

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 132 «Матеріалознавство»

Тема роботи: Розроблення маршрутної технології отримання і обробки заготовки деталі прес-форма для лиття під тиском поліпропілену

Виконав студент:

Горовенко Ярослав Русланович

Залікова книжка № 21510004

Підпис _____

Керівник:

Марченко Станіслав Вікторович

Підпис _____

Захищено з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК

Підпис _____ Марченко К. С.

Суми 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра прикладного матеріалознавства і технології конструкційних матеріалів
Спеціальність 132 «Матеріалознавство»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант Освітньої програми
«Прикладне матеріалознавство»
Харченко Н. А.

« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Горovenку Ярославу Руслановичу, група МТ-01-1
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема випускної роботи: Розроблення маршрутної технології отримання і обробки заготовки деталі прес-форми для лиття під тиском
2. Вихідні дані: креслення деталі та вимоги до неї вказані на кресленні (додаток А)
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу
 - 1) Креслення деталі.
 - 2) Графік термічної обробки деталі.
 - 3) План розробленого термічного відділення.
4. Етапи виконання випускної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	Тижні			
		1	2	3	4
1	Розділ 1. Аналіз умов роботи деталі	X			
2	Розділ 2. Огляд літератури	X			
3	Розділ 3. Вибір матеріалу та роль легувальних елементів у забезпеченні експлуатаційних властивостей		X		
4	Розділ 4. Маршрутна технологія виготовлення деталі. Характеристика етапів технологічного процесу			X	
5	Розділ 5. Розрахунково-експериментальна частина				X

5. Дата видачі завдання _____ 2024 р.

Керівник _____
(підпис)

_____ (посада, прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 65 сторінок, зокрема 16 таблиць, 41 рисуноків, список із 45 використаних джерел на 5 сторінках, 3 додатків на 3 сторінках.

Мета роботи – вибір оптимальної марки сталі й розроблення маршрутної технології виготовлення деталі прес-форми для лиття під тиском поліпропілену.

Методи досліджень: металографічні та вимірювання твердості матеріалу структури поверхневого шару сталей, макроаналіз.

Прес-форма є відповідальною та дорогим обладнанням для виробництва виробів з пластмас. Матеріал прес-форми повинен володіти високою зносостійкістю, витримувати циклічну дію тиску та температури.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було досліджено вплив процесу термічної обробки на структуру та властивості сталі 40Х. Проведений аналіз можливих замінників сталі прес-форми, обрано оптимальну сталь з урахуванням економічної та механічного аспекту виробництва.

Ключові слова: прес-форма, пуансон, твердість, зносостійкість, міцність, температура, термічне оброблення, структура, відпал, гартування, відпуск.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1	8
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБУ, ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ.....	8
1.1 Прес-лиття полімерних виробів	8
1.2 Аналіз умов роботи деталей прес-форми	11
1.3 Особливості лиття поліпропілену	15
Висновок	16
РОЗДІЛ 2	18
ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	18
2.1 Технології виготовлення та методи зміцнення деталі «Прес-форма».....	18
2.2 Хіміко-термічні методи зміцнення поверхні прес-форми	20
Висновок	23
РОЗДІЛ 3	25
МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРЕС-ФОРМИ ТА ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ	25
3.1 Вибір сталі для виготовлення прес-форми.....	25
3.2 Опис впливу легувальних елементів на властивості матеріалу	30
3.3 Методи дослідження матеріалів	31
3.3.1 Металографічний метод дослідження	31
3.3.2 Випробування на твердість	33
3.3.3 Вимірювання на міцність	35
Висновок	36
РОЗДІЛ 4	38
РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	38
4.1 Маршрутна технологія виготовлення пуансону прес-форми.....	38
Висновок	43
РОЗДІЛ 5	44
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	44
5.1 Призначення термічної обробки деталі	44
5.1.1 Попередня термічна обробка	44

5.1.2 Зміцнювальна термічна обробка	45
5.1.3 Відпуск сталі.....	49
5.2 Вибір необхідного обладнання для отримання прес-форми	52
Висновок	55
ВИСНОВОК.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТОК А.....	63
ДОДАТОК Б	64
ДОДАТОК В	65

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. На сьогоднішній день у світі існує велика кількість виробів з пластмас різних форм та розмірів. Найбільшу популярність такі вироби зазнали в: автомобільній, побутовій, електричній, медичній та інших галузях. Активне застосування пластмас обумовлене гарними механічними та фізичними властивостями при низькій ціні. Лиття під тиском дозволяє отримати вироби складні, точні та високоякісні з різних типів пластмас. Для отримання більш міцних, зносостійких та стійких до хімічних речовин виробів використовують поліпропілени [1].

Поліпропілен – це хімічна сполука, яка класифікується як пластик. Існує кілька методів отримання поліпропілену, і основний з них – це каталітична полімеризація. Найбільш розповсюдженими методами отримання поліпропілену є процеси з використанням каталізаторів та металоорганічні каталізатори.

Каталітичний процес включає наступні етапи [2]:

1. Сировинний матеріал – пропілен, піддається очищенню від забруднень і домішок, що можуть вплинути на якість кінцевого продукту.
2. Очищений пропілен реагує з каталізатором при підвищеній температурі та тиску. Це призводить до формування молекулярних ланцюгів поліпропілену.
3. В процесі перерозподілу формуються молекулярні вузли і гілки у поліпропіленовому ланцюзі, що впливає на його властивості.
4. Після досягнення бажаної маси полімеру, реакція зупиняється, і поліпропілен охолоджується.
5. Отриманий поліпропілен проходить процес очищення від залишкових реагентів і каталізаторів, після чого його можна гранулювати або формувати в кінцевий продукт, такий як плівка, контейнери, трубки тощо/

Саме через активний розвиток та активне використання пластмасової продукції, виготовлення прес-форми для лиття під тиском є актуальним.

Метою роботи є вибір матеріалу, розроблення технологічного процесу виготовлення та створення графіку термічної обробки прес-форми для лиття під

тиском поліпропілену. Отримання необхідних властивостей для використання деталі в експлуатаційних умовах та зменшення кількості браку при виробництві.

Для досягнення поставленого завдання потрібно було вирішити наступні завдання:

1. Розглянути характеристики та умови експлуатації прес-форми
2. Провести літературно-патентовий аналіз можливостей модернізації матеріалу та технології виготовлення;
3. Обрати оптимальну марку сталі для деталі прес-форми;
4. Розробити маршрутну технологію виготовлення деталі;
5. Розрахувати термічну обробку для отримання необхідних властивостей.

В ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено металографічні дослідження структури сталі та вимірювання її твердості. Металографічним дослідженням перевірялися на відповідність заготівельні листи. Вимірювання твердості використовувалось для перевірки якості проведення термічної обробки матеріалу.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБУ, ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ

1.1 Прес-лиття полімерних виробів

Полімерні вироби є одними з ключових складових економіки світу. За останнє століття пластмасові вироби отримали велике застосування в різних галузях. В повсякденні людина стикається з великою кількістю полімерних виробів кожен день. Більше всього з них виготовляють предмети побуту, столові прибори, різного виду ізоляції, тари, мішки та навіть в якості регулюючої апаратури для комунікаційних мереж [4].

Полімери характеризуються низькою теплопровідністю, гарною механічною міцністю та низькою провідністю електрики. Зміни деяких властивостей можуть бути викликані додаванням невеликої кількості різноманітних домішок. Легка доступність, невелика вартість та проста обробка термопластів відкриває нові можливості для виробництва. Головною перевагою цього матеріалу є можливість вторинного застосування, що практично в половину зменшує забруднення навколишнього середовища.

Враховуючи велику потребу суспільства в пластмасі виробництвами була створена технологія лиття під тиском. Сама технологія включає в себе два основних компонента: термопластавтомат (рис 1.1) та прес-форма (рис 1.2). Ця технологія є головним способом отримання виробів з полімерів швидко та якісно, але через досить складне виробництво прес-форми ця технологія є досить дорогою. Проте, висока вартість прес-форми обумовлена довгим строком служби, що свідчить про високу якість та відповідальність. В середньому при литті під тиском полімерів прес-форма може витримати до 300-500 тис. циклів роботи в залежності від складності готового виробу.

Процес лиття під тиском відбувається в наступному порядку [4,5]:

1. Полімерні гранули завантажують у спеціальний бункер;

2. Матеріал через отвір потрапляє в закритий циліндр з шнеком, який через механічний привід обертається навколо своєї осі та рухається вперед;
3. Завдяки нагрівачам навколо циліндру матеріал нагрівається до рідкої в'язкості;
4. Матеріал під високим тиском подається в порожнину прес-форми, де через ливникову систему, завдяки тиску, рівномірно заповнює пустоти форми;
5. Після повного самостійного охолодження або завдяки системі охолодження матеріал твердне;
6. Після відкриття прес-форми виріб дістається виштовхувачами.

Термопластавтомат (рис 1.1) є багатокомпонентним механізмом для лиття під тиском. Він є найпопулярнішим способом отримання виробів з полімерів. Це обладнання є практично повністю автоматизованою з високим темпом виробництва. Також, головною перевагою є висока якість та точність виробів. ТПА складається з таких компонентів: бункер, шнек, нагрівачі, привід шнека, направляючих, циліндр виведення, напрямляючої, рухомої та нерухомої плити. Для правильного вибору марки ТПА слід враховувати величину готового виробу, кількість та тип сировини. Для правильного застосування ТПА слід коректно обрати температуру нагрівачів в залежності від типу матеріалу виробу [6].

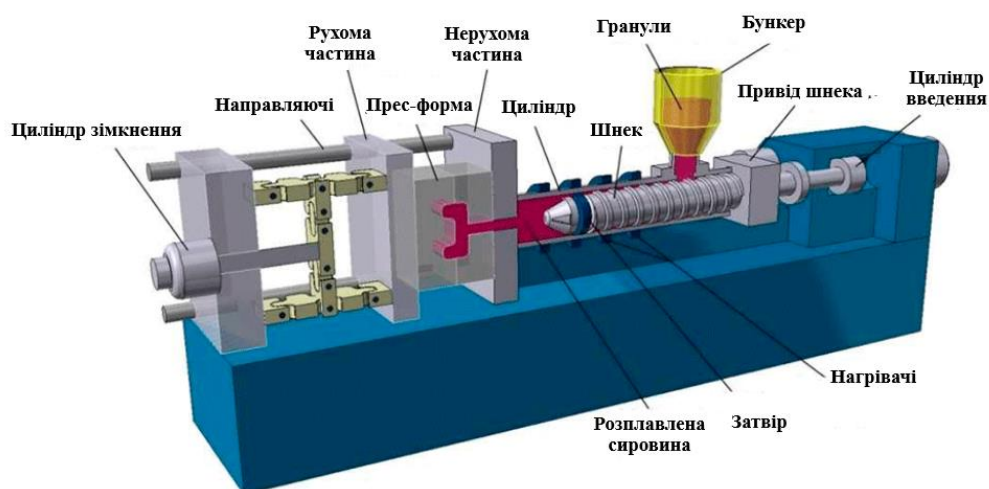


Рисунок 1.1 – Схема роботи термопластавтомату [7]

Прес-форма (рис 1.2) є досить складним та дорогим обладнанням.

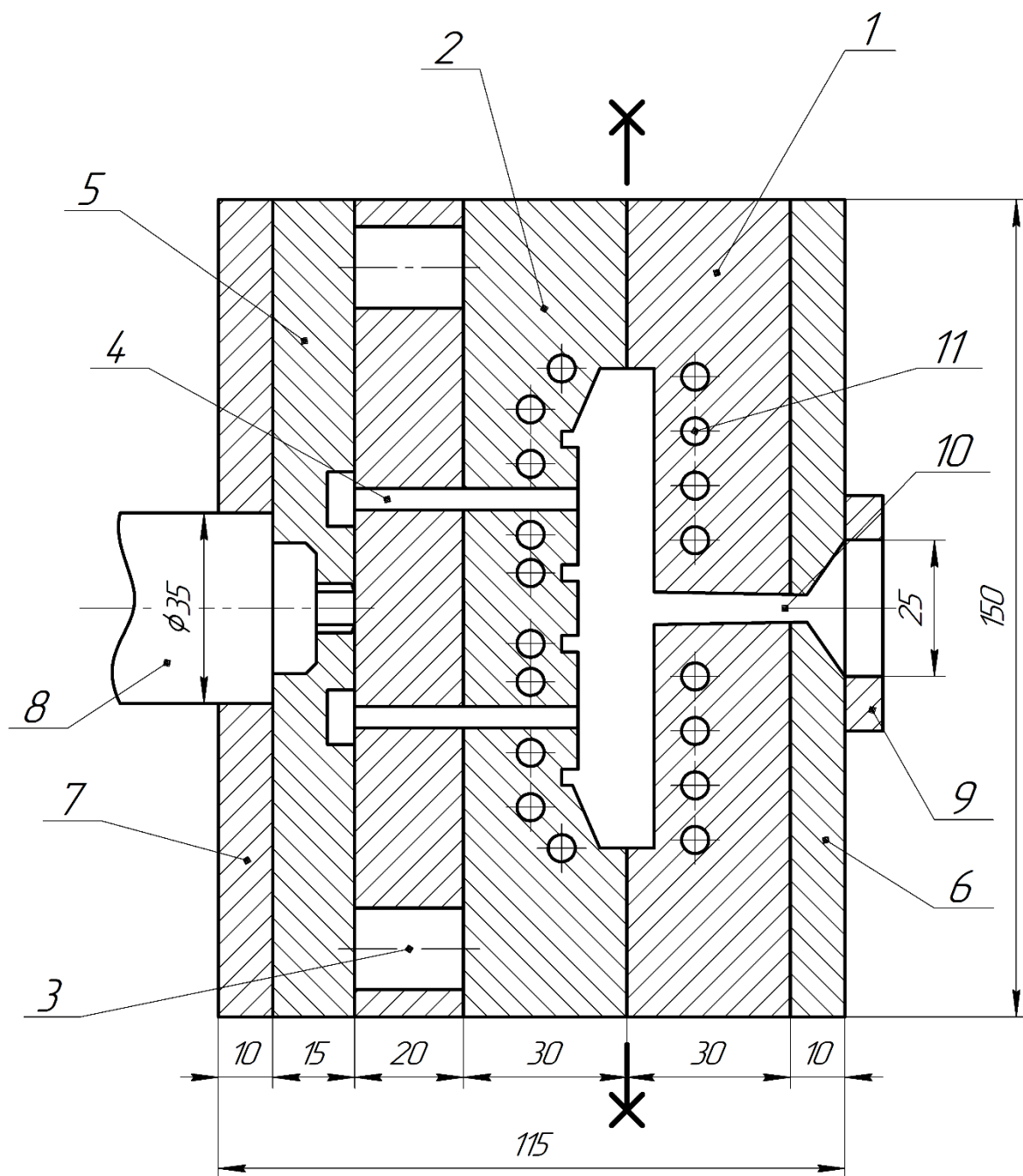


Рисунок 1.2 – Креслення прес-форми: 1 – матриця, 2 – пуансон, 3 – напрямні, 4 - виштовхувачі, 5 – плита виштовхувачів, 6 – верхня плита кріплення, 7 – нижня плита кріплення, 8 – хвостовик, 9 – фланець, 10 – ливниковий канал, 11 – система охолодження

Говорячи про класифікацію прес-форм слід зазначити, що розрізняють велику кількість видів прес-форм в залежності від розмірів, форми та матеріалу необхідної деталі. В цілому існують наступні класифікації прес-форм [8]:

1. Ручні, автоматичні та напівавтоматичні;
2. Змінні та стаціонарні;

3. З горизонтальною або вертикальною площинною роз'єму;
4. З однією або декількома площинами роз'єму.

1.2 Аналіз умов роботи деталей прес-форми

Сама ж прес-форма складається з невеликої кількості компонентів з різним ступенем вимог до них. Основними частинами є матриця та пуансон. Сировина постачається до прес-форми через ливникову систему, розмір якої може вварюватися в залежності від величини виробу. В якості направляючих при з'єднанні та роз'єднанні прес-форми під час робочого ходу застосовують спеціальні напрямні втулки. Для охолодження в прес-формі встановлена система охолодження на основі води або іншої речовини. Для швидкого діставання виробу з прес-форми застосовуються виштовхувачі. Також, в деяких випадках, для складних форм виробів застосовують вкладиші. Через високу вартість та складність обладнання виготовлення прес-форм для малогабаритних виробів при малосерійному виробництві є нераціональним, тому лиття під тиском притаманне більше серійним та масовим виробництвам.

