрівачем, що знижує ризик забруднення пляшки.

Мета дослідження полягає в дослідженні впливу різних факторів на процес нагрівання PET преформ в машині для виготовлення пляшок.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети необхідно забезпечити вирішення наступних завдань:

- Вивчення теоретичних основ процесу нагрівання PET преформ.
- Розробка методології проведення експериментальних досліджень.
- Проведення експериментальних досліджень впливу різних факторів на процес нагрівання PET преформ.

- Проведення аналізу результатів експериментальних досліджень.

Методи дослідження

Для досягнення поставлених завдань будуть використовуватися такі методи дослідження:

- Теоретичний аналіз;
- Експериментальні дослідження;
- Статистичний аналіз.

Очікувані результати дослідження

За результатами дослідження отримані нові знання про процес нагрівання PET преформ в машинах для виготовлення пляшок. Ці знання можуть бути використані для розробки нових технологій і обладнання для виробництва пластикових пляшок.

Структура роботи

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

У вступі обґрунтовується актуальність дослідження, визначаються його мета і завдання, даються короткі відомості про методи дослідження.

У першому розділі розглядаються теоретичні основи процесу нагрівання PET преформ.

У другому розділі наведено результати експериментальних досліджень процесу нагрівання PET преформ в машині для виготовлення пляшок .

У третьому розділі аналізуються результати експериментальних досліджень і розробляються рекомендації щодо оптимізації процесу нагрівання.

У четвертому розділі представлено заходи безпеки під час виготовлення PET пляшок.

У висновках підводяться підсумки дослідження і формулюються його основні результати.

У списку використаних джерел наводяться літературні джерела, які були використані при написанні роботи.

Ключові слова: нагрівання, теплопередача, температура, експеримент, технологія, ПЕТ преформа, оптимізація процесів, формування пляшок, поліетилентрефелат, якість виробу, технологія виробництва.

Abstract

Today, Ukraine is one of the largest producers of plastic bottles in Europe. The production volume of PET bottles in 2022 was about 3.5 billion pieces. To manufacture such a number of bottles, it is necessary to use high-performance equipment that ensures high-quality heating of the preforms.

The process of heating PET preforms is one of the most important stages in the production of plastic bottles. The shape and size of the bottle, as well as its strength and tightness, depend on the quality of heating.

In modern bottle-making machines, the process of preform heating is carried out with the help of infrared (IR) emitters. IR radiation has a number of advantages over other heating methods, in particular:

- High heating rate;
- Uniform heating of the surface of the preform;
- No contact between the preform and the heater, which reduces the risk of bottle contamination.

The purpose of the study is to investigate the influence of various factors on the process of heating PET preforms in a machine for making bottles.

Objectives of the study

To achieve the set goal, it is necessary to ensure the following tasks are solved:

- Studying the theoretical foundations of the process of heating PET preforms.
- Development of methodology for conducting experimental research.
- Conducting experimental studies of the influence of various factors on the process of heating PET preforms.
- Analyzing the results of experimental studies.

Research methods

The following research methods will be used to achieve the objectives:

- Theoretical analysis;
- Experimental studies;

- Statistical analysis.

Expected results of the study

Based on the results of the research, new knowledge was obtained about the process of heating PET preforms in machines for making bottles. This knowledge can be used to develop new technologies and equipment for the production of plastic bottles.

Structure of work

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions and a list of used sources.

The introduction substantiates the relevance of the research, defines its purpose and tasks, and gives brief information about the research methods.

The first chapter deals with the theoretical basis of the process of heating PET preforms.

The second chapter presents the results of experimental studies of the process of heating PET preforms in a machine for making bottles.

The third section analyzes the results of experimental studies and develops recommendations for optimizing the heating process.

The fourth chapter presents safety measures during the manufacture of PET bottles.

The conclusions summarize the results of the research and formulate its main results.

The list of used sources lists the literary sources that were used when writing the work.

Key words: heating, heat transfer, temperature, experiment, technology, PET preform, process optimization, bottle formation, polyethylene terephthalate, product quality, production technology.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Основні поняття та визначення.....	9
1.2. Загальні принципи нагрівання ПЕТ преформ.....	16
1.3. Типи нагрівачів для ПЕТ преформ.....	21
1.4. Устаткування для нагрівання ПЕТ преформ.....	24
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
2.1. Вибір обладнання та матеріалів.....	30
2.2. Визначення методів дослідження.....	34
2.3. Проведення експериментальних досліджень.....	36
2.4. Обробка експериментальних даних.....	39
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПЕТ ПРЕФОРМ.....	40
3.1. Опис експериментальної установки.....	40
3.2. Результати експериментальних досліджень.....	50
РОЗДІЛ 4. Вимоги безпеки до процесів виготовлення ПЕТ преформ.....	51
ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	62

ВСТУП

Актуальність теми

Пластмасові пляшки є одними з найпоширеніших видів упаковки в світі. Вони широко використовуються для зберігання та транспортування різних рідин, таких як вода, напої, соки, олія тощо.

Процес виготовлення пластикових пляшок включає в себе кілька етапів, одним з яких є нагрівання ПЕТ преформ. Пет преформ - це заготовка для пляшки, виготовлена з поліетилентерефталату (ПЕТ). Вона нагрівається до певної температури, щоб стати м'якою та податливою, а потім формується в пляшку на спеціальному обладнанні.

Якість і продуктивність процесу виготовлення пластикових пляшок залежить від багатьох факторів, одним з яких є процес нагрівання ПЕТ преформ. Рівномірне нагрівання ПЕТ преформ є важливим для того, щоб пляшка була правильно сформована. Нерівномірне нагрівання може призвести до дефектів пляшки, таких як тріщини, вм'ятини тощо.

У зв'язку з цим дослідження процесу нагрівання ПЕТ преформ є актуальним завданням.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає в дослідженні впливу різних факторів на процес нагрівання ПЕТ преформ в машині для виготовлення пляшок.

Завдання дослідження

Для досягнення поставленої мети необхідно забезпечити вирішення наступних завдань:

- Вивчення теоретичних основ процесу нагрівання ПЕТ преформ.
- Розробка методології проведення експериментальних досліджень.
- Проведення експериментальних досліджень впливу різних факторів на процес нагрівання ПЕТ преформ.
- Проведення аналізу результатів експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є процес нагрівання ПЕТ преформ в машині для виготовлення пляшок .

Предмет дослідження

Предметом дослідження є вплив різних факторів на процес нагрівання ПЕТ преформ.

Методи дослідження

Для досягнення поставлених завдань будуть використовуватися такі методи дослідження:

Теоретичний аналіз

Експериментальні дослідження

Статистичний аналіз

Наукова новизна дослідження

Наукова новизна дослідження полягає в отриманні нових даних про вплив різних факторів на процес нагрівання пет преформ в машині для виготовлення пляшок .

Практична значимість дослідження

Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення процесу нагрівання пет преформ в машинах для виготовлення пляшок. Це може призвести до підвищення якості та продуктивності виготовлення пляшок.

Розділ 1. Теоретичні основи дослідження

1.1. Основні поняття та визначення

Сучасне виробництво харчової продукції, а особливо виробництво мінеральних вод і газованих напоїв важко уявити без використання ПЕТ-тари.

ПЕТ (поліетилентерефталат) - це композитний термопластичний поліефір, який містить терафталієву кислоту та етиленгліколь. Хімічні та фізичні властивості ПЕТ роблять його відмінним матеріалом для різноманітних застосувань, включаючи пакування (пляшки, картонні коробки тощо), плівки, текстиль та конструкційні елементи. Виробників приваблюють відносно низька вартість, невелика вага, стійкість до ударних навантажень, широкі можливості дизайну. У табл. 1.1 наведені основні технічні характеристики ПЕТ.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики ПЕТ

Характеристика	Одиниці виміру	Величина
Подовження при розриві	%	55
Густина	г/см ³	1,27
Межа міцності при розриві	МПа	50
Вбирання вологи	%	0,1
Ударна в'язкість (Charpy) без надрізу	кДж/м ²	Без руйнування
Межа міцності при згинанні	МПа	70
Ударна в'язкість (Charpy) з надрізом	Дж/м	10
Коефіцієнт лінійного розширення	К-1·10 ⁻⁵	6,8
Ударна в'язкість (Izod) з надрізом	Дж/м	115
Теплопровідність	Вт/м·К	0,20
Теплостійкість (Vicat)	°С	82
Теплоємність	Дж/г·К	1.1
Температура термоформування	°С	200-245
Максимальна температура використання	°С	70
Температура початку деструкції	°С	Більше 270
Температура спалахування	°С	Більше 400

Преформа являє собою полімерну заготовку, з якої шляхом видування отримують ПЕТ-пляшку для пакування харчових та нехарчових, газованих та негазованих рідин. Додаванням до матеріалу пляшки спеціальних добавок можна отримати тару зі спеціальними властивостями — високими бар'єрними показниками (по кисню та вуглекислому газу), низьким вмістом ацетальдегіду, високим рівнем захисту ультрафіолетових променів, тощо.

Отримання ПЕТ пляшок виконується з використанням прес-форми для виготовлення ПЕТ-пляшок із нагрітих преформ які містить дві, розділені площиною рознімні півформи, кожна з яких оснащена засобами кріплення на опорній плиті видувної машини, та рухому донну частину. При цьому півформи і донна частина оснащені формоутворюючими поверхнями, які при змиканні утворюють робочу порожнину. Одна з півформ оснащена поступальними направляючими, перпендикулярними площині розмикання півформ, а донна частина встановлена в цих направляючих та підпружинена вздовж направляючих відносно півформи.

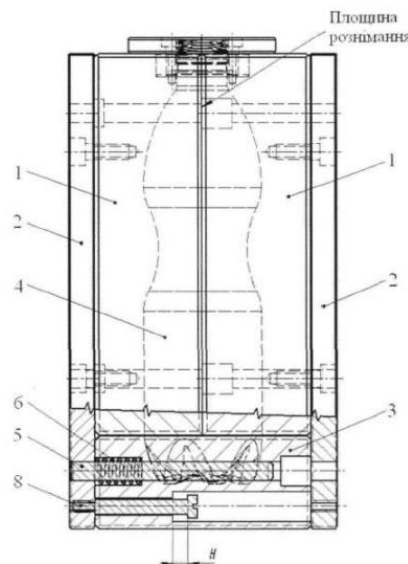


Рис. 1.1. Прес-форма для виготовлення ПЕТ-пляшок із нагрітих преформ
Суть влаштування такої конструкції зображено на рис. 1.1 де показано загальний вигляд прес-форми у момент видування. На рис. 1.2 зображено вид прес-форми у розведеному стані. Прес-форма містить дві, розділені площиною

рознімання півформ 1, кожна з яких закріплена на опорній плиті 2, та донну частину 3. Опорні плити оснащені засобом для їх зведення/розведення та механізмом змикання/розмикання. На практиці видувна машина може мати одну або кілька прес-форм. Півформи та донна частина оснащені формоутворюючими поверхнями, які при їх змиканні утворюють робочу порожнину 4, так зване "гніздо" для видування пляшок. Одна з півформ (права півформа на рис. 1.1) оснащена парою поступальних UA 141253 U 2 циліндричних направляючих 5, закріплених на зазначеній півформі перпендикулярно площині рознімання. В направляючих встановлена донна частина з можливістю вільного переміщення відносно них. На кожній з направляючих встановлена пружина стиснення 6, яка одним кінцем взаємодіє з донною частиною, а другим з півформою. Величина переміщення (Н) донної частини в направляючих, а значить і осі (О) готової пляшки 7 обмежена упором 8 в направляючих. Перед виготовленням чергової пляшки прес-форму з розведеного положення (див. рис. 1.2) приводять у робочий стан (див. рис. 1.1) Для цього півформи 1 зводять, притискають одна до одної та змикають. При цьому донна частина 3 переміщується по направляючих 5, одночасно стискаючи пружину 4. Пройшовши відстань Н, донна частина притискається до поверхні півформи 1. У такому стані формоутворюючі поверхні півформ та донної частини суміщаються і утворюють робочу порожнину прес-форми. При виготовленні пляшки нагріта преформа роздувається стисненням повітрям з одночасним осьовим витягуванням і набуває форми пляшки 7. Віддавши тепло стінкам робочої порожнини щойно сформована пляшка стає повноцінним виробом. За цим півформи розмикають та розводять. В цей час донна частина, завдяки дії пружини 8, разом з готовою пляшкою переміщується по направляючих 5 на відстань (Н), що обмежується до упором 8. Таким чином пляшка звільняється від контакту з поверхнею правої півформи і може бути легко видаленою з робочої зони прес-форми. Після зведення півформ, з одночасним переміщенням донної частини, прес-форма займає робоче положення для виготовлення чергової пляшки. Запропонована прес-форма

забезпечує видалення готових пляшок із робочої зони, але набагато ефективніше ніж відома прес-форма, оскільки переміщення дна відбувається упоперек площини рознімання. При цьому переміщення дна забезпечується простими та надійними в роботі механізмами.

