

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування факультету)

Композиційні матеріали, хімії та технологій
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)
магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ
ДЕТАЛЕЙ З ТЕРМОРЕАКТИВНИХ ПРЕС-МАТЕРІАЛІВ
(назва теми)

Виконав: студент 2 курсу, групи БАДз-212м

Спеціальності 132 Матеріалознавство
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма
Композиційні та порошкові матеріали, покриття

Абдуллаєв М.С.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник Савченко В.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент Павленко Д.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну
Кафедра Композиційних матеріалів, хімії та технологій
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 132 Матеріалознавство
Освітня програма (спеціалізація) Композиційні та порошкові матеріали, покриття

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КМХТ Олександр МІТЯЄВ

Олександр Митяєв
«17» жовтня 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

АБДУЛЛАСВ Мамед Самандар огли
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вплив технологічних факторів на формування деталей з термореактивних прес-матеріалів.

Керівник проєкту (роботи) Савченко Віра Олександрівна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від «17» 10 2023 року № 591

2. Строк подання студентом проєкту(роботи)

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) технічне завдання

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

1. Аналіз предметної області. 2. Опис термореактивних прес-матеріалів.

3. Технологічний процес пресування виробу з термореактивного прес-матеріалу.

4. Вплив факторів на якість матеріалу. 5. Результат виконаної роботи.

5. Перелік графічного матеріалу (зточним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	САВЧЕНКО ВД	<i>С.В.Савченко</i>	<i>С.В.Савченко</i>
2	САВЧЕНКО ВД	<i>С.В.Савченко</i>	<i>С.В.Савченко</i>
3	САВЧЕНКО ВД	<i>С.В.Савченко</i>	<i>С.В.Савченко</i>
корисок.	САВЧЕНКО ВД	<i>С.В.Савченко</i>	<i>С.В.Савченко</i>

7. Дата видачі завдання «03» вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	01.11.23	<i>С.В.Савченко</i>
2	ВИБІР МАТЕРІАЛІВ	01.11.23	<i>С.В.Савченко</i>
3	ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	01.12.23	<i>С.В.Савченко</i>
4	ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ	10.12.23	<i>С.В.Савченко</i>
5	ОФОРМЛЕННЯ ПРЕЗЕНТАЦІЇ	22.01.24	<i>С.В.Савченко</i>

Студент

Мамед Абдуллаєв
(підпис)

Мамед АБДУЛЛАЄВ
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

Віра Савченко
(підпис)

Віра САВЧЕНКО
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра «Вплив технологічних факторів на формування деталей з термореактивних прес-матеріалів»: 48 сторінок, 20 рисунків, 15 літературних джерел.

Предметом дослідження є фактори які впливають на формування деталей.

Мета роботи - розробити деталь(ПУ) з термореактивних матеріалів.

Пояснювальна записка містить усі етапи роботи з гідравлічним пресом та пресування на ньому. Послідовність дій під час пресування матеріалу.

Результати. Створено деталь з термореактивних матеріалів.

ПРЕС-ФОРМА, ПУАНСОН, ФОРМОВКА, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРЕС, ПРЕСОВКА, ТЕРМОРЕАКТИВНИЙ-ПРЕСМАТЕРІАЛ.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's diploma qualification work "Influence of technological factors on the formation of parts from thermosetting press materials": 48 pp., 20 fig., 15 sources.

The subject of the study is the factors that influence the formation of detail.

The purpose of the work is to develop a detail from thermosetting material.

The explanatory note contains all stages of working with a hydraulic press and pressing on it. Sequence of actions during material pressing.

The results. A part made of thermosetting materials has been created.

PRESS FORM, PUNCH, THERMOREACTIVE, PRESS MATERIAL, MOLD, HYDRAULIC PRESS, PRESS.

ЗМІСТ

1 Аналіз предметної області.....	10
1.1 Концепція і конструкція прес-форм	10
1.2 Опис прес-форм.....	12
1.3 Технологія лиття у прес-форми.....	15
1.4 Дефекти лиття під тиском та способи запобігання.	16
1.4.1 Розлучення або лінії потоків.....	16
1.4.2 Розшарування	17
1.4.3 Недолив	18
1.4.4 Облой.....	19
1.5 Технологія пресування полімерних матеріалів	21
2 Опис термореактивних прес-матеріалів.....	23
3 Вплив факторів на якість деталі	28
4 Технологічний процес пресування виробу з термореактивного прес-маєтеріалу	31
4.1 Норми зберігання прес-матеріалу.	31
4.2 Підготовчий етап.....	32
4.3 Зважування матеріалу.....	35
4.4 Пресування виробу з ДСВ.....	36
4.5 Дефекти та недоліки	43
Висновки	47
Список використаних джерел	47

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

ДСВ - Дозуючий скловолокнит;

ГСП - Гранульований скловолокнит;

ПУ - Пробка ущільнювальна;

ВСТУП

Мета роботи - розробити деталь з термореактивних матеріалів.

Актуальність роботи полягає у зростаючому рівні використання термореактивних прес-матеріалів у виробництві.

В якості прикладу буде розроблена деталь(ПУ) з термореактивного матеріалу.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести наступні дослідження:

- аналіз предметної області;
- опис термореактивних прес-матеріалів;
- технологічний процес пресування виробу з термореактивного прес-матеріалу;
- вплив факторів на якість матеріалу;
- результат виконаної роботи.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

У ході аналізу необхідно розглянути концепцію пресування прес-матеріалів, фактори які впливають на формування деталей, та описати процес виробництва деталі.

1.1 Концепція і конструкція прес-форм

Прес-форма – це металева форма для виготовлення виробів з полімерів під тиском. Найчастіше така прес-форма складається з декількох елементів: матриці, пуансону, елементів ливникової системи, пристроїв для виштовхування готових полімерних виробів (виштовхувачів), системи охолодження та інших допоміжних систем [1].

Зазвичай така прес-форма розробляється для кожного виробу з полімерних композитів окремо. Іноді використовуються так звані комплексні форми, які мають в собі набір змінних компонентів, які дозволяють змінювати досить швидко змінювати конструкцію готових виробів. Також використовуються багатогніздні прес-форми, за допомогою яких можна виготовляти декілька різноманітних деталей за допомогою однієї форми та за один цикл [1] .

Одним з найважливіших етапів виготовлення прес-форми – це проектування. Цей процес складається з чотирьох основних етапів:

- розробка креслень форми та її тривимірної моделі;
- розрахунок оптимального розташування деталей в прес-формі, та необхідності використання ливникової системи;

– підготовка необхідного комплексу документації на розроблену прес-форму (креслення і 3D моделі, інструкції по роботі, правила експлуатації).

При розробці прес-форми важливе значення має обґрунтування необхідності використання ливникових систем, які відповідають за доставку полімерного матеріалу в формотворчі зони [1], [2]. Найчастіше використовують два основних види ливникових систем це холодноканалні та гарячеканальні [4].

До складу холодноканалної ливникової системи входять центральний ливник, розвідний ливник і впускний ливник. Така система є більш менш вартісною, має більшу надійність та простоту в експлуатації. Недоліком ливникової системи такого типу є збільшений тривалості за часом робочого циклу лиття під тиском.

Гарячеканальна ливникова система є більш дорогою та складнішою. Бо такі системи, зазвичай, потребують більшої кількості електроенергії. До переваг такої системи можна віднести відсутність ливників, які виймаються із форми разом з готовими деталями під час кожного циклу виготовлення.

