

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Розробка технологічного процесу та штампового оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн теплоізолюючого щитка стартера» легкового автомобіля

Рівень вищої освіти                      бакалавр  
Галузь знань                                13 «Механічна інженерія»  
Спеціальність                              132 «Матеріалознавство»  
Освітня програма    «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр КРБМТВА 2519033. 000 ПЗ

Виконав студент 5-го курсу  
група МТВАз 20-1  
Шифр

  
Підпис

Володимир ІВАНОВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник К.Т.Н., доц.  
Науковий ступінь, звання

  
Підпис

Олег БАБАК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

  
Підпис

Олег МАКОВКІН  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри ТАМ  
Назва

  
Підпис

Олександр ДИХА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата \_\_\_\_\_

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність – 132 «Матеріалознавство»

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – «Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри TAM

проф., д.т.н. Духа О.В.

20 02 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Іванову Володимирі Дмитровичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи «Розробка технологічного процесу та штампового оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн теплоізолюючого щитка стартера» легкового автомобіля»

керівник роботи

Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025р. № 23 (Д14)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла дослідження; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
1. Аналіз конструкції механізмів запуску двигуна; 2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі; 3. Вибір обладнання та засобів автоматизації; 4. Розробка інноваційного технологічного процесу виготовлення деталі; 5. Проектування штампів; 6. Проектування штампу за допомогою LOGOPRESS3.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

### 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання \_----

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	20.05.2025	
2	<i>Технологічний розділ</i>	25.05. 2025	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	30.05. 2025	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	2.06. 2025	
5	<i>Оформлення презентації кваліфікаційної роботи</i>	5.06. 2025	
6	<i>Нормоконтроль кваліфікаційної роботи</i>	9.06. 2025	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	10.06. 2025	

Студент

  
Підпис

Керівник роботи

Володимир ІВАНОВ  
Ім'я, прізвище

Олег БАБАК  
Ім'я, прізвище

## Реферат

Випускна кваліфікаційна робота студента гр МТВАз 20-1 Іванова Володимира присвячена удосконаленню технологічного процесу та штампового оснащення для виготовлення деталі "Кронштейн теплоізолюючого щитка стартера" легкового автомобіля. Вихідними даними є: існуючий варіант виготовлення цієї деталі, техніко-економічні показники, умови організації праці.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше запропоновано коригувати геометрію матриці та пуансону за рахунок обліку пружного відновлення виробу, що штампується після його пластичної деформації.

Практична цінність полягає в тому, що за отриманою тривимірною моделі штампу можна виготовити складові компоненти штампу. Таким чином можна суттєво скоротити час на проектування та виготовлення штампів.

У роботі проводиться аналіз технологічності деталі та технології її виготовлення, з виявленням недоліків цієї технології. На підставі проведеного аналізу розробляється новий, найбільш раціональний технологічний процес. Визначаються енергосилові параметри процесів. Проводиться вибір обладнання та засобів автоматизації. Далі у проекті розробляється конструкція штампового оснащення. Проводяться розрахунки на міцність і вибір матеріалів деталей штампу, визначаються виконавчі розміри інструменту.






Ключові слова: ЛИСТОВЕ ШТАМПУВАННЯ, КОНСТРУКЦІЯ ШТАМПОВОГО ОСНАЩЕННЯ, ТЕПЛОІЗОЛЮЮЧИЙ ЩИТОК СТАРТЕРА, МОДЕЛЮВАННЯ ШТАМПУ.

ІВАНОВ \_

БАК

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз конструкції механізмів запуску двигуна.....	9
1.1 Аналіз роботи автомобільного стартера.....	9
1.1.1 Пристрій та принцип роботи.....	11
1.1.2 Види стартерів.....	14
1.1.3 Технічні характеристики стартера.....	15
1.1.4 Несправності та їх причини.....	16
1.2 Аналіз технологічних варіантів виготовлення деталі кронштейн теплоізолюючого щитка стартера.....	21
1.2.1 Аналіз технологічності деталі.....	21
1.3 Опис існуючого варіанта виготовлення деталі.....	23
1.4 Виявлення недоліків існуючої технології.....	25
1.5 Завдання бакалаврської роботи.....	25
2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі.....	26
2.1 Схема запропонованого технологічного процесу.....	27
2.2 Визначення форми та розмірів вихідної заготовки.....	28
2.3 Проектування раціонального розкрою і визначення коефіцієнта використання металу.....	30
2.4 Визначення енергосилових параметрів штампування.....	30
3 Вибір обладнання та засобів автоматизації.....	34
3.1 Критерії вибору обладнання.....	34
3.2 Вибір засобів автоматизації.....	36
4 . Розробка інноваційного технологічного процесу виготовлення деталі.....	39

<b>КРБМТВА 25.19033. 000 ПЗ</b>								
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Розробка технологічного процесу та штампового оснащення для виготовлення деталі «Кронштейн теплоізолюючого щитка стартера» легкового автомобіля	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Іванов		12.06.13				
Перевір.		Бабак					4	70
Реценз.								
Н. Контр.		Маковкін						
Затверд.		Диха						<b>ХНУ група МТВАз 20-1</b>

4.1 Аналіз форм, розмірів, матеріалів та якості поверхні штаповані деталі.....	40
4.2 Попереднє визначення основних параметрів технології штампування.....	41
4.3 Підбір обладнання.....	42
4.4 Коригування параметрів технології штампування.....	43
5 Проектування штампів.....	44
5.1 Класифікація штампів та їх деталей.....	45
5.2 Конструювання штампів та їх деталей.....	48
5.2.1 Пуансони та матриці.....	48
5.2.2 Знімачі та виштовхувачі.....	52
5.2.3 Болти та штифти.....	52
6 Проектування штампу за допомогою LOGOPRESS3.....	54
6.1 Модуль формування робочої зони штампу.....	55
6.2 Модуль просторового компонування штампу.....	56
6.3 Побудова розгортки деталі.....	58
6.4 Формування робочої зони штампу.....	60
6.5 Просторове компонування штампу.....	62
ВИСНОВКИ.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	66
ДОДАТОК.....	68

## Вступ

Обробка металів тиском є одним із найбільш прогресивних технологічних процесів виробництва; вона має ряд переваг перед іншими видами обробки металів, як у технологічному, так і в економічному відношенні.

У технологічному відношенні ОМТ дозволяє:

1. отримувати деталі складних форм, виготовлення яких неможливе, або утруднене;
2. створювати міцні та жорсткі, але легкі конструкції деталей при невеликій витраті матеріалу;
3. отримувати взаємозамінні деталі з досить високою точністю розмірів переважно без подальшої механічної обробки;

У економічному відношенні ОМТ має наступними перевагами:

1. економне використання матеріалу та порівняно невеликими відходами;
2. високою продуктивністю обладнання, з застосуванням механізації автоматизації технологічних процесів;
3. масовим випуском та низькою вартістю виробів.

Найбільший ефект застосування ОМТ може бути забезпечений при комплексному вирішенні технологічних питань усіх стадій підготовки виробництва.

Розробка технологічних процесів ОМТ та проектування штампів нерозривно пов'язані між собою.

Штапування деталей шляхом виконання кількох окремих операцій найчастіше не вигідна, тому застосовують методи комбінованого штапування, одночасно дві і більше операцій.[13]

При суміщеному штапуванні одночасно виконується кілька операцій за один хід преса і за одну установку заготовки в штампі.

Таким чином, розробка оптимальних технологічних процесів листового

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

штампування дуже важлива.

У цій роботі проведено удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн теплоізолюючого щитка стартера» легкового автомобіля, проведено економічні розрахунки, проведено аналіз безпеки та екологічності проекту.

Метою даної випускної роботи є зниження собівартості виготовлення деталі за рахунок зниження трудомісткості виготовлення деталі за допомогою суміщення операцій та зменшення норми витрати матеріалу.

Деталі з листового матеріалу широко застосовуються в машинобудівних виробках. Для отримання таких деталей необхідні штампи, тому їх проектування та виготовлення є одним із основних завдань технологічної підготовки виробництва.

Більшість систем 3D проектування мають спеціалізовані модулі для проектування штамтів, що дозволяють максимально автоматизувати цей процес. Однак широкого поширення вони не набули з двох причин: по-перше, у багатьох випадках вони не містять необхідних бібліотек стандартних компонентів, а по-друге, їхня вартість найчастіше співставна, а іноді й перевищує вартість базового модуля.

Тому на підприємствах, незважаючи на застосування систем 3D-проектування, зазвичай проектування штамтів виконується в 2D. як і раніше.

Такий стан справ у багатьох випадках є неприпустимим у зв'язку з тим, що час виготовлення оснастки вимірюється днями, але в проектування взагалі відводиться часу, тобто ці процеси повинні протікати паралельно.

Метою даного проекту було відпрацювання методів організації роботи для швидкого проектування штамтів за допомогою базових функцій Logopress3, додаткового модуля SolidWorks та уточнення геометрії матриць та пуансонів за допомогою пакету LS-DYNA.

Для досягнення цієї мети в роботі було поставлено та вирішено такі

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

завдання:

- автоматизоване проектування штампу для заданої деталі;
- розроблено імітаційну модель процесу штампування для заданої деталі що дозволяє врахувати пружне відновлення виробу, що штампується після його пластичної деформації.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше запропоновано коригувати геометрію матриці та пуансону за рахунок обліку пружного відновлення виробу, що штампується після його пластичної деформації.

Практична цінність полягає в тому, що за отриманою тривимірною моделі штампу можна виготовити складові компоненти штампу. Таким чином можна суттєво скоротити час на проектування та виготовлення штампів.

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

# 1. Аналіз конструкції механізмів запуску двигуна

## 1.1 Аналіз роботи автомобільного стартера



Рисунок 1.1 - Автомобільний стартер

Під час роботи двигуна частина отриманої енергії витрачається на підтримку процесу, тобто обертання коленвала та рух поршнів. Але для переходу до робочого режиму двигун потрібно підштовхнути ззовні. Забезпечення цього початкового імпульсу бере на себе стартер.



Рисунок 1.2 - . Першим стартером була «заводна рукоятка»

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Трохи історії. Необхідність "стартувати" двигун існує стільки ж, скільки і сам двигун внутрішнього згорання. Першим стартером була «заводна рукоятка», за допомогою якої колінвал прокручувався за рахунок зусиль водія. Свою функцію вона, безперечно, виконувала, але конструктори постійно шукали спосіб зробити пуск автомобіля більш простим та зручним. У пошуках рішення намагалися використати і стиснене повітря, і пружинний механізм, і безліч інших ідей, але серйозної та надійної альтернативи не було до 1910 року. Саме в той рік загинув один власник компанії «Cadillac», якому при спробі запустити двигун автомобіля рукоятка, що відскочила, потрапила в голову. Цей трагічний випадок спонукав розпочати розробку реальної альтернативи механічному пуску, і перший електричний моторчик, що запускає двигун, було встановлено на Cadillac Model 30 вже 1912 року. Для зменшення навантаження на електромотор використовувався редуктор, і навіть малопотужний агрегат справлявся зі своїм завданням.



Рисунок 1.3 - Cadillac Model 30 – перший у світі автомобіль з електричним стартером та електричними фарами

Понад 100 років від експериментального прототипу до обов'язкового елемента кожного транспортного засобу – такий шлях пройшов автомобільний

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

стартер.