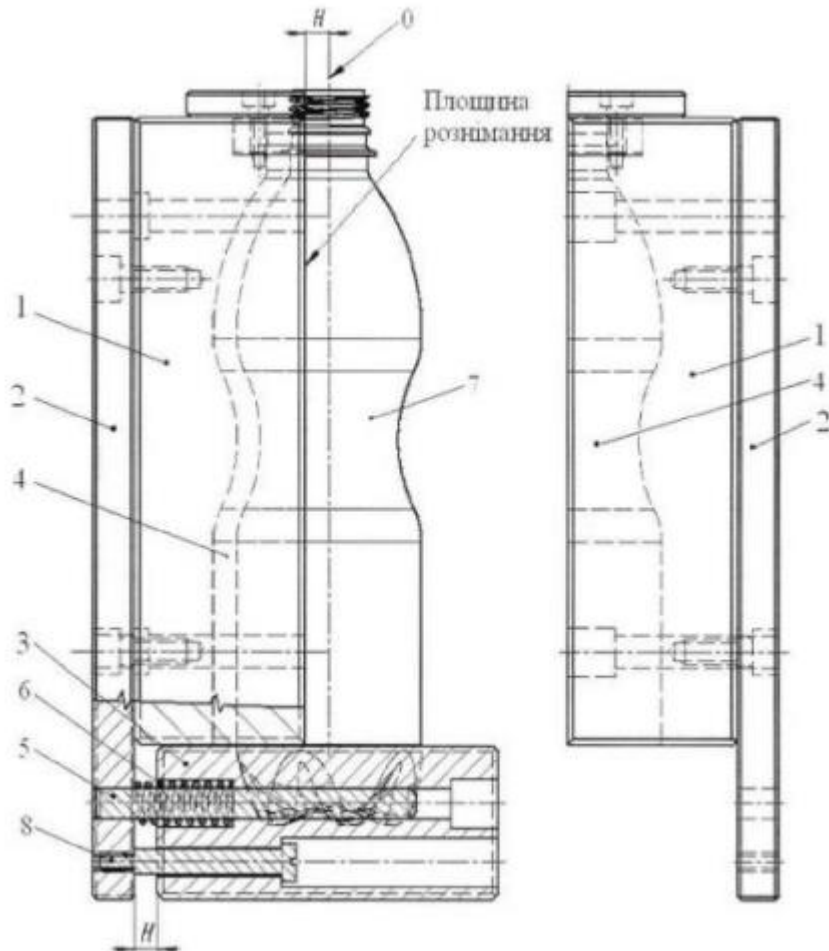
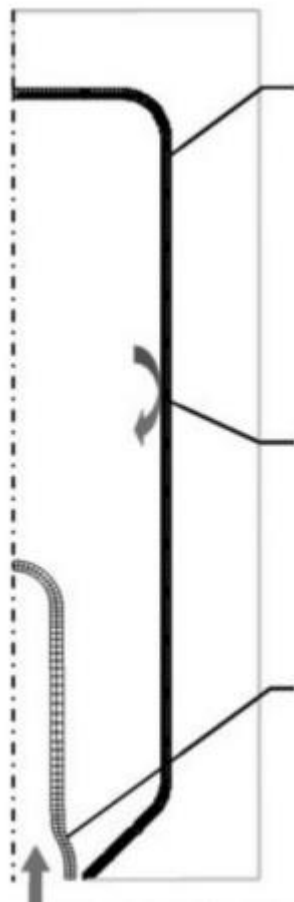


Рис. 1.2. Прес-форма в розведеному положенні

На рисунку 1.3. наведено геометрію форми та граничні умови преформи в процесі виготовлення. Для розрахунку теплопередачі між полімером та формою представлена суміщена модель зміщення температури в ABAQUS/Standard (схема неявного інтегрування за часом).



Прес форма що забезпечує кінцеву форму упаковки при постійній температурі 25 °C

Тепловий контактний опір
 $R = 0,0035 \text{ м}^2 \cdot \text{KW}^{-1}$
 $(h = 285 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1})$

Преформа, в початковому стані

Рис. 1.3. Геометрія преформ та прес-форм, а також граничні умови.

Основними технологічними операціями виробництва тари із преформ є нагрівання преформ і видування пляшок, які не можна розглядати окремо. Керування процесом нагріву преформи здійснюється, як правило, з використанням регуляторів потужності по зонах нагріву. Регулювання потужності контролюється за результуючою температурою виробу після чергової стадії нагріву, таким чином, сам процес нагрівання заготовки є некерованим, а система керування температурою заготовки є розімкненою. При цьому не враховано зовнішні впливи, такі як фактори зовнішнього середовища виробничого цеху, а також фізичні характеристики використовуваних заготовок (преформ). Якість прогріву, як правило, оцінюється суб'єктивно, на підставі емпіричних знань оператора установки. Всі ці фактори призводять до зниження якості готових виробів і продуктивності та ритмічності роботи обладнання.

Температура нагрівання ПЕТ-преформ (поліетилентерефталат) зазвичай залежить від конкретного процесу виробництва та використовуваних обладнання та матеріалів. Однак, загальною практикою є нагрівання преформ до температури приблизно 200-245 °С.

Ця температура дозволяє преформам стати м'якими та гнучкими, щоб їх можна було легко розтягнути та формувати у пляшки за допомогою формувального обладнання. Точна температура може варіювати залежно від типу преформ, їх розміру та специфікацій обладнання. Час нагрівання - це час, за який ПЕТ преформ нагрівається до потрібної температури. Він впливає на рівномірність нагрівання ПЕТ преформ. Наприклад, якщо час нагрівання буде недостатнім, то ПЕТ преформ не встигне рівномірно нагрітися, і в деяких місцях він може залишитися холодним. Якщо час нагрівання буде занадто довгим, то ПЕТ преформ може перегрітися і деформуватися.

Рівномірність нагрівання - це характеристика нагрівання ПЕТ преформ, яка визначає, наскільки однакова температура в різних точках ПЕТ преформ. Рівномірне нагрівання є важливим для того, щоб пляшка була правильно сформована. Наприклад, якщо рівномірність нагрівання буде недостатньою, то в деяких місцях пляшка буде товще, ніж в інших. Це може призвести до того, що пляшка буде слабкою і може розірватися під тиском рідини.

Щоб забезпечити необхідну пластичність заготовки, розподіл температури по всій поверхні заготовки повинен бути досягнутий протягом певного часу, без надмірного перегріву. Якість нагріву визначається обраним профілем нагріву. Це обраний профіль нагріву заготовки, тобто інтенсивність і тривалість нагріву визначається обраним профілем нагріву заготовки червоним

Режим нагрівання - це спосіб передачі тепла від нагрівача до ПЕТ преформ. Режим нагрівання може бути конвекційним, теплопровідним або випромінювальним.

Конвекційне нагрівання - це передача тепла від нагрівача до ПЕТ преформ за допомогою руху теплоносія. Теплоносієм може бути повітря, вода

або пара. Наприклад, в машинах для виготовлення пляшок часто використовується конвекційне нагрівання ПЕТ преформ за допомогою гарячого повітря.

Теплопровідне нагрівання - це передача тепла від нагрівача до ПЕТ преформ безпосередньо через контакт між ними. Наприклад, в деяких машинах для виготовлення пляшок використовується теплопровідне нагрівання ПЕТ преформ за допомогою контактних нагрівачів.

Випромінювальне нагрівання - це передача тепла від нагрівача до ПЕТ преформ за допомогою випромінювання. Наприклад, в деяких машинах для виготовлення пляшок використовується випромінювальне нагрівання ПЕТ преформ за допомогою інфрачервоних нагрівачів.

Процес виробництва ПЕТ-тари є складним, де випадкові чинники, зокрема невизначеність фізичних характеристик преформи, визначають динаміку. Основний процес - деформація полімерної тари - залишається невизначеним.

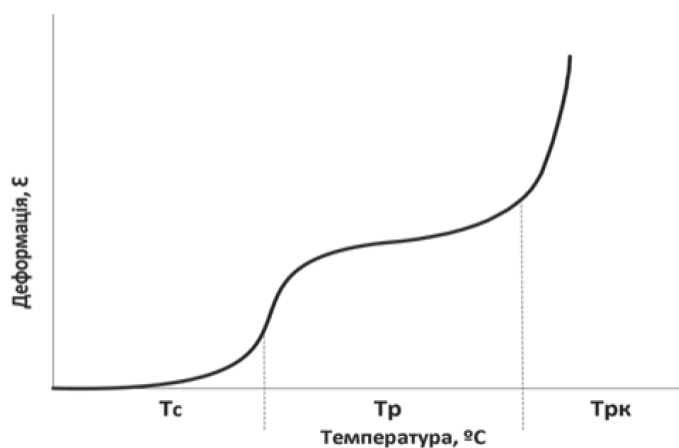


Рис. 1.5. Схематичне зображення термомеханічної кривої

Згідно з графіком на рис. 1.5, опір деформації заготовки змінюється відповідно до температури. У зоні цільової температури преформи ПЕТ-матеріал набуває пружних властивостей гуми.

Наведені поняття та визначення у даному розділі є основою для розуміння процесу нагрівання ПЕТ преформ. Вони допомагають зрозуміти, що

таке ПЕТ преформа, який процес відбувається і які фактори на нього впливають.

1.2. Загальні принципи нагрівання ПЕТ преформ

Теплові процеси нагрівання ПЕТ преформ є вирішальними для виробництва якісних пляшок та контейнерів з ПЕТ. Ці процеси включають кілька ключових аспектів, які забезпечують, що матеріал має правильні температурні та фізичні властивості для формування. Процес нагрівання ПЕТ преформ є важливим етапом у виробництві пластикових пляшок. Він дозволяє зробити пет преформ м'яким і податливим, щоб його можна було легко сформувати в пляшку.

Основні параметри технології, що визначають хід процесів нагрівання і видування ПЕТ-пляшок з заготовок, впливають на якість кінцевого продукту. Ці параметри включають температуру преформи, потужність інфрачервоних ламп, тиск при формуванні пляшки, швидкість формування і охолодження, геометрію виробу, властивості полімеру, температуру і вологість середовища та інше.

Нагрів преформи є ключовим етапом, займаючим 50-80% циклу формування виробу. Розподіл температурного профілю має важливе значення, оскільки нерівномірний розігрів може спричинити нерівномірну деформацію та розрив пляшки. Поточний метод регулювання не враховує зовнішні впливи та фізичні властивості заготовок, що може призводити до втрат якості та продуктивності. Вирішенням є розробка математичної моделі нагрівання для оптимізації температурного профілю.

Аналіз наявної літератури вказав на дефіцит у теперішньому методі регулювання нагрівання преформи, оскільки він не враховує зовнішні впливи, такі як умови виробничого цеху та фізичні властивості використовуваних заготовок (преформ). Оцінка якості прогріву залишається суб'єктивною і залежить від емпіричного досвіду оператора установки. Це може призводити

до втрати якості готових пляшок, зниження продуктивності та нерегулярності роботи обладнання.

Оскільки формування ПЕТ-пляшок в основному відбувається за рахунок деформації, оптимальна температура для кожної окремої зони нагріву повина вибиратися з урахуванням особливостей деформаційної поведінки полімерного матеріалу та його особливих характеристик.

Прогрівання заготовки відбувається у так званій печі видування, де станція нагріву складається з дев'яти камер. Кожна камера містить дев'ять горизонтально розташованих ламп інфрачервоного випромінювання. Кожна лампа відповідає за свою зону розігріву на заготовці і регулюється за допомогою потужності нагріву. В цьому випадку, потужність контролюється регулюванням струму для живлення розжарювальних ламп. Спіраль лампи випромінює тепло в інфрачервоному діапазоні, і відповідно до закону Стефана-Больцмана, існує зв'язок між температурою та потужністю променистого тепла.

$$Q_{\text{вип}} = (q_{\text{heater}} - q_{\text{air}}) \cdot F_{\text{пов}} \cdot t \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{вип}}$ – потужність випромінювання в печі, Вт;

q_{heater} – тепловіддача від інфрачервоного нагрівача до полімерного матеріалу (преформи), Вт/м²;

q_{air} – тепловіддача навколишньому повітрю, Вт/м²;

$F_{\text{пов}}$ – площа преформи, що опромінюється, м²;

t – час перебування заготовки в зоні випромінювання камерою, с;

Структурно-параметричну схему процесу потужності розігріву преформи в печі для видування ПЕТ-пляшок можна представити згідно з [1.6]. Для забезпечення стабільного температурного профілю у виробництві ПЕТ-тари є доцільним введення каналу вимірювання початкової температури в потокову лінію виробництва тари. Під час нагрівання преформи важливо враховувати, що однією з необхідних умов є забезпечення мінімального перепаду температур між різними зонами заготовки. В іншому випадку може виникнути дефект, обумовлений неповною термічною обробкою всієї

товщини стінки преформи (рис. 1.7-1.10) з наведеним аналізом основних дефекті та методів виправлення.