Кожна прес-форма має свою складну систему скидання готових виробів, які можуть поділятися за принципом роботи на механічні і пневматичні. До механічних виштовхувачів відносяться: виштовхувальні плити, стрижневі штовхачі, плоскі штовхачі і трубчасті штовхачі [1].

До конструкції прес-форми з виготовлення полімерних деталей також можуть входити наступні допоміжні системи:

- система охолодження,
- система вентиляції,
- система направляючих і центрувальних елементів форми [1].

Конструкції прес-форми, що проектується можуть бути різними і їх конфігурація залежать від конфігурації майбутньої деталі, властивостей матеріалу, що використовується для виробництва, а також типу виробництва, яке залежить від кількості деталей, що виготовляються за рік [2].

Прес-форми для лиття пластмас під тиском поділяють на дві групи: прес-форми прямого пресування і прес-форми литтєвого пресування, з верхньою або нижньою завантажувальною камерою [3].

У прес-формі прямого пресування використовується завантажувальна камера, яка є фактично продовженням формувальної порожнини. Також вона відповідає за формування нижньої частину виробу. Полімерний композиційний матеріал завантажується в матрицю, потім він нагрівається до набуття пластичної форми, після чого спресовується під дією пуансона [3]. Прес-форми прямого пресування повністю замикаються, коли виріб повністю сформовано.

Для прес-форми литтєвого пресування особливістю є те, що формуюча порожнина для неї проектується окремо від завантажувальної камери. Також необхідно провести замикання прес-форми до її заповнення полімером, який подається до завантажувальної камери, а потім у формувальну порожнину через ливникові канали [3].

За кількістю формуючих гнізд прес-форми поділяються на одно гніздові та багато гніздові. За рахунок використання багато гніздових прес-форм можна значно підвищити продуктивність виробництва, а також знизити його собівартість.

За розташуванням площини розніму формуючих деталей такі прес-форми поділяють на: форми з горизонтальним рознімом та форми з матрицями, які мають вертикальний рознім.

1.2 Опис прес-форм

До складу прес-форма входять матриця, яка є нерухомою частиною та пуансон, який є рухомою частиною форми, а також формувальні порожнини які

є зворотним (негативним) відбитком зовнішньої поверхні заготовки. За таким принципом працюють багатомісні форми [2].

За еонструкцією прес-форми їх можна розділити на такі системи [2]:

– система, яка відповідає за розташування, встановлення і кріплення форми. Така система включає в себе несучі та деталі кріплення між собою деталей прес-форми, що визначають взаємозв'язок між конструкціями форми та ливарної машини;

– система ливникових і газовідвідних каналів, яка містить в собі канали для перерозподілу рідкого полімеру з інжекційного циліндру ливарної машини до формувальної порожнини форми, та її елементів: сопла, запірних елементів, розподільників, нагрівальних пристроїв, терморегуляторів, каналів газовідведення, які можуть розташовуватись у інших деталях систем прес-форми;

– система формоутворення, яка в собі охоплює такі деталі форми, на яких розташовуються формувальні поверхні, що безпосередньо контактують з рідким полімером: пуансони, матриці, різного роду вставки, формувальні поверхні виштовхувачів, скидних плит тощо;

– система формотворної або формувальної порожнини, до якої відноситься порожнина між матрицею та пуансоном, що використовується для завантаження матеріалу та повторює собою форму майбутньої деталі. Пуансон це рухома деталь прес-форми, через яку передається робочий тиск на матеріал, який формується. Він, досить часто, має виступи, які відповідають за формування внутрішньої поверхні виробу. Оскільки деталь у процесі охолодження отримує усадку і обтискає ці виступи, зняття готового виробу після розкриття форми здійснюється найчастіше з пуансона [1]. Матриця це елемент форми, який має певну конфігурацію та відповідає за формування зовнішньої поверхні деталі і відноситься до нерухомої частини форми. Подавання матеріалу

в порожнину форми відбувається через канал у матриці, який називається ливниковою втулкою [1], [2], [12];

- система розніму прес-форми, це поверхня за якою відбувається змикання пуансона та матриці. В залежності від складності конфігурації деталі вона може бути у вигляді площини для простих деталей, та у вигляді складних поверхонь для більш складної конфігурації виробу [2];

- система центрування, яка призначається для запобігання зміщенню осей формувальних деталей форми. До цієї системи відносяться такі елементи, як центрувальні виступи на фланцях, напрямні втулки та колони, центрувальні штіфти та отвори для них, а також отвори або пази під закладні пуансону, матриці та формувальних знаїв;

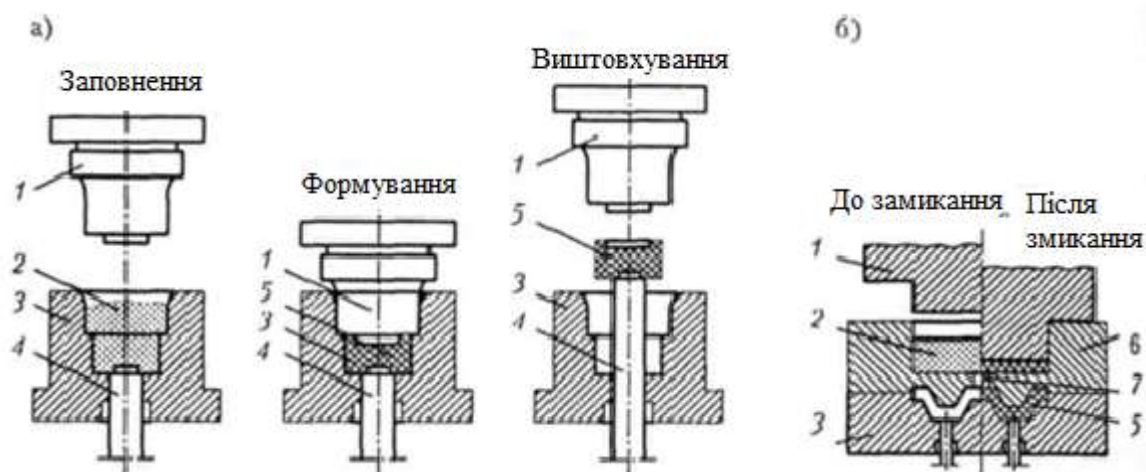
- система охолодження і регулювання температури форми відповідає за рівномірне охолодження готового виробу з полімеру у формі до необхідної температури. До цієї системи відносяться канали охолодження на деталях форми, пристрої для герметизації каналів та підігрівання форми, а також пристрої для контролю та термо регулювання швидкості охолодження матеріалу [2];

- система, яка відповідає за видалення виробів з форми. Ця система безпосередньо відповідає за видалення готових виробів, а також ливників з порожнини матриці та ливникових каналів, зіштовхування виробів з пуансонів, а також за викидання виробу у приймальну тару. До неї входять формувальні поверхні, виштовхувачі, зіштовхувальні (скидні) плити тощо [2];

- система переміщення деталей форми відповідає за переміщення рухомих частин форми відносно його корпусу та формувальних деталей, рух яких збігається з робочими рухами ливарної машини. Система включає в собі повідки, куліси, пружини, пневматичні (гідравлічні), гвинтові, клинові та інші механізми [2].