### 1.1.1 Пристрій та принцип роботи

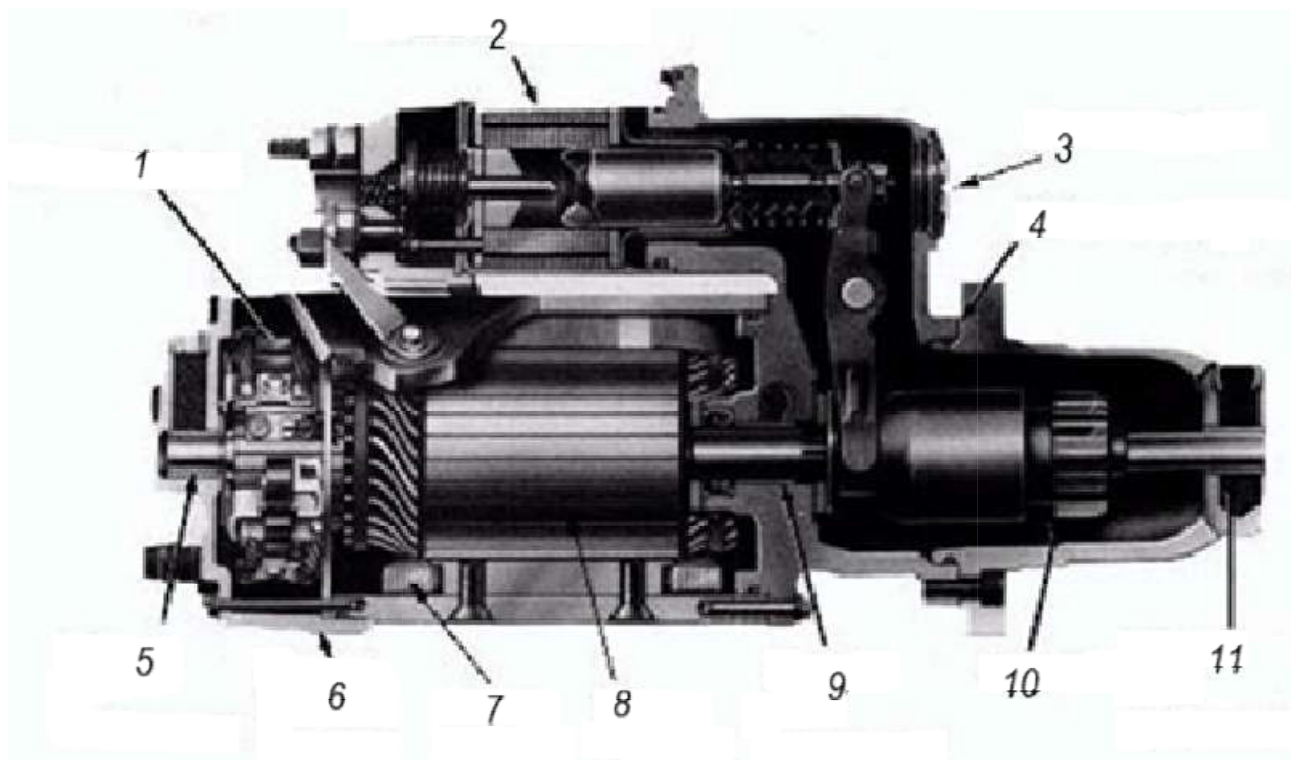


Рисунок 1.4 - Основні елементи стартера

1 – щіткотримач; 2 – втягуюче реле; 3 – вилка стартера; 4 – маска стартера;  
5 – підшипник; 6 – задня кришка стартера; 7 – статор; 8 – якір; 9 –  
підшипник; 10 – бендикс; 11 - підшипник

Основні елементи стартера та їх функції:

- електромотор надає руху весь пристрій;
- реле, що втягує, підводить бендикс до маховика колінвала, а після зчеплення зубців шестерень бендикса та колінвала замикає контакти електромотора;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ

Арк.

11

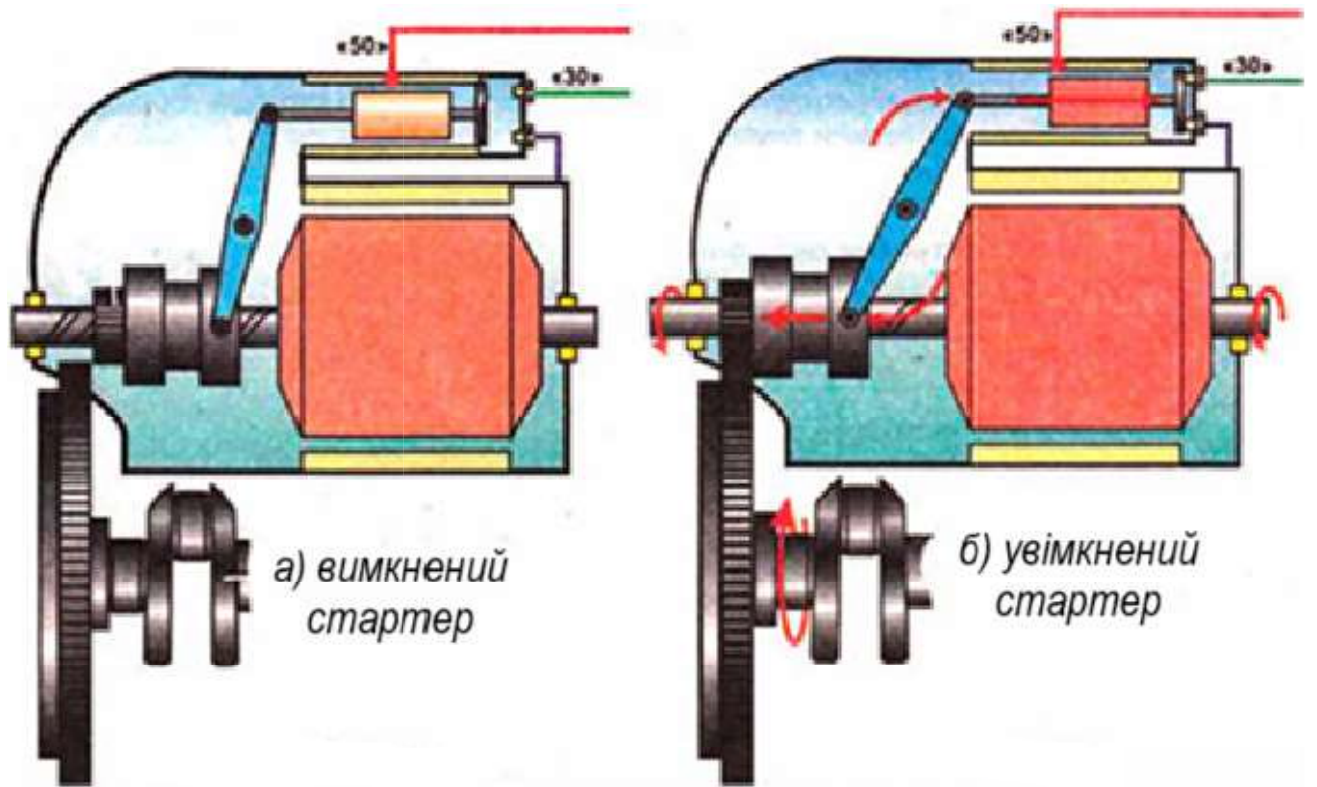


Рисунок 1.5 – Основний принцип роботи стартера

- Бендікс передає момент обертання від електромотора на колінвал через маховик.

Стартер підключається до плюсової клеми акумулятора (через товстий кабель) та до блоку запалювання (через тонкий провід). Заземлення відбувається через контакт із двигуном і від нього – з «масою».

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ

Арк.

12

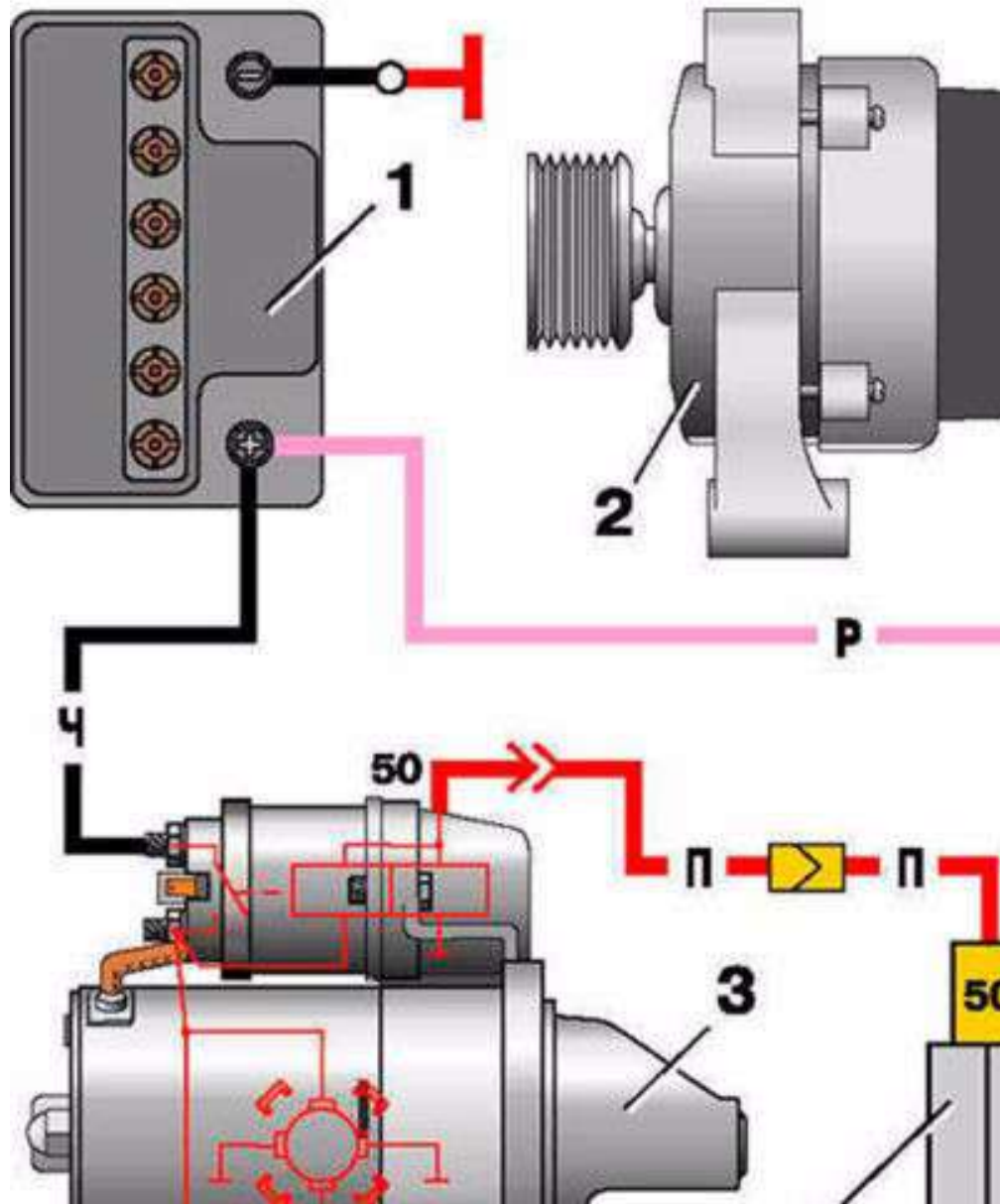


Рисунок 1.6 - Електрична схема підключення стартера

При повороті ключа запалювання в крайнє праве положення струм від акумулятора починає надходити на обмотку реле, що втягує.

Якір втягуючого реле приводить у рух бендікс.

У крайньому висунутому положенні бендікс входить у зачеплення з маховиком, після чого замикається контакт на електромотор.

Мотор починає рухатися, обертає бендикс, а він у свою чергу обертає коленвал через зачеплення з маховиком.

Як тільки двигун запускається і колінвал починає обертатися швидше, ніж

мотор стартера, бендикс від'єднується від маховика і повертається у вихідне положення завдяки поворотній пружині. Після цього можна повернути ключ запалення вліво, і струм не подаватиметься на стартер.

### 1.1.2 Види стартерів

Стартери для легкових автомобілів відрізняються за типом конструкції.

- Безредукторний (простий) стартер має простішу конструкцію з бендиксом встановленим безпосередньо на валу якоря.