Матриця (рис 1.3) – відповідальна статична основна частина прес-форми, яка безпосередньо відповідає за формування зовнішньої поверхні виробу. Через це до матриці висувають жорсткі вимоги з точності форми порожнини. Під час роботи прес-форми матриця піддається впливам підвищеної температури та тиску рідини, тому через певний експлуатаційний час матриця може змінювати форму, що призведе до браку деталей.

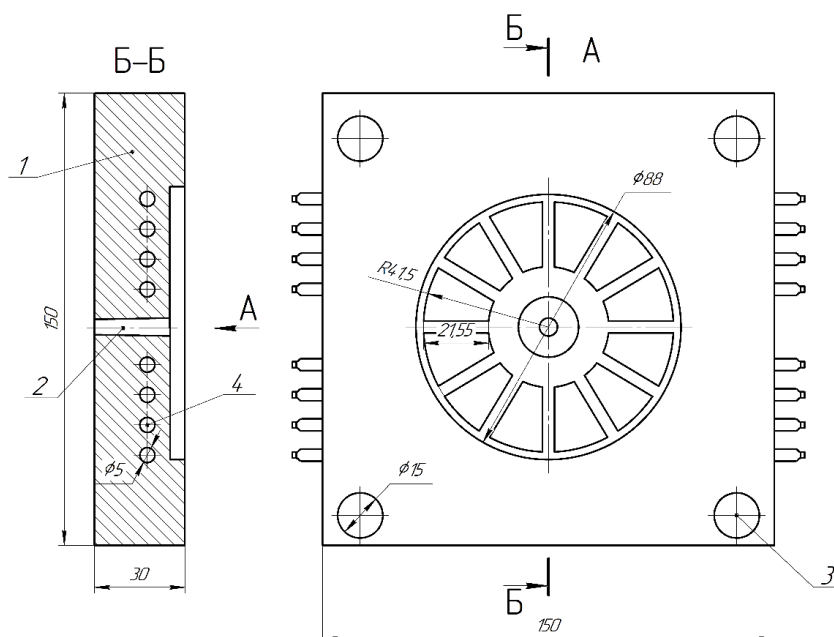


Рисунок 1.3 – Креслення матриці прес-форми: 1 – плита матриці, 2 – ливниковий канал, 3 – отвори під напрямні, 4 – канали системи охолодження

Пуансон (рис 1.4) – мобільна основна частина прес-форми, яка відповідає за формування зовнішньої та внутрішньої форми виробу. Як і для матриці, пуансон повинен відповідати необхідним вимогам до форм, рельєфу та геометричних розмірів. При заповненні матеріалом порожнини прес-форми пуансон піддається підвищеної температури та тиску. Після завершення строку служби повинен бути обов'язково замінений або відправлений на ремонт.

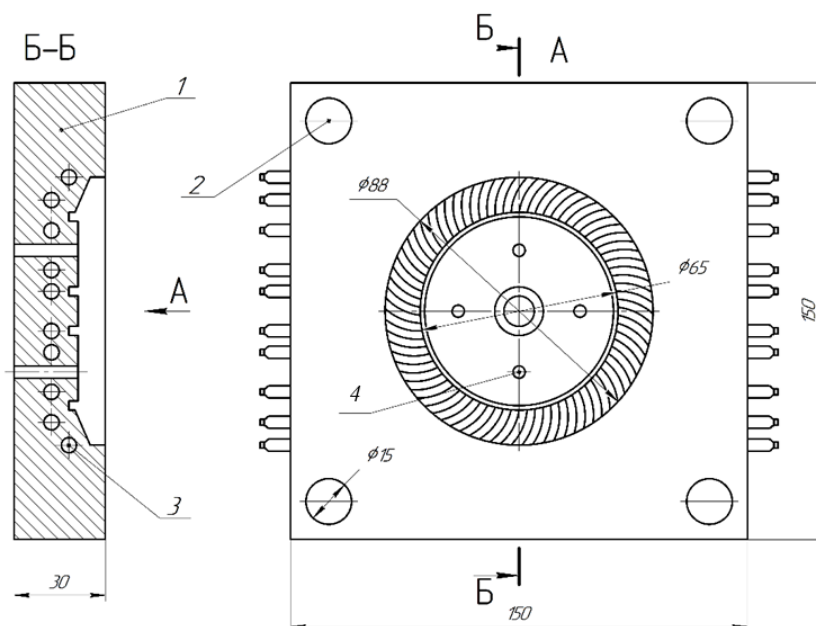


Рисунок 1.4 – Креслення пуансона прес-форми: 1 – плита пуансону, 2 – отвори під напрямні, 3 – канали системи охолодження, 4 – отвори під виштовхувачі

Ливникова система (рис 1.5) є елементом конструкції прес-форми через яку розплавлена сировина потрапляє до порожнин. В залежності від необхідної кількості виробів та їх форми в прес-формі можливе застосування декількох ливників для більш швидкого та рівномірного розповсюдження матеріалу. Також, ливникова система може бути: холодноканална, гарячочанальна та комбінована. Гарячочанальна ливникова система, як можна зрозуміти з назви, характеризується наявністю нагрівача на початку. Завдяки цьому вдасться позбутися відходів на ливник. Недоліком ж є витрати на електроенергію та складнішу будову. Використовують цю систему на масовому виробництві. Холодноканална система є дешевшою, проте в цьому випадку частина сировини витрачається на ливник. Найчастіше застосовують цю систему на дрібному та серійному виробництві. Комбінована ж поєднує ці дві системи, проте значно підвищує вартість прес-форми та складність обслуговування [9].

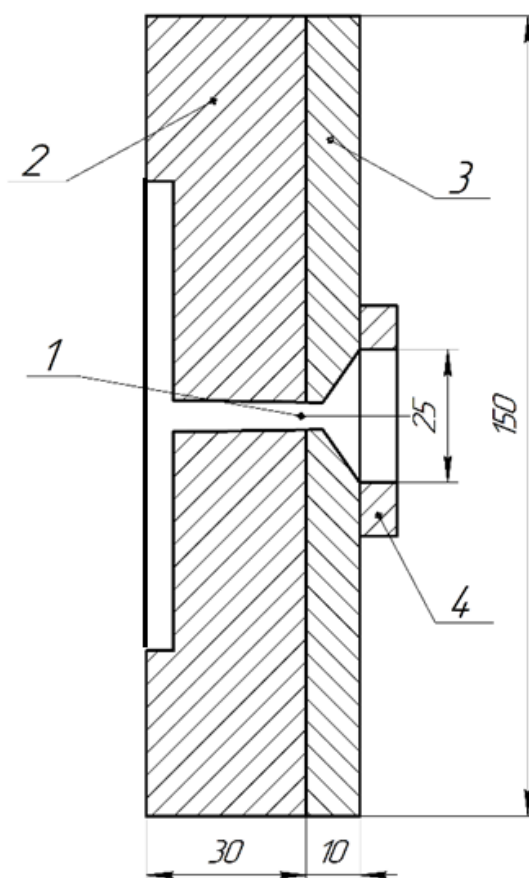


Рисунок 1.5 – Складальне креслення верхньої напівформи з ливниковим каналом: 1 – ливниковий канал, 2 – плита матриці, 3 – верхня плита кріплення, 4 - фланець

Система охолодження (рис 1.6) призначена для швидкого охолодження виробу в закритій прес-формі, що значно може збільшити виготовлення виробів за певний час. Вона є не обов'язковою, її використовують для серійного та масового виробництва. Для проведення системи охолодження в матриці та пуансону вирізають певні канали з розмірами, які залежать від розмірів виробу. В якості охолоджувальної рідини можуть використовувати воду, оливу або гліколь. Канали охолодження прийнято робити максимально близько до самого виробу, самі канали повинні бути з герметичної теплоізоляції. При проектуванні системи охолодження важливо максимально зменшити різницю температури рідини на вході та на виході прес-форми, різниця температур призводить до неоднорідного охолодження виробу. [9].

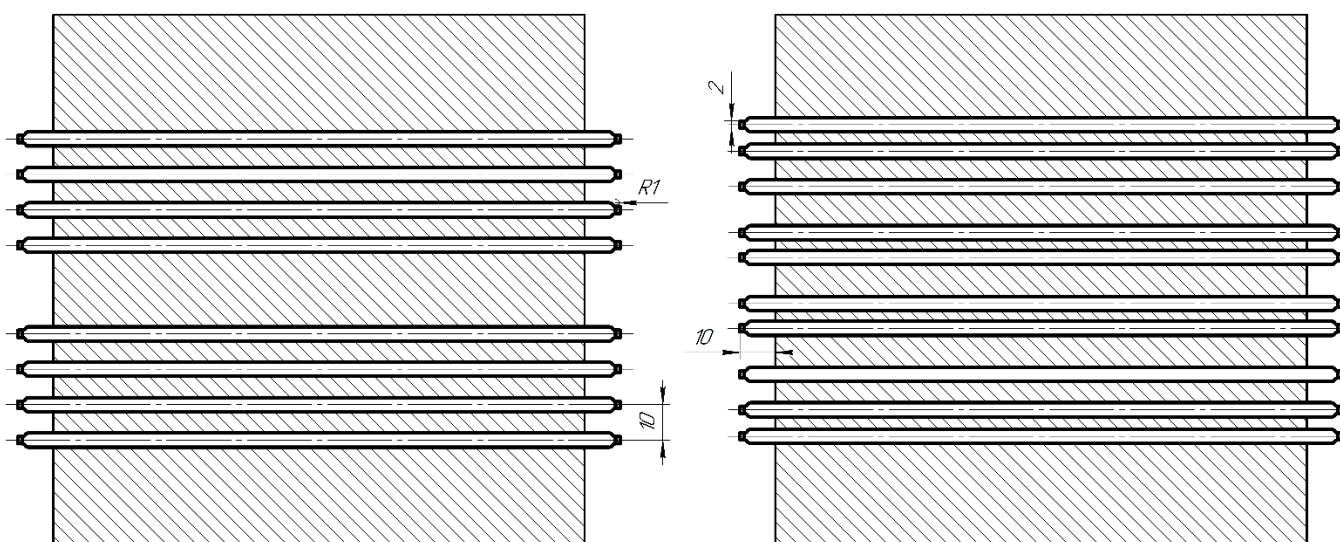


Рисунок 1.6 Креслення системи охолодження прес-форми

Виштовхувачі (рис 1.7) виконують роль швидкого методу дістання виробу з прес-форми. Автоматизація цього процесу значно підвищує темпи виробництва. Кінцева частина виходить до формотворчої порожнини, тому виштовхувачі можуть бути різних форм та довжини. Встановлюються ж вони в місцях найбільшої товщини виробу, щоб мінімізувати можливість випадкового зламу. Виштовхувачі можуть виїжджати завдяки пневматичній силі, так й бути нерухомим, а при виштовхуванні пуансон віддаляється від матриці та натикається на виштовхувачі.

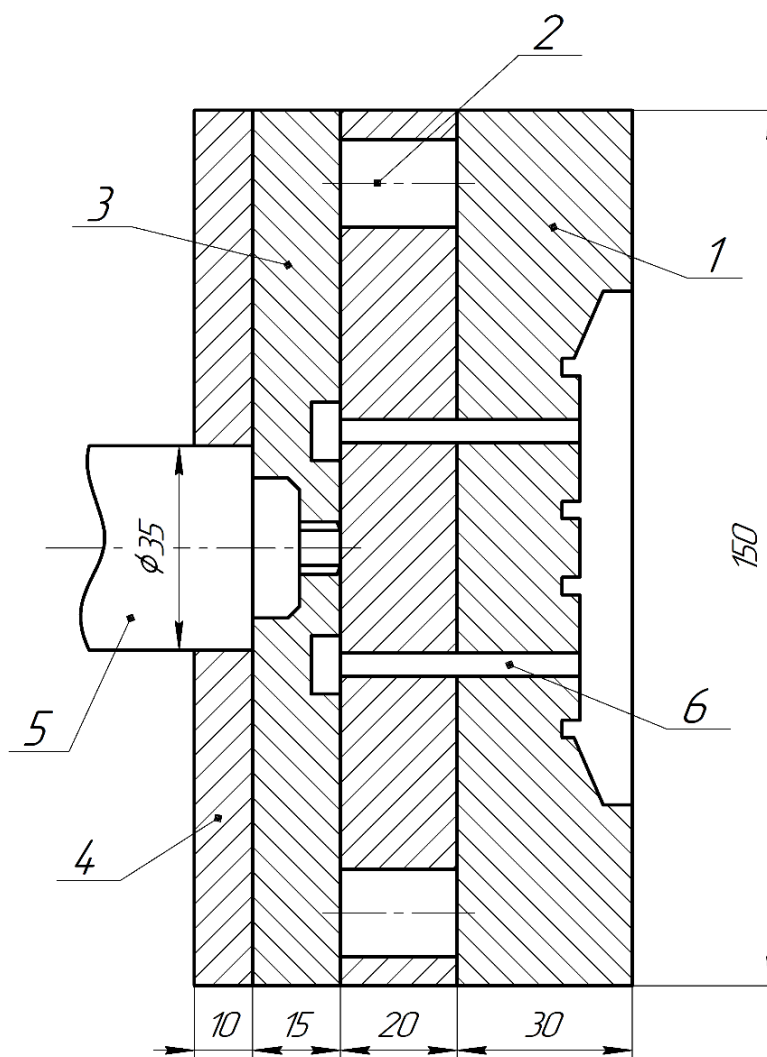


Рисунок 1.7 – Складальне креслення нижньої напівформи: 1 – пуансон, 2 – напрямні, 3 – плита виштовхувачів, 4 – нижня плита кріплення, 5 - хвостовик, 6 - виштовхувачі

Вкладиші є необов'язковими частинами прес-форми. Вони слугують для отримання різних отворів в виробу, щоб не ускладнювати форму матриці або пуансону прес-форми. Вони встановлюються на матриці або пуансону, що робить їх ремонт або заміну легкою. Форму та розміри вкладишів розраховують окремо для кожної матриці або пуансону.

1.3 Особливості лиття поліпропілену

В сучасному виробництві існує велика кількість видів матриць прес-форм в залежності від конфігурації виробу. В ході виконання поставленого завдання буде розроблена прес-форма для лиття під тиском поліпропілену.

Ця прес-форма призначена для виготовлення силових виробів шляхом лиття під тиском пластмас при температурі до 300 °С. До матеріалів з яких виготовляють деталі шляхом лиття під тиском відносять: полістирол, поліетилен, поліпропілен та ін. Вона дозволить отримувати деталі різної ваги, від кількох грамів до кількох кілограм зі стінками 6-10 мм, іноді навіть більше.

Лиття поліпропілену здійснюється за попереднім нагріванням до температури 260-300°С, з послідуочим литтям під тиском в 120...180 МПа в термопластавтоматах. Враховуючи циклічну дію температури та тиску, до сталі, що контактує з рідким поліпропіленом, висуваються помірні вимоги по теплостійкості, корозостійкості та термостійкості. Компоненти змикання піл час з'єднання та роз'єднання піддаються тертю, тому їх матеріал повинен мати високу міцність та стійкість до зношування та корозії. Це дозволить використовувати на значно більшу кількість циклів роботи [10].

Постійне використання прес-форми призводить до зносу форми через вплив температур, тиску та тертя. Через це можлива значна неточність та виникнення дефектів при виробництві. Періодичне відкривання та закривання форми може призвести появи фізичних ушкоджень, що не дасть зафіксувати обидві частини прес-форми.

Недоліки в конструкції можуть виникнути при неправильній механічній обробці та поганому контролю геометричних форм. В сучасному виробництві прес-форм роботу, де необхідно виконувати надточну роботу по формуванню відбитку матриці та пуансону, виконують автоматизовані верстати, що мінімізує можливість браку. Також, все частіше застосовують лазерний контроль геометричних розмірів, що дозволе швидко знаходити неточності в конструкції прес-форми.

Висновок

Розглянуто умови роботи деталі прес-форми для лиття під тиском поліпропілену. Прес-форма є дорогим та складним механізмом для створення деталей з пластмаси. Прес-форма складається з рухомих та стаціонарної частини,

пуансон та матриця відповідно. Сировина подається завдяки термопластавтомат через ливникову систему, охолоджується завдяки каналній системі охолодження та дістається виштовхувачами. Через досить дороге обладнання, прес-форми застосовуються переважно в серійному, крупносерійному та масовому виробництві.

Розглянуто можливі причини виходу з ладу прес-форми, включаючи: знос, фізичні пошкодження, конструкційні недоліки та порушення експлуатаційних умов.

РОЗДІЛ 2

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Технології виготовлення та методи зміцнення деталі «Прес-форма»

Для виконання поставленого завдання було проведено літературно-патентовий аналіз можливостей модернізації технології виготовлення пуансону прес-форми.