1.3 Технологія лиття у прес-форми

Подання полімерного матеріалу до формувальної порожнини форми здійснюється через систему ливників, до елементів якої відносяться: центральний, розвідний і впускні ливники; та система зняття готового виробу – за допомогою системи виштовхування (рис. 1.1) [4].



1 – пуансон; 2 – прес-матеріал; 3 – матриця; 4 – виштовхувач; 5 – виріб; 6 – завантажувальна камера; 7 – ливникова система.

Рисунок 1.1 – Схеми прямого та ливарного пресування.

Для отримання якісної поверхні деталі, залежно від матеріалу і вимог, що ставляться до виробу, у формі необхідно підтримувати певний температурний режим. Для регулювання температури у формі найчастіше використовують воду, пропускаючи її через канали охолодження [10].

Технологічний процес лиття виробів з термопластичних полімерів складається з таких операцій [3], [4]:

- нагрівання, гомогенізація та дозування полімерного матеріалу;
- змикання форми, підведення вузла впорскування до форми;
- впорскування рідкого матеріалу;

- витримування під тиском необхідний час та відведення вузла вприскування;
- охолодження виробу;
- розкриття форми та видалення виробу.

1.4 Дефекти лиття під тиском та способи запобігання.

Існує багато помилок, пов'язаних литтям під тиском[13]. Проблеми якості у відлитих виробах можуть бути як незначними дефектами поверхні так і більш серйозними проблемами, які можуть вплинути на безпеку, продуктивність та функціональність виробу. Вони можуть бути викликані проблемами, пов'язаними з процесом формування, використанням матеріалів, конструкцією інструментів чи комбінацією всіх трьох факторів[3]. Дефекти часто спричинені проблемами процесу лиття.

1.4.1 Розлучення або лінії потоків

Потоки часто виглядають як хвилясті малюнки, трохи іншого кольору, ніж навколишня область, і зазвичай виникають у більш вузьких ділянках виробу. Вони можуть бути кільцеподібними смугами на поверхні виробу навколо точок входу форми або «воріт», через які подається рідкий матеріал. На цілісність компонента лінії потоків зазвичай не впливають, однак, вони можуть бути непривабливими та неприйнятними у певних споживчих продуктах.

Потоки найчастіше є результатом коливань швидкості охолодження виробу, оскільки цей процес протікає по всій формі у різних напрямках. Різкі зміни в товщині стінок форми можуть призвести до охолодження матеріалу з різною швидкістю, що залишають за собою лінії потоку. Наприклад, рідкий полімер може дуже швидко охолоджуватися в процесі впорскування. Сліди потоку також дуже помітні, коли швидкість введення матеріалу надто повільна. Це призводить до того, що полімер стає частково твердим та в'язким в процесі заповнення форми, що призводить до появи хвилястого малюнку на поверхні готового виробу [3].

Найпоширенішими способами усунення такого дефекту є:

- збільшення швидкості введення, тиску та температури матеріалу, для більш рівномірного заповнення форм перед охолодженням;
- заміна кутів форми на більш закруглені, зі збільшенням товщини стінки для забезпечення постійного потоку матеріалу та запобігання появи потоків;
- переміщення входів/виходів прес-форми для забезпечення більшої відстані між ними та теплоносієм для запобігання передчасного охолодження матеріалу;
- збільшення діаметру впорскування для підвищення швидкості подачі та запобігання раннього охолодження.

1.4.2 Розшарування

Розшарування – це дефект, який характеризується відокремленням або відшаруванням поверхневого шару. Зазвичай це розцінюється як серйозний дефект, оскільки він зменшує міцність компонента.

Найчастішою причиною відшарування є забруднення полімерів чи інших основних матеріалів стороннім матеріалом. Клейкий поділ призводить до того, що два матеріали не можуть належним чином зв'язатися один з одним. Наприклад, при поєднанні звичайного основного пластику, як акрилонітрил бутадієн стирол, з несумісним пластиком, як поліпропілен. Внаслідок цього втрата міцності матеріалу може бути неприйнятною або небезпечною.

Крім матеріалу, забруднювачем також може бути будь-яка надлишкова речовина, якою покривають форму для більш легкого відділення компонентів. Надлишок вологи на матеріалі через неправильне висихання перед використанням також може призвести до розшарування[3]. Для запобігання розшарування використовуються такі методи:

- підвищення температури форми або попереднє висушування матеріалу належним чином, якщо зайва волога є проблемою;
- контроль за належним зберіганням та обробленням гранул полімерів або основного матеріалу для запобігання забрудненню;
- внесення змін до конструкції форми з акцентом на сопло для обмеження залежності від матеріалів, що вивільняються.

1.4.3 Недолив

Недолив матеріалу це один із видів браку, який виникає в процесі формування якщо потік рідкого матеріалу не може повністю заповнити порожнини в прес-формі. В такому випадку виходить, що виріб є неповним після охолодження. Недолив також може вплинути на заповнення таких елементів, як зубці на пластиковій вилці. Цей дефект можна класифікувати як такий що може

вплинути на функціонування або зовнішній вигляд відливої деталі та призводить до відбракування виробу [3].

Найчастішою причиною виникнення недоливу є або обмеження потоку матеріалу, або внаслідок надмірно вузьких чи заблокованих виходів. Також до цього може призвести низька температура у формі, що призведе до зниження рідинно плинності матеріалу, який стане занадто в'язкий для того, щоб повністю заповнити собою всю форму перед охолодженням. З іншого боку правильному потоку рідкого матеріалу можуть перешкоджати заповнені повітряні кишені, а також до цього може призвести недостатній тиск упорскування. Для запобігання недоливу використовуються такі методи:

- переробка прес-форми з ширшими каналами;
- збільшення швидкості або тиску для впорскування;
- заміна основного матеріалу на менш щільний для покращення потоку;
- підвищення температури прес-форми, для регулювання швидкості охолодження матеріалу;
- додавання додаткових каналів охолодження або збільшення отворів у формі, для уникнення захоплення повітря.

1.4.4 Облой

Облой - це надлишок полімерного матеріалу, який розташовується у вигляді тонкої губи або виступу на поверхні виробу. Облой зазвичай з'являється через те, що матеріал, який має дуже низьку в'язкість, витікає за межі форми у зазори між каналами та в простір між інструментальними пластинами або у виштовхувача. Він дуже тонкий, але відноситься до значних дефектів, так як на нього витрачається певна кількість матеріалу, що може призвести до стоншення

стінок готового виробу. Якщо він не значний, то процес виправлення цього дефекту включає в себе лише обрізку зайвого матеріалу [2].

До появи облоїв також може призвести декілька технологічних факторів, таких як неправильно сконструйована форма або значне зношенні форма в процесі експлуатації. Також на цей вид браку можуть негативно впливати надмірно висока температура матеріалу або досить високий тиск упорскування. Матеріал також може протікати між порожнинами форми якщо сила затискача пластини недостатня. Для запобігання задиркам у відлитих виробах можна використовувати наступні методи:

- зміна прес-форми, якщо плити не збігаються належним чином або дозволяють матеріалу витікати за межі каналу;
- збільшення сили затискача плити для забезпечення потоку матеріалу до каналу;
- регулювання температури форми, тиску і вентиляції для покращення потоку матеріалу.

На рисунку 1.2 показано процес лиття виробів з термопластичних полімерів.