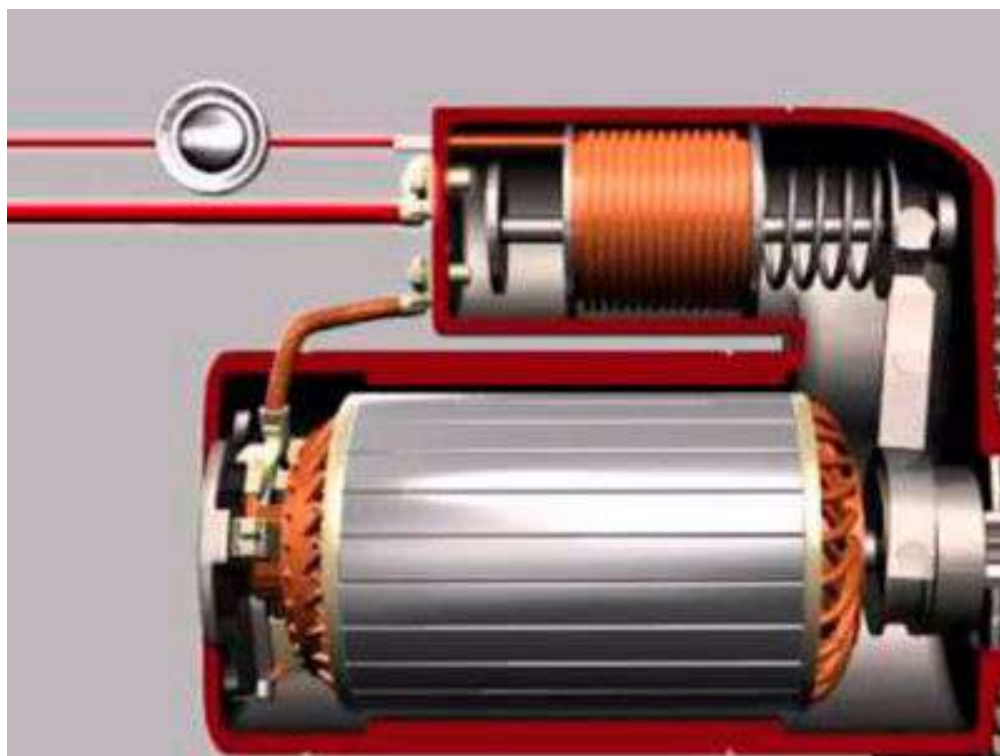


Рисунок 1.7 - Безредукторний (простий) стартер

Такі стартери застосовуються на малопотужних бензинових двигунах. Завдяки простішій конструкції вони легше ремонтуються, швидше спрацьовують (зчеплення бендикса та маховика відбувається майже миттєво), легше за вагою та нижчою за вартістю. Мінусом цієї конструкції є порівняно невелика потужність, через яку їх не застосовують для запуску потужних двигунів. Ще один недолік – чутливість до низьких температур.

- Редукторний стартер - конструкція, в якій вал якоря з'єднується з бендікс через планетарний редуктор.

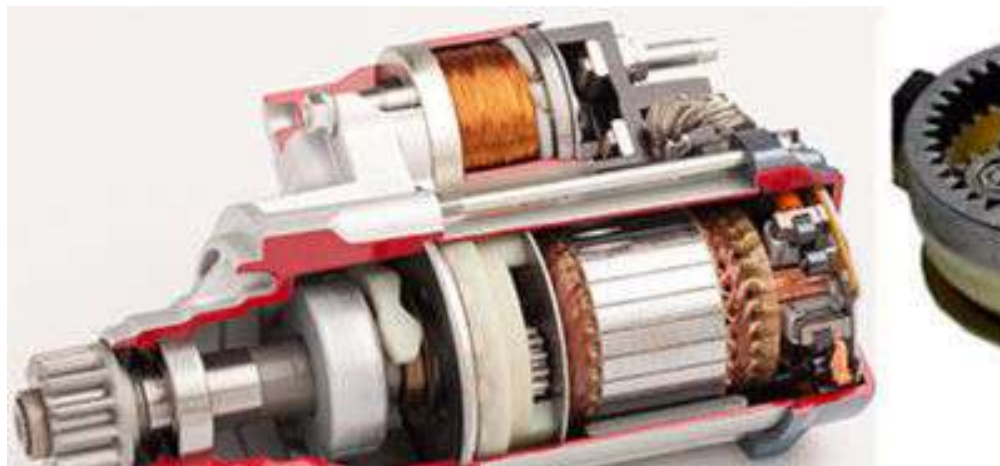


Рисунок 1.8 - Редукторний стартер

Використання редуктора дозволило посилити потужність і пусковий момент без збільшення розмірів самого агрегату (редукторні стартери майже в 2 рази легше, ніж безредукторні), забезпечує нормальний пуск навіть при акумуляторі, що підсів. Така конструкція дозволяє запускати потужні бензинові та дизельні двигуни, у тому числі на вантажівках та спецтехніці. Основний недолік – наявність додаткового вузла, у якому можуть бути несправності.

### 1.1.3 Технічні характеристики стартера

Як і будь-яке електроустаткування автомобіля, стартер повинен відповідати решті компонентів, з якими він безпосередньо пов'язаний. Цю відповідність можна визначити за технічними характеристиками, які вказує виробник.

- Напруга живлення (V) повинна відповідати номінальній напрузі акумулятора. Для легкових автомобілів це 12V.
- Потужність (кВт) – показник максимального зусилля, яке розвиває стартер для прокручування колінвалу. Може становити від 0,7 до 9 кВт.
- Споживаний струм (A) – це енерговитрати стартера. Визначається в режимах максимальної потужності, у загальмованому стані та на холостому

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

ході. Безпосередньо залежить від показника струму холодного прокручування акумулятора.

- Пускова частота обертання (об/хв) залежить від характеристик двигуна. Запустити бензиновий двигун на порядок легше, ніж дизельний. Частота обертання може становити від 40-60 до 100-250 об/хв (для потужних дизелів).

- Момент опору прокручування (Нм) – це скоріше характеристика двигуна, ніж стартера. Позначає зусилля, необхідне прокручування коленвала. Виходячи з цього показника розраховується потужність і споживаний струм стартера.

- Напрямок обертання (ліворуч чи праворуч) враховується при виборі стартера з асиметричним кріпленням.

- Кількість зубців шестірні бендикса (зазвичай від 8 до 13, частіше 9 чи 10).

- Передатне відношення – залежність між оборотами електромотора та бендиксу. У безредукторних стартерах становить 1:1, у редукторних – більше, до 1:4.

- Лінійні розміри, тип і кількість отворів під кріплення, типи клем і роз'ємів, що використовуються і т.д.

#### 1.1.4 Несправності та їх причини

Проблеми стартера виникають з різних причин: це і механічне зношування деталей, від якого не застрахована жодна техніка, і людський фактор, і несправності пов'язаних зі стартером елементів. При цьому проблеми у стартері нарастають лавиноподібно: навіть маленька несправність швидко призводить до серйозніших. Але є і хороша новина: в деяких випадках стартер можна відремонтувати, якщо замінити частину, що вийшла з ладу, або ремкомплект.

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Рисунок 1.9 - Деталі стартера, які найчастіше виходять з ладу

Крім стартера, проблеми із запуском може давати акумулятор, проводка, маховик колінвала, замок запалювання та заземлення двигуна. Іноді замість дорогого ремонту досить просто очистити клеми від шару оксидів, щоб повністю усунути проблему.

Механічному зносу схильні насамперед втулки валу (у деяких моделях замість них встановлюються підшипники). При цьому починається биття валу під час обертання, через що швидко виходить з ладу колектор якоря, шестерня бендикса, редуктор і навіть зубці маховика.

Інші проблеми зі стартером та їх причини:

- Стартер не реагує на поворот ключа запалювання. Причиною може бути замикання обмотки тягового реле або заїдання якоря реле, що втягує. У цьому випадку тягове реле ремонтується чи замінюється. Інші причини – відсутність струму від АКБ: розряджений акумулятор, проблеми з клемми та проводкою, проблеми із замком запалювання.

- Стартер працює, але колінвал не повертається. Причина, найімовірніше, у зносі шестерень бендикса, редуктора чи маховика колінвала. Інша причина – несправність обгінної муфти, яка відповідає за від'єднання бендикса від маховика після старту двигуна.



Рисунок 1.10 - Знос редуктора

- Стартер працює повільно і колінвал повертає теж повільно. Причини: зношування щіток і, як наслідок, поганий контакт з колектором, підгорання або замикання в колекторі, замикання в обмотках якоря або статора, обриви обмотки. Інші причини – недостатня потужність струму через незаряджений акумулятор або сильно окислені клеми.

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.11 - Результат зносу струмознімального колектора

- Сторонні звуки під час роботи стартера (скрип, скрегіт) – знос шестерень.
- Стартер не вимикається після запуску двигуна. Причина може бути у поломці зворотної пружини або заїдання тягового реле. Інша причина – несправність у замку запалювання.

Іноді досить складно виявити причину несправності: спочатку проблема може з'являтися не завжди, а час від часу, і тільки в майстерні вдається знайти її джерело. Проте, навіть за одноразового збою роботи стартера краще звертатися на СТО відразу: чим менше «мучити» проблемний агрегат, тим більше шансів обійтися лише ремонтом, а не заміною.

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рисунок 1.12 – Підгорівший ротор

Взимку попит на стартери помітно підвищується: на холоді запустити двигун набагато складніше, і у водіїв-початківців (та й досвідчених теж) стартери буквально згорають від надмірного навантаження. Чому так і як цього уникнути?

Зима – не найсприятливіший час для автомобіля: акумулятор розряджається швидше, моторне масло загусне, повернути двигун стає набагато важче, мотор, особливо дизельний, не запускається за секунду, як це було влітку. І все навантаження падає на стартер та акумулятор, які в парі змушені боротися із труднощами. При запуску на стартер подається досить потужний струм, який за лічені секунди перегріває електричні обмотки та контакти. Якщо струм подаватиметься досить довго, від перегріву агрегат у буквальному сенсі згоряє і ремонту вже не підлягає.

Друга причина дострокової смерті стартера – присадки у дизпаливо, які, знову ж таки, використовуються взимку. У деяких випадках домішки в паливі викликають під час запуску детонацію в циліндрах, через що маховик колінвала робить різкий ривок, що виводить з ладу стартер.

Щоб уникнути цих неприємностей, потрібно пам'ятати, що безперервна робота стартера не повинна перевищувати 10, максимум 15 секунд, після чого

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

знадобиться час на охолодження (близько 0,5-1 хвилини). При несправному акумуляторі, окислених контактах або проблемній проводці шанси спалити стартер зростають у кілька разів. Зима – це той чарівний час, коли слідкувати за станом усієї автоелектрики потрібно особливо ретельно.

## 1.2 Аналіз технологічних варіантів виготовлення деталі кронштейн теплоізолюючого щитка стартера

### 1.2.1 Аналіз технологічності деталі

Основні експлуатаційно-технічні вимоги до листових штампованих деталей:

- повна відповідність конструкції за призначенням та умовами деталі;
- забезпечення необхідної міцності жорсткості при мінімальному витрати металу;
- забезпечення необхідної точності та взаємозамінності;
- відповідність спеціальним фізичним, хімічним або технічним умовам [2].

До основних показників технологічності відносяться:

- найбільший коефіцієнт використання металу;
- найменша кількість та низька трудомісткість операцій;
- відсутність подальшої механічної обробки;
- найменша кількість необхідного обладнання і виробничих площ;
- найменша кількість оснастки, скорочення термінів та витрат на її виготовлення;
- збільшення продуктивність праці.

Результативним показником технологічності є собівартість штампованих деталей.

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Основні технологічні вимоги до конструкції вигнутих листових деталей:

1) мінімально допустимі радіуси згинання, слід прийняти лише за конструктивної необхідності. Найчастіше можна застосувати радіуси гибки  $r > S$  найменша висота полиці, що відгинається, повинна бути  $h > 3S$ ;

2) для запобігання перекручування форми отвору, розташованого близько до лінії згинання, необхідно приймати відстань від центру до краю пробитого отвору не менше двох товщин ( $a > 2S$ ). У аналізованій деталі отвір розташований з відривом 10 мм тобто, задовольняє вимогам.

У деталі виявлено нетехнологічний елемент-це згинання на кут більший ніж  $90^\circ$  між відігнутими елементами. При такому згинанні пластична деформація елементів, що відгинаються, недостатня для збереження необхідної форми, тобто, спостерігається значне пружне пружинення деталі, яке необхідно компенсувати коригуванням кута вигину. Враховуючи велику товщину металу – 3мм, величина пружинення буде значною. Величина коригування проводиться пробним штампуванням при надходженні нової партії металу». При цьому доводиться підточувати робочі деталі штампу, що призводить до додаткових витрат.