В роботі [11] автором пропонується застосовувати спеціальний вертикальний копіювально-фрезерний верстат для вирізання матриць та пуансонів невеликих розмірів. Для більш габаритних матриць та пуансонів рекомендовано застосовувати горизонтальний копіювальний-фрезерний верстат. Ці верстати працюють за принципом еталону, який може бути з дерева або гіпсу, що дозволить отримувати повністю однакові деталі. Автор рекомендує застосовувати в якості сировини матеріали, які є гарно оброблюваними, що дозволить максимізувати темпи виробництва матриць та пуансонів.

В роботі [12] рекомендується застосовувати відпал або нормалізації як попередній вид термічної обробки пуансону прес-форми. В цьому випадку проводять ізотермічний відпал, для цього матеріал, з якої буде виготовлений пуансон, нагрівають вище критичної точки А3, витримують певний час та повільно охолоджують разом з піччю або на повітрі. Головною умовою відпалу є повне перетворення аустенітових зерен в перліт. Цей вид термічної обробки зменшить твердість матеріал для більш легкої механічної обробки. Також, завдяки рекристалізації можна позбутися внутрішніх напруг та наклепу. Відпал допоможе позбутися неоднорідної фази в сплаві, що призведе до покращення експлуатаційних та технічних властивостей прес-форми.

Існує робота [13] в якій автор застосовує високий відпуск, як попередню термічну обробку пуансону. Таким чином вдасться подрібнити зерна аустеніту, зменшити твердість, збільшити пластичність та отримати перлітну структуру, завдяки якій буде легше проводити механічну обробку. Сталі для прес-форми

зазвичай обирають до евтектоїдні, структура після високого відпуску яких – пластичній перліт. Також, причиною проведення високого відпуску на початку є те, що в сталях для прес-форм переохолоджений аустеніт має особливу високу стійкість з низькою мінімальною температурою. Структура ж після високого відпуску – карбіди та перліт.

В роботі [14] пропонується застосувати плазмове гартування пуансону прес-форми в якості зміцнювальної термічної обробки. Головна ціль плазмового гартування є отримання твердого поверхневого шару виробу товщиною декілька міліметрів. Автор вважає доцільне застосування цього виду термічної обробки для пуансону та матриці прес-форм. Цим способом можна отримати твердий поверхневий шар та в'язку середину. Також, головною перевагою цього способу є менший час процесу гартування, що збільшить кількість прогартоних виробів за годину. Для експерименту автором було застосовано сталь 40X13. В результаті вдалось отримати крупногільчатий мартенсит (рис. 2.1), твердість ж складала 49-52 HRC, глибина зміцненого шару 6мм. Твердість серцевини виробу складала 25-29 HRC з наступною структурою: бейніт, сорбіт, перліт, ферит (рис. 2.2). В цілому плазмове гартування є дорогою операцією та потребує спеціальних навичок.



Рисунок 2.1 – Мікроструктура зміцненого шару зразка зі сталі 40X13 X500 [14]

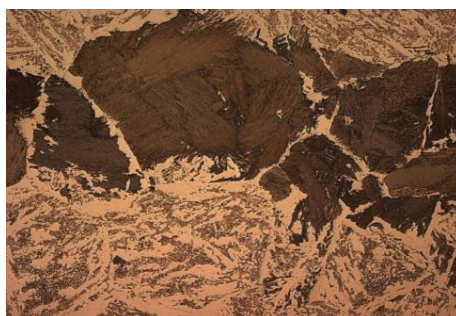


Рисунок 2.2 – Мікроструктура серцевини зразка зі сталі 40X13, x500 [14]

2.2 Хіміко-термічні методи зміцнення поверхні прес-форми

Для покращення властивостей поверхневого шару матеріалу прийнято застосовувати хіміко-термічну обробку. Поверхнєве зміцнення часто застосовують для підвищення міцності, корозійної стійкості та зносостійкості робочої поверхні виробу. Споміж обробок найчастіше застосовують цементацію, нікелювання, хромування, борування та азотування.

В роботі [15] автор використовує цементацію для покращення властивостей сплаву прес-форми. В ній рекомендовано застосовувати цементацію для вкладишів, що піддаються постійним впливам агресивним середовищам. Процес цементації проводили в шахтній печі типу «Ц-105» в атмосфері продуктів термічної дисоціації синтина при температурі температурою 920 °С та витримки 6 годин. Аналіз структури поверхневого шару матеріалу показав наявність малих карбідних зон. Вміст поверхневого шару після цементації зазначено в таблиці 2.1. В результаті цементації поверхнева твердість вкладишів матриці збільшилась приблизно в 5,5 разів.

Таблиця 2.1

Вміст карбідів на поверхні сталі 20X13 після цементації [15]

Відстань від поверхні, мм	Товщина знятого шпору, мм	Склад карбідів	Додаток
0,1	0,1	Fe ₂	Карбіди відсутні
0,3	0,2	Cr ₇ C ₃ +(CrFe) ₃ C	Переважає карбід Cr ₇ C ₃
0,5	0,2	Cr ₇ C ₃ +Cr ₂₃ C ₃	Різко переважає карбід Cr ₇ C ₃
0,8	0,3	Cr ₂₃ C ₆ +Cr ₇ C ₃	Переважає карбід Cr ₂₃ C ₆

В джерелі [16] автором застосовується нікелювання. Це дозволить збільшити твердість, міцність та збільшити загальну кількість робочих циклів матриці в 2-3 рази. За характеристикою нікель-фосфорні покриття не гірше хромовим. У

нікельованому покритті твердість не змінюється до 300 °С, що є гарним показником для прес-форми для лиття під тиском поліпропілену. Саме нікелювання рекомендовано проводити у розчині складу 30 г/л сірчаноокислого нікелю. Для нових матриць та пуансонів оптимальною товщиною шару складає 8-10 мкм. Після нанесення покриття компоненти прес-форми оброблюють при температурі 380-400 °С протягом 1 год. В цілому нікелювання є однорівним заміником хромування, а також може бути застосовано одночасно для хромо-нікелювання.

В джерелі [17] автор рекомендує застосування хромування прес-форми в якості хіміко-термічної обробки. Саме хромування рекомендовано проводити, в залежності від марки сплаву, за температурою 900-1300 °С у сульфатному малокоцентрованому або кременефторидному електроліті. Перед початком хромування слід очистити поверхню прес-форми від будь-яких забруднень, після чого помістити в раніше підготовлену спеціальну ванну з необхідним розчином. Це дозволить збільшити загальний строк служби формотворчих елементів прес-форми. Застосування цього виду ХТО покращить механічні властивості прес-форм, а саме: твердість, міцність та корозостійкість.

Існує робота [8], де автор застосовує борування нанотехнологією матриці з легованої сталі для скорочення часу на хіміко-термічну обробку та отримання кращих властивостей сплаву. Для борування було застосовано матрицю з сталі 4Х5МФС. Для процесу було застосовано нанодисперсну боромісну речовину [18]. В ході роботи автору вдалося за 30 хвилин борування насичити поверхневий шар виробу боридами FeB та Fe₂B. Твердість поверхневого шару збільшилась до 22,5 ГПа, та довжиною шару 20 мкм. Причиною міцності є складний тип зв'язку елементів. Виходячи з графіку (рис 2.3) подальше борування після 30 хвилин не є раціональним, при збільшенні борованого шару твердість не змінюється.

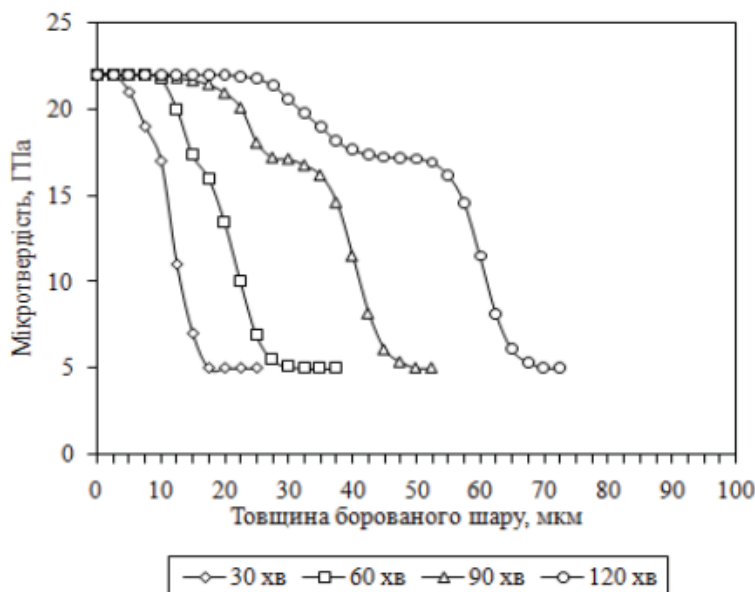
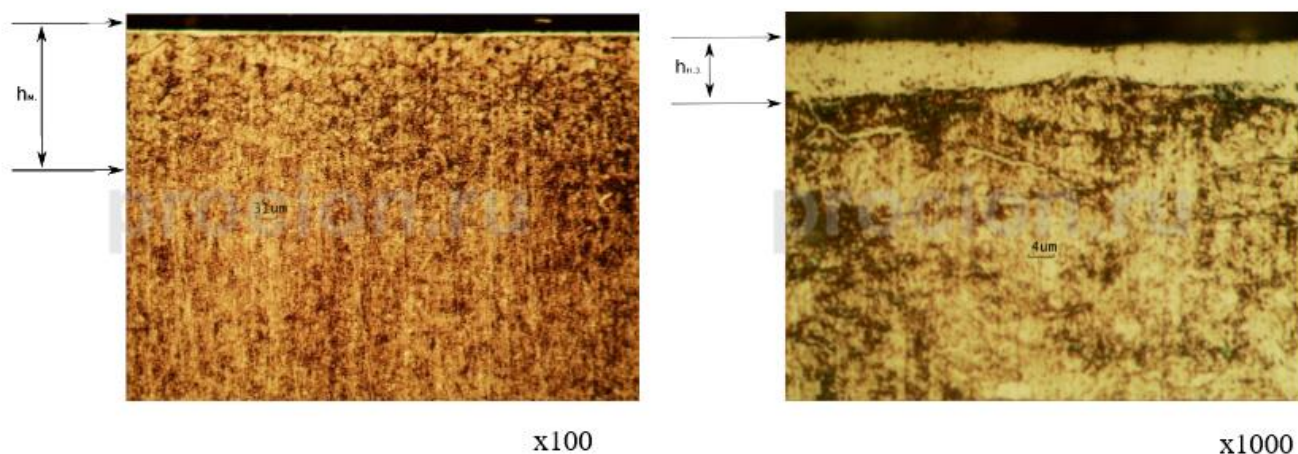


Рисунок 2.3 Розподіл мікротвердості сталі 4Х5МФС в залежності від часу борування [8]

В джерелі [19] автором запропоновано застосування азотування прес-форми, внаслідок чого вдасться покращити твердість поверхні, її корозостійкість та міцність. Для своєї роботи автор застосував прес-форму із сталі 5ХНМ, саме азотування проводилось методом іонно-вакуумного азотування. Метою цього виду ХТО було створення тонкого поверхневого шару та нітридної зони з гарними механічними властивостями. Рекомендована температура азотування – 480-500 °С тривалістю 25 годин. Під час азотування характерне вивільнення атомів азоту та дифузійне проникнення їх в поверхневий шар виробу. В результаті роботи автору вдалось збільшити твердість поверхневого шару приблизно в 2-3 рази. Результати азотування прес-форми із сталі 5ХНМ зазначені в таблиці 2.2



Глибина азотованого шару (h_n): 0,18-0,20 мм.

Глибина нітридної зони ($h_{n.z}$): 7-11 мкм

Рис. 2.4 – Мікроструктура поверхневого шару після іонно-плазмового азотування прес-форми із сталі 5XNM [19]

Таблиця 2.2

Характеристика поверхневого шару після іонно-плазмового азотування прес-форми зі сталі 5XNM [19]

Характеристика азотованого шару	5XNM
Поверхнева твердість, HV 10, кгс/мм ²	630-720
Поверхнева мікротвердість, HV 0,1 кгс/мм ²	790-850
Глибина азотованого шару по мікроструктурі, h_n , мм	0,18-0,20
Товщина нітридної зони, мкм	7-11

Висновок

Літературно-патентний аналіз можливостей модернізації технології виробництва пуансону та термічної обробки прес-форми вказав на значний обсяг досліджень і розробок, спрямованих на поліпшення властивостей цього матеріалу. Дослідження в цій галузі орієнтовані на оптимізацію процесів термічної обробки для досягнення бажаних механічних характеристик, таких як твердість, міцність, стійкість до зношування та тріщиностійкість. В літературі і патентах знайдено

велику кількість робіт, які описують оптимальні параметри термічної обробки для прес-форми в залежності від конкретних умов виробництва та вимог до кінцевого продукту.

Розглянуто методи покращення властивостей прес-форми шляхом хіміко-термічної обробки, серед яких: хромування, нікелювання, азотування, борування та цементация. Такі методи можна застосовувати, якщо ставиться вимога отримання найвищих експлуатаційних показників у прес-формі. Натомість, лиття поліпропілену не висуває вимог надвисокої стійкості, тому ХТО можна не застосовувати для базової прес-форми

Враховуючи проаналізовані джерела мною був створений технологічний процес виготовлення пуансону прес форми (табл. 4.1), з подальшим проведенням термічної обробки (додаток В).

РОЗДІЛ 3

МАТЕРІАЛ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРЕС-ФОРМИ ТА ЙОГО ВЛАСТИВОСТІ

3.1 Вибір сталі для виготовлення прес-форми

Матеріалом для виготовлення формувальних деталей прес-форми можуть стати безліч різних сталей. Правильний вибір матеріалу зможе значно збільшити термін служби прес-форми та заощадити кошти на її виготовлені. До прес-форми для лиття під тиском висувають наступні вимоги [20,21]:

1. Формотворні компоненти прес-форми повинні відповідати формам необхідного виробу;
2. Прес-форма повинна працювати надійно, точно та довго;
3. Система охолодження повинна максимально близько знаходитись до порожнини прес-форми;
4. Виштовхувачі повинні без проблем виходити з формотворчих компонентів прес-форми та діставати виріб без порушень форми;

Сталі, з яких виготовляють прес-форми для лиття під тиском поліпропілену, повинні володіти певними технічними та механічними властивостями для покращення експлуатаційних можливостей прес-форми. В результаті кінцевої термічної обробки та хіміко-термічної обробки сталь повинна необхідну твердість.

Для лиття полімерів часто застосовують прес-форми з інструментальної сталі, проте зважаючи на невисокі вимоги до матеріалу прес-форми для лиття під тиском можливе застосування конструкційної сталі. При нагріванні поліпропілену до 260-300 °С він отримує гарну текучість. Для покращення зносостійкості конструкційної сталі можливе застосування хіміко-термічної обробки.