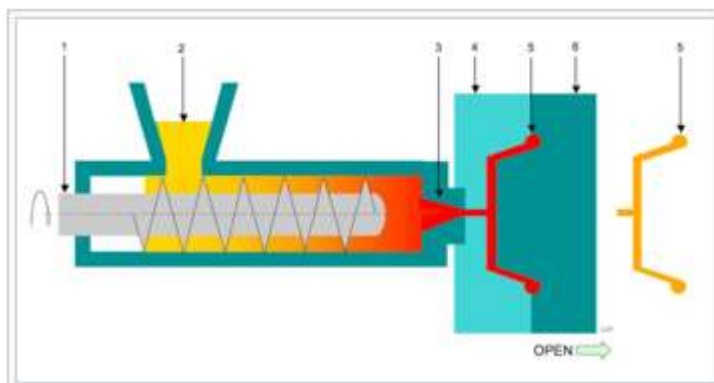


Рисунок 1.2 - Процес лиття виробів з термопластичних полімерів.

1.5 Технологія пресування полімерних матеріалів

Технологію пресування полімерних матеріалів можна поділити на гаряче та холодну в залежності від температури процесу. Під час гарячого пресування полімерний матеріал, який поставляється на виробництво у вигляді таблетованого чи гранульованого порошку або листів, засипають у порожнину прес-форм, яку попередньо нагрівають до заданої температури. Під час пресування опускається пуансон і преса форма замикається, а полімерний матеріал, під дією високої температури у формі та тиску пуансоном розтікається і заповнює порожнину форми, повторюючи її розміри та конфігурацію. Час витримки у формі реактопластів та гумових сумішей визначається часом, необхідним для завершення процесу твердіння полімеру або вулканізації гуми, після чого пуансон преса піднімається та готовий виріб виштовхується з порожнини форми [3].

На рисунку 1.3 показано процес пресування полімерних матеріалів.

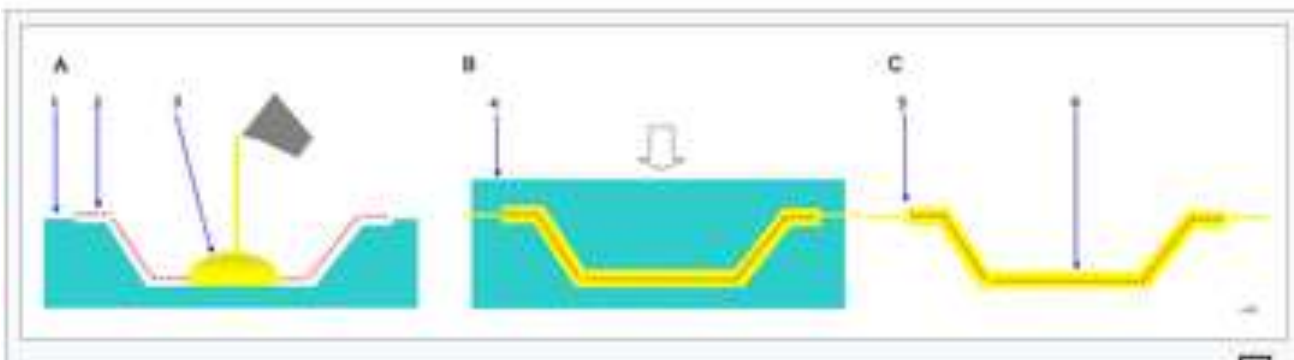


Рисунок 1.3 процес пресування полімерних матеріалів.

1.6 Цілі та задачі роботи

В ході огляду літературних даних було поставлено наступні цілі:

1. Розробити технологію виготовлення деталі з термореактивного пластику.
2. Дослідити вплив тиску пресування на якість виготовленої деталі.
3. Дослідити вплив температури виготовлення на якість деталі.

РОЗДІЛ 2

ОПИС ТЕРМАРЕАКТИВНИХ ПРЕС-МАТЕРІАЛІВ

Прес-матеріали, що містять смоли, що затверджуються у процесі пресування виробів, називають терморективними. В результаті затвердіння сполучної речовини виріб набуває механічної міцності вже в прес-формі при температурі пресування і втрачає здатність розм'якшуватися при повторному нагріванні: смола в затверділому виробі нездатна плавиться і розчиняються. Такий процес затвердіння необоротний [14].

До терморективних відносяться прес-матеріали типу фенопластів, амінопластів, що містять головним чином поліконденсаційні смоли. Термопластичні або термопласти – це прес-матеріали у яких сполучні речовини не твердіють в процесі пресування або лиття виробів. У цьому випадку вироби набувають механічної міцності тільки після деякого охолодження в прес-формі. Для виготовлення фенопластів як сполучний застосовують феноло-формальдегідні смоли, а також смоли, одержувані при частковій заміні фенолу іншими речовинами (анілін та ін.) і частковою або повною заміною формальдегіду іншими альдегідами (фурфурол та ін)[14].

Залежно від складових прес-матеріали бувають терморективними, поліефірними, скловолоконними, формальдегідними тощо. Найпопулярнішими є кілька видів:

- скловолокнит, що дозується, - ДСВ;
- гранульований скловолокнит - ГСП;
- артеріальна гіпертензія - АГ.

ДСВ – дозуючий скловолокнит. Це полімерний матеріал, основу якого лежать комплексні нитки зі скловолокна. Вони просочуються спеціальною зв'язувальною речовиною з полімерними та феноло-формальдегідними якими.

Виробництво та експлуатаційні характеристики матеріал регламентуються ГОСТами [5].

Виробництво із ДСВ різних виробів та їх застосування поширене повсюдно[14]. Це зумовлене технічними властивостями та численними перевагами матеріалу та продукції з нього, а саме:

- висока міцність та довговічність;
- оптимальний рівень термостійкості;
- стійкість до перепадів температур у широкому діапазоні від -196 до +200 градусів за Цельсієм;
- електрична непроникність;
- стійкість до дії агресивних, у тому числі й хімічних середовищ;
- невелика вага;
- широкий асортимент.

Вироби з ДСВ використовуються в різних сферах життя людей та промисловості. З них виготовляють окремі елементи корпусів та цілі деталі для авіаційного, автомобільного, морського транспорту, наприклад, вуглепластикові відбивачі. Продукція зі скловолокна застосовується в приладобудуванні. Прес-матеріал знайшов широке застосування у радіоелектроніці, хімічній промисловості, побуті. З цього матеріалу виробляються елементи великих та дрібних побутових приладів [5].

Так як виріб виробляється одночасно з виробництвом і самого матеріалу, тобто можливість виготовляти продукцію як стандартних розмірів, так і на замовлення. При цьому для виробництва не потрібне складне технологічне обладнання, тому кінцева вартість виробів з ДСВ цілком доступна .

Матеріали на основі скловолокна та полімерів широко застосовуються в сучасних виробництвах. Вони легкі, міцні та недорогі (рис.2.1).



Рисунок 2.1 - Зображення ДСВ.

Гранульований скловолокно ГСП. Виготовляється так само, як і ДСВ і має аналогічні характеристики. Процес затвердіння відбувається під час лиття, матеріал до розплавленої форми не повертається.