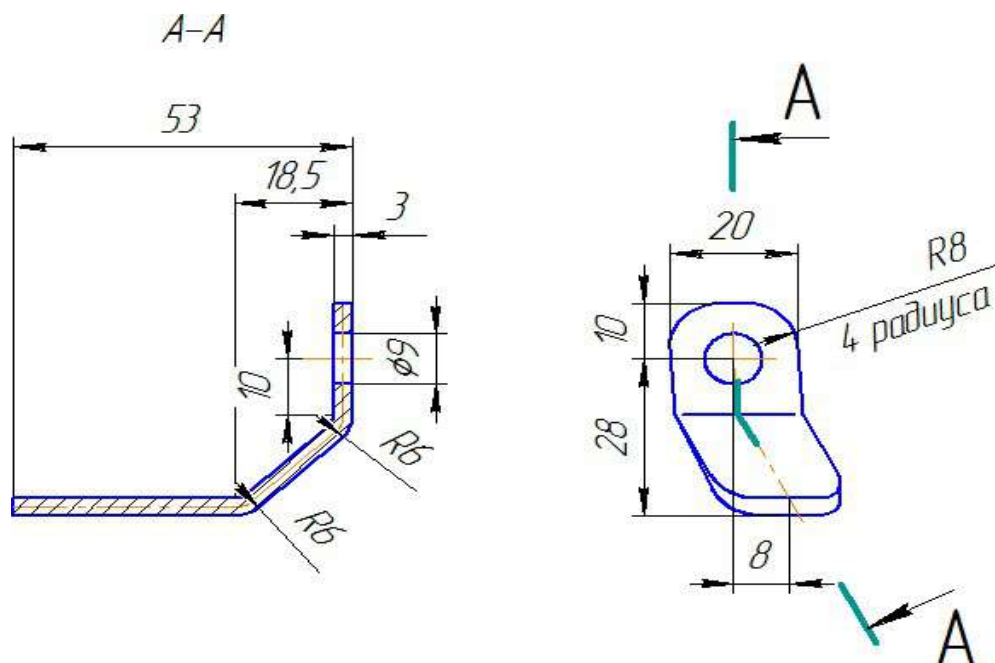


Рисунок 1.13 - Креслення деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ

Арк.

22

### 1.3 Опис існуючого варіанта виготовлення деталі.

Розглянутий технологічний процес виготовлення деталі включає три операції:

- 10 Вирубання заготовки заготовок з пробивкою отвору діаметром 9мм.
- 20 Згинання перше.
- 30 Згинання друге.

Кожна операція виконана на окремому пресі.

Операція 10 - Вирубка заготовок здійснюється зі стрічки на пресі простої дії Раскін-50, зусиллям 0,5 МН, оснащеного пристроями подачі рулонного матеріалу в зону обробки: розмотуючим пристроєм, пристроєм правки та подачі стрічки в зону штампування та пристроєм видалення заготовки в тару. (Рисунок.1.14) Останній пристрій являє собою лотковий знімач, кінематично пов'язаний з повзуном преса.

Наявність пристроїв автоматизації дозволяє забезпечити продуктивність 6000 шт/год. Операція обслуговується одним штампувальником-оператором 4-го розряду. Тара із заготовками відвозиться на склад, звідки доставляється до штампувального преса для виконання 2-ї операції тех. процесу, за необхідності. Коефіцієнт використання металу цієї операції - КІМ=0,62.

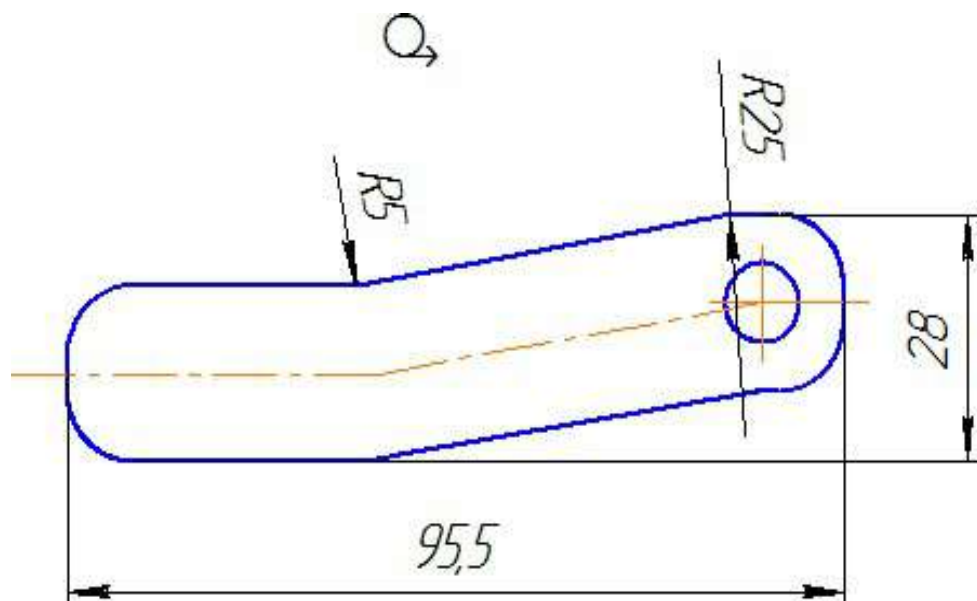


Рисунок 1.14 - Операція 10-вирубання

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

### Операція 20-Згинальна 1-а

На цій операції виконується згинання однієї полиці деталі під кутом  $142^\circ$  (рисунок.1.15). На операції використовується прес САСС 50 зусиллям 0,5 МН. Заготовки закладаються у штамп вручну. Видалення штампованого виробу проводиться пневмодувом в тильну зону преса на металевий лоток, якому напівфабрикат надходить на робочий стіл наступного преса для виконання останньої операції техпроцесу. На цій операції задіяний один штампувальник 3-го розряду. Продуктивність операції 800 шт/година.

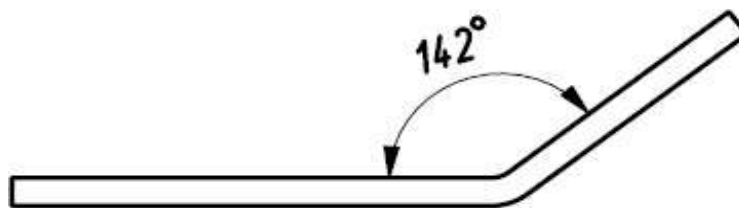


Рисунок 1.15 - Операція 20-гібка 1-а

### Операція 30-Згинальна 2-а

На цій операції виконується згинання другої полиці деталі, в якій розміщено отвір діаметром 9 мм. Нахил  $52^\circ$  для отримання кута між відігнутими полицями рівним  $90^\circ$  (рис.1.16). Гнучка цієї деталі у дві стадії застосована для зручності коригування кута пружинення. На операції використовується прес САСС 50 зусиллям 0,5 МН. Заготовки закладаються у штамп вручну. Видалення штампованого виробу проводиться пневмодувом в тильну зону преса на металевий лоток, яким напівфабрикат надходить у тару. На цій операції задіяний один штампувальник 3-го розряду. Продуктивність операції 800 шт/година.

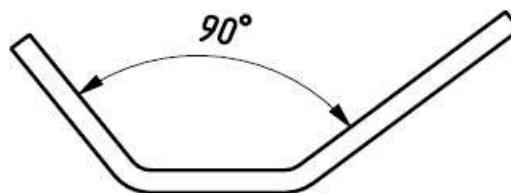


Рисунок 1.16 Операція 30-гібка 2-а

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

#### 1.4 Виявлення недоліків існуючої технології

Під час розгляду базової технології виготовлення деталі «Кронштейн теплоізолюючого щітка стартера» легкового автомобіля було виявлено такі недоліки:

1. У розглянутому технологічному процесі низька підсумкова продуктивність, що призводить до відносно високої трудомісткості виготовлення деталі та значних економічних витрат на виробництво деталі «Кронштейн теплоізолюючого щітка стартера»;

2. Продуктивність 1-ої операції висока, тому більшу частину заготовок відвозять на склад, доставляючи заготовки до основної штампувальної лінії в міру необхідності, що викликає додаткові витрати на транспортно-складські операції;

3. Небезпечні умови праці, пов'язані з потенційним травматизмом, так як відсутні системи автоматизації (заготівка закладається у штамп вручну);

4. Ручне штампування має монотонний характер, що негативно впливає на психофізичний стан працівників (втомлюваність).

5. На операції вирубки збільшені перемички між деталями порівняно з рекомендованими, що збільшує крок подачі стрічки та зменшує КІМ.

#### 1.5 Завдання бакалаврської роботи

Виявлені недоліки базового технологічного процесу дозволяють сформулювати завдання:

- розробка нового (вдосконаленого) технологічного процесу;
- вибір обладнання для нового технологічного процесу
- розробка конструкції штампової оснастки;
- виконання оцінки економічної доцільності запропонованого тех. процесу.

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

## 2. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Під час розробки технологічного процесу враховують ряд факторів, що впливають на вибір варіанта штампування.

Аналізуючи значущість та питому вагу кожного з цих факторів, можна в кожному конкретному випадку вибрати найбільш доцільний варіант штампування.

Дійсно, залежно від роду та товщини матеріалу деталі її штамнують у холодному чи гарячому стані. Обсяг виробничого завдання та точність виготовлення деталі дозволяють встановити спосіб штампування. Наприклад, під час виготовлення деталей у серійному виробництві їх штамнують на окремих штампах; при дрібносерійному та дослідному виробництвах деталі штамнують спрощеними та універсальними штампами, застосовують групові методи та штампування по елементах. При великосерійному та масовому виробництві залежно від розмірів деталей та необхідної точності їх штамнують на послідовних або суміщені штампи. При масовому виробництві процеси штампування слід максимально механізувати та автоматизувати.

Паралельно із встановленням варіанту штампування роблять вибір обладнання (пресів) за необхідною умовою, а також за необхідними габаритними розмірами. Потім визначають технічні норми на штампування деталі, а потім вже приступають до розробки технологічної документації.

При масовому та великосерійному виробництві розробляють повну документацію: карти технологічних процесів з кожної деталі, операційні карти та карти розкрою матеріалу. У серійному виробництві зазвичай розробляють укрупнено-спрощені технологічні карти, а в дрібносерійному часто обмежуються однією маршрутною відомістю, в якій дається перелік операцій з короткими відомостями щодо їх виконання. При груповому штампуванні деталей оформляється повна групова технологія штампування.

Найбільш раціональним варіантом буде той технологічний процес, який

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

забезпечує найменшу собівартість деталей і є найвигіднішим з економічної точки зору.

## 2.1 Схема запропонованого технологічного процесу

Для виключення одного з недоліків розглянутого техпроцесу - збільшеної трудомісткості налагоджувальних робіт з компенсації пружного пружинення після зміни партії металу, в удосконаленому техпроцесі запропоновано згинання деталі проводити за одну операцію на потрібний по кресленню кут в  $90^\circ$  між відігнутими полицями. У згинальному штампі необхідно передбачити змінний елемент, що дозволяє змінювати (коригувати) кут загину.

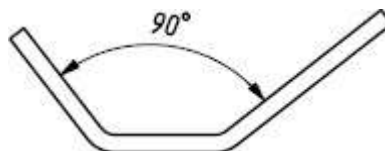


Рисунок 2.1 - Схема згинання у запропонованому техпроцесі

Крім цього в проектному техпроцесі пропонується на заготівельній операції «вирубка-пробивка» при отриманні заготовки зменшити перемички між деталями, що вирубуються, з 7 мм до 5 мм тим самим змінити крок подачі стрічки зробивши його рівним 25 мм. Це дозволить зменшити норму витрати матеріалу та отримати економію металу.