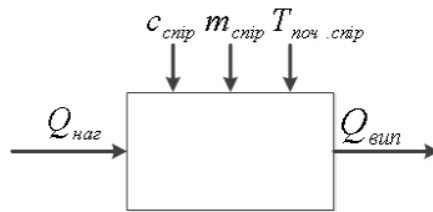


Рис. 1.6. Схема потужності розігріву преформи

де: $Q_{наг}$ – теплове розжарювання спіралі лампи,

$c_{спір}$ – питома теплоємність спіралі лампи,

$m_{спір}$ – маса спіралі лампи,

$T_{поч.спір}$ – середнє значення температури в цеху



Рис. 1.7. Дефект «руйнування пляшки при видуванні»

Таблиця 1.2

Причина	Вирішення проблеми
Нерівне / неправильне обертання утримувачів, нерівномірне нагрівання	Перевірити і відрегулювати обертання преформ на планшайбах (дефект нагрівання). Перевірити цілісність зубчастих коліс. Перевірити цілісність ланцюга і щіток механізму обертання планшайб.



Рис. 1.8. Дефект «кратер»

Таблиця 1.3

Причина	Вирішення проблеми
Температура преформи занадто висока для видування	Зменшити температуру нагрівальних виробів
Витяжні шторки не відрегульовані	Перевірити і відрегулювати висоту
Неправильно нагрівається основа	Зменшити температуру



Рис. 1.9. Дефект «перлова муть»

Таблиця 1.4

Причина	Вирішення проблеми
Температура преформ – недостатня для видування	Збільшити температуру нагрівального модуля
Неправильний профіль нагріву преформ	Збільшити температуру нагрівання. Закрити або відкалібрувати всі регулятори повітряного потоку.
Неправильна (надлишкова) витяжка преформи	Перевірити і відрегулювати тиск і об'єм повітря попереднього видування. Перевірити і відрегулювати затримку подачі повітря попереднього видування.



Рис. 1.10. Дефект «надлишок матеріалу на горловині»

Таблиця 1.5

Причина	Вирішення проблеми
Повітря попереднього видування подається занадто рано	Створити (збільшити) затримку при подачі повітря попереднього видування. Перевірити і відрегулювати впуск повітря попереднього видування, шляхом видування пляшки без завершення циклу (без повітря високого тиску). Закрити або відкалібрувати всі регулятори повітряного потоку. Перевірити рівномірність нагріву по висоті преформ.

1.3. Типи нагрівачів для ПЕТ преформ

У виробництві ПЕТ-преформ використовують різні типи нагрівачів. Електричні нагрівачі зазвичай є поширеними, вони забезпечують точний та ефективний контроль температури. Також використовують інфрачервоні нагрівачі, які можуть бути більш енергоефективними. Важливо враховувати, що вибір нагрівача впливає на якість та однорідність нагрівання преформ для отримання оптимальної форми та властивостей.

Оптимальний тип нагрівача для ПЕТ преформ залежить від різних факторів, таких як:

1. Розмір та форма преформ: Нагрівач повинен бути здатний рівномірно нагрівати преформу у всіх її частинах. Для більших або складніших преформ можуть бути потрібні більш потужні нагрівачі або навіть системи з більшим числом нагрівальних зон.

2. Виробнича потужність: Оптимальний тип нагрівача може залежати від потреб виробничого процесу, таких як швидкість виробництва та рівень автоматизації.

3. Енергоефективність: Вибір нагрівача також може базуватися на його енергоефективності, зокрема на тому, наскільки ефективно він перетворює електроенергію у тепло.

4. Контроль температури: Деякі типи нагрівачів можуть мати більш точний контроль температури, що є важливим для досягнення оптимальних умов формування преформ.

5. Витрати на обслуговування: Враховуючи витрати на обслуговування та ремонт, можливо, буде краще обрати нагрівачі з довшіми та надійнішими компонентами.

6. Вимоги щодо якості виробу: Деякі типи нагрівачів можуть мати вплив на якість кінцевого виробу, тому важливо вибирати такий тип, який забезпечить необхідну якість пляшок або інших виробів з ПЕТ. Для великих ПЕТ преформ, які необхідно нагріти швидко і рівномірно, найкраще використовувати теплопровідні або випромінювальні нагрівачі.

Для невеликих ПЕТ преформ, які можна нагріти повільніше, можна використовувати конвекційні нагрівачі.

Інфрачервоні нагрівачі для ПЕТ-преформ використовують електромагнітне випромінювання, яке нагріває преформу шляхом поглиблення в матеріалі. Це дозволяє досягти швидкого та ефективного нагрівання, зменшуючи витрати енергії. Інфрачервоні нагрівачі відрізняються високою точністю у керуванні температурою, що є важливим для однорідного нагрівання преформ і отримання якісної продукції ПЕТ-пляшок.

Згідно літературних джерел інфрачервоний нагрівач преформ складається з нагрівальної камери 1, в якій встановлено інфрачервоні випромінювачі 2, що зображено на рис. 1.11 загальний вид пристрою, вигляд спереду, на рис. 1.12 механізм завантаження преформ, переріз А-А. на рис. 1.13 механізм завантаження преформ, переріз Б-Б. Вздовж камери встановлено два вертикально-замкнуті ланцюгових конвеєра 3, які огинають приводні 4 та натяжні зірочки 5. Ланцюги конвеєра 3 з'єднані між собою планками 6 із штирями 7. Біля приводної зірочки 4 встановлено ложемент 8 з гніздами для

преформ, над яким встановлено живильник 9. Зі сторони протилежної ведучій зірочці 4 встановлено перештовхувач 10 преформ у гнізда 7 конвеєра 3. Зі сторони натяжних зірочок 5 встановлено приймальний живильник 11 видувної машини. Пристрій працює наступним чином.

Заготовки преформ 12 через живильник 9 надходять в гнізда ложементу 8. При наявності заготовок 12 в усіх гніздах ложементу вони переміщуються перештовхувачем 10 на гнізда 7 конвеєра 3. При обертанні зірочок 4 заготовки преформ 12 знімаються з ложементу 8 і транспортуються ланцюгом 3 в нагрівальну камеру 1, де розігріваються до пластичного стану та вивантажуються в приймальний живильник 11 видувної машини.

Внаслідок запропонованого конструктивного рішення нагрівача преформ суттєво спроститься його конструкція, матеріалоемність та монтаж пристрою і, як наслідок, надійність його роботи.

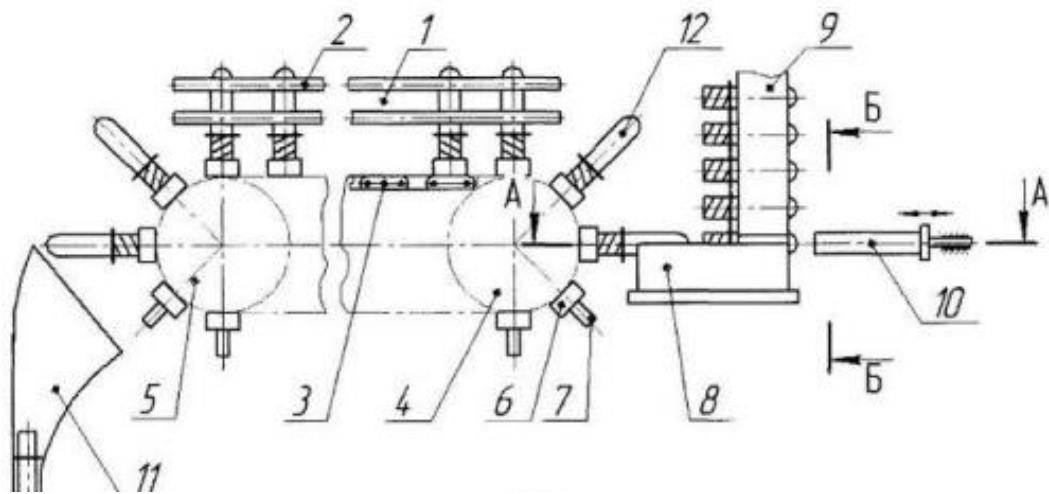


Рис. 1.11.

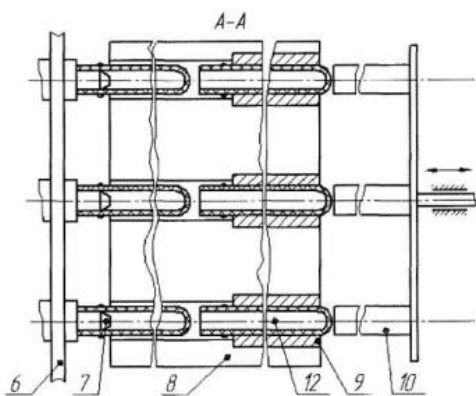


Рис. 1.12.

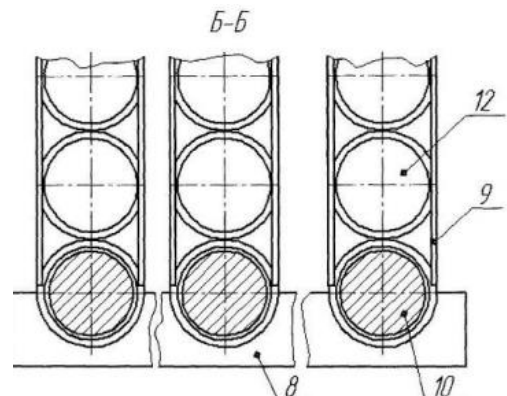


Рис. 1.13.

Дана модель втілює задачу вдосконалення нагрівача преформ шляхом заміни механізму для завантаження преформ на пристрій простішої конструкції.

В підсумку для виробництва ПЕТ-преформ можна використовувати різні типи нагрівачів для оптимального нагрівання матеріалу. Так, електричні нагрівачі є поширеними і надають точний контроль температури. Інфрачервоні нагрівачі ефективно використовують електромагнітне випромінювання для швидкого та енергоефективного нагрівання. Газові нагрівачі можуть забезпечити високу продуктивність, використовуючи природний газ. В залежності від конкретних вимогам виробництва та бажаної якості кінцевого продукту залежить вибрати типу нагрівача .

1.4. Устаткування для нагрівання ПЕТ преформ

Устаткування для нагрівання ПЕТ-преформ включає нагрівачі різних типів, такі як електричні, інфрачервоні чи газові, які забезпечують ефективне та однорідне нагрівання матеріалу. Для оптимізації процесу використовують конвеєрні системи з гніздами для преформ, обладнані механізмами завантаження, ложементами, живильниками та перештовхувачами. Це устаткування дозволяє досягти потрібної температури для формування ПЕТ-пляшок з високою якістю та однорідністю.

Устаткування для нагрівання ПЕТ преформ складається з наступних основних елементів: нагрівача, камери нагрівання, системи контролю температури та система збору даних

При цьому нагрівач може бути конвекційним, теплопровідним або випромінювальним. Система контролю температури дозволяє контролювати температуру нагрівання ПЕТ преформи. Це важливо для забезпечення рівномірного нагрівання ПЕТ преформ. Система збору даних збирає дані про процес нагрівання ПЕТ преформ. Ці дані можуть використовуватися для аналізу процесу нагрівання і для вдосконалення його ефективності.

Нижче можна розглянути кілька прикладів обладнання для нагрівання ПЕТ преформ:

- Конвекційна піч для нагрівання ПЕТ преформ
- Теплопровідний нагрівач для ПЕТ преформ
- Випромінювальний нагрівач для ПЕТ преформ

Устаткування для нагрівання ПЕТ преформ є важливим елементом процесу виробництва пластикових пляшок. Правильне обладнання може забезпечити рівномірне нагрівання ПЕТ преформ, що є важливим для отримання якісних пляшок.

Експериментальна установка для нагрівання ПЕТ преформ складається з наступних елементів:

Нагрівач - це джерело тепла, яке нагріває ПЕТ преформ. У цьому випадку використовується конвекційний нагрівач, який нагріває повітря, яке потім нагріває ПЕТ преформ.

Камера нагрівання - це герметична камера, в якій знаходиться ПЕТ преформ. Камера нагрівання дозволяє контролювати температуру нагрівання ПЕТ преформ.

Система контролю температури - це система, яка контролює температуру нагрівання ПЕТ преформ. Система контролю температури складається з термометра і контролера температури.

Система збору даних - це система, яка збирає дані про процес нагрівання ПЕТ преформ. Система збору даних складається з датчиків температури і реєстратора даних.

На рис. 1.14 зображена машина для виготовлення пляшок, яка складається з наступних основних елементів:

- Електродвигун, який приводить в рух всі механізми машини.
- Трансмсія, яка передає крутний момент від електродвигуна до інших механізмів машини.
- Система нагрівання, яка нагріває ПЕТ-преформ.

- Система формування, яка формує пляшки з розплавленого ПЕТ.
- Система охолодження, яка охолоджує пляшки після формування.