Пресматеріал ГСП має велику насипну вагу та відрізняється високою технологічністю. Також важливим є той факт, що пресматеріал не потребує попередньої підготовки перед використанням. Таким виробам властива стійкість до ударних та вібраційних навантажень, висока міцність та здатність не піддаватися негативному впливу корозії та хімічних речовин. Вироби з пресматеріалу ГСП не схильні до впливу мікроорганізмів та бактерій. Діапазон температур, в яких можуть експлуатуватися вироби такого пресматеріалу, аналогічний тому, що мають інші пресматеріали. Він становить від -196 до +200 градусів за Цельсієм [6]. На рисунку 2.2 зображено зразок ГСП.



Рисунок 2.2 - Зображення ГСП.

Найвідоміший і широко застосовний вид. Скловолокнистий композит вважається реактопластом і найчастіше застосовується для створення ізоляційних матеріалів [7]. Популярність зумовлена наступними чинниками:

- електроізоляційні властивості;
- низьке водопоглинання;
- стійкість до хімічних впливів;
- механічна міцність;
- теплостійкість.

На рисунку 2.3 зображено зразок скловолокнистий композит.



Рисунок 2.3 - Зображення скловолокнистий композит.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ФАКТОРІВ НА ЯКІСТЬ ДЕТАЛІ

Міцність. Розрахунки на міцність показують, що для сприйняття конструкцією деталі силового впливу, достатньо призначити товщину стінки один міліметр[3]. Силовий вплив буває більшим при механічній обробці деталі або при складанні. Але деформації у разі піддаються розрахунку.

У більшості випадків доводиться мати справу з нерозрахунковими деталями, переріз яких визначаються умовами виготовлення (технологією лиття під тиском). Тому конструктор призначає технологічну товщину стінки конструкції (відповідну мінімальній товщині способу отримання заготовки). Стінки деталей отриманих литтям під тиском мають неоднакову міцність у поперечному перерізі через швидку кристалізацію та різні її умови (зовнішні стінки, внутрішні стінки). Міцність максимальна в поверхневому шарі, де матеріал набуває дрібнокристалічної структури і де утворюються сприятливі для міцності залишкові напруги стиснення[15].

Чим товстіша стінка, тим різкіша різниця між міцністю серцевини і кірки, тому збільшення товщини стінки не супроводжується пропорційним збільшенням міцності.

З цих причин, а також для зменшення маси доцільно стінки виливків виконувати найменшу товщину, яка допускається умовами лиття.

Необхідну міцність та жорсткість забезпечують формою деталі; оребрінням, наданням деталі опуклих, склепінчастих, сферичних, конічних тощо форм. Такий метод завжди призводить до отримання легших конструкцій.

Після цього відразу виникає другий критерій, пов'язаний з першим[15].

Жорсткість. Відомо, що працездатність конструкції тією ж мірою, як і міцність (а іноді і більшою), визначає жорсткість. Жорсткість має значення для

приладів полегшеного типу. Прагнучи полегшити конструкцію і максимально використовувати ресурси матеріалу міцності, конструктор в даному випадку підвищує рівень напруги, що супроводжується збільшенням деформацій.

Жорсткість виробу визначається коефіцієнтом жорсткості, який залежить від відношення прикладеної до системи сили P , до значення максимальної деформації f , що виникає під дією цієї сили.

Для прикладення сил, що спричиняють розтягування-стиснення бруса постійного перерізу в межах пружної деформації коефіцієнт жорсткості згідно із законом Гука:

$$\lambda = \frac{P}{f} = \frac{\sigma F}{f} = \frac{EF}{l}, \quad (3.1)$$

де F - перетин бруса, мм^2 ;

l - довжина бруса, яка визначається в напрямку дії цієї сили, мм ;

E – модуль нормальної пружності матеріалу [15].

На жорсткість конструкцій впливають наступні фактори:

- модуль пружності матеріалу (модуль нормальної пружності E при розтягуванні-стисканні та згинанні, модуль зсуву G – при зсуві та крученні);
- геометричні характеристики поперечного перерізу тіла, яке деформується (перетин F при зсуві і розтягуванні-стисканні, момент інерції I при вигині, полярний момент інерції I при крученні);
- лінійні розміри тіла, що деформується (довжина l);
- вид прикладеного навантаження та тип опор [15].

Модуль пружності є характеристикою матеріалів, яка залежить складу матеріалу, методів її термообробки та вмісту легуючих елементів, що впливає на будову атомно-кристалічної ґратки основного компоненту матеріалу [15].

На жорсткість конструкції побічно впливає міцність матеріалу. За інших рівних умов деформації пропорційні напругам. Але напруги приймають, як правило, прямо пропорційними до міцності матеріалу. Тому зі зростанням міцності матеріал буде зростати і допустима напруга і за інших рівних умов більша деформація системи. Також можна зробити висновок, що чим менший запас міцності матеріалу і ближче напруга, яка діє на матеріал до межі міцності, тим більше буде відбуватися деформація, а отже буде меншою жорсткість системи.

Самий простий спосіб зменшення ступеню деформації може полягати у зменшенні рівня напруження матеріалу. Однак цей метод є недоцільним, так як він призводить до значного збільшення маси конструкції.

На якість фінального продукту впливає:

- термін (вік або дата виготовлення);
- вологість матеріалу;
- відносна вологість приміщення;
- температура зберігання матеріалу;
- температура лиття та запікання;
- кількість матеріалу під час лиття.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПРЕСУВАННЯ ВИРОБУ З ТЕРМОРЕАКТИВНОГО ПРЕС-МАТЕРІАЛУ

4.1 Норми зберігання прес-матеріалу.

Розробка технології виготовлення деталі завжди розпочинається з вибору матеріалу, з якого ця деталь буде виготовлятися. В даному випадку ми використовуємо - прес-матеріал термореактивний. Для оптимізації технології виготовлення важливо виконати наступні етапи перевірки матеріалу, з якого буде виготовлятися в подальшому деталь.

Прес-матеріал постачається на виробництво упакований у поліетиленовий (паперовий) мішок із поліетиленовим вкладишем та биркою відповідного матеріалу. Перед початком роботи необхідно перевірити вказані на бирці дані на відповідність терміну гарантійного зберігання [8]. Перед використанням кожної нової партії прес-матеріалу необхідно відпресувати декілька пробних деталей і виконати контроль їхнього зовнішнього вигляду: відсутність недопресовок, здуття.

Зберігати пресовані матеріали необхідно в прохолодному сухому приміщенні при температурі не вище 25°C і відносній вологості повітря - не вище 75%. В даному випадку допускається зберігання прес-матеріалу ДСВ-2-0 за температури не вище 35°C. При зберіганні прес-матеріал у неопалюваних складських приміщеннях, перед застосуванням, щоб уникнути зволоження за рахунок конденсації вологи на поверхні матеріалів, необхідно витримати їх у приміщенні, не розкриваючи тари, до вирівнювання температури.

Не допускається зберігання прес-матеріалу під додатковою вагою, тому що при цьому погіршується пучність і дозування. Не допускається забруднення прес-матеріалів.

Після закінчення гарантійного терміну зберігання прес-матеріалу, необхідно виконати повторну перевірку придатності прес-матеріалу технологічною пробою: відпресувати кілька деталей, і провести контроль їхнього зовнішнього вигляду та властивостей.

4.2 Підготовчий етап.

Для розробки технології виготовлення деталі спочатку необхідно розробити креслення пресформи з урахуванням усіх вимог до виготовлення деталей з полімерних композиційних матеріалів методом пресування. Розроблена пресформа для деталі, що проектується (рис.4.1) наведена на рис. 4.2.