Таким чином, запропонований технологічний процес складатиметься з двох операцій:

- вирубка-пробивка зі стрічки з кроком подачі 25мм.;
- двокутове згинання бічних полиць на кути  $38^\circ$  та  $52^\circ$  від горизонталі із забезпеченням між полицями кута  $90^\circ$ .

Для збільшення продуктивності згинальної операції пропонується використовувати механізований завантажувач заготовок у робочу зону штамп.

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Застосування такого пристрою дозволить зменшити ймовірність травматизму можливу при укладанні заготовок у штамп у існуючому техпроцесі.

## 2.2 Визначення форми та розмірів вихідної заготовки

У масовому виробництві грає велику роль точне визначення форми та розмірів вихідної заготовки. Визначення розмірів вихідної заготовки для деталі необхідне побудови раціонального розкрою стрічки.

Визначення розмірів плоских заготовок для деталей, що підлягають згинання, згідно з рекомендаціями засноване на рівності довжини розгорнутої заготовки довжині нейтрального шару вигнутої деталі, і зводиться до визначення довжини нейтрального шару в залежності від відносного радіусу вигину  $r/S$  розгортки заготовки дорівнює сумі довжин прямих ділянок та довжини нейтрального шару в вигнутих ділянках деталі.

Оскільки заготовка піддається однокутовому згинанню, то необхідно визначити розгортку деталі в перерізі» А-А (рис. 2.2).

$$L_{\Sigma AA} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5$$

Довжина першої прямолінійної ділянки:  $l_1 = 53 \text{ мм} - 18.5 = 34.5 \text{ мм}$ .

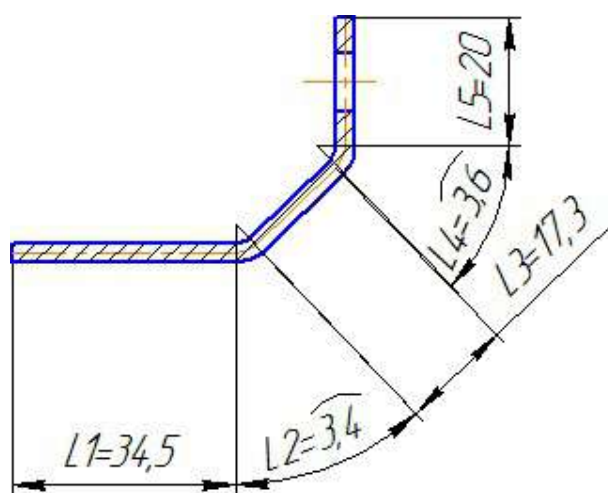


Рисунок 2.2 Перетин деталі

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Довжина другої прямолінійної ділянки:  $l_3 = 38 - 10 = 20$  мм. Довжина криволінійної ділянок  $l_2$  дорівнює довжині дуги  $l_2 = 2 \cdot \pi \cdot \rho / 4\phi_2$ , де  $\rho$  – радіус нейтрального шару.

$$\rho = r + x \cdot S, \quad (2.1)$$

$r$  - внутрішній радіус згинання, рівний  $R_3$ ;

$x$  – величина усунення нейтрального шару від серединної лінії;

$S$  – товщина металу, що дорівнює 3 мм.

Довжина криволінійної ділянки  $l_4$  дорівнює довжині дуги  $l_4 = 2 \cdot \pi \cdot \rho / 4\phi_4$   
Довжина дуги визначається за таблицею 22 [1].

$$l_2 = 3,4 \text{ мм. } l_4 = 3,6 \text{ мм.}$$

Сумарна довжина всіх ділянок кожного перерізу дасть нам розмір заготовки за відповідним перерізом.

Довжина всієї розгортки

$$L_{\Sigma A-A} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 = 34,5 + 3,4 + 17,3 + 3,6 + 20$$

Таким чином, заготовка для деталі являє собою смугу завширшки 20 мм і довжиною 78,8 мм.

Економічність розкрою значною мірою залежить від правильної величини перемичок. Основне призначення перемичок – компенсувати похибки подачі матеріалу та фіксації його в штампі для того, щоб забезпечити повну вирізку деталі по всьому контуру та запобігти отриманню бракованих деталей. Крім того, перемички повинні мати достатню міцність і жорсткість, необхідну для подачі матеріалу.

У існуючому техпроцесі величина перемичок становить 7 мм, що за рекомендаціями вище більше мінімально допустимих. Тому в проектному варіанті техпроцесу запропоновано зменшити розмір перемичок до 5 мм, що

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

буде дещо більше, ніж рекомендовані. Ширину стрічки залишаємо колишньої із збереженням величини бічних перемичок.

### 2.3 Проектування раціонального розкрою і визначення коефіцієнта використання металу

Початковий матеріал: стрічка, сталь 08кп, товщина стрічки 3,0 мм, ширина стрічки 90 мм. Крок подачі стрічки -25 мм.

Розташування заготовки в рулоні однорядне – паралельно подачі стрічки.

$$\eta = FД / (В \cdot t), \quad (2.2)$$

де FД – площа заготовки, що вирубується;

В – ширина стрічки;

t – крок подачі.

$$\eta = FД / (В \cdot t) = 1576,4 / (90 \cdot 25) = 0,73,$$

тобто 73% металу заготовки використовується для отримання деталі.

Як видно коефіцієнта використання металу в проектному варіанті трохи більше, ніж у існуючому» ( $\eta = 0,62$ ).

### 2.4 Визначення енергосилових параметрів штампування

Проектний технологічний процес складається з двох операцій:

1. Вирубівання заготовки з пробивкою отвору діаметром 9,2 мм.
2. Двох кутове згинання.

Зусилля вирубівання і пробивки обчислюємо за такою формулою:

$$P = L \cdot k \cdot S \cdot \sigma_{ср}, \quad (2.3)$$

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

де  $K = 1,3$  – коефіцієнт запасу;

$L$  - Довжина вирубуваного контуру;

$S$  – товщина матеріалу;

$\sigma_{ср} = 230$  МПа, ( $23\text{кг/мм}^2$ ) - опір зрізу.

При визначенні довжини контуру необхідно підрахувати периметр деталі та периметр отвору в деталі.

$$P = 1,3 \cdot 3,14 \cdot 9,21 \cdot 80,9 \cdot 3 \cdot 230 = 158 \text{ кН}$$

Зусилля, необхідне зняття смуги з пуансона:

$$P_{сн} = k_{сн}P, \quad (2.4)$$

де  $P$  - повне зусилля вирубки-пробивки;

$k_{сн}$  – коефіцієнт, який визначається залежно від типу штампу та товщини матеріалу,  $k_{сн}=0,12$ .

$$P_{сн} = 0,12 \cdot 158 = 18,9 \text{ кН.}$$

Зусилля, необхідне проштовхування деталі через матрицю:

$$P_{пр} = k_{пр}Pn, \quad (2.5)$$

де  $k_{пр}$  - Коефіцієнт, що встановлює співвідношення між  $P_{пр}$  і  $P$ ,  $k_{пр} = 0,07$ .

$n$  – кількість деталей, що у шийці матриці одночасно При вирубці зі зворотним виштовхуванням  $n= 1$

$$P_{пр} = 0,07 \cdot 158 = 11,06 \text{ кН}$$

$$P_{общ} = P + P_{сн} + P_{пр} = 158 + 18,9 + 11,06 = 189,81 \text{ кН}$$

Робота різання при вирубці-пробивці:

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000, \quad (2.6)$$

де  $x$  - Коефіцієнт, що визначається зі співвідношення  $x = P_{cp} / P$ .

$$A = x \cdot P \cdot S / 1000 = 0,60 \cdot 189,81 \cdot 3 / 1000 = 0,34 \text{ кДж.}$$

На другій операції відбувається згинання з обов'язковою правкою деталі. Виправлення деталі необхідне, оскільки товщина металу становить 3 мм і для зменшення пружного пружинення необхідно зробити правку радіусів і площин полиць та дна деталі.

Зусилля згинання обчислюємо за формулою:

$$P_1 = \frac{BS^2}{r+S} \cdot \sigma_B = \frac{2 \cdot 20 \cdot 3^2}{3+3} \cdot 33 = 1980 \text{ кгс} = 19,8 \text{ кН} \quad (2.7)$$

$B = 20$  мм - довжина однієї лінії вигину;

$S = 3$  мм – товщина матеріалу;

$r = 3$  мм – радіус згинання;

$$\sigma_B = 33 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 330 \text{ МПа} \quad \text{— границя міцності}$$

Зусилля редагування:

$$P_2 = p \times F = 10 \cdot 1576,4 = 15764 \text{ кгс} = 157,6 \text{ кН} \quad (2.8)$$

$F = 1576,4 \text{ мм}^2$  - Площа поверхні редагування.

$p = (8 \dots 10) \text{ кгс / мм}^2$  – питомий тиск для виправлення деталей із відносно товстих матеріалів, що не допускають глибоких відбитків на поверхні.

Загальне зусилля операції:

$$P_{\text{обц}} = P_1 + P_2 = 19,8 + 157,6 = 177,4 \text{ кН}$$

Робота обчислюється за такою формулою:

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$A = \lambda \cdot P \cdot S / 1000, \quad (2.9)$$

де  $\lambda = 0,7 \dots 0,6$  – коефіцієнт, що залежить від  $\sigma_{ср}$  і  $S$ , по таблиці  $P$  – зусилля цієї операції;  $P = 177,4$  кН;

$$A = 0,7 \cdot 177,4 \cdot 3 / 1000 = 0,35 \text{ кДж}$$

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

### 3 Вибір обладнання та засобів автоматизації

#### 3.1 Критерії вибору обладнання

При виборі преса згідно з рекомендаціями виходять з таких міркувань:

а) тип преса та величина ходу повзуна повинні відповідати технологічній операції;

б) номінальне зусилля преса має бути більшим за зусилля, необхідного для штампування;

в) потужність преса має бути достатньою для виконання роботи, необхідної для цієї операції;

г) прес повинен мати достатню жорсткість, а для роздільних операцій – також підвищену точність напрямних;

д) закрита висота преса повинна відповідати або бути більшою за закриту висоту штампу;

е) габаритні розміри столу та повзуна преса повинні давати можливість встановлення та закріплення штампів та подачу заготовок, а отвір у столі преса вільне провалювання деталей, що штампуються;

ж) кількість ходів преса має забезпечувати досить високу продуктивність штампування;

з) залежно від роду роботи має бути передбачено наявність спеціальних пристроїв та приладів;

і) зручність та безпека обслуговування преса повинні відповідати вимогам безпеки.

Таким чином, основними механічними параметрами вибору преса є: зусилля, робота, жорсткість, величина ходу, закрита висота і розміри столу преса. Але насамперед устаткування вибирається за номінальним зусиллям і потужності. [2]

Так як зміни першої операції проектного техпроцесу незначно

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

відрізняються від існуючого (змінився крок подачі) обладнання на першій операції нового техпроцесу залишається теж саме з такими ж засобами автоматизації.

Для другої операції нового техпроцесу» вибираємо найбільш відповідне за основними параметрами обладнання – прес «CaCC 50» зусиллям 0,5 Мн з удосконаленим командоапаратом, що дозволяє працювати пресу в комплексі із засобами автоматизації для роботи з штучними заготовками.



Рисунок 3.1 - Прес гідравлічний 50 т

Таблиця. 3.1 Характеристики обладнання»

Технічні характеристики		
Модель преса		CaCC - 50
Номінальне зусилля	кН	500
Хід повзуна тах	мм	120
Регулювання ходу	мм	100

Закрита висота тах	мм	300
Регулювання закритої висоти	мм	90
Розміри столу	мм	600 x 1000
Розміри повзуна	мм	460 x 560
Номінальна потужність електродвигуна	кВт	5.5
Число ходів за хвилину		60
Хід виштовхувача у повзуні	мм	60
Хід пневмоподушки	мм	70
Зусилля пневмоподушки	кН	35

### 3.2 Вибір засобів автоматизації

Автоматизація та механізація процесів листового штампування полягає у забезпеченні автоматичного або механізованого подання матеріалу або заготовок у штамп, знімання та видалення деталей (заготовок) із штамп, передачі (транспортування) з переходу на перехід або з операції на операцію та виконання інших допоміжних робіт, наприклад, мастила матеріалу, перевертання (кантування) заготовок, укладання, а також при згинанні в валках, різанні на ножицях різного типу тощо» [12].