Серед популярних представників сталей для прес-форм застосовують інструментальні та конструкційні сталі, серед яких: 3Х2МНФ, 5ХНМ, 4ХМФС, 40Х та 12ХН3А. Механічні властивості цих сталей покращуються шляхом

легування з використанням термічної обробки. Механічні властивості сталей зазначено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Механічні властивостей сталей в залежності від температур [22]

Сталь	T, °C	T _{випр.} , °C	HRC	σ_B Н/мм ²	$\sigma_{0,2}$ Н/мм ²	Δ ,%	ψ
3Х2МНФ	930	300	42/42 -	1450/1470	1300/1320	11/10	45/40
		600	-	1300/1320	1100/1120	12/12	46/45
				1100/1110	860/850	13/14	52/60
5ХНМ	860	300	44/33	1520/1040	1410/800	9/10	41/42
		600		1290/1000	1150/790	14/10	60/36
				520/560	360/490	32/21	92/49
4ХМФС	950	300	43/43 -	1510/1480	1350/1310	13/7	51/20
		600	-	1350/1370	1190/1210	12/8	50/27
				890/920	790/780	19/10	73/45
40Х	600	300	41/42	1200/1030	1560	34/29	45
		600	-	615/940	1390/1360	15/18	54
					1180/910		59
12ХН3А	730	300	42/38	490	685/790	14/8	55/41
		600		930		11/10	69/50

Зважаючи на невисокі вимоги до прес-форми при литті поліпропілену і беручи до уваги достатню твердість і міцність зазначеної сталі після відповідної термічної обробки, було вирішено використати її для виготовлення пуансону прес-форми для лиття поліпропілену. Характеристики сталі 40Х наведені в таблицях 3.2-3.9

Таблиця 3.2

Характеристика матеріалу 40Х [22]

Марка	40Х
Заміник:	45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР
Класифікація:	Сталь конструкційна штампована

Продовження таблиці 3.2

Додаток	Осі, вали, шестерні, плунжерні, штоки, колінчаті та кулачкові вали, кільця, оправки, рейки, губчаті вінці, болти, втулки та інші деталі покращеної твердості
---------	--

Таблиця 3.3

Види поставок матеріалу 40Х [22]

В03 – Обробка металів тиском. Поковки	ГОСТ 8479-70;
В22 – Сортовий та фасонний прокат	ГОСТ 9234-74; ГОСТ 1133-71; ГОСТ 11474-76; ГОСТ 2879-2006; ГОСТ 2591-2006; ГОСТ 2590-2006;
В23 – Листи та полоси	ГОСТ 103-2006; ГОСТ 19903-74; ГОСТ 82-70;
В32 – Сортовий та фасонний прокат	ГОСТ 8560-78; ГОСТ 8559-75; ГОСТ 10702-78; ГОСТ 7417-75; ГОСТ 4543-71; ГОСТ 1051-73; ГОСТ 14955-77;
В33 – Труби сталеві та поєднані труби до них	ГОСТ 24950-81; ГОСТ 23270-89; ГОСТ 7909-56; ГОСТ 9567-75; ГОСТ 8734-75; ГОСТ 8733-74; ГОСТ 8732-78; ГОСТ 8731-87; ГОСТ 53383-2009;
В71 – Проволока сталева низьковуглецева	ГОСТ 1526-81

Таблиця 3.4

Хімічний вміст в % матеріалу 40Х [22]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	< 0,3	< 0,035	< 0,035	0,8-1,1	< 0,3

Таблиця 3.5

Температура критичних точок матеріалу 40Х [22]

A_{c1}	743 °С
$A_{c3}(A_{cm})$	782 °С
$A_{r3}(A_{cm})$	730 °С
A_{r1}	693 °С

Таблиця 3.6

Технологічні властивості матеріалу 40Х [22]

Зварюваність:	Важкозварювана
Флокеночутливість:	Чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості:	схильна

Таблиця 3.7

Механічні властивості при $T = 20$ °С матеріалу 40Х [22]

Сортамент	Розмір	Напр.	σ_b	σ_T	δ_5	ψ	КСУ	Термообробка
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	-
Пруток ГОСТ 4543-71	Ø 25	-	980	785	10	45	590	Гартування 860 °С, Масло. Відпуск 500 °С

Таблиця 3.8

Фізичні властивості матеріалу 40Х [22]

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м*град)	кг/м ³	Дж/(кг*град)	Ом*м
20	2,14			7820		210
100	2,11	11,9	46	7800	466	285
200	2,06	12,5	42,7	7770	508	346
300	2,03	13,2	42,3	7740	529	425

Продовження таблиці 3.8

400	1,85	13,8	38,5	7700	563	528
500	1,76	14,1	35,6	7670	592	642
600	1,64	14,4	31,9	7640	622	780
700	1,43	14,6	28,8	7590	634	936
800	1,32		26	7610	664	1100
900	-		26,7	7560		1140
1000	-		28	7510		1170
1100	-		28,8	7470		120
1200	-			7430		1230
T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹

Таблиця 3.9

Зарубіжні аналоги матеріалу 40X [22]

США	-	5135, 5140, 5140H, 5140RH, G51350, G51400, H51350, H51400
Німеччина	DIN, Wnr	1.7034, 1.7035, 1.7045, 37Cr441, Cr441CrS4, 42Cr4
Японія	JIS	SCr435, SCr435H, SCr440, SCr440H
Франція	AFNOR	37Cr4, 38C4, 38C4FF, 41Cr4, 42C4, 42C4TS
Англія	BS	37Cr4, 41Cr4, 530A36, 530A40, 530H36, 530H40, 530M40
Євросоюз	EN	1.7034, 1.7035, 1.7039, 37Cr4, 37Cr4KD, 41Cr4, 41Cr4KD, 41CrS4
Італія	UNI	36CrMn4, 36CrMn5, 37Cr4, 38Cr4KB, 38CrMn4KB, 41Cr4, 41Cr4KB
Іспанія	UNE	37Cr4, 38Cr4, 38Cr4DF, 41Cr4, 41Cr4DF, 42Cr4, F.1201, F.1202, F.1210, F.1211

Продовження таблиці 3.9

Китай	GB	35Cr, 38CrA, 40Cr, 40CrA, 40CrH, 45Cr, 45CrH, ML38CrA, ML40Cr
Швеція	SS	2245
Болгарія	BDS	37Cr4, 40Ch, 41Cr4
Угорщина	MSZ	38Cr4, 41Cr4, Cr2z, Cr3z
Польща	PN	38HA, 40H
Румунія	STAS	40Cr10, 40Cr10q
Чехія	CSN	14140
Австрія	ONORM	513H, 5140
Північна Корея	KS	SCr435, SCr435H, SCr440, SCr440H

3.2 Опис впливу легувальних елементів на властивості матеріалу

Легувальні елементи – хімічні елементи, які додають до складу сплавів для надання їм певних властивостей. Завдяки легуванню сплаву можна досягти значних покращень механічних та фізичних властивостей. Додавання легувальних елементів може покращувати міцність, твердість, корозостійкість, жаростійкість та інші. Також, деякі легувальні елементи можуть змінювати критичні точки підвищуючи або знижуючи їх.

Хром є одним з легувальних елементів. В сталі 40X його лише до 1%, проте він стабілізує аустеніт, а також збільшує залишкову його частину при мартенситному перетворенні. В цій сталі він покращує прогартованість сталі, що відповідає за глибину гартування виробу. Хром збільшує зносостійкість, зменшує можливість крихкого руйнування. В цьому сплаві він покращує твердість, міцність, а також підвищує догартовування. В сталі 40X лише до 1% хрому, що очевидно не вистачить для захисту від корозії, проте все ж таки він дещо покращує корозостійкість. Перевагою хромованих сталей серед інших є більша

теплостійкість, що дозволяє використовувати цей сплав для прес-форм [23]. Хром підвищує критичну точку A_1 та знижує точки A_3 і A_4 , та переміщує точку S вліво. Також, хром значно знижує схильність зерна до росту та створює зони найменшої стійкості аустеніту при 700-300 °C та 400-250 °C.

Вуглець є ключовим елементом в сталях. Сталь 40X є середньовуглецевою зі вмістом вуглецю 0,40%. Такий відсоток дозволяє збільшити твердість та міцність сталі. В цій сталі він утворює карбіди та тверді фази. В сталі 40X вуглець дещо збільшує хрупкість, що відповідає зростанню твердості. В цій сталі кількість вуглецю дозволяє більш легше проводити гартування та регулювати твердість за рахунок проведення відпуску [45].

Сірка та фосфор є шкідливими домішками в сплаві 40X. Фосфор викликає в ній зниження міцності та в'язкості матеріалу. Сірка ж викликає червоноламкість, що може призвести до утворення тріщини при високій температурі.

3.3 Методи дослідження матеріалів

3.3.1 Металографічний метод дослідження

Для контролю якості матеріалу використовують низку методів дослідження, серед яких: металографічний, вимірювання твердості та міцності. Розглянемо більш конкретно основні методи досліджень матеріалу.

Металографічний дослідження – один з методів дослідження матеріалів, який дозволяє вивчати структуру металів та сплавів. Основними способами проведення металографічного дослідження є макроскопічний та мікроскопічний аналіз [26].

Макроскопічний аналіз дозволяє проводити дослідження металів та сплавів при збільшенні до 30 разів. Цей вид дослідження застосовують як попередній металографічний аналіз структури. Основною метою застосування є наступні можливості [26]:

1. Виявлення порушень суцільності матеріалу (тріщин, раковин, неоднорідних включень, пор), що може призвести до погіршень властивостей деталі;

2. Наявність ліквації;
3. Перевірка якості матеріалу внаслідок прокатки, кування або лиття.

Мікроскопічний аналіз проводять після макроскопічного аналізу. Цей вид дослідження дозволяє вивити структуру матеріалу при великому збільшенні, для чого застосовують металографічний мікроскоп (рис. 3.2). Мікроскопічне дослідження дозволяє визначати структурні складові матеріалу (розмір, форму, тип, характер) [26].

Зразок, який застосовують для металографічного аналізу називається шліф, для макроскопічного аналізу – макрошліф. Підготовка шліфу до аналізу включає наступні дії [26]:

1. Вирізання зразка з матеріалу, що досліджується;
2. Шліфування;
3. Полірування;
4. Травлення.

Попередні дії не повинні приводити до змін мікроструктури матеріалу, тому слід не допустити зміни форми та нагріву металу під час вирізання та шліфування. Полірування слід проводити до дзеркально гладкого виду поверхні без наявних подряпин та нерівностей. Травлення є необов'язковим етапом, воно дозволить провести дослідження структурних складових, полікристалічну та зернову будову.

Для шліфування застосовують шліфувально-полірувальний верстат (рис. 3.1). В якості шліфувального матеріалу є шліфувальний папер, в якому гранули абразивного порошку прикріпленні до зовнішньої сторони. Товщина паперу є варіативною та може складати від 4 до 250 мкм.



Рисунок 3.1 – Шліфувально-полірувальний верстат МР-2В [26]

Для проведення металлогографічного аналізу застосовують металогографічний мікроском (рис. 3.2). Це спеціальний оптичний прилад, головне призначення якого є вивчення мікроструктури металів та сплавів.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд металлогографічного мікроскопа «MX6R» [27]

3.3.2 Випробування на твердість

Твердість [28] – властивість матеріалу чинити опір деформації під дією зовнішніх сил. Ця властивість є основною в металах та сплавах, саме від нею залежить можливість застосування матеріалу в тих чи інших умовах. Також, від твердості залежить властивість матеріалу чинити опір зносу та здатність до механічної обробки, тому, важливо точно вимірювати твердість матеріалу. Вимірювання твердості проводять переважно за трьома методами: Роквелла, Брінелля та Віккерсу. Для проведення виміру застосовують спеціальний інструмент – індентор. Це є твердий матеріал різноманітної форми в залежності від методу випробувань.

Метод Брінелля працює за принципом вдавлювання загартованої кульки зі сталі в поверхню матеріалу (рис 3.3). В результаті отримується відбиток, в

середньому 10 мм., та дізнається навантаження в НВ. Застосовують цей метод для м'яких та середньої твердості матеріалів [29].

Метод Роквелла базується на вдавлюванні алмазного конуса в поверхню матеріала (рис. 3.3). В залежності від типу індентора визначається шкала вимірювання (HRA, HRB та HRC). Перевагою є достатньо швидке вимірювання [29].

Метод Віккерса (рис 3.3) полягає в вдаюванні алмазного індентора в форма піраміди. Силу навантаження вираховують в залежності від типу матеріалу, в результаті отримується твердість за шкалою HV. Цей спосіб є універсальним для застосування твердих та м'яких матеріалів [28].

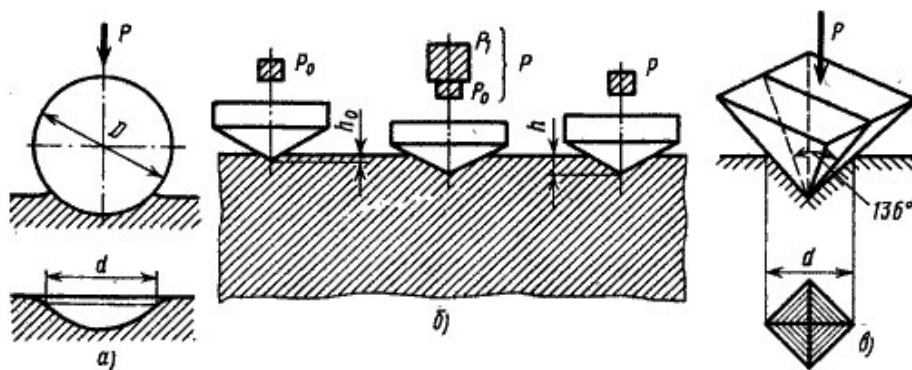


Рисунок 3.3 – Схема випробування на твердість: а – за Бренеллем, б – за Роквеллом, в – за Віккерсом [30]

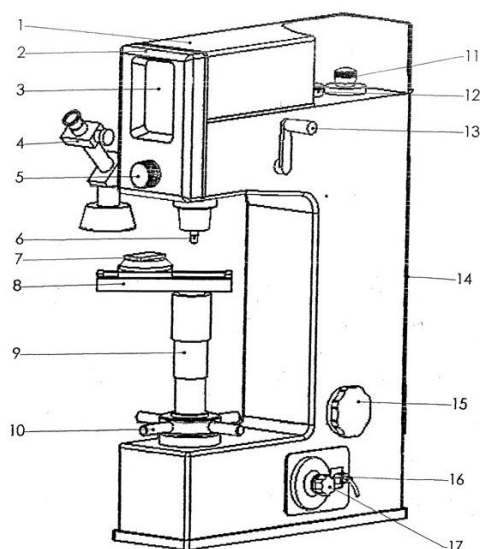


Рисунок 3.4 – Ескіз твердоміра HBRV-187,5: 1 – верхня кришка, 2 – чохол, 3 – проектувальний екран, 4 – вимірювальний мікроскоп, 5 – рукоятка мікро-налаштування, 6 – індентор, 7 –

тестовий зразок, 8 – рухома тестова пластина, 9 – захисний чохол, 10 – колесо для підйому та опускання, 11 – маховик налаштування, 12 – колесо налаштування освітлювача, 13 – ручка подачі навантаження, 14 – задня кришка, 15 – ручний маховик навантаження, 16 - вставка, 17 – кнопка вмикання. [31]

3.3.3 Вимірювання на міцність

Випробування на міцність є способом визначення здатності сплаву або сталі витримувати навантаження під дією зовнішніх сил. Для визначення міцності часто застосовують розривну машину Р-0,5. Вона є універсальною, тому завдяки машині випробують матеріал на стиск та згин.

Матеріал, що піддають навантаженню під час випробування на розтяг називають зразок (рис 3.5). Він буває різних видів, проте найпопулярнішим є циліндричний та плоский. Розміри зразка розраховуються по стандартам.

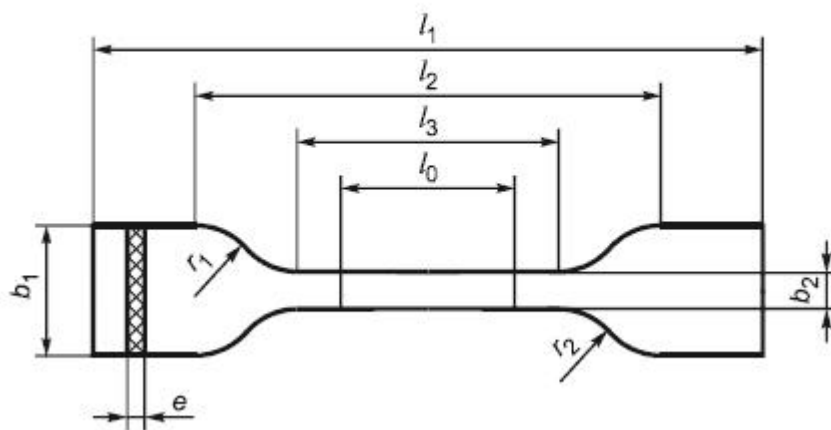


Рисунок 3.5 Ескіз зразка для випробування на розтяг [32]

Під час випробування на розтяг (рис 3.6) спеціальний зразок закріплюють між двома захватами. Для правильного проведення випробування слід точно закріпити зразок, щоб унеможливити виникнення зсуву. Після закріплення починають поступово збільшувати навантаження на зразок, швидкість розтягу є постійною до моменту розриву, після чого фіксується максимальне навантаження.