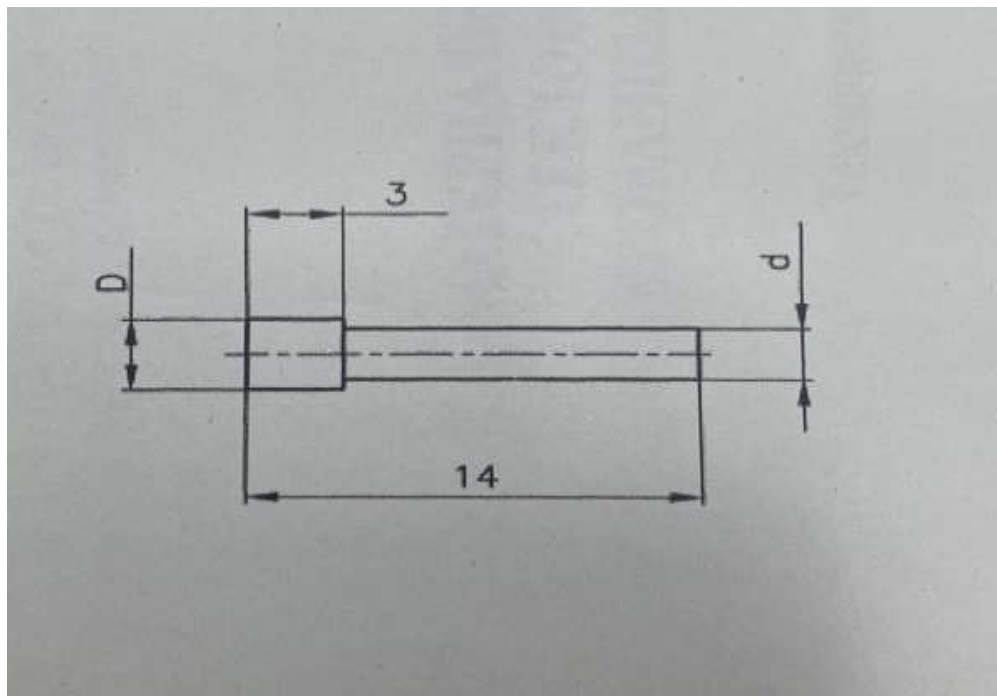
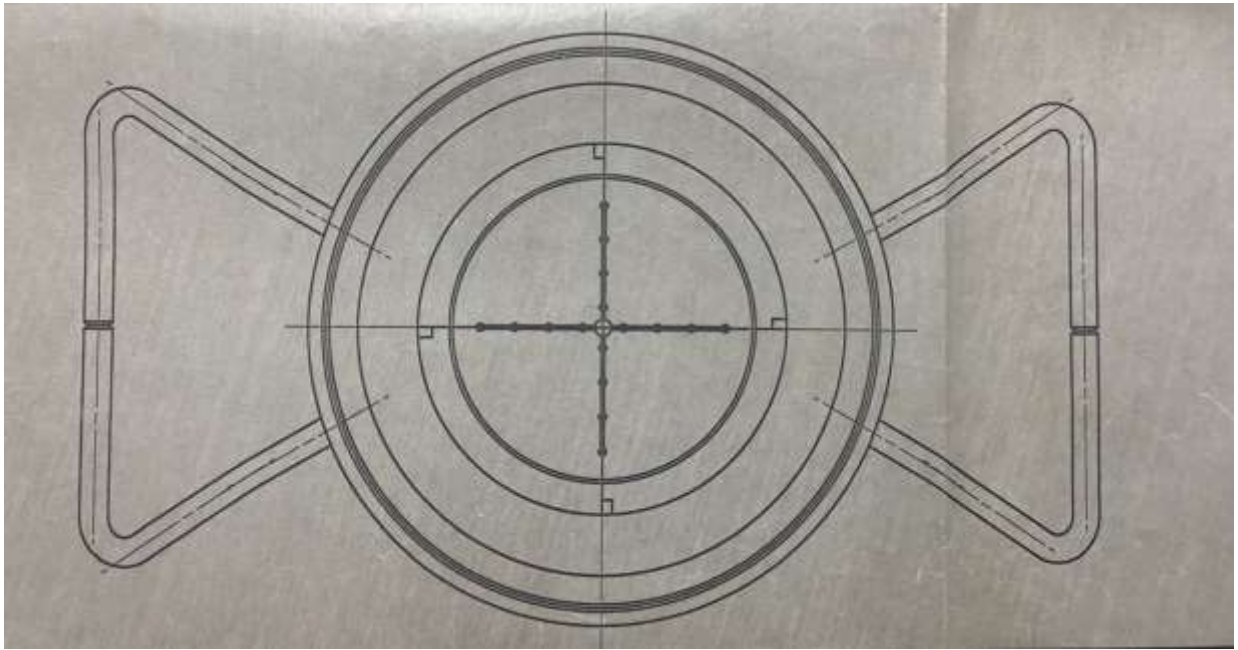
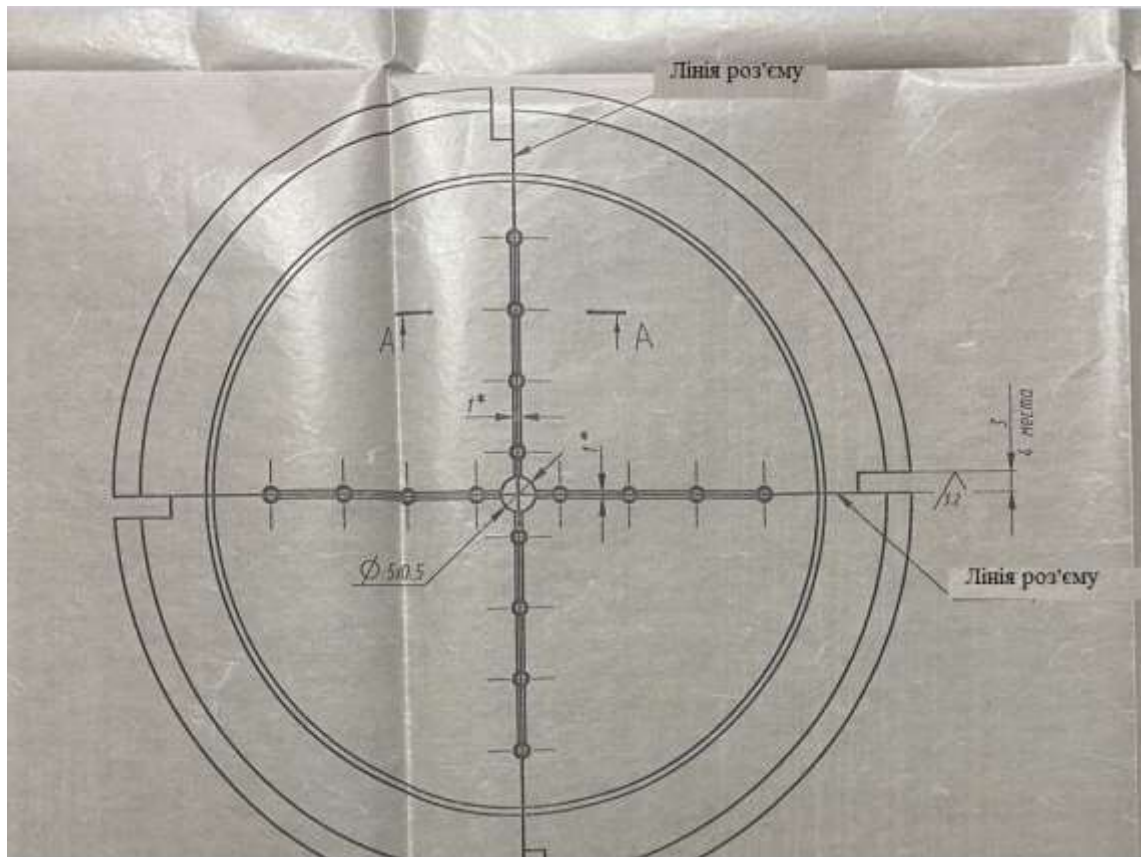


Рисунок 4.1 Креслення деталі.