Під час автоматизації значно збільшується відсоток використання числа ходів преса, а отже, і його продуктивність і ще більшою мірою продуктивність праці, бо один оператор може обслуговувати кілька пресів. При механізації ж відсоток збільшення використання числа ходів преса, отже, та її продуктивність невеликі, проте продуктивність праці підвищується значно.

Залежно від характеру руху захватних органів, що переміщують заготовку, що подають та передають пристрої поділяються на:

1. шибєрні, використовуються, як правило, для однопозиційного штампування, коли деталь штампується «напровал» або після штампування

просувається самим захоплюючим органом (шибером) у напрямку його руху для видалення або на іншу позицію;

2. револьверні, захватний орган – револьверний диск – періодично повертається щодо одного напрямі, а заготовки, як і шибєрних подачах, переміщуються у одній площині. Штампування може здійснюватися "напровал", зібраним заштовхуванням заготовки в диск і без переміщення її в диску;

3. грейферні, їм характерно періодичний рух захоплюючого органу – грейферних лінійок. Ці пристрої застосовуються для транспортування плоских або просторових заготовок при багатоопераційному штампуванні;

4. механічні руки та маніпулятори, захоплюючі органи здійснюють складний періодичний рух у кількох площинах, а заготовки переміщуються по ламаній або плавній траєкторії.

Розглянувши вище перелічені характеристики пристроїв, що подають і, враховуючи, що в проектному техпроцесі виконується тільки одна формоутворююча операція то найбільш раціональним є застосування механічного маніпулятора - "Марк".

Функції маніпулятора «Марк» полягають у наступному:

- 1) захоплення заготовки при допомоги присоски з трафарету, встановленого на штампі;
- 2) підйом захопленої заготовки під площиною штамп і трафарету на висоту до 25 мм;
- 3) перенесення заготовки до зони обробки;
- 4) опускання та укладання заготовки на робочі частини штамп у фіксатори;
- 5) підйом та повернення руки у вихідне положення над трафаретом.

Робота механічної руки синхронізована з роботою обладнання за допомогою командо-апарата преса, підключеного до блок-схеми управління механічної руки. Робота обладнання та руки «Марк» здійснюється або в цикловому режимі, коли штампувальник-оператор включає в роботу комплекс

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

натисканням педалі після укладання деталі в трафарет, або в автоматичному режимі.

У механічній руці передбачено пристрій контролю подвійної заготовки, яка автоматично відключає комплекс у разі прилипання однієї заготовки до іншої.



Рисунок 3.2 Механічний маніпулятор «МАРК»

Таблиця. 3.2 Характеристики маніпулятора

Технічні характеристики		
Модель механізму		Механічний маніпулятор «МАРК»
Вантажопідйомність	кг	500
Кут повороту	°	37
Горизонтальне переміщення	мм	380
Підйом присоски	мм	25
Рівень роботи max/min	мм.	135/25.

Використання механічного маніпулятора дозволять помітно збільшити продуктивність виконання операції до 1600 шт/год.

#### 4. Розробка інноваційного технологічного процесу виготовлення деталі

Розглянемо етапи та послідовність розробки процесу штампування листових деталей.

Аналіз форм, розмірів, матеріалів та якості поверхні штамповані деталі. Цей етап необхідний для того, щоб переконатися в можливості отримання штампуванням деталі, заданої кресленням, і чи не слід для покращення та спрощення технології змінити окремі параметри деталі.

Провівши такий аналіз, часто вдається покращити конструкцію деталі.

Попереднє визначення основних параметрів технології штампування. Без наявності попередніх даних за технологією не можна проводити решту роботи, у тому числі й добір обладнання.

Вибір обладнання.

Коригування параметрів технології штампування. Цього етапу може бути, якщо вдається підібрати устаткування, відповідне вимогам попередньої технології.

Експериментальні роботи чи виробництво дослідної партії. Технологічні параметри багатьох формозмінювальних операцій, підраховані теоретично, вимагають експериментальної перевірки (наприклад, розміри плоских заготовок складних витяжок та ін.). Іноді, не ставлячи спеціальних експериментів із запроєктованого процесу, штампують дослідну партію.

Остаточне коригування та оформлення процесу. Якщо для складної деталі, отриманої формозмінюючими операціями, проводилися експериментальні роботи або була відштампована дослідна партія, спочатку запроєктований процес коригується на основі отриманих даних.

При розробці процесу відносно простих листо-штампованих деталей (наприклад, вирубка і пробивка шайби, витяжка круглої склянки тощо) обмежуються першими чотирма етапами.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

#### 4.1 Аналіз форм, розмірів, матеріалів та якості поверхні штаповані деталі

Конструктор деталі та технолог повинні дбати про конструктивність та технологічність штапованих виробів.

Конструктивність - це таке поєднання форм, розмірів, матеріалів та якості поверхні, яке найкраще забезпечує виконання деталлю її службових функцій. Технологічність - таке поєднання форм, розмірів, матеріалів та якості поверхні, яке дозволяє штапувати деталі в заданій кількості з мінімальною витратою коштів та часу.

Аналізуючи параметри деталі, необхідно насамперед звертати увагу на таке:

- чи правильно обраний матеріал з фізико-механічних властивостей та товщині (Чи підходить він для відповідної операції, чи не завищена товщина, чи не можна зменшити її за рахунок введення елементів жорсткості - ребер, отбортовки та ін);
- чи використані можливості профільованого або зігнутого зі стрічки (смуги) матеріалу (профілі відкриті, закриті, з наповнювачами), так як такі конструкторські матеріали мають міцність, монтаж, декоративність;
- чи раціональні форми для витяжки (дуже складні форми спрощувати, а при неможливості цього - розчленовувати на прості елементи з подальшим їх з'єднанням штапуванням, зварюванням або клепою);
- чи можна деталь, запроектовану з кольорового металу, з метою економії останнього, розчленувати (з наступним їх з'єднанням) на такі елементи, частина яких виконувалася б із кольорового, а інша, при цьому велика - із чорного металу;
- чи розташовуються обсяги у порожнистих деталей по спадаючому убік дна розмірності та чи позначено, які розміри (внутрішні або зовнішні) необхідно отримати, а також чи враховано, що стінки будуть

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

різної товщини;

- чи передбачені у гнутих деталях, у зоні згинання підрізки (у розкрої) та чи не можна деталь (або заготовлю на дві деталі) виконати симетричною;

- чи передбачені у складних деталях технологічні бази у вигляді отворів, зовнішніх частин контуру, витягнутих чи інших елементів;

- чи досяжні штампування та економічно доцільні задані допуски та якість поверхні;

- чи можна для зменшення номенклатури інструменту другого порядку та часу освоєння скоротити кількість розмірів окремих елементів деталей (радіуси переходів, ухили, ребра жорсткості, отвори, що пробиваються і т. д.), а також уніфікувати марки і товщини матеріалів;

- чи узгоджена конфігурація деталей, що вирубуються, або заготовок з розкриємо їх у стрічці, смузі чи листі;

- чи враховується при проектуванні контурів, що вирубуються і пробиваються технологічність виготовлення пуансонів та матриць відповідних штампів;

- чи можна робити звареними заготовками для тих деталей, при штампуванні яких зі стрічки чи листів утворюються великі відходи;

- чи узгоджені елементи деталей (мінімальні отвори, що пробиваються, мінімальні радіуси згинання та витяжки, розміри підрізків у розкрої і т. д.) з технологічними даними та можливостями тієї чи іншої операції.

#### 4.2 Попереднє визначення основних параметрів технології штампування

Вся робота цього етапу має проводитися з урахуванням масштабу випуску та техніки безпеки. До основних питань належать такі:

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- встановлення послідовності операцій;
- вибір виду матеріалу та визначення розкрою (стрічка, смуга, лист, відходи) плоскі, відходи, виправлені після формування);
- вибір типу штампів (для масового виробництва - суміщені, з автоматичною подачею, складною конструкцією; для одиничного – універсальні, спрощені);
- вибір виду та типу подачі та видалення матеріалу, виробів та відходів (подача: валкова, кліщова, револьверна, пластинчаста, гачкова, шиберна, магазинно-шиберна, ручна; видалення - через провальний отвір, по похилій площині, струменем повітря, гачком, пінцетом, важелевими пристроями; напрямок подачі - праворуч, зліва;
- розрахунок основних параметрів процесу (відсоток відходу та використання матеріалу, крок подачі, ширина стрічки (смуги), діаметр плоскої заготовки, діаметри поопераційні, товщини поопераційні, хід пуансона, закрита висота штампу, глибина витяжки, зусилля штампування, сила складкотримача, припуски для обрізки та ін.);
- Оформлення поопераційних ескізів.

#### 4.3 Підбір обладнання

При доборі устаткування необхідно виходити з типу виробництва.

При використанні існуючого парку вибирають найбільш підходящі моделі, які не повністю завантажені. Але вибрані преси не завжди можуть задовольнити всі вимоги передбачуваної технології. Нове обладнання має бути вибрано з характеристиками, що найбільш відповідають процесу. Підбір проводиться за такими основними параметрами: але відповідності технологічної операції: по зусиллю та роботі; за величиною ходу; за габаритними розмірами та формою столу та повзуна; по штамповому простору (відкрита та закрита висоти); за розмірами провального отвору; за

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

кількістю ходів; по подачі, поперечини в повзуні і буфера; по надійності роботи всієї конструкції та, особливо, по жорсткості станини та напрямку повзуна; за вартістю (відноситься головним чином до обладнання, що купується) .

#### 4.4 Коригування параметрів технології штампування

Так як не завжди вдається підібрати відповідне обладнання, то після встановлення моделі преса більша або менша частина попередніх параметрів технології перераховується та переоформлюється.

На більшості машинобудівних заводів зазвичай застосовують один технологічний документ - технологічну карту. У спеціалізованих виробництвах (наприклад, виготовлення гільз тощо) застосовують два документи: технологічний маршрут (перелік операцій з короткими відомостями) та операційні картки (на кожну операцію своя карта з докладними даними та відповідними ескізами).

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

## 5 Проектування штамів

Штамп незалежно від його принципової схеми та конструкції складається, як правило, з нерухомої та рухомої частин, на кожній з яких закріплені пуансон або матриця. На рис. 5.1 зображено елементарно простий штам, рухома частина якого складається з деталей 2, 4, 5, а нерухома з однієї деталі 3. Такі штампи зустрічаються рідко. Зазвичай кожна частина штампу складається з цілого ряду деталей, призначення яких різне (з'єднувати пуансон або матрицю з повзуном і матрицю або пуансон зі столом преса, центрувати пуансон по матриці, фіксувати матеріал, видаляти відхід і т. д.). Пуансон іноді монтують на нерухомій частині, а матрицю на рухомій. Визначення пуансона як об'ємної деталі та матриці як охоплюючої дійсно і для інших штамів (згинальних, витяжних та ін.).