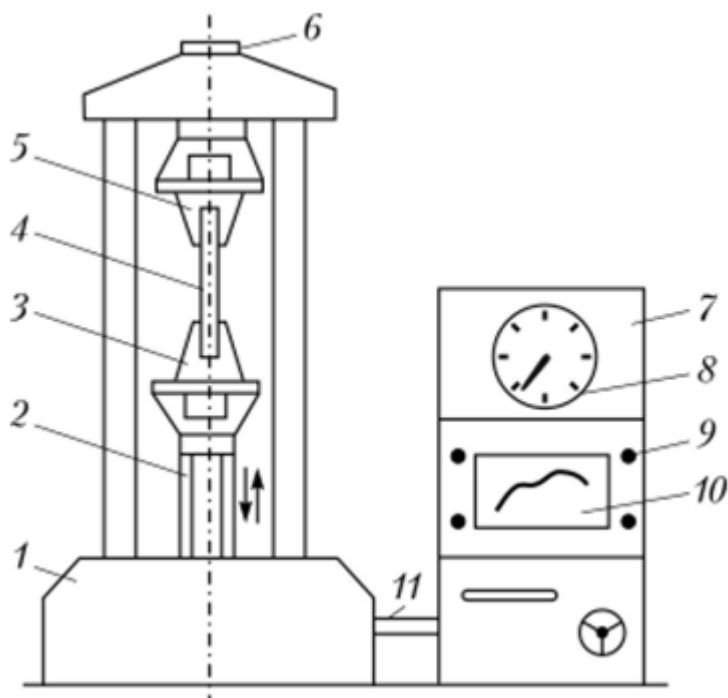


Рисунок 3.6 – Схема випробування на розтяг [32]:

1 – власне обладнання, 2 – винт грузовий, 3 – нижній захват, 4 - зразок, 5 – верхній захват, 6 – вимірювальний датчик, 7 – пульт управління з електричною апаратурою, 8 – індикатор навантаження, 9 – рукоятка управління, 10 – діаграмний механізм, 11 – кабель.

Висновок

Враховуючи фактори експлуатаційних умов деталі, вибір сплаву 40Х для прес-форм є раціональним через стійкість до зношування та можливість оптимальної термічної обробки, що сприяє підвищенню тривалості експлуатації прес-форми та якості виготовлених виробів. Легувальні елементи роблять сталь 40Х відмінним матеріалом для пуансону прес-форм та інших деталей, оскільки вони сприяють підвищенню її міцності, твердості, стійкості до зносу, теплостійкості та інших важливих властивостей. Обрання оптимальних співвідношень та концентрацій цих легувальних елементів дозволило досягти оптимальних характеристик матеріалу для конкретних виробничих умов і завдань.

Розглянуті методи досліджень матеріалу прес-форми, серед яких: металографічний, дослідження твердості та міцності. Описане спеціальне обладнання для проведення різних методів дослідження матеріалу.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБЛЕННЯ МАРШРУТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

4.1 Маршрутна технологія виготовлення пуансону прес-форми

Технологію виготовлення слід розробляти з розрахунком на оптимізацію часу та затрат. Від правильного розроблення маршрутної технології виготовлення прес-форми залежить наявність браку під час виробництва. Сама технологія повинна містити покрокову інструкції кожної операції від початкової підготовки матеріалу до кінцевої обробки прес-форми. Виготовлення прес-форм включає наступні етапи [33]:

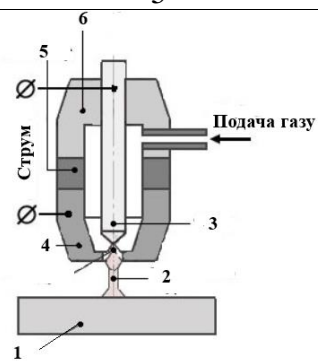
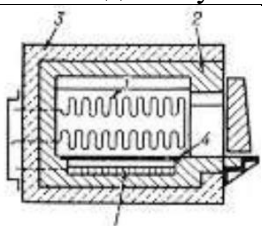
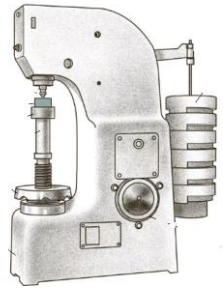
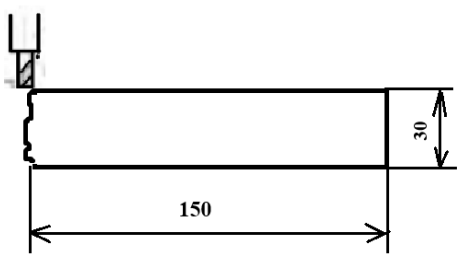
1. Створення заготовок;
2. Створення шаблону матриці та пуансону;
3. Підбір кількості та розміщення гнізд у формі;
4. Створення ливникової системи;
5. Підбір блоку прес-форми;
6. Створення системи виштовхувачів;
7. Створення елементів системи центрування;
8. Встановлення ливникової втулки та кільця;
9. Створення системи охолодження;
10. Кінцевий контроль з симуляцією процесу заливки.

Прес-форма складається з багатьох компонентів: пуансону, матриці, виштовхувачів, системи охолодження та допоміжних плит. В бакалаврській роботі буде розроблений маршрутний технологічний процес виготовлення саме пуансону. Пуансон представляє собою плиту, яка шляхом фрезерування отримала необхідний об'єм робочої порожнини та є частиною прес-форми. Вихідною заготовкою є лист сталі 40Х, який потрібно піддати гартуванню для отримання необхідної твердості.

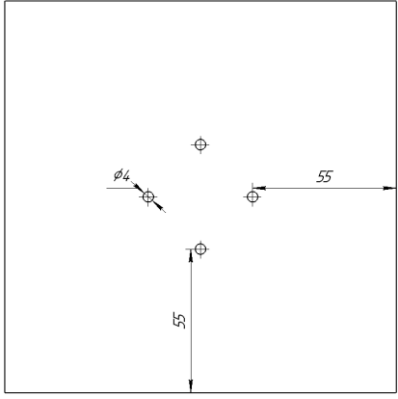
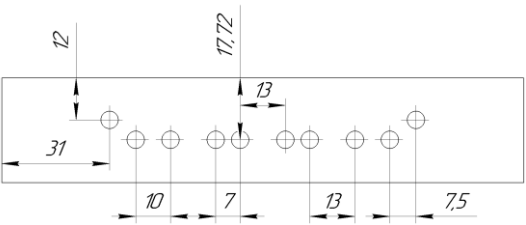
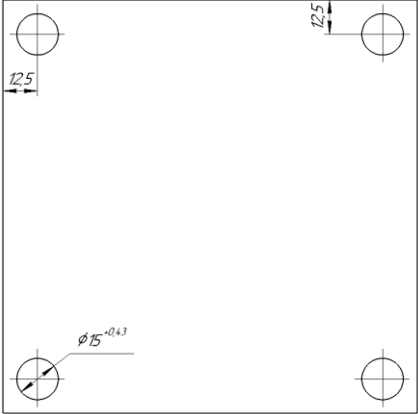
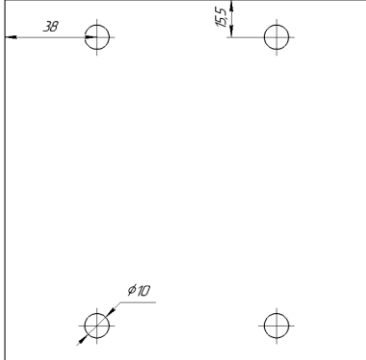
З маршрутною технологією виготовлення деталі пуансон прес-форми більш детально можна ознайомитися в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

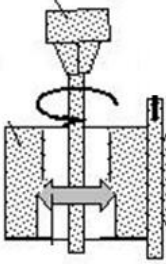
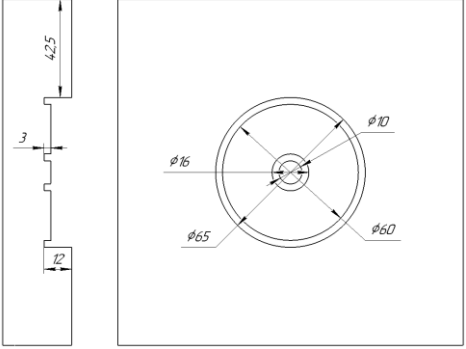
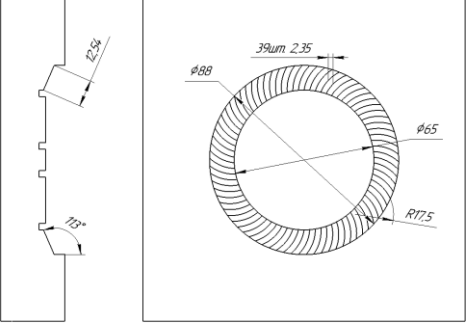
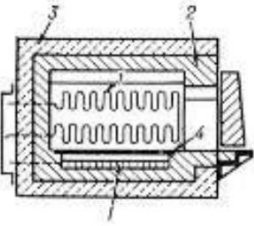
Маршрутна технологія виготовлення пуансону прес-форми

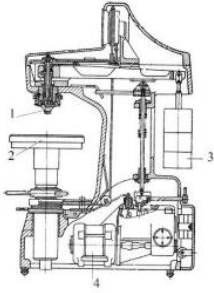


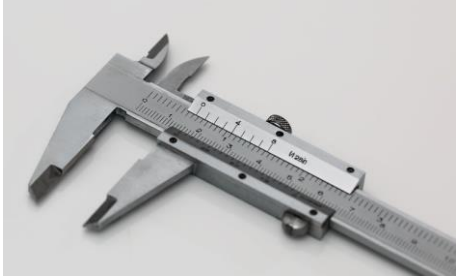
Етап Технології	№ операції, назва операції	Номер переходу	Тип обладнання, матеріал	Ескіз (схема) операції (переходу) обладнання
1	2	3	4	5
Заготівельний	1. Плазмове різання	1.1 Відрізання заготівельних листів, отриманих прокатуванням, з припуском на шліфування	Верстат для плазмового різання Tesla Weld CNC-CUTDP (ISO 9013)	 <p>Рисунок 4.1 – Схема плазмового різання: 1 – сталь, що розрізається, 2 – плазма, 3 – катод, 4 – наконечник, 5 – ізолятор, 6 – катодний вузол [34]</p>
Знеміцнювальна обробка	2. Термічна обробка	2.1 Проведення відпалювання для подальшої механічної обробки.	Електрична камерна піч СНО-4.6.4/12,5	 <p>Рисунок 4.2 – Ескіз камерної печі: 1 – нагрівальні елементи; 2 – вогнетривка частина кладки; 3 – теплоізоляція; 4 – жаротривка подова плита.</p>
Контроль	3. Контроль твердості	3.1 Перевірка твердості за Брінеллем	Твердомір ТШ	 <p>Рисунок 4.3 – Ескіз твердоміра Брінеля [35]</p>
Механічна обробка	4. Фрезерна обробка пуансону	4.1 Фрезерування поверхнь матеріалу для отримання правильної паралелепіпедної форми	Вертикальний фрезерний верстат	 <p>Рисунок 4.4 – Схема фрезерування поверхнь матеріалу</p>

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
		4.2 Свердління отворів під виштовхувачі (4шт.).	Вертикально-сверловий верстат, сверло Р6М5К5 Ø4 (ГОСТ 11284-75)	 <p>Рисунок 4.5 – Схема свердління отворів</p>
		4.4 Свердління отворів під систему охолодження (10шт.).	Вертикально-свердлувальний верстат, свердло Р6М5К5 Ø5 (ГОСТ 11284-75)	 <p>Рисунок 4.6 – Схема свердління отворів</p>
		4.5 Свердління отворів під напрямні (4шт.).	Вертикально-свердлувальний верстат, свердло Р6М5К5 Ø15 (ГОСТ 11284-75)	 <p>Рисунок 4.7 – Схема свердління отворів</p>
		4.6 Свердління отворів під штифти (4шт.).	Вертикально-свердлувальний верстат, свердло Р6М5К5 Ø10 (ГОСТ 11284-75)	 <p>Рисунок 4.8 – Схема свердління отворів</p>

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
		4.7 Розточування всіх отворів	Координатн о-розточний верстат	 <p>Рисунок 4.9 – Схема розточування</p>
		4.8 Фрезерування робочої поверхні пуансону	Фрезерний верстат з ЧПУ «RAPTOR L-900»	 <p>Рисунок 4.10 – Схема нарізання пуансону</p>
		4.9 Фрезерування зубців пуансону	Фрезерний верстат з ЧПУ «RAPTOR L-900»	 <p>Рисунок 4.11 - Схема нарізання зубців</p>
Зміцнювальна термічна обробка	5. Термічна обробка	5.1 Проведення гартування пуансону	Електрична камерна піч СНО- 4.6.4/12,5, гартівні баки з оливою	 <p>Рисунок 4.12 – Ескіз камерної печі: 1 – нагрівальні елементи; 2 – вогнетривка частина кладки; 3 – теплоізоляція; 4 – жаротривка подова плита.</p>
		5.2 Проведення відпуску пуансону	Електрична камерна піч СНО- 4.6.4/12,5	

Контроль	6. Контроль твердості	6.1 Перевірка твердості за Роквеллом	Твердомір ТК	 <p>Рисунок 4.13 – Ескіз твердоміра Роквелла: 1 – індентор; 2 – предметний стіл; 3 – вантажі [35]</p>
Чистова механічна обробка	7. Шліфування поверхні	7.1 Проведення шліфування поверхні пуансону	Ручний віброшліфувальний інструмент, абразивний круг	 <p>Рисунок 4.14 – Загальний вигляд ручного віброшліфувального інструменту ROFI-TEC PEGM150-5 [36]</p>
	8. Полірування поверхні	8.1 Проведення полірування поверхні пуансону	Ручний полірувальний інструмент	 <p>Рисунок 4.15 – Загальний вигляд ручного полірувального інструменту Polishing Light 2 [37]</p>
Контроль	9. Контроль розмірів	9.1 Проведення контролю відповідності форми виробу	Штангенциркуль	 <p>Рисунок 4.16 – Загальний вигляд штангенциркуля [38]</p>

Висновок

Було розроблено маршрутну технологію виготовлення пуансону прес-форми для лиття під тиском поліпропілену враховуючі усі вимоги представлені до неї. Сама технологія включає: заготівельну (плазмове різання), чорнову механічну, зміцнювальну, чистову механічну обробки. Для отримання отворів було використано токарно-свердловий верстат з наступним розточуванням. Різання пуансону було розраховано з урахуванням припусків на шліфування для усунення окалини

Між операціями виготовлення застосовують термічну обробку та контроль матеріалу. Метою термічної обробки є змінення властивостей матеріалу в ту чи іншу сторону. Контроль застосовують для перевірки якості попередньої обробки для мінімізації виникнення браку під час виробництва. Для надання необхідної шорсткості було проведено шліфування та полірування.

РОЗДІЛ 5

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Призначення термічної обробки деталі

Термічна обробка – теплова обробка металів і сплавів з метою зміни тих чи інших властивостей. Процес термічної обробки відбувається шляхом нагрівання, витримки та охолодження при певній швидкості. Під час термічної обробки відбувається незворотна зміна структури матеріалу. Саму термічну обробку можуть застосовувати як попередню обробку, так і остаточну в залежності від вимог до деталі. Взагалі, термічна обробка поділяється на три види:

1. Власне термічна обробка;
2. Хіміко-термічна обробка;
3. Термо-механічна обробка.

Власне термічна обробка є найпопулярнішим видом термічної обробки. В ній передбачається застосування дії температури на певний проміжок часу та швидкості охолодження на виріб. При цій обробці для нагрівання деталі часто застосовують печі камерного типу. Головною відмінністю між власне термічною обробкою та хіміко-термічною обробкою є відсутність зміни хімічного складу матеріалу при власне термічній обробці. Взагалі, власне термічна обробка включає:

1. Відпал 1-го роду;
2. Відпал 2-го роду;
3. Нормалізація;
4. Гартування;
5. Відпуск;
6. Старіння

5.1.1 Попередня термічна обробка

Відпал 1-го, 2-го роду та нормалізацію застосовують в якості попередньої термічної обробки. Відпал та нормалізацію проводять шляхом нагрівання сплаву чи

сталі вище критичної точки A_{c1} , витримки за високої температури та повільного охолодження з піччю для відпалу, та на повітрі для нормалізації. Різниця між відпалом 1-го та 2-го роду є те, що при першому не відбувається поліморфного перетворення. Метою проведення відпалу є стабілізація структури, гомогенізація, зняття внутрішніх напружень після литва або прокатки. В деяких випадках можливе застосування відпуску як попередньої термічної обробки.

Відповідно до ГОСТ 4543-71 [39], для подальшої механічної обробки твердість сталі 40X повинна становити не більше 217 НВ. Для прес-форми зі сталі 40X застосовую повний відпал як попередню термічну обробку. Таким чином вдасться зменшити твердість для подальшої механічної обробки, подрібнити зерна та отримати перліт. В результаті відпалу структура сталі буде ферит та пластичний зернистий перліт. Відпал проваю за температурою вище точки A_{c3} (табл 3.5), тому температура відпалу складає 820-850 °С, витримка 2-3 години та повільне охолодження разом з піччю.