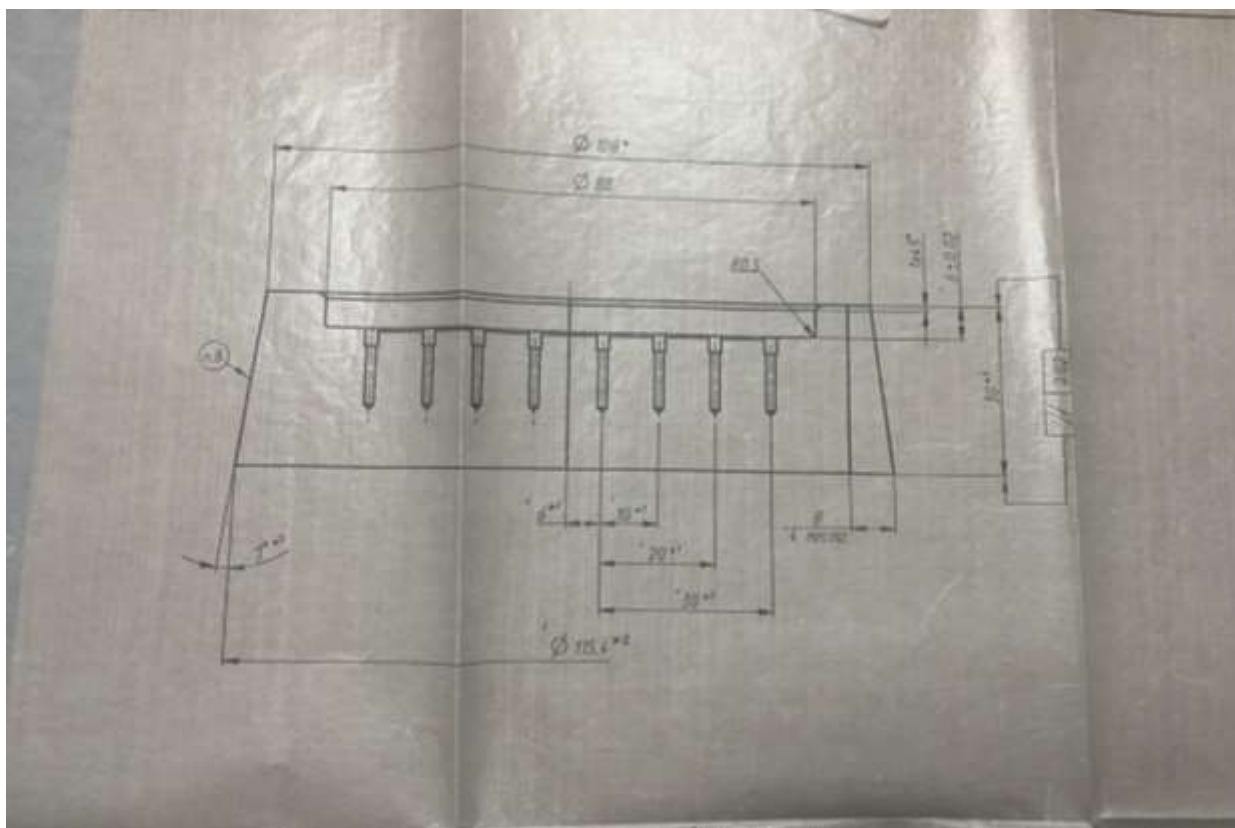
а



б

а, б, в – проєкції пресформи

Рисунок 4.2. – Креслення пресформи.



В

Кінець рисунку 4.2.

Перед початком роботи треба перевірити гідравличний прес. Першим етапом є перевірка справності заземлення гідравлічного пресу. Наступним перевіряється справність преса, для чого вмикається гідропривід, натискається відповідна кнопка відпускання і підняття верхньої плити, перевіряється натисканням відповідної кнопки справність аварійного відключення [8].

Прес-форма, яка вже була в експлуатації, перевіряється на наявність дефектів. Перевіряється співвідношення робочих поверхонь ливарної камери, пуансону, прес-форми роз'ємників на відсутність пошкоджень і забруднень. Комплект оснащення повинен бути в справному стані.

4.3 Підготовка матеріалу до пресування

Наступним етапом технології виготовлення є визначення необхідної кількості вихідного матеріалу для виготовлення заданої деталі. Існують два варіанти – це зважування та визначення за об'ємом. Для прес-матеріалів більш доцільним є використання методу зважування (рис. 4.3) необхідної кількості прес-матеріалу.



Рисунок 4.3 - Зважування необхідної кількості ДСВ.

Також досить важливим етапом підготовки матеріалу є визначення вихідної вологості прес-матеріалу. При зниженні вологості необхідно безпосередньо перед застосуванням, прес-матеріал зволожувати 40% розчином етилового спирту.

Порядок зволоження прес-матеріалу повинен складатися з наступних кроків:

- підготовлена бавовняна серветка змочується 40% водним розчином етилового спирту;
- розрахункова кількість прес-матеріалу укладається в бавовняну серветку;
- підготовлений пакет упаковується в поліетиленову плівку і витримується на повітрі при температурі 15...35°C протягом 30...60 хвилин. Для зволоження 100г прес-матеріалу необхідно 40...45г водно-спиртового розчину;
- після зволоження прес-матеріалу перевіряється вміст вологи.

4.4 Пресування виробу з ДСВ.

Технологія пресування це досить важливий етап виготовлення деталей. Для цього необхідно обрати обладнання та визначити тиск пресування за формулою 4.1.

$$F = p \times S \quad (4.1)$$

де P – тиск у циліндрі, а S – площа поверхні поршня.

Послідовність технологічних етапів виготовлення деталі складається з наступних кроків.

Увімкнути двигун гідроприводу преса. Підняти верхню плиту преса до крайнього положення. Увімкнути двигун гідроприводу [8].

Завантажити навішування прес-матеріалу в робочу камеру як на рис.4.4. Розрівняти матеріал. Встановити пуансон, не допускаючи його перекосу.



Рисунок 4.4 - Завантаження ДСВ в робочу камеру.

Увімкнути двигун гідроприводу. Відпустити верхню плиту до замикання прес-форми, при цьому пуансон опускати плавно, не додаючи ударів його об матрицю при замиканні прес-форми [8]. При падінні тиску (при перебігу прес-матеріалу з ливарного циліндра в порожнину) підтримувати його в напівавтоматичному режимі як на рис.4.5. Вимкнути двигун гідроприводу.



Рисунок 4.5 - Замикання прес-форми.