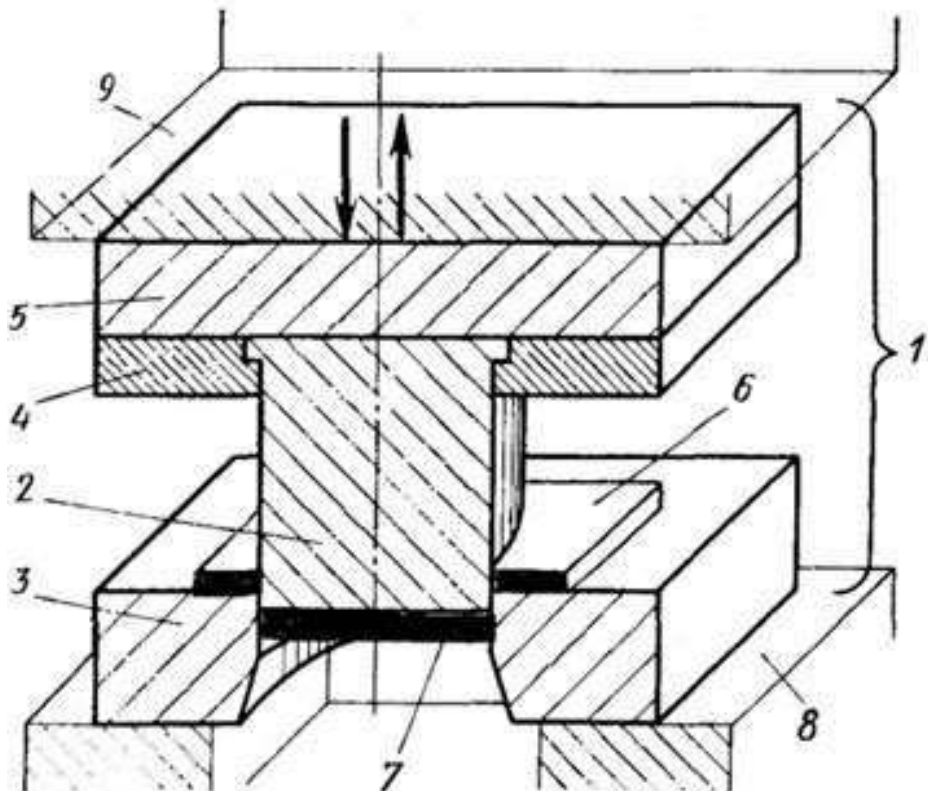


Рисунок 5.1 – Схема штампу простої дії: 1 – штамп; 2 - пуансон

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ

Арк.

44

(об'ємна деталь); 3 - матриця (охоплююча деталь); 4 – пуансонотримач; 5 – верхня плита; 6 – листова заготовка; 7 - деталь (виріб); 8 – стіл преса; 9 - повзун преса

### 5.1 Класифікація штампів та їх деталей

За технологічною ознакою всі штампи для листового штампування можуть бути зведені в наступні групи: простої, суміщеної та послідовної дії.

Штампи простої дії роблять одну штампувальну операцію за один хід повзуна преса в межах одного кроку подачі. Штампи цього типу відрізняються простотою конструкції та дешевизною виготовлення.

Продуктивність простих штампів знаходиться у прямій залежності від виду подачі матеріалу або напівфабрикату. На багатопозиційних пресах зазвичай використовують прості штампи.

Штампи поєднаної дії виконують одночасно кілька різних операцій (дві, три, рідше – чотири). Вся робота здійснюється за один хід повзуна преса та в межах одного кроку подачі. Поєднані штампи складніші за прості і вимагають вищої кваліфікації при виготовленні. Складність штампу повністю виправдовується продуктивністю, точністю та площинністю штампованих деталей. Ці штампи обов'язково мають специфічну лише їм деталь, виконує одночасно функції матриці і пуансона (деталь подвійного призначення пуансон-матриця). При малій відстані між деформуючими частинами деталі подвійного призначення міцність її знижується.

Штампи послідовної дії виконують кілька різних операцій послідовно (зустрічаються штампи, що виконують 10-15 операцій). Робота штампу здійснюється за кілька ходів повзуна преса і за кілька кроків подачі, при цьому число кроків подачі дорівнює числу операції або більше виконуваних операцій. В останньому випадку за рахунок неробочого переходу відстань

					<b>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

між деформуючими частинами матриці збільшується, що підвищує її міцність і уможлиблює замість однієї, цільної, матриці застосувати матрицю, виготовлену з кількох вставок, змонтованих у загальному матриці.

Трудомісткість виготовлення послідовних штампів можна порівняти з трудомісткістю суміщених, призначених для штампування однієї і тієї ж деталі (при тому самому числі операцій). У цьому випадку продуктивності штампів однакові, але габаритні розміри суміщеного менші, ніж послідовного. Точність збігу контурів деталі, що штампується на кількох простих штампах, найменша, найкраща - на послідовному і відмінна - на суміщеному. Площинність деталі забезпечується суміщеним штампом, а велика складність виробу - послідовним.

Послідовні штампи, по суті, є поєднанням простих штампів, з'єднаних між собою верхньою та нижньою плитами, і мають специфічну деталь — тимчасовий (установчий) упор. Крім того, у них мають бути уловлювачі.

Застосовуються також штампи, що поєднують різні перетинаються види інших штампів (простих; простого і поєданого; простого і послідовного; поєданого і послідовного; простого, поєданого і послідовного), дзеркала матриць і торці пуансонів яких не лежать у паралельних площинах, а напрямки руху пуансонов.

Такі штампи дозволяють штампувати найскладніші в площині та просторі деталі, підвищують продуктивність штампування, забезпечують високу точність штампованих деталей, і при обґрунтованому застосуванні їх висока вартість повністю окупається.

1. За призначенням всі штампи можуть бути зведені до наступних нерівнозначні кількості групи: спеціальні, спеціалізовані, універсальні. Переважна кількість штампів виготовляють для конкретної деталі, операції, переходу, у цьому сенсі вони називаються спеціальними або спеціалізованими. При одиничному та дрібносерійному виробництвах з метою зниження питомої вартості штампу застосовують універсальні

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

штампи, яких шляхом переналагодження чи заміни окремих частин можна штампувати деталі різних найменувань, форм та розмірів.

2. За своєю дією деталі штампу можна об'єднати у чотири групи (Рис.5. 2).

Всі деталі штампу потрібні для його роботи, але характер їхньої участі в процесі штампування різний. Деталі деформуючої групи є визначальними, так як їх форма і розміри безпосередньо передаються заготовці, що штампується; встановлювальні деталі беруть участь у формуванні виробу побічно, забезпечуючи заготівлі належне положення у штампі, та сприяють поліпшенню умов праці; деталі, що видаляють, впливають на продуктивність і підвищують безпеку роботи штампувальників; складальні деталі забезпечують фіксацію заданого взаємного розташування просторі деталей перших трьох груп у процесі штампування.

В отриманні штампованого виробу заданої форми і точності та забезпечення високої стійкості штампу найбільш відповідальними є деталі, що деформують і частково встановлюють.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

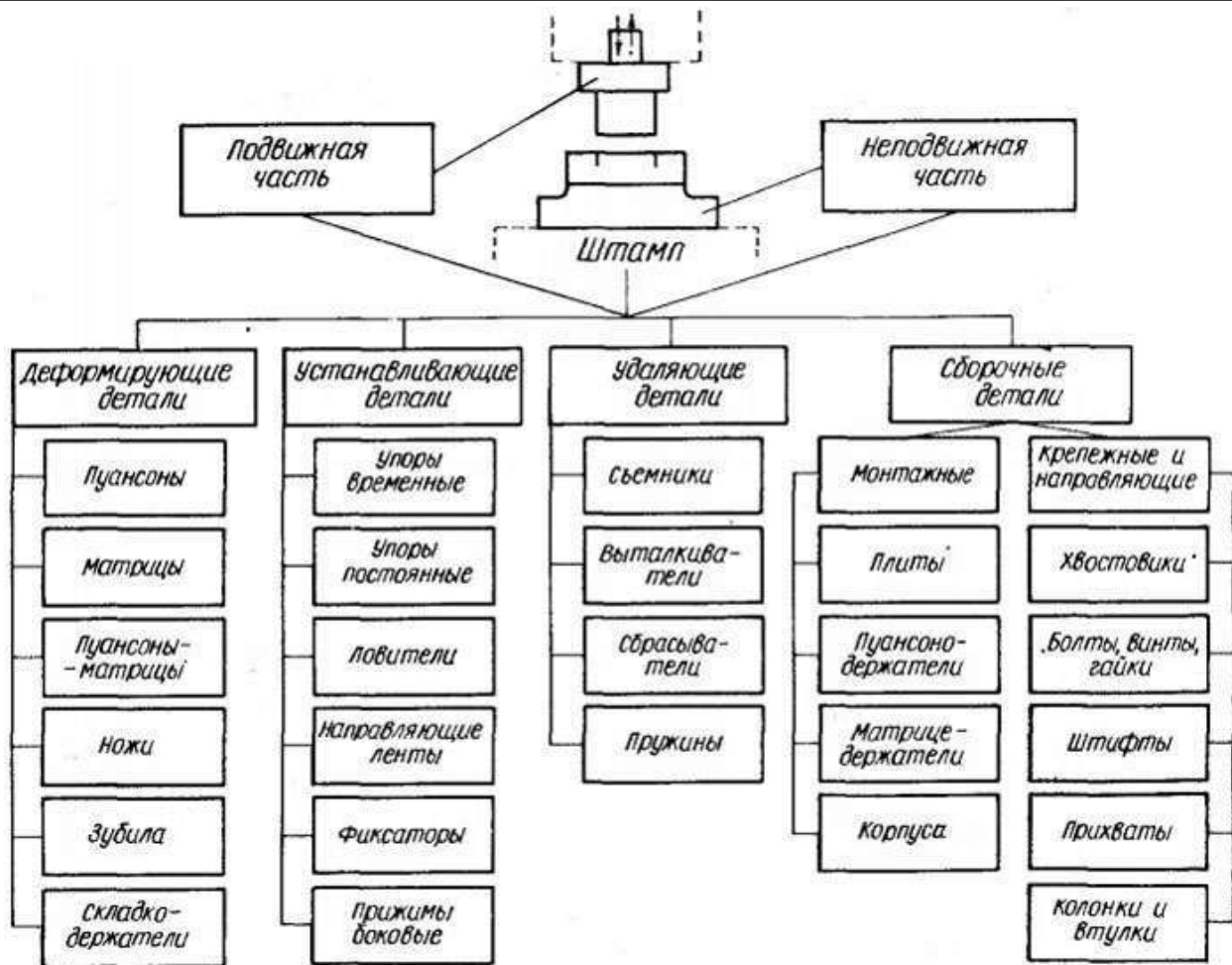


Рисунок 5.2 – Группы деталей штампов

## 5.2 Конструювання штампів та їх деталей

При проектуванні штампів необхідно користуватись існуючими Державними стандартами, керівними технічними матеріалами, галузевими нормами і лише в тому випадку, якщо завдання не може бути виконане на їх підставі, можливо проектувати спеціальні деталі, вузли та конструкції.

### 5.2.1 Пуансони та матриці

Конструюючи вирубні, пробивні, витяжні та інші пуансони та матриці, потрібно прагнути забезпечити такі основні вимоги:

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- простоту конструкції та виготовлення;
- точність та міцність установки (закріплення);
- стійкість до експлуатації;
- легкість складання та розбирання.

Пуансони невеликого розміру для дрібносерійного виробництва іноді виконують заодно з хвостовиком. Пуансони малих та середніх розмірів складного контуру для полегшення виготовлення (можливість стругання, фрезерування, шліфування) часто роблять постійний переріз по всій довжині. Такі пуансони кріпляться в пуансонотримачі допомогою розклепки опорної частини.

Пуансони і матриці, що застосовуються для великих штампувань (наприклад, згинальні і витяжні для деталей кузовів автомобілів та ін), виготовляють зі спеціальних виливків. Ці пуансони та матриці мають полиці та вуха, за які кріпляться болтами безпосередньо до повзуна або столу преса.

У конструкціях з тонкими круглими пуансонами, коли розміри робочого перерізу пуансона незначно відрізняються від товщини матеріалу, що пробивається, застосовують циліндричну втулку, в яку вставляють пуансон. Головка пуансона розклепується, і він утримується у втулці, сама втулка має буртик, за допомогою якого кріпиться в пуансонотримачі. При використанні таких пуансонів необхідно між плитою і пуансонотримачем розташовувати сталеву загартовану прокладку, яка сприймає зусилля пробивання. Пуансони зазначеної конструкції зазвичай виготовляють із штампової сталі. Якщо розміри отвору не відповідають перерізу пуансона, то її шліфують на безцентровому верстаті, потім розрізають на потрібні довжини і розклепують головки. Викладена технологія виробництва пуансонів коштує дешево. Конструкція, що розглядається, виправдовує себе при великій кількості штампувань, так як виготовлення втулок (постійні деталі) коштує досить дорого. Недолік конструкції полягає в тому, що на найменшу відстань між центрами пуансонів впливають їх діаметри, а

діаметри буртиків втулок.