Рис. 1.14. Ротаційна видувна машина

Процес нагрівання ПЕТ-преформи в машині для виготовлення пляшок відбувається наступним чином:

1. ПЕТ-преформи подаються в машину за допомогою конвеєра.
2. ПЕТ-преформи поміщаються в камеру нагрівання.
3. Повітря або газ, що нагрівається в теплообміннику, подається в камеру нагрівання.
4. ПЕТ-преформи нагріваються до температури плавлення.
5. ПЕТ-преформи виходять з камери нагрівання.

Нагрівання ПЕТ-преформи в машині для виготовлення пляшок є важливим етапом процесу виробництва пляшок. Правильне нагрівання забезпечує рівномірне розплавлення ПЕТ-преформи і якість поверхні пляшок.

До ключових факторів, які впливають на процес нагрівання ПЕТ-преформи в машині для виготовлення пляшок можна віднести:

- Температуру повітря або газу, що використовується для нагрівання ПЕТ-преформи.
- Тривалість нагрівання.
- Швидкість нагрівання.
- Рівень тиску в камері нагрівання.

Розглянемо кожен з них:

1. Температура повітря або газу, що використовується для нагрівання ПЕТ-преформи: Цей параметр важливий, оскільки температура нагріву повинна бути достатньою, щоб розплавити ПЕТ і забезпечити його формування в пляшку, але водночас не повинна бути занадто високою, щоб уникнути деформації або перегріву преформ.

2. Тривалість нагрівання: Цей параметр вказує на час, протягом якого преформи піддаються тепловому впливу. Він впливає на рівномірність нагріву та на якість кінцевого виробу.

3. Швидкість нагрівання: Швидкість, з якою преформи нагріваються, може впливати на їхню якість та вигляд. Занадто швидке нагрівання може призвести до нерівномірного нагріву та деформації преформ, тоді як занадто повільне нагрівання може вплинути на продуктивність виробництва.

4. Рівень тиску в камері нагрівання: Тиск у камері нагрівання також може впливати на процес. Він може бути регульований для забезпечення оптимального розплавлення та формування преформ.

Ці фактори повинні бути ретельно контрольовані, щоб забезпечити правильний процес нагрівання ПЕТ-преформ і якість пляшок.

Управління цими параметрами допомагає забезпечити ефективність та якість процесу формування пляшок з ПЕТ-преформ.

При цьому важливим також є проведення розрахунку теплового потоку та теплопередачі від нагрівальних елементів до преформ, що здійснюється за наступними формулами:

Формула для розрахунку теплового потоку

$$Q' = k \cdot A \cdot \Delta T \quad (1.2)$$

де:

Q' - тепловий потік,

k - коефіцієнт теплопередачі,

A - площа поверхні нагріву,

ΔT - різниця температур.

Розрахунок формул для теплового потоку при нагріванні ПЕТ-преформ (поліетилентерефталат) є важливим для процесу виробництва пластикових пляшок. Це дозволяє оптимізувати параметри нагрівання, забезпечуючи рівномірне розплавлення матеріалу і формування необхідної структури пляшки під час процесу формування

Кількість ПЕТ-преформ, які можна нагріти за один цикл, визначається за формулою:

$$n = N \cdot V / t, \quad (1.4)$$

де:

n - кількість ПЕТ-преформ, які можна нагріти за один цикл;

N - кількість ПЕТ-преформ у камері нагрівання;

V - об'єм пляшки;

t - час нагрівання.

Загальна потужність нагрівачів визначається за формулою:

$$P = n \cdot Q, \quad (1.5)$$

де:

P - загальна потужність нагрівачів;

n - кількість ПЕТ-преформ, які можна нагріти за один цикл;

Q - витрата тепла на нагрівання.

Визначення загальної потужності нагрівачів за формулою важливе для налагодження ефективного процесу нагрівання у виробництві. Ця формула дозволяє точно визначити, скільки енергії необхідно передавати нагрівальним елементам для досягнення необхідної температури преформ у процесі виготовлення пластикових пляшок. Це важливо для забезпечення якісного та ефективного формування продукту.

Витрати тепла на нагрівання визначаються за формулою:

$$Q = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1), \quad (1.6)$$

де:

c - питома теплоємність ПЕТ-преформ;

m - маса ПЕТ-преформи;

T_2 - температура формування пляшки;

T_1 - температура подачі ПЕТ-преформи.

Питома теплоємність (або теплоємність на одиницю маси) ПЕТ-преформи зазвичай становить близько 1,4-1,5 Дж/(г·°C) при нормальних умовах. Однак, це значення може коливатися в залежності від конкретної формули полімеру, використовуваних добавок або наповнювачів, а також від температури та інших факторів. Відносні похибки розрахунків можна оцінити наступним чином:

випромінюванням.

Процес зміни температури в системі нагріву преформи може бути описаний наступним рівнянням:

$$m_{\text{п}} \cdot c_{\text{п}} \frac{dT_{\text{п}}}{dt} = m_{\text{п}} \cdot c_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}0} + T_{\text{в}} - \alpha_{\text{пр}} \cdot F(T_{\text{п}} - T_{\text{кам}}) - \alpha_{\text{д}} \cdot F(T_{\text{п}} - T_{\text{кам}}), \quad (1.7)$$

де $m_{\text{п}}$, $c_{\text{п}}$ — маса та теплоємність ПЕТ-заготовки;

$T_{\text{п}0}$ — початкова температура преформи,

$T_{\text{в}}$ — температура, яку отримує заготовка від інфрачервоного випромінювання,

$\alpha_{\text{пр}}$ — коефіцієнт конвективного теплообміну преформи з оточуючим повітрям,

F — площа преформи,

$T_{\text{кам}}$ — температура в камері нагріву,

$\alpha_{\text{д}}$ — коефіцієнт конвективного теплообміну преформи з оточуючим повітрям під час охолодження природною циркуляцією на шляху до пресформи видуву.

У рівнянні (1.7) на температуру преформи $T_{\text{п}}$ в основному впливає $T_{\text{в}}$ в основному через канал регулювання температури $T_{\text{п}}$ і знаходиться під впливом постійного нагріву маси заготовки. Заготовка проходить через дев'ять нагрівальних камер, кожна з яких освітлюється 10 лампами через заготовку).

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Вибір обладнання та матеріалів

Вибір обладнання та матеріалів для дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформи в машині для виготовлення пляшок залежить від певних факторів. Перш ніж вибирати обладнання та матеріали, необхідно визначити мету дослідження. Якщо мета дослідження визначення оптимальної температури нагрівання ПЕТ-преформи, то можна використовувати просте обладнання, наприклад, термометр. Якщо мета дослідження – це виявлення нерівномірності нагрівання ПЕТ-преформи, то необхідно використовувати більш складне обладнання, наприклад, тепловізор.

Вибір обладнання та матеріалів також залежить від доступних ресурсів. Більш складне обладнання, як правило, більш дороге і вимагає більшої кваліфікації для його використання.

Розглянемо приклад вибору обладнання та матеріалів для дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформи в машині для виготовлення пляшок. Мета дослідження – це визначення оптимальної температури нагрівання ПЕТ-преформи для отримання пляшок високої якості.

Для досягнення цієї мети можна використовувати наступне обладнання та матеріали:

- камера нагрівання;
- термометр;
- ПЕТ-преформа.

Камера нагрівання повинна бути достатньою за розміром, щоб вмістити ПЕТ-преформи і забезпечити рівномірне нагрівання. Термометр – точним і надійним. ПЕТ-преформа має бути стандартного розміру і форми.

Дане обладнання та матеріали дозволяють провести дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформи і визначити оптимальну температуру нагрівання.

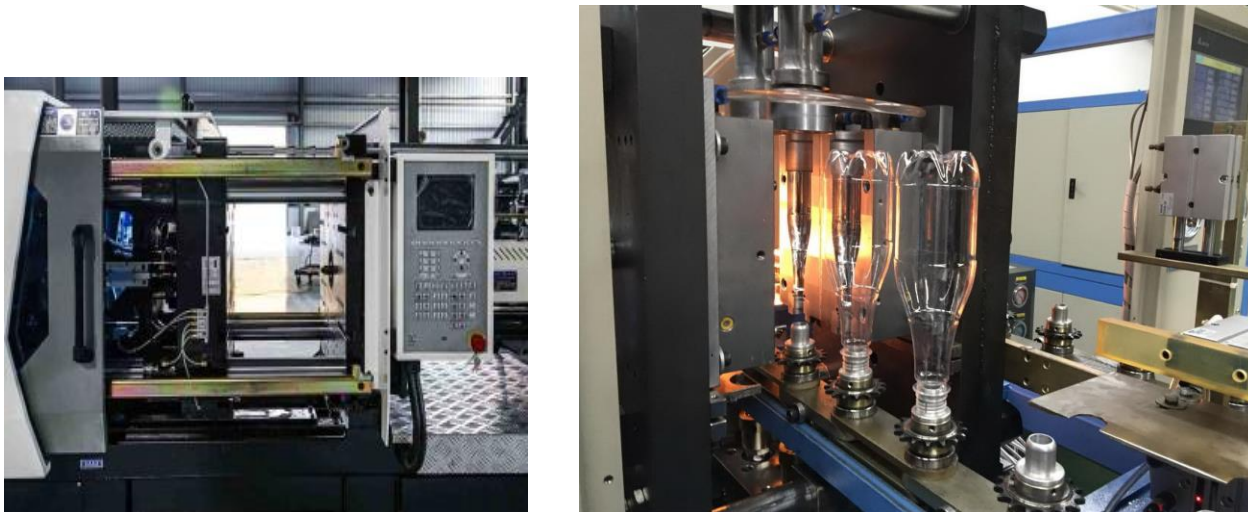


Рис. 2.1. Обладнання та виготовлення ПЕТ преформ

Крім розглянутого прикладу, існують і інші варіанти обладнання та матеріалів, які можна використовувати для дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформи. Наприклад, для виявлення нерівномірності нагрівання ПЕТ-преформи можна застосувати тепловізор. Для визначення характеристик ПЕТ-преформи, які впливають на процес нагрівання, обирають спектрофотометр. Для розробки нових методів нагрівання ПЕТ-преформи використовують комп'ютерну симуляцію.

Крім того, устаткування для виготовлення ПЕТ-преформ рис. 2.2 може включати наступні елементи:

- Систему підготовки та сушіння сировини ПЕТ;
- Систему завантаження сировини;
- Дозатори барвника (при необхідності);
- Термопластавтомат;
- Прес-форма;
- Систему охолодження (чилер);
- Систему кондиціонування (за потреби);
- Транспортер (для переміщення готової продукції);

Подрібнювач відходів, що утворюються під час переналагодження виробництва.



Рис. 2.2. Термопластавтомат для виробництва ПЕТ преформ

Також, обов'язково має бути наявним обладнання для перевірки якості ПЕТ преформ. Сьогодні існує широкий асортимент пристроїв, що відповідають будь-яким вимогам контролю якості виробників ПЕТ-преформ, що полегшує процес їх виробництва. На рис. 2.3. зображено один із прикладів таких установок це пристрій PV002C.



Рис. 2.3. Пристрій PV002С, для оцінки якості ПЕТ-преформ

Пристрій PV002С, розроблений лабораторією з контролю якості, призначений для щоденного високоточного контролю прозорих ПЕТ-преформ, включаючи шийку, дно, корпус та зону різьблення. Процес контролю включає виявлення дефектів кольору, вимірювання діаметра та товщини стінок, перепендикулярності, ваги та кольору. У пристрої PV002С імплементований спеціальний модуль, який використовує сучасні інструменти штучного інтелекту для перевірки за допомогою поляризованого світла. Використовуючи надзвичайно швидкий та контрольований процес зміни формату, оператор може легко переключатися між преформами з різними параметрами діаметра, довжини та кольору, не вдаючись до використання інструментів, за декілька простих кроків.

2.2. Визначення методів дослідження

У даному розділі розглядаються методи дослідження, які можуть бути використані для вивчення процесу нагрівання ПЕТ-преформ. Методи дослідження дозволяють отримати інформацію про процес нагрівання, яка може бути використана для його оптимізації.

Першим розглянемо метод встановлення рівня, використання якого необхідно для моделювання поверхонь в задачах течії двофазного потоку рідини. Ці методи ґрунтуються на неявному формуванні поверхонь за допомогою так званих функцій встановлення рівнів, що дозволяє вирішити задачу течії двофазного потоку на фіксованій сітці в області течії. Поки конституційні рівняння формулюються в домені всього потоку, методи диференціації рівня можуть використовуватися для розрізнення властивостей матеріалу. Метод встановлення рівня, який описується в даній роботі, раніше вже використовувався для моделювання процесів формування скла.

Основні переваги методів встановлення рівня для вирішення цієї проблеми полягають у точно зафіксованих поверхнях, що дозволяє природно враховувати топологічні зміни та уникати складних алгоритмів з'єднання. Ці методи також легко узагальнюються до тривимірних задач і дозволяють прямий розрахунок властивостей поверхні, таких як нормаль та кривизна. Однак недоліками методів встановлення рівня є їхній загальний неконсервативний характер. Основна ідея цих методів полягає в тому, щоб вставити кожну рухому поверхню між полімерними та повітряними доменами та стрижнем як набір нульових рівнів функції встановлення рівня ϕ .