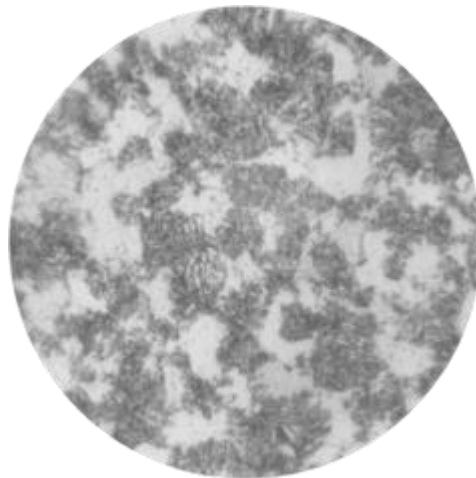


Рисунок 5.1 - Структура сталі 40X після відпалювання: ферит та перліт x500

5.1.2 Зміцнювальна термічна обробка

Для покращення механічних властивостей сталі та сплавів застосовують гартування. Цей вид термічної обробки включає в себе три етапи: нагрів до певної температури, витримка матеріалу та різке охолодження. Взагалі існує два види гартування – з поліморфним перетворенням та без поліморфного перетворення.

Гартування без поліморфного перетворення застосовують частіше для кольорових металів. Більш популярним є застосування гартування з поліморфним перетворенням, ціллю якого є отримання мартенситної структури.

Мартенситне перетворення – це поліморфне перетворення, при якому під час різкої зміни температури відбувається перехід від гранецентрованого кубічної фази в об'ємноцентрованої кубічної. Саме отримання гольчастого мартенситу обумовлене покращенням механічних властивостей. Процес мартенситного перетворення відбувається лише за певним інтервалом температур в залежності від марки сталі чи сплаву. Також, головною умовою гартування є охолодження вище критичної швидкості. Позначають температуру початку мартенситного перетворення як – МН, кінця – МК [40].

Критична швидкість при гартуванні є мінімальною можливою швидкістю охолодження, при якій можливе отримання мартенситу. Ця швидкість залежить насамперед від хімічного складу матеріалу.

Середовищем для проведення гартування можуть стати безліч рідин з різним хімічним складом та температурою. Як можна побачити з таблиці 5.1, найбільш охолоджувальною здатністю володіє дистильована вода та звичайна вода при певній температурі. Початок занурення матеріалу в рідину характеризується різким зменшенням температури, після чого на поверхні виробу починає з'являтися захисна плівка повітря, що знижує ступінь охолодження в середніх проміжках.

В залежності від необхідних властивостей матеріалу після зміцнювальної термічної обробки гартування можуть проводити різними способами: гартування з безперервним охолодженням, самовідпуском, з різними гартівними середовищами та ступінчатє.

Для пуансону буде застосовано звичайне гартування з поліморфним перетворенням. Гартування буде проводитись з нагріванням сталі 40X вище точки A_3 (табл. 3.5) на 30-50 °C, що складає 840-860 °C Для розрахунку часу нагрівання та витримки виробу слід розраховувати з урахуванням діаметру поперечного розрізу пуансону прес-форми. Таким чином, час нагріву сталі 40X – близько 60-80 секунд на мм розрізу, тому час нагрівання пуансону складатиме приблизно 40

хвилин. Витримку беруть 30-50% від часу нагрівання виробу, тобто близько 1 година.

Як відомо, занадто висока температура гартування призведе до збільшення зерен аустеніту внаслідок розчинення карбідів. Також, негативно вплине й збільшена кількість залишкового аустеніту, що значно зменшить кількість мартенситу, і тим самим зменшить твердість прес-форми.

Недогрів також негативно вплине на властивість матеріалу. Через недостатню температуру гартування утворяться маловуглецеві та низьколеговані частини.

При виборі охолоджувальної рідини слід звертати увагу на критичну швидкість, вона повинна становити не менше мінімального значення. Для цього слід використати діаграму ізотермічного розпаду аустеніта сталі 40X (рис. 5.2) та швидкості охолодження сталі в кожному з видів середовищ (табл. 5.1).

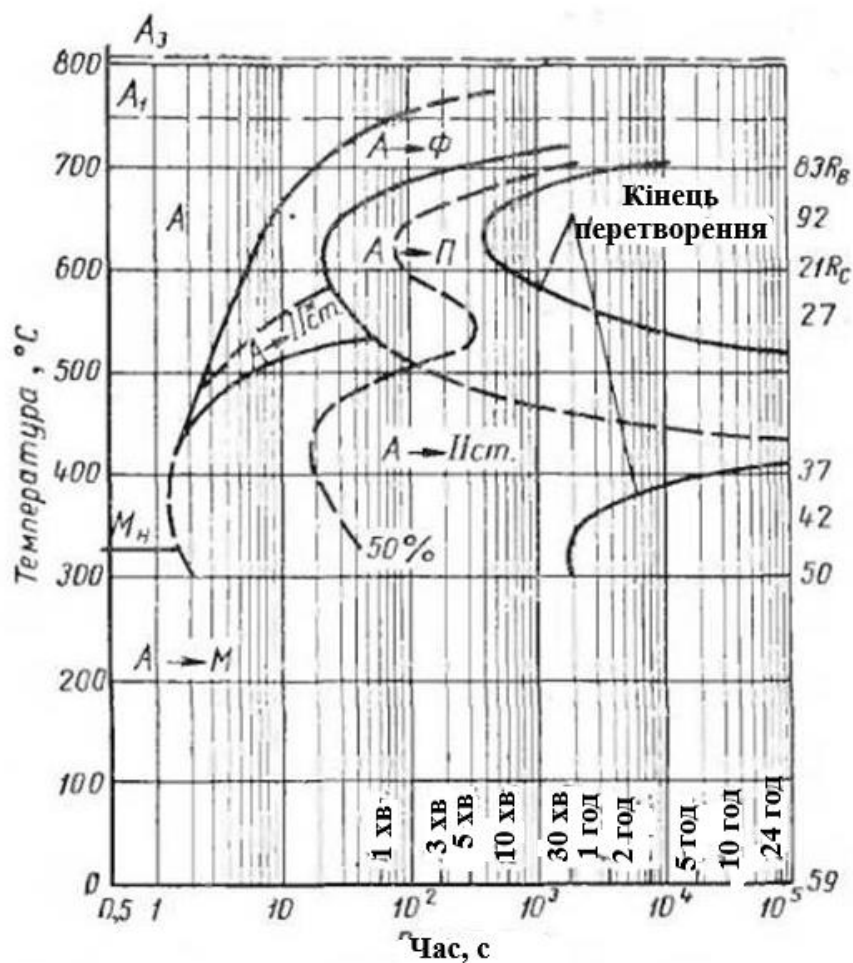


Рисунок 5.2 – Діаграма ізотермічного розпаду аустеніта в сталі 40X [41]

Таблиця 5.1

Швидкість охолодження сталі в різних гартівних середовищах [42]

Гартівне середовище	Швидкість охолодження (°C/c) при температурі, °C	
	650-550	300-200
Дистильована вода	250	200
Вода при температурі, °C;		
18	600	270
28	500	270
45	100	270
74	30	200
10-відсотковий водний розчин;		
їдкою натрія при 18°C	1200	300
соди при 18°C	800	300
сірної кислоти при 18°C	750	270
5-відсотковий розчин марганцю кислотного калія	450	300
Глицерн	135	100
Емульсія оливи в воді	70	175
Мильна вода	30	200
Мінеральна Масло	150	200
Трансформатна Масло	120	25
Сплав 75% олова та 25% кадмія	450	50
Мідні плити	60	30
Залізні плити	35	15
Повітря;		
спокійне	3	1
під тиском	30	10

Отже, враховуючі мінімальну критичну швидкість охолодження вважаю доцільно обрати мінеральну оливу. Для отримання мінімальної в'язкості Масло буде нагріта до температури приблизно 60-90 °C.

Масло, як гартівне середовище, є досить популярним в використанні. Її легко замінювати, при застосуванні низька втрата, також вона дозволяє зменшити вірогідність виникнення тріщин та внутрішніх напруг в сталях, через невелику швидкість охолодження в порівнянні з водою. Напруги виникають через нерівномірне охолодження всього виробу. При великих розмірах виробу, час охолодження поверхні значно менше, чим серцевини.

В результаті гартування структура (рис. 5.3) сталі 40Х являє собою пересичений мартенсит та невелика кількість карбідів та залишкового аустеніту, твердість буде складати 47-57 HRC.

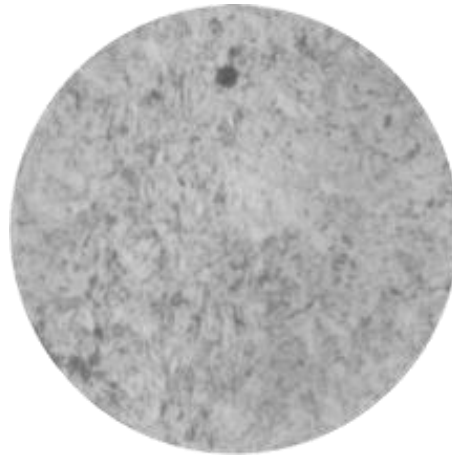


Рисунок 5.3 – Структура сталі 40Х після гартування: мартенсит, карбіди x500

5.1.3 Відпуск сталі

Після гартування структура являє собою пересичений твердий розчин – мартенсит, що звичайно збільшує твердість, проте знижує пластичність та збільшує хрупкість. Тому, для покращення властивостей сталі застосовують відпуск. Відпуск є остаточною термічною обробкою після гартування. Під час цієї термічної обробки матеріал нагрівається не більше температури поліморфного перетворення. В залежності від необхідних властивостей застосовують 3 види відпуску:

1. Високий відпуск (500-650 °C);
2. Середній відпуск (350-450 °C);
3. Низький відпуск (150-250 °C).

Як можна побачити, головною різницею між відпусками є різні температури. Під час низького відпуску утворюються карбідні фази з мартенситу. Під час середнього відпуску відбувається розпад мартенситу на ферито-цементитну суміш. Високий відпуск характеризується практично повним зняттям внутрішніх напруг матеріалу, появи ферито-цементитної суміші. При збільшені температури

відповідно зменшується твердість (рис. 5.4), тому високий відпуск характерний більш для пластичних виробів.

Також, для остаточної термічної обробки можна застосовувати старіння. Під час старіння сталь чи сплав піддають тривалій витримці при високій температурі. Таким чином вдасться змінити властивості матеріалу за рахунок утворення фазових включень.

Як можна побачити (рис. 5.3), сталь 40X після гартування представляє собою пересичений твердий розчин, тому для зняття внутрішніх напружень та збільшення пластичності слід застосовувати відпуск. Відповідно до ГОСТ 4543-71 [39], та з урахуванням необхідної твердості, для сталі 40X застосовую середній відпуск за температурою 400-450 °С. Виходячи з графіку залежності сталі 40X від температури відпуск (рис. 5.4), остаточна твердість прес-форми буде складати 42 HRC.

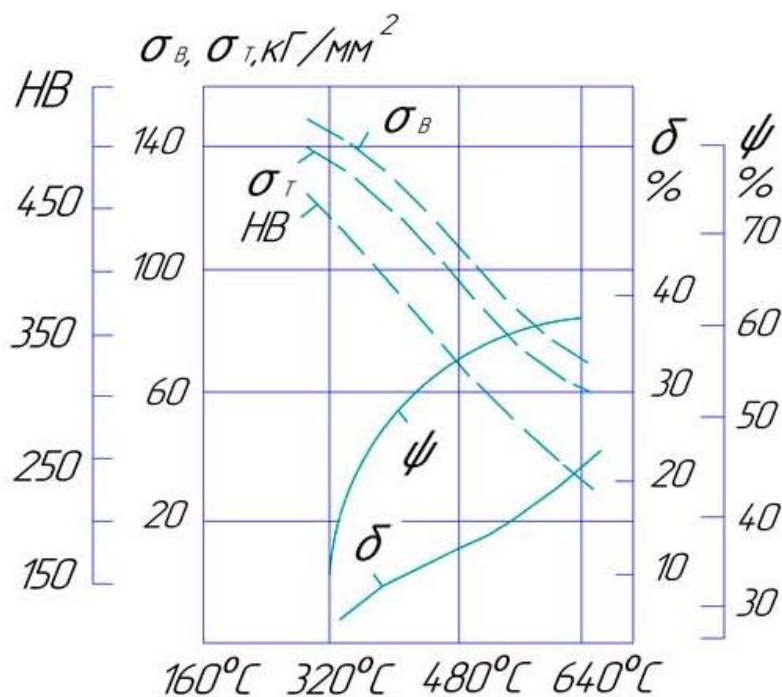


Рисунок 5.4 – Залежність твердості сталі 40X від температури відпуску.

Гартування 850 °С в оливі [43]

Витримка вираховується в залежності від товщини стінки прес-форми – 1,5-2 год. Після охолодження на повітрі структура після відпуску – троостосорбіт (рис. 5.5)

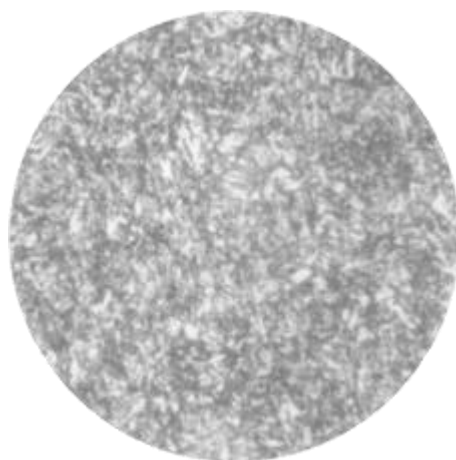


Рисунок 5.5 – Структура сталі 40X після середнього відпуску: троостосорбіт
x500

Конструкційні сталі, що піддаються загартуванню і відпуску, мають схильність до відпускнуї крихкості. Після відпуску при певних температурах і умовах спостерігається підвищення температури холодноламкості, ударної в'язкості. Розрізняють два роди відпускнуї крихкості. Відпускуна крихкість 1 роду, або необоротна, проявляється при відпуску близько 300 °С, і відпускуна крихкість 2 роду, або оборотна, виявляється після відпуску вище 500 °С.

Сталь 40X є схильною до відпускнуї крихкості 2 роду. Тому, для уникнення відпускнуї крихкості 2 роду після відпуску, сам відпуск був проведений до температур 500 °С.

В результаті вибору термічної обробки та з урахуванням механічної обробки пуансону зі сталі 40X можна розрахувати графік термічної обробки. Виглядає ж він наступним чином:

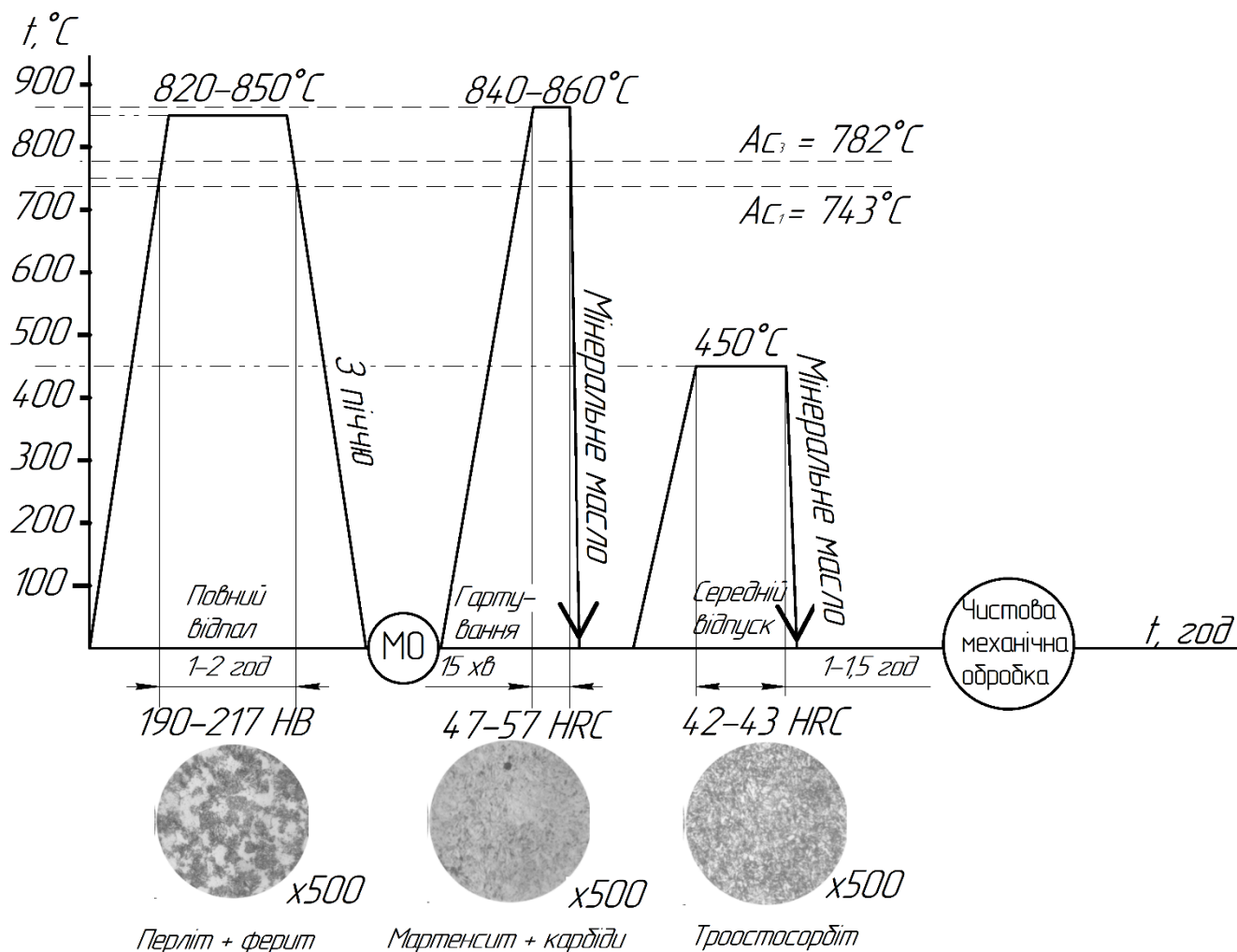


Рисунок 5.6 – Графік термічної обробки пуансону зі сталі 40X

5.2 Вибір необхідного обладнання для отримання прес-форми

Термічна обробка відбувається лише при змінні температури, тому важливо обрати піч для термічної обробки прес-форми. Для нагріву в термічному відділенні можуть застосовувати безліч різновидів печей. Найбільш частіше у застосуванні є саме камерна піч.