Для отримання якісної деталі необхідно визначити температуру пресування, яка залежить від матеріалу заготовки, а також розрахувати час витримки заготовки у пресформі, який напряму залежить від її розмірів, а саме від товщини стінки деталі. Витримати деталь під тиском (170 кг/см^3) при визначених температурі та часі. Контроль часу проводити по годинах або в напівавтоматичному режимі часу. Контроль температури та тиску проводити за контрольним приладом та термограмою (рис.4.6, 4.7). На термограмі виставлено, режим пресування (155 градусів)[8].



Рисунок 4.6 - Контрольний прилад для відстеження температури.



Рисунок 4.7 - Манометр (прилад для замірювання тиску та його відстеження)

Увімкнути привід гідроприводу. Підняти верхню плиту в крайньому верхньому положенні. Вимкнути двигун гідроприводу. Вийняти з прес-форми контрольну термopару. Відокремити литьову камеру із пуансоном. Розібрати прес-форму з відформованою деталлю[8].

Встановити роз'ємник, елемент прес-форми, обтискаємо дітлю на середину нижньої плити преса (схема виштовхування ідивідуальна для кожної деталі) рис.4.8.



Рисунок 4.8 - Роз'ємник для виштовхування деталі

Увімкнути двигун гідропривід. Відпустити вгору плиту. Випресувати деталь. Підняти верхню плиту преса до верхнього преса крайнього положення. Увімкнути двигун гідроприводу. Вийняти деталь рис. 4.9. Розібрати ливарну форму за допомогою циліндрів для знімання завантажувальної камери[8].

Увімкнути двигун гідроприводу. Відпустити верхню плиту. Розпресувати ливарну форму.



Рисунок 4.9 - Відформовані деталі у прес-формі.

Видалити ливники. Зачистити на деталі місце під ливниками. Видалити задирки облою, плівки рис. 4.10, 4.11. Провести очищення комплекту оснастки від залишків прес-матеріалу (рис. 4.12).

ПУ ущільнювальні пробки широко застосовуються в різних електро-, радіо- і контрольно-вимірювальних приладах.



Рисунок 4.10. - Відформовані ПУ з облоєм (не зачищені).



Рисунок 4.11 - Відформовані ПУ зачищені (без дефектів).



Рисунок 4.12 - Видалений ливник.

4.5 Визначення якості виготовленої заготовки

Наступним етапом є контроль якості виготовленої заготовки. Для цього необхідно провести візуальний контроль якості поєднання прес-матеріалу, а також на наявність дефектів та недоліків пресування. На рисунку 4.13 наведено макроструктури якісної та неякісно виготовленої заготовки.

Також необхідно визначити щільність отриманої заготовки. За результатами цих розрахунків можна зробити висновки про наявність газової пористості всередині заготовки.

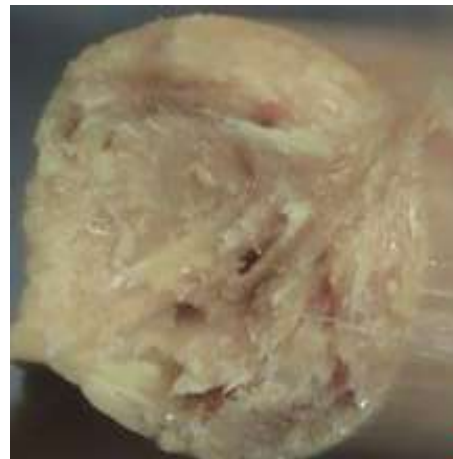
За результатами експерименту було отримано щільності – $1,76 \text{ г/см}^3$ та $1,30 \text{ г/см}^3$ відповідно для якісної та неякісно виготовленої заготовки.



а



б



в

а- якісна заготовка (тиск 170 кг/см^3), б, в- неякісно виготовлена заготовка (відповідно 90 та 50 кг/см^3)

Рисунок 4.13 – Макроструктури виготовлених заготовок

Отже, після проведення вищезазначених розрахунків, було отримано значення $1,76 \text{ (г/см}^3\text{)}$, що входить в норму показника щільності, яке зазначене в ДСТУ 17478-95 [5].

Наступним етапом є виявлення наявності видимих дефектів. В разі виявлення на поверхні заготовки дефектів (сколів, раковини), а також вирв, зрізів

в місцях видалення ливників (рис. 4.14) необхідно зробити їх ремонт, у наступній послідовності операцій:



а



б

Рисунок 4.14 - Приклади дефектів заготовок (а,б).

- знежирити місце дефекту нефрасом, потім ацетоном просушити;
- приготувати клей на основі епоксидної смоли;
- закласти дефект приготованим клеєм;

- просушити на повітрі;
- зачистити місце ремонту шкуркою шліфувальною.

Не допускається:

- здуття (опуклі місця на поверхні деталей);
- недопресування (вихід волокнистого наповнювача на поверхні деталі, що супроводжується порушеннями смоляного шару);
- механічні пошкодження у вигляді вибоїн та вм'ятин [8].

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної роботи було розроблено технологію виготовлення деталі з ДСВ. Було розв'язано такі завдання:

- а) проведено аналіз предметної області;
- б) наведено опис термореактивних прес-матеріалів;
- в) досліджено вплив факторів на якість прес-матеріалу;
- г) розроблено технологічний процес пресування виробу з термореактивних прес-матеріалів.

Результати досліджень було випробувано на підприємстві та можна зробити висновок, що розроблена технологія повністю відповідає вимогам до виготовлення полімерних композиційних матеріалів методом пресування та може бути рекомендована до використання за призначенням.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Polymer Science and Engineering / Committee on polymer science and engineering– ,1994. – 180p.
2. Jones P. The Mould Design Guide / Peter Jones. – Smithers Rapra Technology, 2008. – 540 p.(про форми матриц)
3. Niir Board Of Consultants And Engineers The Complete Technology Book On Plastic Extrusion, Moulding And Mould Designs / Niir Board Of Consultants And Engineers. 2006.– 496 p.(литье про все лутшая факторы яеости пресс-маетриалу.)
4. Суберляк О. В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Львів : Растр-7, 2007. – 375 с. – ISBN 978-966-2004-01-4.
5. ДСТУ 17478-95.
6. ДСТУ 17478-72.
7. ДСТУ 20437-89.
8. Q.S.Khan Tanveer Publications Design and manufacturing of Hydraulic Presses. – Tanveer Publication : 2018. – 416 p.
9. José R. Plastics Injection Molding / Lerma Valero. – Carl Hanser Verlag. сMunich : 2020. – 400 p.
- 10.Завістовскі Г.І. Наладка процесу лиття пластмасових деталей під тиском / Медих В. – Тернопіль: Джура, 2007.–144с.– ISBN 978-966-8650-70-3.
11. Plastic Part Design for Injection Molding: An Introduction/Robert A. Malloy – Hanser Publications, 2010.– 563 pages.– ISBN-10 1569904367.
12. Bruce Catoen Injection Mold Design Handbook / Herbert Rees.–Carl Hanser Verlag 2022.–786 pages.– ISBN 978-1-56990-815-0.
13. Kerkstra, R. Injection Molding Advanced Troubleshooting Guide, 2e/

14. Manas C.,Plastics Fundamentals, Properties, and Testing/ Salil K. Roy.–
CRC Press 2008.–280 pages.

15. M. Kutz Applied Plastics Engineering Handbook: Processing and Materials
/ –William Andrew, 2011.–574 pages.