Однією з труднощів, що виникають при використанні методів встановлення рівнів, є збереження бажаної форми функції встановленого рівня. При високих швидкостях потоку властивості заданої відстані не залишаються незмінними, але можуть значно спотворювати та розтягувати форму функції, що в результаті призводить до додаткових чисельних труднощів. Щоб уникнути цього, еволюція функції встановленого рівня

зупиняється на певний момент часу, щоб відновити задані зв'язки. Цей процес відомий як повторна ініціалізація.

Крім того будуть використовуватися також такі методи, як:

-Теоретичні дослідження: вивчення наукових джерел з питань нагрівання ПЕТ-преформи, розробка математичної моделі процесу;

-Експериментальні дослідження: проведення експериментів з нагріванням ПЕТ-преформи в умовах промислової машини для виготовлення пляшок.

Теоретичні дослідження будуть проводитися з використанням методів математичного моделювання, статистичного аналізу та аналізу даних. На основі теоретичних досліджень буде розроблена математична модель процесу нагрівання ПЕТ-преформи, яка дозволить оцінити вплив факторів процесу на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Експериментальні дослідження будуть проводитися в умовах промислової машини для виготовлення пляшок . В рамках експериментальних досліджень будуть вивчатися такі фактори процесу нагрівання ПЕТ-преформи:

- Температура нагрівання преформ;
- Тривалість нагрівання преформ;
- Швидкість нагрівання преформ;
- Рівень тиску в камері нагрівання.

Для оцінки впливу факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформи на якість і продуктивність виготовлення пляшок будуть використовуватися такі методи:

1. Фізичні методи: вимірювання температури, тиску, часу нагрівання, якості поверхні пляшок.
2. Хімічні методи: аналіз складу і структури ПЕТ-преформи і пляшок.
3. Статистичний аналіз: обробка експериментальних даних і оцінка впливу факторів на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Вибрані методи дослідження дозволять досягти поставленої мети дослідження і отримати очікувані результати.

2.3. Проведення експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформ в машині для виготовлення пляшок проводяться в наступних етапах:

На першому етапі готуються необхідні обладнання та матеріали: машина для виготовлення пляшок та прилади для вимірювання температури, тиску, часу нагрівання, якості поверхні пляшок.

Нами для проведення експерименту була обрана ПЕТ пляшка загальний вигляд кофігурації якої наведено на рисунку 2.4.



Рис. 2.4. Вигляд ПЕТ-пляшки для дослідження

На пляшці були виконані засічки за допомогою циркуля. За допомогою лінійки виміряли висоту на кожній засічці, а також, використовуючи штангенциркуль, виміряли діаметр пляшки на цих засічках. Отримані виміри дозволили провести подальше креслення для моделювання процесу видуву.

Наступним етапом було розрізання об'єкта дослідження для вимірювання товщини стінок. Товщину вимірювали за допомогою штангенциркуля. Результати вимірювань представлені на рисунку 2.5.

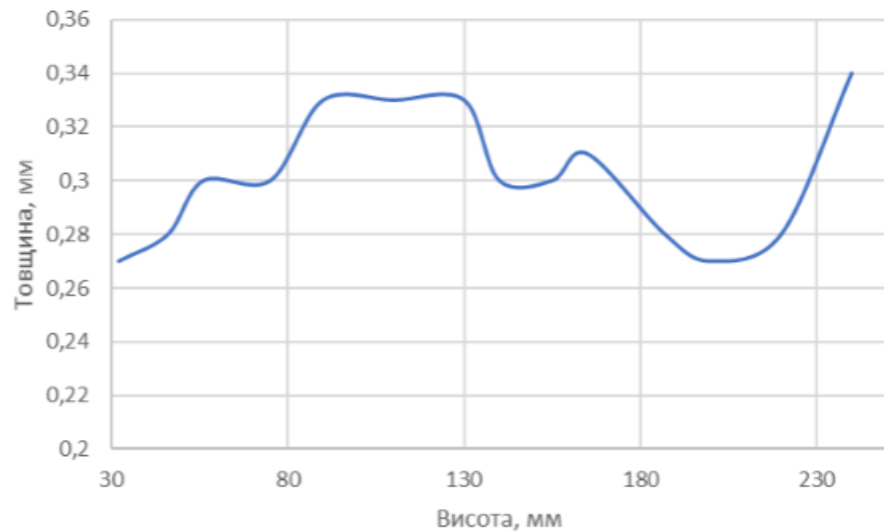


Рис. 2.5. Розподіл товщини стінки пляшки по висоті

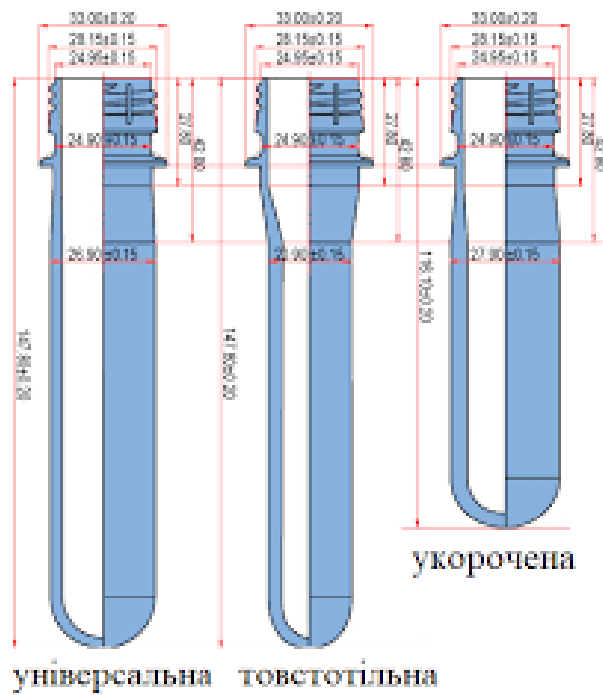


Рис. 2.6. Різновиди конфігурацій заготовок

На другому етапі вимірювалися початкові характеристики ПЕТ-преформи, такі як маса, розмір, товщина стінок, хімічний склад.

На третьому етапі проводиться зміна одного або декількох факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформи, таких як:

- Температура повітря або газу.
- Тривалість нагрівання.
- Швидкість нагрівання.

- Рівень тиску в камері нагрівання.

Для кожного значення фактора проводиться кілька експериментів, щоб отримати стійкі результати.

Після кожного експерименту, на четвертому етапі вимірюються характеристики пляшок, отриманих в результаті формування, а саме:

- Маса.
- Розміри.
- Товщина стінок.
- Якість поверхні.

На п'ятому етапі обробляються експериментальні дані за допомогою методів статистичного аналізу. Мета обробки – оцінити вплив факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформи на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

На основі отриманих результатів робляться висновки про вплив факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформ на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

При проведенні експериментальних досліджень слід дотримуватися таких правил:

- Експерименти повинні проводитися в контрольованих умовах.
- Експерименти повторюються кілька разів для кожного значення фактора, щоб отримати стійкі результати.
- Експерименти виконують у присутності фахівців.

Експериментальні дослідження є важливим етапом дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформи. На основі отриманих результатів можна розробити рекомендації щодо підвищення якості і продуктивності виготовлення пляшок.

2.4. Обробка експериментальних даних

Експериментальні дані, отримані в рамках дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформи в машині для виготовлення пляшок, обробляються за допомогою методів статистичного аналізу.

Метою обробки експериментальних даних є оцінка впливу факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформи на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Для обробки експериментальних даних використовуються такі методи:

Описова статистика – дозволяє описати основні характеристики експериментальних даних, такі як середнє значення, стандартне відхилення, мінімальне і максимальне значення.

Аналіз тенденцій – виявляє тенденцій в експериментальних даних, таких як зростання, спад або стабільність.

Аналіз взаємозв'язків – це наявність взаємозв'язків між різними факторами процесу нагрівання ПЕТ-преформи.

Описова статистика дозволяє отримати основні характеристики експериментальних даних. Для кожної вимірюваної характеристики обчислюється середнє значення, стандартне відхилення, мінімальне і максимальне значення.

Аналіз тенденцій дозволяє виявити наявність тенденцій в експериментальних даних. Для цього використовуються такі методи, як:

- Графічний аналіз будують графіки експериментальних даних і виявити наявність тенденцій за допомогою візуального огляду.
- Аналіз трендів визначає математичне рівняння, яке описує тенденцію в експериментальних даних.

Аналіз взаємозв'язків – це наявність взаємозв'язків між різними факторами процесу нагрівання ПЕТ-преформи. Для цього використовуються такі методи, як:

- Кореляційний аналіз – це оцінка сили і напрямку взаємозв'язку між двома факторами.
- Регресійний аналіз – це математичне рівняння, яке описує взаємозв'язок між двома факторами.

На основі обробки експериментальних даних можна зробити висновки про вплив факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформ на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Однак, слід враховувати, що висновки, зроблені на основі обробки експериментальних даних, є лише ймовірними.

Розділ 3. Дослідження процесу нагрівання ПЕТ преформ

3.1. Опис експериментальної установки

Експериментальна установка для дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформ складається з наступних основних елементів:

1. Камера нагрівання преформ
2. Прес форм з механізмом подачі тиску в пресформи
3. Прилади для вимірювання використовуються для контролю температури, тиску, часу нагрівання і якості поверхні пляшок.

Прилади для вимірювання включають в себе:

Термометри – для вимірювання температури повітря або газу в камері нагрівання.

Манометри – для вимірювання тиску в камері нагрівання.

Таймери – для вимірювання часу нагрівання.

Оптичні прилади – для оцінки якості поверхні пляшок.

Процес експерименту

Замикання пресформ виконується за допомогою важільного механізму з можливістю його фіксації, що дозволяє забезпечити можливість формування

пляшок з розплавлених ПЕТ-преформ за умови подачі в них стиснутого повітря.

В реальних умовах машина для виготовлення пляшок складається з наступних основних елементів:

- Шнек – захоплює ПЕТ-преформ і подає її в камеру нагрівання.
- Камера нагрівання –нагріває ПЕТ-преформ.
- Форма –формує пляшку з розпавленої ПЕТ-преформ.
- Гільза — подає повітря або газ в камеру нагрівання.

Камера нагрівання

Камера нагрівання є пристроєм, в якому відбувається нагрівання ПЕТ-преформ.

Камера нагрівання складається з наступних основних елементів:

- Теплообмінник –нагріває повітря або газ, що використовується для нагрівання ПЕТ- преформ.
- Труба –подає повітря або газ в камеру нагрівання.
- Камера нагрівання –в якій відбувається нагрівання ПЕТ-преформ.
- Вихідний отвір –через який повітря або газ виходить з камери нагрівання.

Експеримент проводиться наступним чином:

1. ПЕТ-преформи подаються в машину для виготовлення пляшок.
2. Шнек захоплює ПЕТ-преформу і подає її в камеру нагрівання.
3. Повітря або газ, що нагрівається в теплообміннику, подається в камеру нагрівання.
4. ПЕТ-преформ нагрівається в камері нагрівання.
5. Розпавлена ПЕТ-преформ формується в пляшку.
6. Пляшка виводиться з машини для виготовлення пляшок.

Вимірювання

Під час експерименту вимірюються такі характеристики:

- Температура повітря або газу в камері нагрівання
- Тиск в камері нагрівання
- Час нагрівання
- Якість поверхні пляшки

На рисунку 3.1 наведено розподіл температури по довжині пляшки, на рисунках 3.2, 3.3 – розподіл по товщині стінки пляшки,

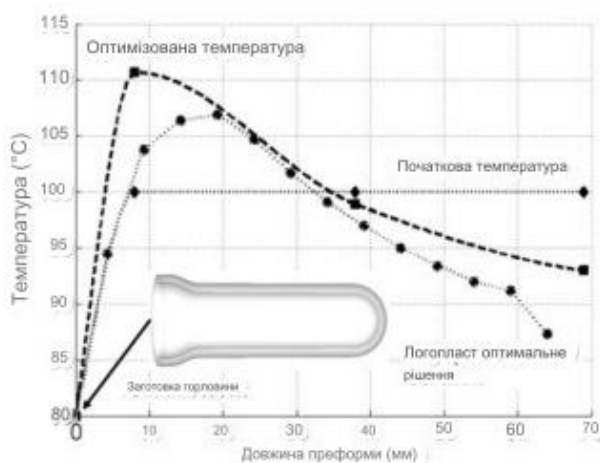


Рис. 3.1. Початковий та оптимізований розподіл температури по довжині преформи

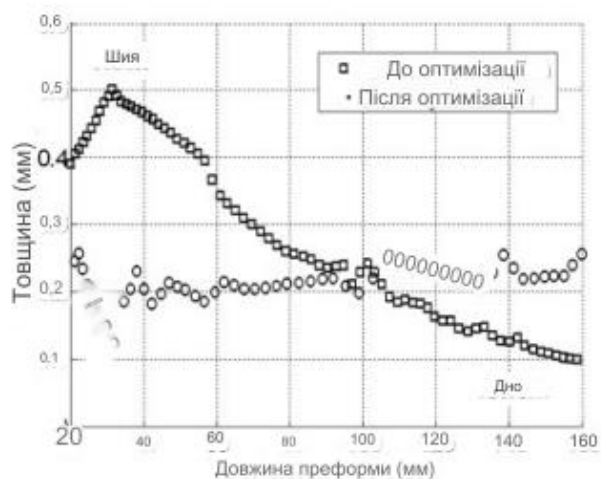


Рис. 3.2. Розподіл пляшки по товщині до і після оптимізації.