Камерна піч може застосовуватись для відпалу, гартування та відпуску. Найбільше використовується саме електрична піч, хоча можуть бути інші нагрівачі, а саме: індукційні, полуменеві та газові. Електричні печі не викликають задимлень, володіють гарним теплоізоляції, можливий точний контроль температури та не забруднюють територію термічного відділу. Недоліками є: можливість окислення виробів при нагріванні, повільний нагрів та великі затрати на електроенергію.

Класифікують камерні електричні печі за розмірами робочої камери. Так, наприклад, в назві печі «СНО-8,5.17.6/10», СНО - відповідає за тип печі, електрична камерна піч з окисною атмосферою. Цифри 8,5.17.6 ввідповідають за розміри робочої камери – 850x1700x600 мм відповідно. Цифра «10» вказує на максимальну температуру – 1000 °С.

Для проведення термічної обробки прес-форми застосовую електричну камерну піч СНО-4.6.4/12,5 (рис. 5.7). Ця піч призначена для промислового нагрівання виробів до температури 1250 °С. Вона укомплектована автоматичним регулятором температури на основі терморегулятора, що дозволить встановити точно необхідну температуру. Панель управління розташована зліва на боковій панелі, що робить використання цієї печі комфортним. Система нагрівання розміщена на трубах бокових та торцевих стін печі. Двері камери закріпленні на петлях, дозволяючи швидке діставання виробу. Піч футерована сучасними енергозберігаючими матеріалами. Також, для виведення нагрітих газових виділень застосовується спеціальна витяжка з вентилятором. Сама піч є досить економічною через малі розміри та потужності. Технічні характеристики печі СНО-4.6.4/12,5 зображені в таблиці 5.2.

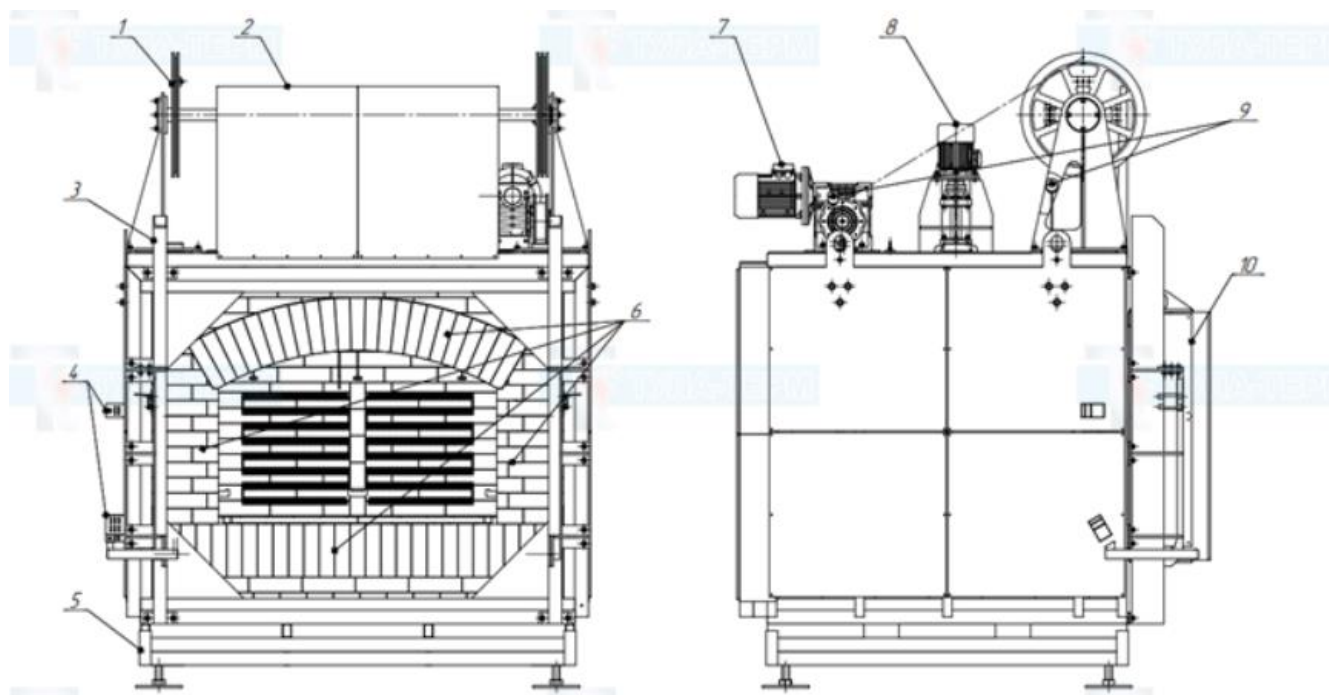


Рисунок 5.7 – Камерна електрична піч з окисною атмосферою СНО-4.6.4/12,5: 1 -механізм підйому, 2 - кожух, 3 – напрямні, 4 – датчики положення дверей, 5 - підставка, 6 - футерівка, 7 – мотор-редуктор, 8 - вентилятор, 9 - термopара, 10 – двері [44]

Таблиця 5.2

Технологічні характеристики електричної печі СНО-4.6.4/12,5 [42]

Технологічні характеристики	СНО-4.6.4/12,5
Номінальна потужність, кВт	20 ±2
Параметри електроживлення, Гц	50
Максимальна температура в робочій камері, °С	1250
Діапазон автоматичного регулювання температури, °С	40...1250
Розміри робочої камери, мм	400x600x400
Матеріал спіральних нагрівачів	X23Ю5Т
Середовище в робочій камері	Повітря
Стабільність регулювання температури в установленому тепловому режимі без спаду, °С	±3
Тип терморегулятора	ТРП-08-ТП

Фрезерна обробка є одним з головних методів механічної обробки виробів зі сталі. Ця обробка базується на обертальному руху ріжучого інструмента (фрези). Завдяки цій обробці можливе отримання точних та якісних виробів з необхідними розмірами та гладкості поверхні. Для фрезерування застосовують фрези різних типів, серед яких: циліндричні, дискові та профільні. На сучасних промислових виробництвах все більше застосовують фрезерний верстат з ЧПУ.

Фрезерний верстат з ЧПУ (числовим програмним управлінням) дозволяє проводити високоточне оброблення матеріалу. Його основна перевага в тому, що його можна використовувати для різних видів матеріалів, серед яких: сталь, пластик, дерево та композити. Таким чином вдається отримувати вироби різних конфігурацій та форм за невеликий проміжок часу. Проте, фрезерний верстат з ЧПУ характеризується високою ціною експлуатації, тому його застосовують переважно для найбільш відповідальних частин деталі, які б на звичайному

верстаті довго оброблялись. Враховуючі високу вартість обладнання, для малосерійного виробництва набирають популярність саморобні фрезерні верстати з ЧПУ (рис 5.8)

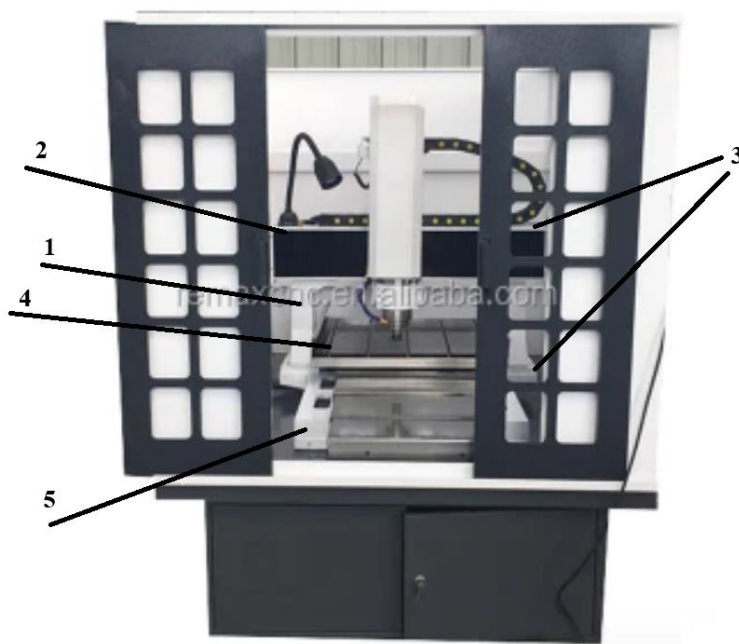


Рисунок 5.8 – Загальний вигляд верстата для виготовлення прес-форм з ЧПУ: 1 – опори, 2 – шагові двигуни, 3 – лінійні напрямні, 4 – робоча поверхня, 5 – станина [45]

Висновок

Для покращення механічних та технологічних властивостей прес-форми для лиття під тиском поліпропілену було розроблено графік термічної обробки (Додаток В). При цьому було застосовано повний відпал, роль якого була в зменшенні твердості матеріалу перед подальшою механічною обробкою, твердість ж стала 190-217 НВ.

В якості зміцнювальної термічної обробки було застосовано гартування. Гартування проводилось за температурою 840-860 °С, охолодження вище критичної швидкості було досягнуто шляхом охолодження в маслі нагрітим до 60-90 °С . В результаті вдалось отримати структуру мартенсит з карбідними включеннями, твердість склала 47-57 HRC.

Для усунення хрупкості та стабілізації структури було застосовано середній відпуск. Прес-форма була нагріта до 400-450 °С, витримана 1,5-2 години та

повільно охолоджена. Після термічної обробки вдалось отримати тростосорбітну структуру. Твердість ж стала 42 HRC, що задовольняє вимогам до прес-форми для лиття під тиском поліпропілену.

Для нагрівання матеріалу в ході термічної обробки було застосовано електричну камерну піч СНО-4.6.4/12,5. Розміри робочої камери складають 400x600x400 мм, що робить можливим застосування цього обладнання для прес-форми. Максимальна температура складає 1250 °С.

ВИСНОВОК

В кваліфікаційній бакалаврській роботі в результаті проведення досліджень були отриманні наступні висновки:

1. Було розглянуто реалізацію виробів з полімерів. В результаті аналізу експлуатаційних умов прес-форми для лиття під тиском було сформульовані вимоги до компонентів прес-форми. Також, були розглянуті можливі причини виходу з ладу та види ремонту прес-форми.
2. Проведений літературний патентовий аналіз можливих модернізацій матеріалу прес-форми шляхом термічної- та хіміко-термічної обробки. Виявлений великий обсяг досліджень на тему роботи.
3. З урахуванням вимог до прес-форми було представлено найбільш використані марки сталі: 3Х2МНФ, 5ХНМ, 4ХМФС, 40Х та 12ХН3А серед яких було обрано найбільш вигідна з економічної та механічної точки зору. Сталь 40Х є конструкційною якісною сталлю з 0,4% вуглецю, та до 1% хрому. Наведені характеристики сталі 40Х (табл. 3.2-3.9) та розглянутий вплив легувальних елементів на технічні та механічні властивості матеріалу (табл. 3.10). Наведені методи досліджень, серед яких: металографічний, вимірювання міцності та твердості.
4. Було розроблено маршрутну технологічну карту виготовлення прес-форми. Для виготовлення прес-форми передбачені фрезерні та токарні роботи.
5. Для покращення властивостей було розроблено графік термічної обробки (Додаток В). Попередня термічна обробка включала в себе проведення повного відпалу, метою якого стала зменшення твердості для подальшої механічної обробки. Для збільшення твердості було застосовано гартування з поліморфним перетворенням. Для остаточної термічної обробки було проведено високий відпуск. Як результат, кінцева твердість становить 42 HRC, що задовольняє необхідні умови представлені до прес-форми для лиття під тиском полімерів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпик Р.П., Дідик С.В. Автоматизація процесу проектування прес-форм для литва термопластів під тиском. 2018. - № 1. - С. 91-97
2. Савченко І.О., Сиромятніков В.Г. Промислові полімери та Основи технології виробництва полімерних матеріалів: навчальний посібник до дисципліни та практикумів для студентів хімічного факультету - Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2012. – 112 с.
3. Беккер, М. Г. Литьё под давлением /М. Г. Беккер, М. Л. Заславский, Ю. Ф. Игнатенко. – М. : Машиностроение, 1998. – 250 с.
4. Mikell P. G. Groover Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems / Groover Mikell. – ISBN: 978-1-119-47521-7, 2010. – 816с.
5. Michael Ashby. Materials: Engineering, Science, Processing and Design / Michael Ashby. – eBook ISBN: 9780081023778: Elsevier, 2017. – 528 с.4.1
6. Принцип работы термопластавтомата [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://imstech.ru/articles/princip-rabotytermoplastavtomata/> (дата звернення 08.05.2024)
7. Plastic Injection Molding [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.epowercorp.com/single-post/plastic-injection-molding> (дата звернення 08.05.2024)
- 8 Костик К.О. Зміцнення прес-форм для лиття під тиском нанотехнології: Машинобудування. 2013 - №12 – 118 с.
9. Пресс-формы: виды, элементы, производство [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vitcompany.com.ua/press-formy-vidy-elementy-proizvodstvo.html> (дата звернення 12.05.2024)
10. Ганчо А.В., Масюк А.С., Левицький В.Є. Структура і властивості композитів на основі поліпропілену та полімер-силікатного модифікатора. Методичні вказівки. Кафедра хімічної технології переробки пластмас / Львів 2011 – 4с.

11. Технологічне виробництво прес-форм [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ten24.com.ua/blog/tekhnologicheskoe-proizvodstvo-press-form/> (дата звернення 08.05.2024)
12. Прес-форми для лиття виробів з пластмас: види, елементи, етапи, виробництва [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.kvota.com.ua/statti/pres-formy-dlya-lyttya-vyrobiv-z-plastmas-vydy-elementy-etapy-vyrobnytstva/> (дата звернення 11.05.2024)
13. Стойкость пресс-форм в зависимости от условий [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://spbplast.ru/stoikost.html> (дата звернення 15.05.2024)
14. Горовий В.М. Диплом на здобуття ступеня бакалавра: прикладна механіка / Київ 2021 – 59 с.
15. Пивовар Н.А., Грашков С.А. Поверхностное упрочнение литейных пресс-форм нержавеющей сталей. – Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2019. – 344 с
16. Підвищення стійкості прес-форми [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://promservis.cn.ua/ua/press-forms-stoykost.html> (дата звернення 15.05.2024)
17. Виробництва прес-форм [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://promservis.cn.ua/ua/press-forms.html>
18. Пат. 33654 Україна, МПК8С 23 С 8/00. Склад для борування сталевих виробів / О.О. Павлюченко, В. О. Костик, К. О. Костик. – № u200800226 ; заявл. 04.01.2008 ; опубл.10.07.2008, Бюл. № 13.
19. Ионное азотирование пресс-форм для литья резины, сталь 5ХНМ (Украина, Севастополь) [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.procion.ru/uslugi_ionnogo_azotirovaniya/azotirovannye_detali/azotirovani_e-press-form-dlya-litya-reziny/ (дата звернення 15.05.2024)
20. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник/[Федорченко И.Н., Францевич И.Н., Радомысельский И.Д. и др.]; отв. ред. И.М.Федорченко. – К.: Наук. думка, 1985. – 624 с.
21. Schatt, W.; Wieters, K.-P.; Kieback, B.: Pulvermetallurgie - Technologie und Werkstoffe; Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2007. 547 S

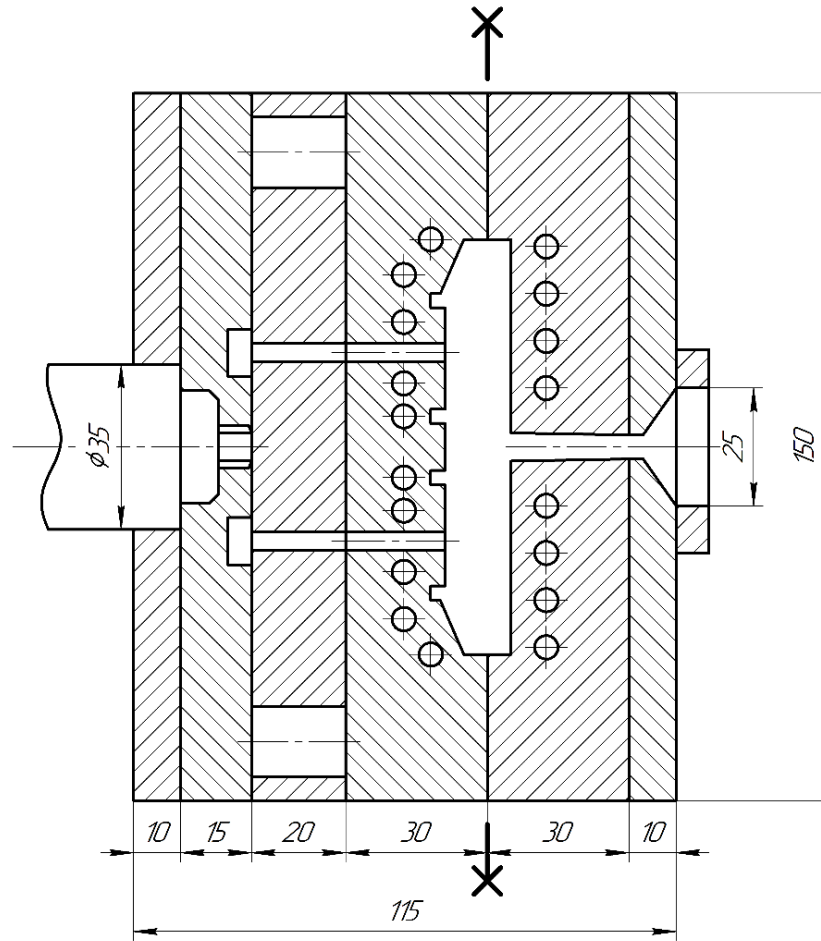
22. Марочник стали и сплавов [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=32 (дата звернення 17.05.2024)
23. Власюк І.А., Могилатенко В.Г., Ямшинська М.М., Товкач А.М. Вплив легувальних елементів на структуру і властивостіносостійких сталей / Національний технічний університет України «КПІ», Київ, 2010 – 12 с .
24. Олішевська В.Є., Бас К.М., Кривда В.В. Конструкційні та експлуатаційні матеріали в автомобільній галузі: Методичні рекомендації / Дніпровська політехніка. Дніпро 2004 – 23с
25. Руденко Л.Ф., Говорун Т.П. Леговані сталі та сплави: Навчальний посібник / Суми. Сумський державний університет, 2012 – 180 с.
26. Холявко В.В., Владимирський І.А., Жабинська О.О. Фізичні властивості та методи дослідження матеріалів: навчальний посібник. Центр учбової літератури / Київ 2016 - 156 с.
27. Микроскоп металлографический вертикальный МИМ-6 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7084619/page:4/> (дата звернення 15.05.2024)
28. ГОСТ 9012 – 59:1993. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю (переиздание.Декабрь.,январь 1993г.)
29. ГОСТ 9012 – 59:1993. Металлы. Метод измерения твердости поБринеллю(переиздание.Декабрь.,январь 1993г.)
30. Определение твердости [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie/kontrolnie/kontrolnaya_rabota_1_variant_3_vopros_2_18_02_2010/ (дата звернення 17.05.2024)
31. HBRV-187,5 Твердомер стационарный [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://ndtpribor.ru/product/tverdomer-hbrv-187-5/> (дата звернення 17.05.2024)
32. Машина разрывная модели Р-0,5 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://asma.com.ua/files/92/1511096900to-r-0,5.pdf> (дата звернення 17.05.2024)

33. Изготовление пресс-форм, конструкция и принцип работы [Электронный ресурс] - https://rocketmen.com.ua/article/pressform_create (дата звернення 17.05.2024)
34. Плазменная резка металлов [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://1svarka.ru/stati/vozdushnoplazmennaya_rezka_metallov/ (дата звернення 18.05.2024)
35. Определение твердости металлов [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.msun.ru/dir/kaf_tm/educate/labrab_1/training/treining1.html (дата звернення 15.05.2024)
36. Эксцентриковая шлифовальная машина PROFI-TEC [Электронный ресурс] – Режим доступ: <https://profitehnika.com.ua/ru/product/eksczentriskovaya-shlifovalnaya-mashina-profi-tec-pegm150-5-brushless/> (дата звернення 17.05.2024)
37. Машинка для полировки беспроводная Polishing Light 2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rozetka.com.ua/404702112/p404702112/> (дата звернення 20.05.2024)
38. Штангенциркуль [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/X4LYGlwrNAPOjbFS> (дата звернення 21.05.2024)
39. ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия (утверждён 01.01.1973)
40. Термическая обработка металлов и сплавов [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://metall-expertiza.ru/articles/termicheskaya-obrabotka-metallov-i-splavov> (дата звернення 21.05.2024)
41. Химический состав сталей и значения критических точек. Диаграммы изотермического распада аустенита [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://studwood.net/1018147/tovarovedenie/himicheskij_sostav_staley_znacheniya_kriticheskikh_tochek_diagrammy_izotermicheskogo_raspada_austenita (дата звернення 22.05.2024)
42. Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г., Поліщук А.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Конспект лекцій / Київ 2016 322 с.

43. Сталь 40Х конструкционная углеродистая качественная [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://enginiger.ru/materials/uglerodistye-stali/stal-40-konstruktsionnaya-uglerodistaya-kachestvennaya/> (дата звернения 22.05.2024)
44. Тула-Терм: камерные электропечи сопротивления [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tula-term.ru/products/kamernye-pechi/elektropechi-soprotivleniya-kamernye-sno/sno-8168/> (дата звернения 22.05.2024)
45. Станок для изготовления пресс-форм с ЧПУ ST6060F. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.prostanki.com/board/item/240438> (дата звернения 22.05.2024)

Додадок А

СумДУ TeCET



Перш. прымен.

Спраб. №

Падп. і дата

Інв. № дзілі

Вазм. інв. №

Падп. і дата

Інв. № падп.

				СумДУ TeCET		
Ізм./Ліст	№ док.ум.	Падп.	Дата	Ліст	Маса	Масштаб
Разраб.	Гарабенка Я.Р.				19,3	1:1
Праб.	Марченко С.В.					
Т.контр.				Ліст	Лістаў	1
Н.контр.				MT-01-1		
Утв.				Копіраван		

СумДУ TeCET

Складальне креслення
прес-формы

Сталь 40X
ГОСТ 5950-73

Ліст
Маса
Масштаб

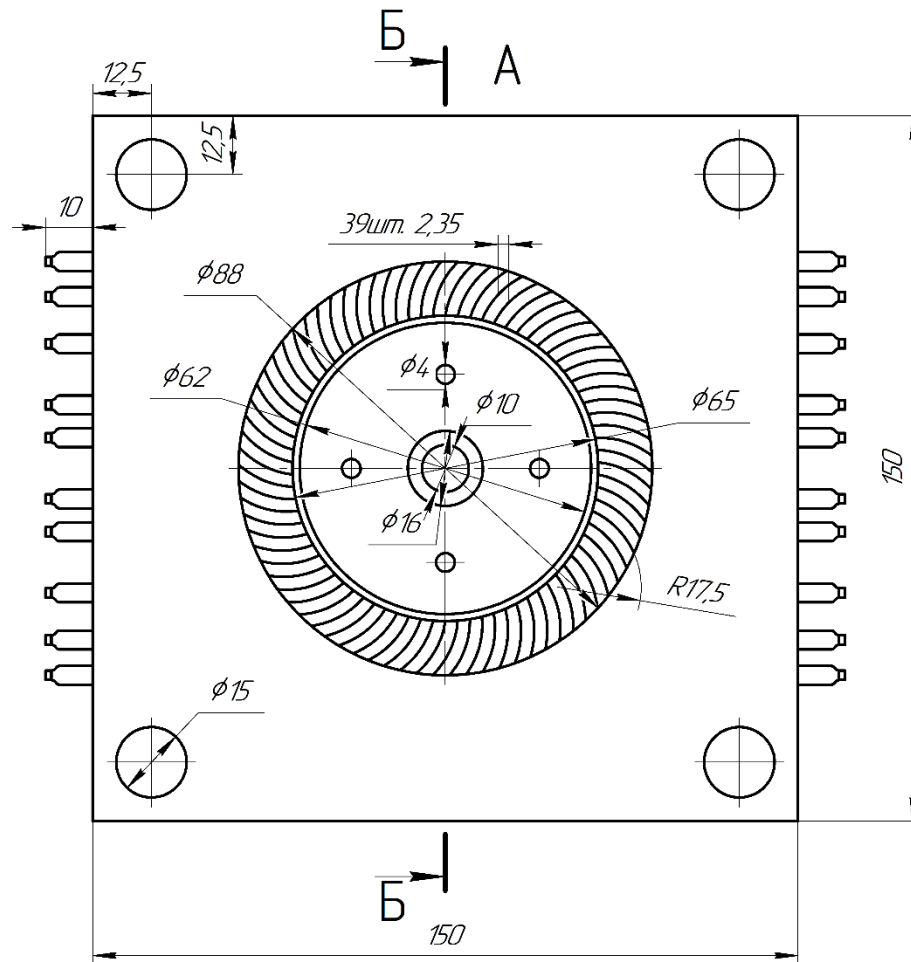
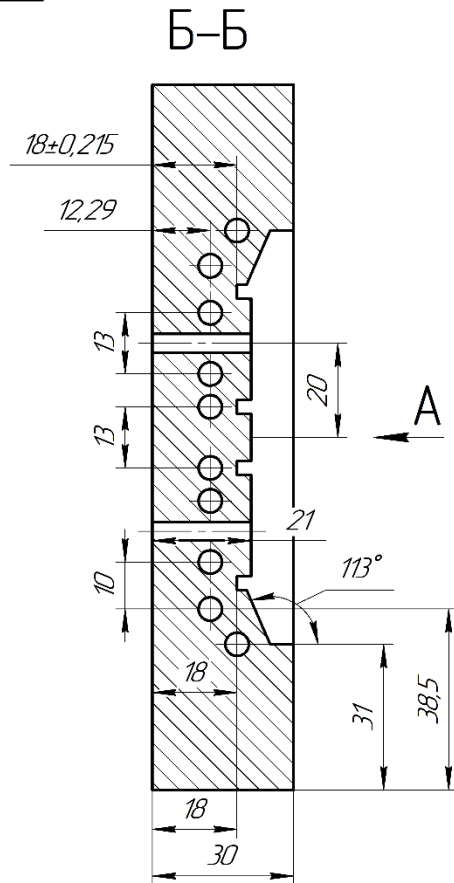
MT-01-1

Копіраван

Фармат А3

Додаток Б

СумДУ ТеСЕТ



- 1 HRC 40..45
- 2 Канали системи охолодження пронумерувати та маркувати (вхід (синім)/вихід(червоним))
- 3 Систему охолодження випробувати на герметичність, тиск 0,6 МПа
- 4 Розміри та твердість для довідок
- 5 Інші технічні вимоги по ГОСТ 27358-87
- 6 Поверхню пуансону потрібно відшліфувати

СумДУ ТеСЕТ				Лист	Маса	Масштаб
Взм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата		3,05	1:1
Розроб.	Горобченко Я.Р.					
Проб.	Марченко С.В.					
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
Пуансон прес-форми				Лист	Листов	1
Сталь 40X ГОСТ 5950-73				MT-01-1		

Копіював

Формат А3

Лист-примен.

Сторона №

Лист и дата

Инд. № листа

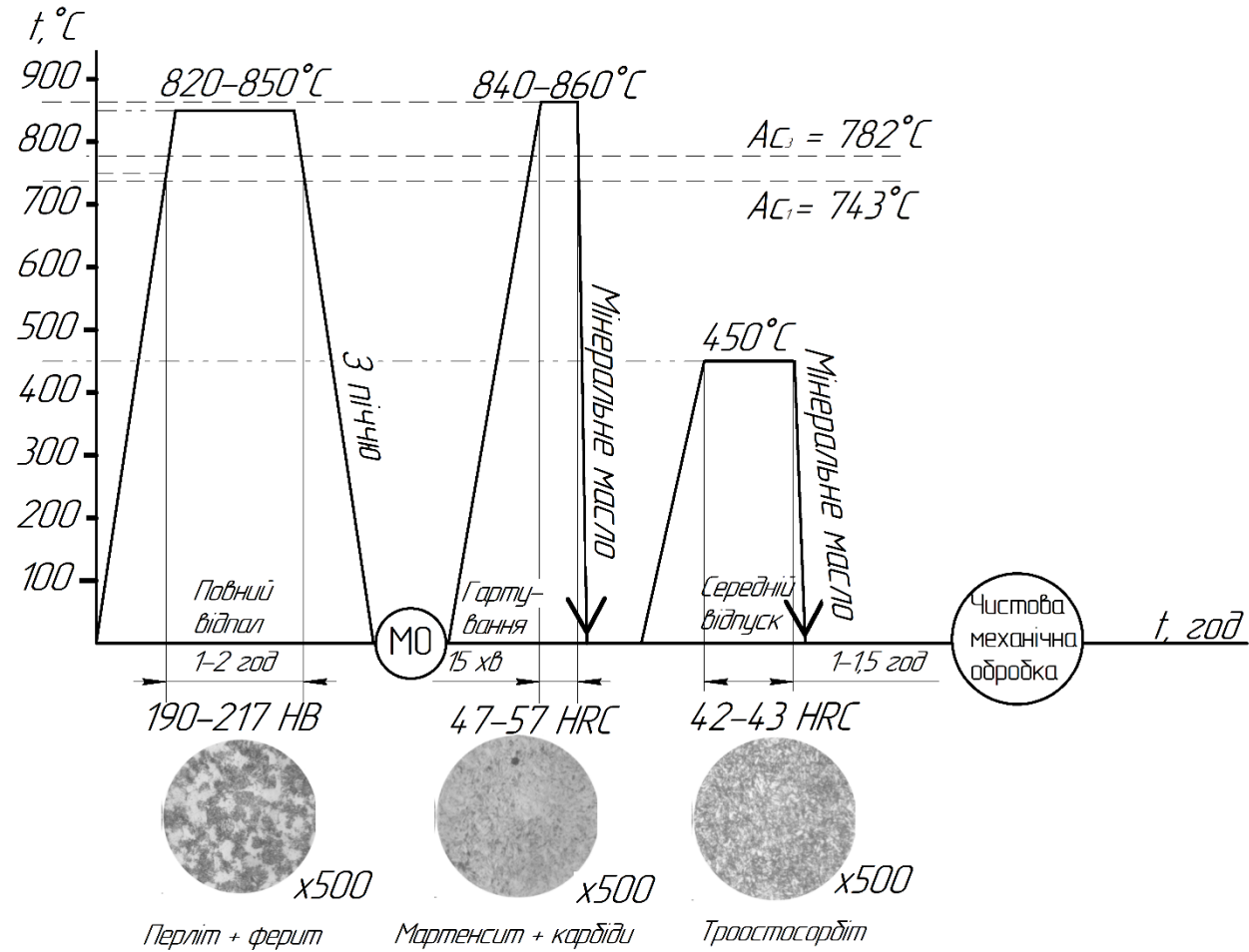
Взам. инв. №

Лист и дата

Инд. № листа

Додаток В

СумДУ ТеСЕТ



Легенда

Спроба №

Підп. і дата

Міф. № звіт.

Взам. змб. №

Підп. і дата

Міф. № протокол

				СумДУ ТеСЕТ			
Изм.	Лист	№ док.им.	Підп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Горобенко Я.Р.					
Проб.		Мирченко С.В.			Лист	Листов	1
Т.контр.					MT-01-1		
Н.контр.							
Утв.							

Копірадал

Формат А3