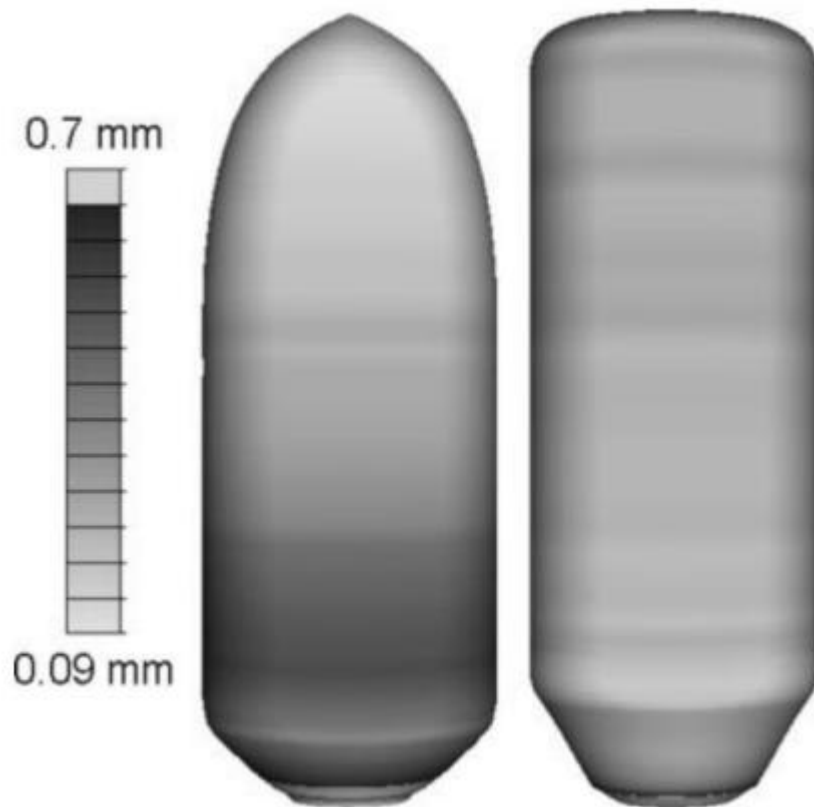


Рис. 3.3. Форми пляшок і розподіл товщини до і після оптимізації.

У рамках дослідження процесу нагрівання ПЕТ-преформ в машині для виготовлення пляшок було проведено ряд експериментів.

У ході експериментів було досліджено вплив таких факторів процесу нагрівання ПЕТ-преформ на якість і продуктивність виготовлення пляшок:

- Температура нагрівання ПЕТ-преформ
- Тривалість нагрівання ПЕТ-преформ
- Швидкість нагрівання ПЕТ-преформ
- Рівень тиску в камері нагрівання

Температура нагрівання ПЕТ- преформ

Було встановлено, що температура нагрівання ПЕТ-преформ є одним з найважливіших факторів, що впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Збільшення температури нагрівання ПЕТ-преформ призводить до наступних змін:

1. **Полімеризація і кристалізація:** Вища температура може сприяти більш швидкій полімеризації (формуванню молекулярних ланцюгів) та кристалізації полімеру, що може вплинути на механічні властивості та прозорість виробу.
2. **Зміна властивостей матеріалу:** Підвищення температури може змінити в'язкість полімеру, що може вплинути на його здатність до формування та розтягування. Це може мати вплив на процес формування ПЕТ-виробу та його якість.
3. **Зменшення часу формування:** Підвищення температури може призвести до зменшення часу, необхідного для нагрівання преформи до потрібної температури для формування. Це може збільшити продуктивність процесу формування.
4. **Ризик деформації або підпалювання:** При занадто високій температурі може виникнути ризик деформації ПЕТ-преформи або навіть її підпалювання, що може призвести до відбраковки продукції або небезпечних ситуацій на виробництві.
5. **Енергоефективність:** Підвищення температури може призвести до збільшення споживання енергії на нагрівання, що може підвищити витрати на виробництво.

На рисунку 3.4 та 3.5 наведено залежності зміни температури стінки ПЕТ пляшки по її довжині та товщині.

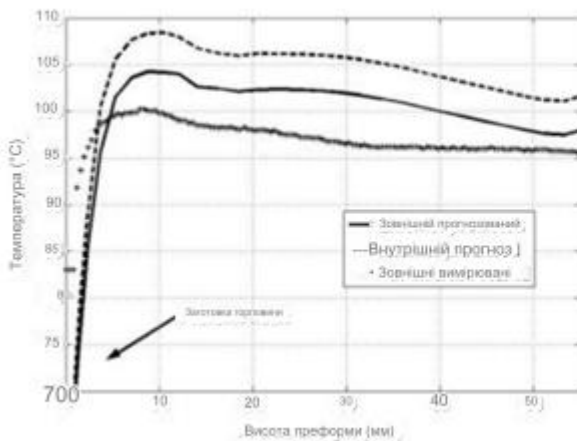


Рис. 3.4. Профіль зовнішньої температури по довжині преформи через 10 с охолодження.

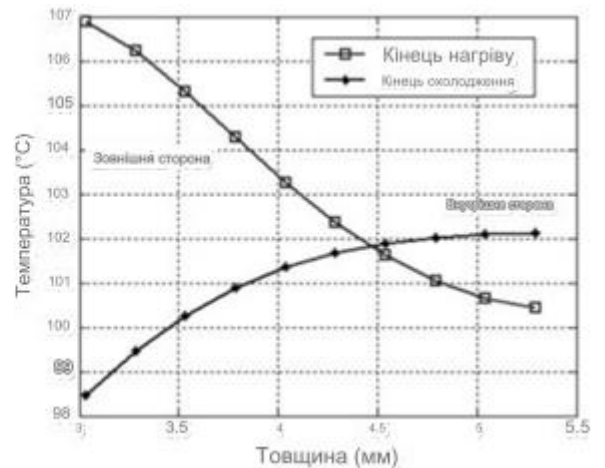


Рис. 3.5. Профілі температури через товщину стінки преформи.

Тривалість нагрівання ПЕТ-преформи також впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Тривалість нагрівання повинна бути достатньою для повного розплавлення ПЕТ-преформ, але не повинна бути занадто великою, щоб уникнути деформації ПЕТ- преформ.

Наприклад, при тривалості нагрівання 60 секунд було встановлено, що ПЕТ-преформи повністю розплавляються, але при тривалості нагрівання 90 секунд ПЕТ-преформи починають деформуватися.

Швидкість нагрівання ПЕТ-преформ

Швидкість нагрівання ПЕТ-преформ також впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Швидкість нагрівання повинна бути достатньо високою, щоб ПЕТ-преформи не встигли деформуватися, але не повинна бути занадто високою, щоб не погіршити якість поверхні пляшок.

Наприклад, при швидкості нагрівання 10 градусів Цельсія на секунду було встановлено, що ПЕТ-преформи не встигають деформуватися, але при

швидкості нагрівання 20 градусів Цельсія на секунду якість поверхні пляшок починає погіршуватися.

Рівень тиску в камері нагрівання

Рівень тиску в камері нагрівання впливає на рівномірність нагрівання ПЕТ-преформ.

Рівень тиску в камері нагрівання повинен бути достатньо високим, щоб забезпечити рівномірне нагрівання ПЕТ-преформ, але не повинен бути занадто високим, щоб не погіршити якість поверхні пляшок.

Наприклад, при рівні тиску в камері нагрівання 0,1 атмосфери було встановлено, що нагрівання ПЕТ-преформ відбувається нерівномірно, а при рівні тиску в камері нагрівання 0,2 атмосфери нагрівання ПЕТ-преформ відбувається рівномірно.

Контролювати тривалість нагрівання ПЕТ-преформ. Тривалість нагрівання повинна бути достатньою для повного розплавлення ПЕТ-преформ, але не повинна бути занадто великою, щоб уникнути її деформації.

Контролювати швидкість нагрівання ПЕТ-преформ. Швидкість нагрівання має бути достатньо високою, щоб ПЕТ-преформи не встигли деформуватися, але не повинна бути занадто високою, щоб не погіршити якість поверхні пляшок.

Контролювати рівень тиску в камері нагрівання. Рівень тиску в камері нагрівання повинен бути достатньо високим, щоб забезпечити рівномірне нагрівання ПЕТ-преформи.

Залежність зміни коефіцієнта теплопередачі від номінального тиску повітря представлено на рисунку 3.6. А зміна температури поверхні пляшки від часу зображено на рисунку 3.7.

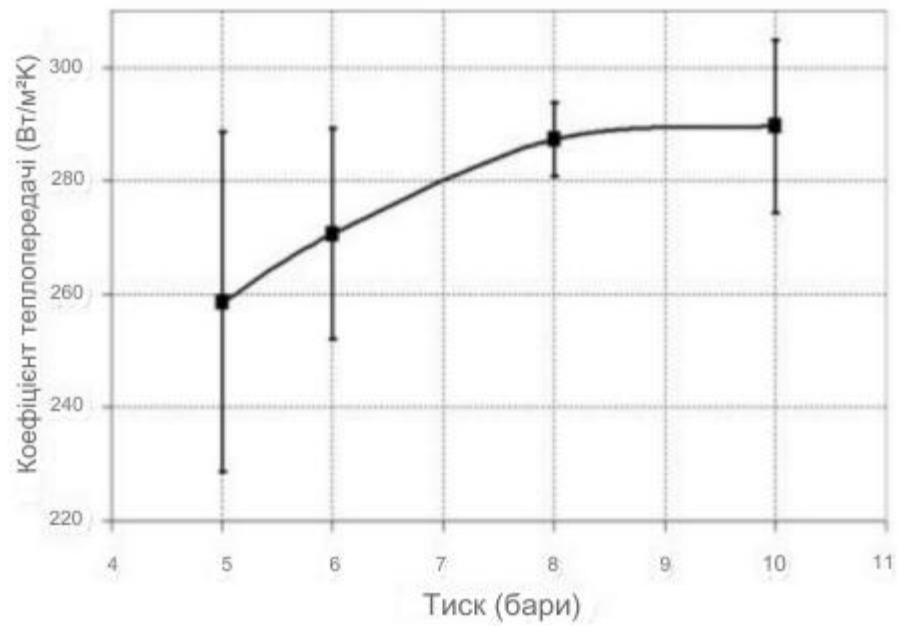


Рис. 3.6. Пікове значення коефіцієнта теплопередачі від номінального тиску повітря. Столпчики помилок показують ± 1 стандартне відхилення для набору з дев'яти випробувань.

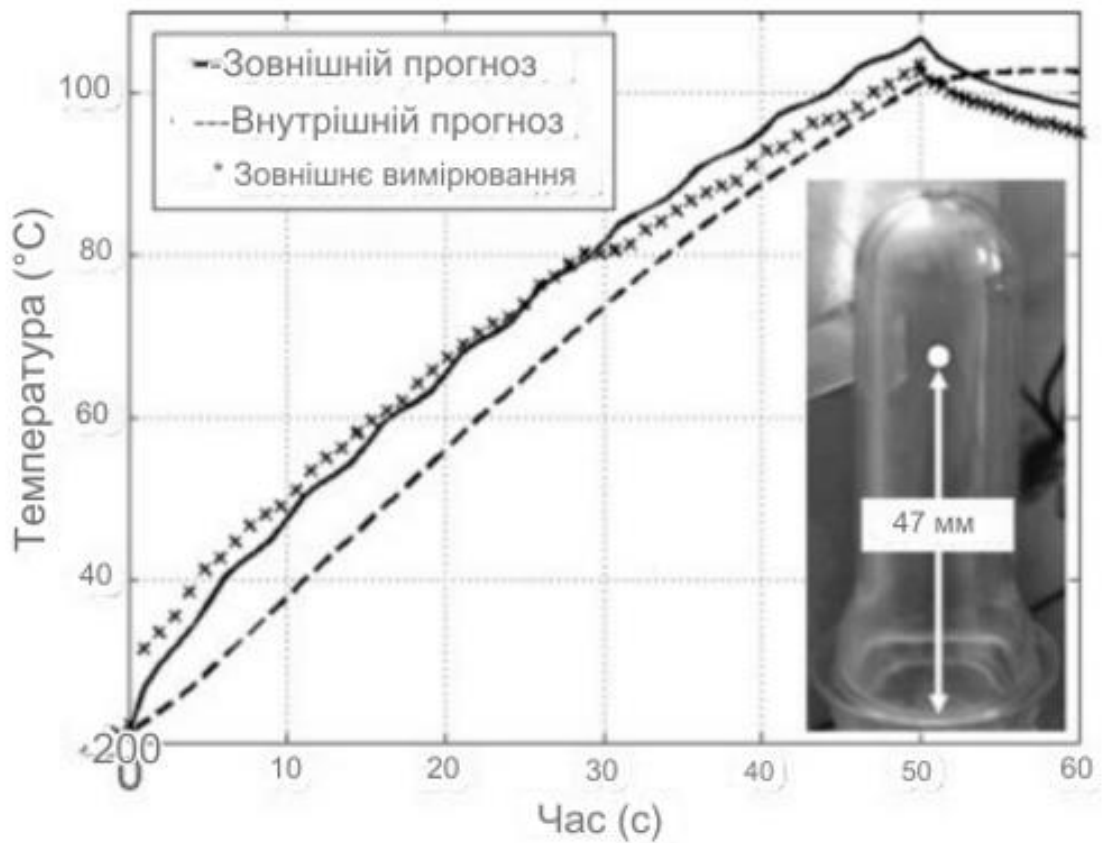


Рис. 3.7. Зміна температури поверхні в залежності від часу.

На основі проведених досліджень можна зробити висновки, що температура нагрівання ПЕТ-преформ є одним з найважливіших факторів, що впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок. Збільшення температури нагрівання ПЕТ-преформ сприяє підвищенню якості пляшок, зокрема, зменшенню розмірів і товщини стінок, а також покращенню якості поверхні. Вплив інших факторів, таких як тривалість нагрівання, швидкість нагрівання і рівень тиску в камері нагрівання, також є важливими.

На основі отриманих висновків можна зробити такі рекомендації щодо підвищення якості і продуктивності виготовлення пляшок:

Контролювати тривалість нагрівання ПЕТ-преформи. Тривалість нагрівання повинна бути достатньою для повного розплавлення, але не повинна бути занадто великою, щоб уникнути її деформації.

Контролювати швидкість нагрівання ПЕТ-преформи. Швидкість нагрівання має бути високою, щоб ПЕТ-преформи не встигли деформуватися, але незанадто високою, щоб не погіршити якість поверхні пляшок.

Контролювати рівень тиску в камері нагрівання. Рівень тиску в камері нагрівання повинен бути достатньо високим, щоб забезпечити рівномірне нагрівання ПЕТ-преформи.

Виконання цих рекомендацій дозволить підвищити якість і продуктивність виготовлення пляшок в машині .

У рамках дослідження процесу нагрівання ПЕТ преформ в машині для виготовлення пляшок було проведено ряд експериментів. У ході експериментів було досліджено вплив таких факторів процесу нагрівання ПЕТ преформ на якість і продуктивність виготовлення пляшок:

- Температура нагрівання ПЕТ преформ
- Тривалість нагрівання ПЕТ преформ
- Швидкість нагрівання ПЕТ преформ
- Рівень тиску в камері нагрівання

Температура нагрівання ПЕТ преформ

Було встановлено, що температура нагрівання ПЕТ преформ є одним з найважливіших факторів, що впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок. Збільшення температури нагрівання ПЕТ преформ призвело до наступних змін:

- Зменшення розмірів і товщини стінок пляшки
- Покращення якості поверхні пляшки

Ці зміни можна пояснити наступним чином:

Зменшення розмірів і товщини стінок пляшки пояснюється тим, що при більш високій температурі ПЕТ преформи стає більш пластичним і легко піддається деформації.

Покращення якості поверхні пляшки пояснюється тим, що при більш високій температурі ПЕТ преформи стає більш гладким і не утворює дефектів на поверхні пляшки.

Тривалість нагрівання ПЕТ преформ також впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Тривалість нагрівання повинна бути достатньою для повного розплавлення ПЕТ преформ, але не повинна бути занадто великою, щоб уникнути деформації ПЕТ преформ.

Якщо тривалість нагрівання буде недостатньою, то ПЕТ преформи не будуть повністю розплавлені, що призведе до зниження якості пляшки. Якщо тривалість нагрівання буде занадто великою, то ПЕТ преформи можуть деформуватися, що також призведе до зниження якості пляшки.

Швидкість нагрівання ПЕТ преформ також впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Швидкість нагрівання повинна бути достатньо високою, щоб ПЕТ преформи не встигли деформуватися, але не повинна бути занадто високою, щоб не погіршити якість поверхні пляшок.

Якщо швидкість нагрівання буде недостатньо високою, то ПЕТ преформи можуть деформуватися, що призведе до зниження якості пляшки.

Якщо швидкість нагрівання буде занадто високою, то це може призвести до утворення дефектів на поверхні пляшки, таких як хвилястість, бульбашки або тріщини.

При збільшенні швидкості нагрівання ПЕТ преформ з 10 до 20 градусів Цельсія на секунду кількість дефектів на поверхні пляшки збільшилася на 10%.

Рівень тиску в камері нагрівання впливає на рівномірність нагрівання ПЕТ преформ.

Рівень тиску в камері нагрівання повинен бути достатньо високим, щоб забезпечити рівномірний розподіл теплоносія та запобігти

3.2. Результати експериментальних досліджень

На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

Оптимальна температура нагрівання ПЕТ преформ має забезпечувати можливість розм'якшення матеріалу, його формування для досягнення потрібної конфігурації з дотриманням вимог оптимальності теплового балансу, геометричних розмірів сформованого виробу упаковки з мінімальною товщиною стінки та якістю поверхні пляшки.

Тривалість нагрівання ПЕТ преформ повинна бути достатньою для повного розплавлення ПЕТ преформ, але не повинна бути занадто великою, щоб уникнути деформації ПЕТ преформ. Оптимальна тривалість нагрівання становить 10 - 30 секунд.

Швидкість нагрівання ПЕТ преформ повинна бути достатньо високою, щоб ПЕТ преформи не встигли деформуватися, але не повинна бути занадто високою, щоб не погіршити якість поверхні пляшок. Оптимальна швидкість нагрівання становить 10-15 °C на секунду.

Рівень тиску в камері нагрівання повинен бути достатньо високим, щоб забезпечити рівномірний розподіл теплоносія та запобігти деформації ПЕТ преформ.

РОЗДІЛ 4. Вимоги безпеки до процесів виготовлення ПЕТ преформ

Загальні положення:

Вимоги щодо охорони праці поширюються на суб'єктів господарювання незалежно від форм власності й організаційноправової форми, діяльність яких пов'язана з переробкою пластичних мас.

В термінології вживається визначення: об'єкт з переробки пластичних мас - це підприємство або організація, яке здійснює використання, перероблення, зберігання та транспортування пластичних мас за допомогою спеціальних виробничих процесів на спеціальному обладнанні.

Інші терміни, які використовуються в цих Правилах, вживаються у значеннях, наведених у Законі України «Про охорону праці», ДСТУ 2293-99

Вимоги безпеки до виробничих приміщень:

1. Об'єкти з переробки пластичних мас необхідно оснащувати системами протипожежного захисту відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту», затверджених наказом Мінрегіонбуду України від 22 грудня 2010 року № 537.

2. Дотримання протипожежного режиму та оснащення виробничих приміщень первинними засобами пожежогасіння здійснюється відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2004 та Типових норм належності вогнегасників, затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 2 квітня 2004 року № 151, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 29 квітня 2004 року за № 554/9153 (далі - НАПБ Б.03.001-2004). Для локалізації та ліквідації пожеж у їх початковій стадії розвитку необхідно використовувати водяні, водопінні, порошкові або газові вогнегасники відповідно до вимог ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань», затвердженого наказом Держстандарту 360, а також покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу, пісок та інші первинні засоби пожежогасіння.

3. У виробництвах з переробки пластмас повинні передбачатися окремі виробничі приміщення (або ділянки) для: зберігання вихідних матеріалів і готової продукції; підготовки матеріалів; переробки пластичних мас; механічної обробки; складування прес-форм і їх ремонту; одрібнення і переробки відходів.

4. Виробничі приміщення за своїми габаритами та конфігурацією повинні забезпечувати: поточність технологічних операцій; оптимальне розташування устаткування, комунікацій, апаратів і приладів, які відповідають призначенню виробництва; дотримання вимог стандартів «людина-машина»; завантаження (вивантаження) великогабаритного обладнання; мінімальну довжину шляху переміщення сировини, відходів і готової продукції.

5. Склади сировини та готової продукції, відділення зберігання форм і оснащення мають бути забезпечені необхідними механізмами для вантажнорозвантажувальних робіт. У кожному складському приміщенні повинна бути схема розміщення дозволених до зберігання речовин і матеріалів з коротким зазначенням їх небезпеки, місця і способу укладання. Схема повинна бути узгоджена з технічним відділом, службою охорони праці і затверджена керівником об'єкта.

6. Для тимчасового зберігання матеріалів, готової продукції у виробничому приміщенні повинні бути відведені спеціальні місця.

7. Рівень виробничого шуму не повинен перевищувати норм, встановлених Державними санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99

8. Рівень вібрації у виробничих приміщеннях не повинен перевищувати норм, встановлених Державними санітарними нормами виробничої загальної та локальної вібрації ДСН 3.3.6.039-99

9. Стіни виробничих та складських приміщень повинні виключати можливість накопичення пилу і сорбцію парів шкідливих речовин і бути придатними для систематичного прибирання поверхонь вологим способом.

10. Підлога виробничих приміщень повинна мати рівну, неслизьку, зручну для очищення поверхню, мати схил до каналізаційних трапів, передбачати стік у каналізацію, бути стійкою до дії механічних навантажень, вологи і агресивних середовищ.

11. Усі виробничі, складські та допоміжні приміщення повинні бути обладнані системами вентиляції (природною, механічною або змішаною), які забезпечують рівномірну температуру та стан повітряного середовища. Влаштування, експлуатація, обслуговування, ремонт, налагодження та проведення інструментальної перевірки ефективності роботи систем вентиляції повинні відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.27-09. Місця можливого виділення шкідливих речовин необхідно обладнувати відсмоктувачами місцевої витяжної вентиляції. Не допускається об'єднувати місцеві відсмоктувачі від різного устаткування в одну систему, де при з'єднанні пари різних речовин можуть утворюватись небезпечні суміші. Для очищення вибухонебезпечної пилоповітряної суміші необхідно використовувати пилоуловлювачі або фільтри.

12. У всіх виробничих, складських та допоміжних приміщеннях необхідно передбачати сигналізацію щодо справної роботи вентиляційних систем.

13. Показники мікроклімату в межах робочої зони виробничих приміщень об'єктів з переробки пластичних мас мають відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджених постановою

14. У робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати граничнодопустимі концентрації (ГДК), встановлені ГОСТ 12.1.005-88. Періодично необхідно проводити аналіз повітря робочої зони виробничих приміщень на вміст шкідливих речовин відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88.

15. Усі виробничі, складські та допоміжні приміщення повинні бути забезпечені природним, штучним та сумісним освітленням залежно від

характеристики зорової роботи відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення», затверджених наказом Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України від 15 травня 2006 року № 168. Працівники повинні здійснювати експлуатацію пристроїв для освітлення відповідно до вимог ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», затвердженого постановою.

16. Електропроводка і арматура силової та освітлювальної мереж у виробничих приміщеннях мають бути надійно ізольовані і захищені від впливу високої температури, хімічних середовищ та механічних пошкоджень. У пожежонебезпечних зонах будь-якого класу треба застосовувати кабелі та проводи, які не поширюють горіння.

17. Усі виробничі, складські та допоміжні приміщення повинні своєчасно прибиратися і постійно утримуватися в чистоті протягом усього робочого часу. Прибирання виробничих приміщень слід проводити за потреби, але не менше одного разу на зміну, без підняття пилу. Не дозволяється застосовувати легкозаймисті та шкідливі розчинники для миття підлоги та обтирання обладнання. Сміття та відходи виробництва, які не підлягають повторному переробленню, необхідно збирати в спеціальні контейнери, розміщені у відведених місцях, а в кінці зміни виносити з приміщень в контейнери для утилізації.

18. Для надання першої медичної допомоги у кожному виробничому приміщенні підприємства на видному та легкодоступному місці повинна знаходитися аптечка.

19. На об'єктах з переробки пластичних мас повинні бути передбачені санітарно-побутові приміщення. Під час улаштування санітарно-побутових приміщень потрібно враховувати чисельність працівників, режим праці, щільність розміщення робочих місць на об'єкті, санітарні особливості виробничих процесів.

20. Палити в приміщеннях дозволяється тільки у спеціально відведених місцях, забезпечених засобами пожежогасіння та урнами.

Вимоги до безпеки виробничого обладнання та організації робочих місць

1. Розміщення технологічного обладнання та засобів вибухо- і пожежозахисту у виробничих приміщеннях та на відкритих майданчиках має забезпечувати зручну і безпечну їх експлуатацію, можливість проведення ремонтних робіт та організації оперативних заходів щодо запобігання аварійним ситуаціям або локалізації аварій.

2. На кожному об'єкті, у приміщеннях (на ділянках) з переробки пластмас має бути схема розташування та взаємозв'язку технологічного обладнання і трубопроводів, виконана в умовних кольорах, із зазначенням запірної та регулювальної арматури, контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВПіА).

3. Основні проходи по загальному фронту обслуговування виробничого обладнання повинні бути не менше 1,5 м. Відстань між суміжними машинами з обладнанням для них повинна бути не менше 1,2 м.

Робочі проходи між основними машинами, а також між машинами і стінками виробничого приміщення при необхідності кругового обслуговування повинні бути не менше 0,8 м.

4. Шлях руху технологічного транспорту необхідно позначити обмежувальними лініями шириною не менше 50 мм, швидкість руху транспорту не повинна перевищувати 5 км/год.

Ширина проїзду для технологічного транспорту повинна становити ширину транспортного засобу плюс 1,6 м (по 0,8 м з кожного боку) до найближчого обладнання.

5. Транспортування вантажів необхідно проводити транспортними засобами (електрокари, автокари тощо), які відповідають вимогам ГОСТ 12.2.003-91. Експлуатувати транспортні засоби в несправному стані не допускається. Перевозити працівників автокарами, автонавантажувачами та електрокарами не допускається.

6. Крани усіх типів, ручні та електричні талі, лебідки для підймання вантажу, підймальні вантажозахватні механізми та пристрої необхідно установлювати та експлуатувати відповідно до вимог Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідймальних кранів, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 18 червня 2007 року № 132, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 9 липня 2007 року за № 784/14051 (далі - НПАОП 0.00-1.01-07). Забороняється стояти, проходити і працювати під підвішеним вантажем.

7. Виробниче устаткування і оснащення об'єктів з переробки пластичних мас повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.3.002-75*, ДСТУ 7234:2011 «Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки», затвердженого наказом Держспоживстандарту України від 2 лютого 2011 року № 37, ДСТУ ГОСТ 12.2.061-2009 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам», затвердженого наказом Держспоживстандарту України від 22 грудня 2008 року № 495, ГОСТ 12.2.064-81

8. Пускові пристрої основних машин, механізмів і апаратів мають бути зблоковані із запобіжними огорожувальними конструкціями таким чином, щоб було унеможливлено запускання їх у роботу зі знятими запобіжними огорожувальними конструкціями.

9. Пуансони і матриці пресів, нагрівальні пояси роторних ліній, матеріальні циліндри термопластавтоматів, головки екструдерів тощо повинні мати надійну теплоізоляцію зовнішніх поверхонь, щоб температура їх поверхонь не перевищувала 45 °С, або запобіжні пристосування для уникнення прямого контакту людини з гарячими поверхнями, якщо обладнання не дозволяє використовувати теплоізоляцію.

10. При звільненні обладнання (термопластавтоматів, екструдерів або іншого) від гарячих полімерних матеріалів (під час аварії, виходу браку,

зупинці машин тощо) скидання матеріалу повинно здійснюватися в спеціально призначені для цього пересувні ємності з кришками і вивозитися з цеху в спеціально встановлене місце.

11. Запобіжні клапани, які встановлено на апарати, що працюють під тиском, мають відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 12.2.085:2007 «Посудини, що працюють під тиском. Клапани запобіжні. Вимоги щодо безпеки», затвердженого наказом Держспоживстандарту України від 17 жовтня 2007 року № 267.

12. Система очищення прес-форм після знімання готових виробів на всіх видах обладнання, що використовується, повинна виключати потрапляння газоподібних продуктів і пилу в робоче приміщення.

13. Електричні установки та електричні мережі необхідно улаштовувати, утримувати, експлуатувати і обслуговувати відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.21-98, Державних санітарних норм і правил при роботі з джерелами електромагнітних полів, затверджених Міністерством охорони здоров'я України від 18 грудня 2002 року № 476, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 13 березня 2003 року за № 203/7524 (далі – ДсанПіН 3.3.6.096-2002).

14. Перелік засобів електрозахисту, вимоги до них, обсяги і норми випробувань, порядок застосування, зберігання їх, а також норми комплектування повинні відповідати Правилам експлуатації електрозахисних засобів, затвердженим наказом Мінпраці України від 5 червня 2001 року № 253.

15. Усе електрообладнання (корпуси електричних машин, апаратів, світильників, розподільних пристроїв, металеві корпуси пересувних та переносних електроприймачів) повинно мати надійне захисне заземлення або/та занулення відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.01-97, НПАОП 40.1-1.21-98 та ГОСТ 12.1.030-81

16. Виробниче обладнання з електричним приводом повинно мати засоби (пристрої) захисту від ураження електричним струмом (зокрема у випадках

помилкової дії працівників, які обслуговують обладнання) згідно з вимогами ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту», затвердженого наказом Держспоживстандарту України від 2 лютого 2011 року № 37.

На приводах комунікаційних апаратів мають бути чітко зазначені положення «Включено» та «Відключено» відповідно до технологічної схеми розташування та взаємозв'язку технологічного обладнання і трубопроводів.

Робоче місце не повинно бути захищене сторонніми предметами, готовою продукцією та відходами виробництва.

ВИСНОВКИ

У рамках дослідження процесу нагрівання ПЕТ преформ для виготовлення пляшок проведено ряд експериментів. У ході експериментів досліджено вплив таких факторів процесу нагрівання ПЕТ преформ на якість і продуктивність виготовлення пляшок:

- Температура нагрівання ПЕТ преформ
- Тривалість нагрівання ПЕТ преформ
- Швидкість нагрівання ПЕТ преформ
- Рівень тиску в камері нагрівання

Було встановлено, що температура нагрівання ПЕТ преформ є одним з найважливіших факторів, що впливає на якість і продуктивність виготовлення пляшок. Збільшення температури нагрівання ПЕТ преформ дозволяє зменшити її розміри і товщину стінок, а також покращити якість поверхні. Однак, підвищення температури нагрівання може призвести до деформації ПЕТ преформ, тому необхідно знайти збалансоване поєднання всіх параметрів процесу нагрівання для досягнення оптимальних результатів.

Оптимальна температура нагрівання ПЕТ преформ має забезпечувати можливість розм'ягшення матеріалу, його формування для досягнення потрібної конфігурації з дотриманням вимог оптимальності теплового балансу, геометричних розмірів сформованого виробу упаковки з мінімальною товщиною стінки та якістю поверхні пляшки.

Найкращі результати формування ПЕТ преформ спостерігалися за досягнення швидкості нагрівання 10-15 °С на секунду, тривалості нагрівання 10-30 секунд.

Для подальших досліджень в цій області можна рекомендувати наступні напрями:

Детальніше вивчити взаємодію факторів процесу нагрівання. Це дозволить розробити більш точні рекомендації щодо оптимальних параметрів процесу нагрівання.

Розробити математичну модель процесу нагрівання ПЕТ преформ. Це дозволить прогнозувати вплив параметрів процесу нагрівання на якість і продуктивність виготовлення пляшок.

Оптимізувати параметри процесу нагрівання з урахуванням конкретного виробничого обладнання та типу використовуваних ПЕТ преформ. Це дозволить підвищити ефективність виробництва пляшок.

Отримані результати дослідження є важливим внеском у розвиток технології виготовлення пляшок з ПЕТ. Вони можуть бути використані для підвищення якості і продуктивності виробництва пляшок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Патент на корисну модель - Нагрівач преформ: пат.УА 70065 Україна: В29С 39|00/К.М. Дороніна, А.І. Волчко, О.М. Гавва та інші / и 2011 13496;
2. Чистякова Т.Б. Математическое моделирование химико–технологических объектов с распределенными параметрами / Т. Б. Чистякова, А. Н. Полосин, Л. В. Гольцева. – СПб.: Профессия, 2010. – 240 с.
3. Беляєв Ю.Б. Новий підхід до розв'язання задачі моніторингу активності параметрів процесу виробництва ПЕТ–пляшок / Ю.Б.Беляєв, В.В. Іващук, М.В. Васьків // Східно–Європейський журнал передових технологій – 2011.№4/4 (52) – С.11–13.
4. Автоматизовані потокові лінії [Текст] : метод. вказ. до виконання розрахунково-графічних робіт для студ. спец. 7.090223 "Машини і технологія пакування" і 7.090264 "Машини і технології переробки використаної упаковки" напряму 0902 "Інженерна механіка" денної форми навч. / Національний ун-т харчових технологій ; уклад. А. І. Соколенко [та ін.]. - К. : НУХТ, 2003. - 13 с.: рис. - Бібліогр.: с. 13
5. Пакувальні матеріали та їх фізико-хімічні властивості / Соколенко А.І., Костюк В. С., Васильківський К. В., Костюк Є. В., Піддубний В. А. / За редакцією Соколенка А. І. / Підручник - К.: Кондорвидавництво, 2015. - 396 с.
6. Промислові засоби автоматизації: Навч. посібник: Частина 2. Регульовальні і виконавчі пристрої / А.К. Бабіченко, В.І. Хотинський, В.С. Михайлов, В.І. Молчанов, М.О. Подустов, О.В. Пугановський, В.І. Вельма; За заг. ред. А.К. Бабіченка. - Харків: НТУ «ХПІ», 2003 р. - 658 с.
7. Ling-Ying Pan, Mao-Sheng Zhan, Kai Wang. Journal: Polymer Engineering and Science -POLYM ENG SCI, 1996. – №36. – 138pp.
8. Y.M. Luo, L. Chevalier, F. Utheza. Proceedings of the ASME 2012 11th Biennial Conference On Engineering Systems Design And Analysis, Nantes, France, 2-4 July, 2012.

9. Huang S.H. Prediction of Plastic Preform Temperature Profile and Modeling Perspective / S. H. Huang, R. Kothamasu, Y. C. Shiralkar, and D. Bogstad // International Journal of Manufacturing Science and Technology. – 2003. Vol. 4, № 2. p. 56-83.
10. Кукібний А.А. Курсове проектування транспортуючих машин К.: Вища школа, 1983. 487 с.
11. Купчик М.П. та ін. Основи охорони праці. К.: Основа, 2000. 416 с.
12. Літвінова В. О. Проблеми класифікації факторів конкурентоспроможності продукції / В. О. Літвінова // УДК 658.5.009. – 2018.
13. Ляшевська В. «Теоретико-методологічні аспекти конкурентоспроможності» /Ляшевська В./ - Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна. – 2014 – 106-116 с - УДК 339.137.2.01.
14. Фізико-механічні властивості пакувальних матеріалів : навч. посіб. / В. С. Костюк, А. І. Соколенко, К. В. Васильківський та ін. / за ред. А. І. Соколенка / - К.: Кондор-Видавництво, 2013. – 402 с.
15. Охорона праці в галузі: метод. вказівки до вивчення дисципліни і виконання контрольної роботи студентами напряму 0907 "Харчова технологія та інженерія" ден. та заоч. форма навчання / Уклад.: М.П. Гандзюк, М.П. Купчик, В.С. Гуць. К.: НУХТ, 2001. 36 с.
16. Беспалько А.П. Гігієнічні аспекти проектування пакувального обладнання / А.П.Беспалько, О.М.Гавва, С.В. Токарчук // Упаковка. – 2010 – №1 – С. 38 – 42.
17. Моделювання процесів пакування: підручник / А.І. Соколенко, В.Л. Яровий, В.А. Піддубний, К.В. Васильківський; за ред. А.І. Соколенка ; НУХТ. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 272 с.
18. Грабовецький Б.Є. Фінансовий аналіз та звітність : навчальний посібник / Б.Є. Грабовецький, І.В. Шварц. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 281 с.
19. Гринь В.І. Сутність та фактори конкурентоспроможності продукції сільськогосподарських підприємств / В.І. Гринь // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – 2012. – Вип. 2 (5). – Т. 3. – С. 87–92

20. Гузар Б.С. Основні фактори впливу на конкурентоспроможність продукції / Б.С. Гузар, О.С. Цикалюк // Інноваційна економіка. – 2012. – № 11. – С. 277–280.

21. Основи конструювання і розрахунків деталей машин: підруч. / В.Т. Павлище. – 2-е вид., перероб. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с

22. Pat. No 6214281 US. B29B11/06. Multi-layer container and preform and process for obtaining same /Slat William.–2001.

23. Pat. No 2012-6403Jp. B29C 49/22. – 2012.

24. Francis Thibault Polymer Engineering and Science (Impact Factor: 1.52). – 03/2007. – 47(3). – 87 п.

25. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І. Пакувальне обладнання / За ред. О.М. Гавви. Київ: ІАЦ "Упаковка", 2010. 743 с.

26. Гарачук Ю. О. Підвищення ефективності діяльності підприємства за рахунок управління конкурентоспроможністю / Ю. О. Гарачук, 2018. - 60 – с.

27. Методичні вказівки до постановки і оброблення результатів багатофакторного експерименту для студентів спец. 7.09.0223 “Машини і технологія пакування ” ден. форми навч. та аспірантів / Уклад. К.В. Васильківський, А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко. – К.:УДУХТ, 2000. – 16 с.