Пуансони з конусним посадковим хвостовиком застосовують при невеликій кількості штампувань для пробивання малих товщин і діаметрів до 4-5 мм. Їх можна міняти, не знімаючи верхню частину штампу з повзуна преса. При відносній труднощі виготовлення такий пуансон все ж таки дешевше, ніж комплект втулка-пуансон. Надійність кріплення пуансона в пуансонотримачі залежить від площі тертя та кута конусності. При достатній довжині та куті 2-3° вони тримаються надійно.

Трапляються вироби великих і дуже великих габаритних розмірів, пуансони і матриці для яких доводиться робити з окремих секцій. Секції пуансону приганяють одна до одної та монтують на плиті. Кожну секцію фіксують на плиті двома штифтами, а закріплюють болтами, кількість яких залежить від розмірів секції.

Застосування секційних пуансонів та матриць значно зменшує витрату інструментальної сталі та знижує трудомісткість виготовлення штампу, і що головне, забезпечує можливість виготовлення пуансонів та матриць для штампування великих деталей. Щоб уникнути розкриття стиків, кожна секція повинна дуже надійно фіксуватися на плиті, тому застосовують фіксуючі штифти великих діаметрів і в достатній кількості, іноді на додаток до них використовують спеціальні опорні блоки і навіть монтують секції в гніздо в плиті, виконане по зовнішньому (опорному) контуру сек.

Секційні матриці застосовують і при дуже малих розмірах виробів, що штамнуються, наприклад, при вирубці стрілок для ручного годинника. У цілісній матриці для такої деталі дуже важко виготовити вузький (0,6 мм), але довгий (8 мм) робочий проріз. Якщо ж матриця складатиметься із двох секцій, стик яких збігається з віссю стрілки, то на їх відкритих бічних гранях легко виготовити напівпрофілі стрілки.

Останнім часом знаходять застосування двошарові сталеві матриці. Така конструкція призначена для вирубних та пробивних штампів. Матриця

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

складається з пластини-матриці, що виготовляється з інструментальної сталі.

Сталі, та основи-матриці, для якого можна використовувати конструкційну сталь. Товщина пластини-матриці береться на 2-2,5 мм більше висоти циліндричного пояса звичайної вирубної матриці, тому застосування такої збірної конструкції забезпечує значну економію інструментальної сталі.

Матриця для точного формування та калібрування під час роботи з великими навантаженнями. На матрицю послідовно, з натягами пресової посадки, надягають бандажі. Завдяки автофритажу радіальні пружні деформації самої матриці, навіть за впливу її значних тисків, будуть незначні. Такі матриці давно успішно застосовують у деяких виробництвах.

Витяжку та формування тонколистових деталей середніх та великих розмірів при дрібносерійному виробництві економічно доцільно проводити на матрицях з бетонною основою. Вартість такої матриці невелика, тому що бетон значно дешевше за метал і трудомісткість виготовлення основи з бетону менша, ніж з металу. У корпус вварюється тонке металеве облицювання, після чого в нього заливається бетон.

Розміри провальних отворів у матрицях та плитах вирубних та пробивних штампів слід робити близькими до робочих розмірів отвору в матриці (перевищення перших над другим у межах 1-3 мм). Значне збільшення розмірів провального отвору в самій матриці і плиті знижує міцність матриці, крім того, при пробиванні отворів малих розмірів внаслідок невеликої маси відходів і мастила, що знаходиться на них, відходи не падають, а прилипають до стінок і забивають провальні отвори, різко збільшуючи навантаження на пуансон.

Якщо в плиті столу преса провальний отвір мало і провальні отвори в нижній плиті штампу виходять за його межі, слід їх розташовувати під кутом. Свердління отвору під кутом важко і тим важче, чим більше кут, тому кут нахилу не повинен перевищувати 30 °.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Великі заготовки при вирубуванні їх з високих тонких листів прогинаються, щоб уникнути цього в середній частині матриці встановлюють спеціальні підпірки.

### 5.2.2 Знімачі та виштовхувачі

При пробиванні, вирубуванні та витяжці виробів заготовки або виріб прагне залишитися на пуансоні. Щоб зняти їх, застосовують деталі, які називаються знімачами. Вони затримують виріб або заготовку при зворотному ході преси. Трапляються штампи, конструкція яких передбачає виштовхування (іноді вже знятого) виробу або відходу з робочої зони.

Виштовхування здійснюється виштовхувачами. Так, наприклад, у витяжному штампі, в якому витягнутий виріб не видаляється на прохід, ставлять знімач та виштовхувач. Перший знімає виріб із пуансона, останній виштовхує його з матриці.

За характером виконуваної роботи, що впливає і на конфігурацію та на конструкцію знімачів, останні поділяються на: нерухомі, рухливі та знімають відхід шляхом розрубання його.

### 5.2.3 Болти та штифти

Номенклатура кріпильних деталей у штампах має бути обмеженою. У переважній більшості конструкцій штампів можна обійтися трьома типами кріпильних деталей: болтом з внутрішнім шестигранником, болтом з внутрішнім шестигранником і вкладкою для знімачів, вкладкою тримачів та інших вузлів, гвинтом з прорізом.

Вибір болта не із зовнішнім, а із внутрішнім шестигранником пояснюється тим, що необхідний діаметр гнізда для головки із внутрішнім шестигранником приблизно в 2 рази менше, ніж для головки із зовнішнім

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

шестигранником з урахуванням ключа для нього.

Що стосується гвинтів з прорізом, то їх застосовують лише у виняткових випадках. Такі гвинти загвинчують викруткою, внаслідок чого їх не можна так надійно затягнути, як болти з шестигранником. Прорізи швидко розробляються, приводячи гвинти у непридатність.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

## 6 Проектування штампу за допомогою LOGOPRESS3

Модуль Logopress3 призначений для проектування в середовищі SolidWorks штампів послідовної дії, що виконують розділові (вирубання, пробивання) та формоутворюючі (гибка, витяжка) операції листового штампування.

Він дозволяє конструктору оснастки використовувати готовий алгоритм розробки штампу, спеціальні інструменти проектування, а також бібліотеки стандартних компонентів. Вихідними даними для розробки штампу є 3D модель деталі, розроблена в SolidWorks або імпортована в нього з іншої САПР.

До складу Logopress3 входять три модулі, що послідовно доповнюють один одного:

- Побудова розгорток;
- Формування робочої зони штампу;
- Просторове компонування штампу.

Подібна структура дозволяє конструктору вести процес розробки штампу послідовно, спираючись на результати попередніх модулів програми.

Робота з проектування штампу починається з побудови розгортки вихідної деталі.

Основною перевагою модуля побудови розгорток є те, що він дозволяє працювати з будь-якими типами моделей, які можна використовувати як деталі, спроектовані в SolidWorks, причому будь-якими способами, так і імпортовані в нього з інших САПР.

Після побудови розгортки можна провести експрес-аналіз напруг та деформацій, що виникають у процесі зміни форми матеріалу. Крім цього, модуль дозволяє анімувати процес деформації матеріалу під час

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

штампування, а також в динаміці оцінити зміну напруги в деталі.

Оскільки тип матеріалу вихідної деталі впливає на розрахунок розгортки і обчислення сил, що виникають у процесі штампування, Logopress пропонує базу матеріалів, що охоплює найбільш поширені марки чорних і кольорових металів, що використовуються в холодному штампуванні.

Бібліотека повністю настроювана, що дозволяє користувачеві змінювати властивості матеріалів, що вже є там, або створювати нові з необхідними властивостями, такими як Модуль пружності, Опір зсуву, Коефіцієнт Пуассона, Щільність, Межа плинності. При цьому враховуються такі параметри, як нагартівка, напрямок прокату.

Якщо для виготовлення деталі потрібно кілька послідовних формоутворюючих операцій, то Logopress дозволяє підготувати модель розгортки для проектування послідовного штампу. Інструменти, що при цьому використовуються, дозволяють працювати не тільки з деталями SolidWorks, але і з імпортованими моделями.

Також у функціонал системи входить можливість підготовки поопераційних моделей деталей, які отримують витяжкою. Достатньо натиснути одну кнопку і весь процес формування деталі, що витягується, разом з розрахунком необхідних зусиль пресування малюється на екрані.

## 6.1 Модуль формування робочої зони штампу

Робота формування робочої зони штампу починається з вибору заготовки, габарити якої Logopress автоматично підбирає на підставі розмірів отриманої раніше розгортки деталі. Конструктор може модифікувати підібрані автоматично параметри у бік зміни ширини перемички, кута нахилу та відстані між розгортками, їх зміщення до одного із країв листа заготовки, зміни кількості кроків штампування.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Наступним етапом проектування є створення пуансонів штамп, для цього Logopress надає набір спеціальних інструментів. Одним із них є інструмент створення контурів пуансонів, на основі геометрії розміщених на заготовці розгорток деталей. Після відмальовування контуру, від конструктора потрібно лише задати загальну висоту пуансонів та глибину їх проникнення у матрицю. Аналогічно будуються крокові ножі, якщо вони передбачені конструкцією штамп.

Після того, як створені всі пуансони та звільнені області згину, можна приступити до імітації процесу згинання. Конструктор має можливість вибору виконати на цьому кроці згинання на повний або частковий кут. Відповідно, згин, на даному кроці виконується на заданий конструктором кут (повний або частковий) плюс кут пружинення.

На заключному етапі формування робочої зони штамп готова деталь відокремлюється від стрічки вирубуванням перемички.

Паралельно з процесом компонування робочої зони Logopress проводить розрахунки, необхідні для підготовки технологічного процесу обробки.

Кінцевим результатом роботи в модулі Logopress стає складання, що складається з деталі заготовлі та набору вирубних та згинальних пуансонів. Усі деталі збирання можна відредагувати як засобами Logopress, так і стандартними засобами SolidWorks.

## 6.2 Модуль просторового компонування штамп

Просторове компонування штамп виконується на основі збирання заготовки з набором пуансонів, отриманим у другому модулі Logopress. Робота конструктора починається із формування набору плит майбутнього штамп. Під час створення штамп використовуються бібліотеки плит-заготовок. Бібліотека плит-прототипів доступна для редагування – її можна

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

доповнювати плитами, побудованими користувачем.

У владі конструктора відредагувати розміри будь-якої плити, що вставляється, «нальоту» прямо в складання як засобами Logopress, так і засобами SolidWorks.

Після створення набору плит модуль дозволяє за допомогою вбудованих інструментів зробити отвори в них під пуансони. При цьому конструктор може задавати відповідні зазори та ухили отворів у плитах. Конструктору достатньо вказати лише плиту-пуансонотримач, а система автоматично розпізнає всі інші плити, в яких потрібно створити отвори (матриця, знімач, нижня плита кріплення та 57н..).

На заключному етапі можна приступити до вставки стандартних компонентів, таких як гвинти, втулки, колони, що направляють і так далі. Logopress надає можливість вибору з каталогів різних фірм: Agathon, Vimex, Danly, Fibro, Generic, Hasco, Intech Enoma, Rabourdin, Steinel, Strack та 57н..

При вставці елементів кріплення їхня довжина підбирається автоматично, виходячи з товщини плит штампу.

Крім зручного набору інструментів для проектування штамів, Logopress надає можливість зміни матеріалів, що поставляються, матеріалів, плит-прототипів і стандартних компонентів під ті стандарти, в яких користувач звик працювати.

При роботі зі штампом, Logopress дозволяє керувати видимістю різних компонентів збирання, відображаючи або приховуючи окремі плити або частини штампу.

Розглянутий модуль проектування штампового оснащення Logopress містить потужний функціонал, заснований на можливостях SolidWorks в області твердотілого моделювання. Використання Logopress при конструюванні штапкової оснастки дозволить конструктору уникнути помилок, пов'язаних з рутинними операціями компонування штампу, проектування заготовки, а також у разі скоротить час на розрахунок та

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

підготовку моделей розгорток деталей.

### 6.3 Побудова розгортки деталі

Вихідними даними для початку проектування штампу, у нашому випадку послужив ескіз деталі (рис. 6.3), відповідно до якого була побудована тривимірна модель (рис. 6.4), яка і стала основою для початку роботи в модулі logopress3.

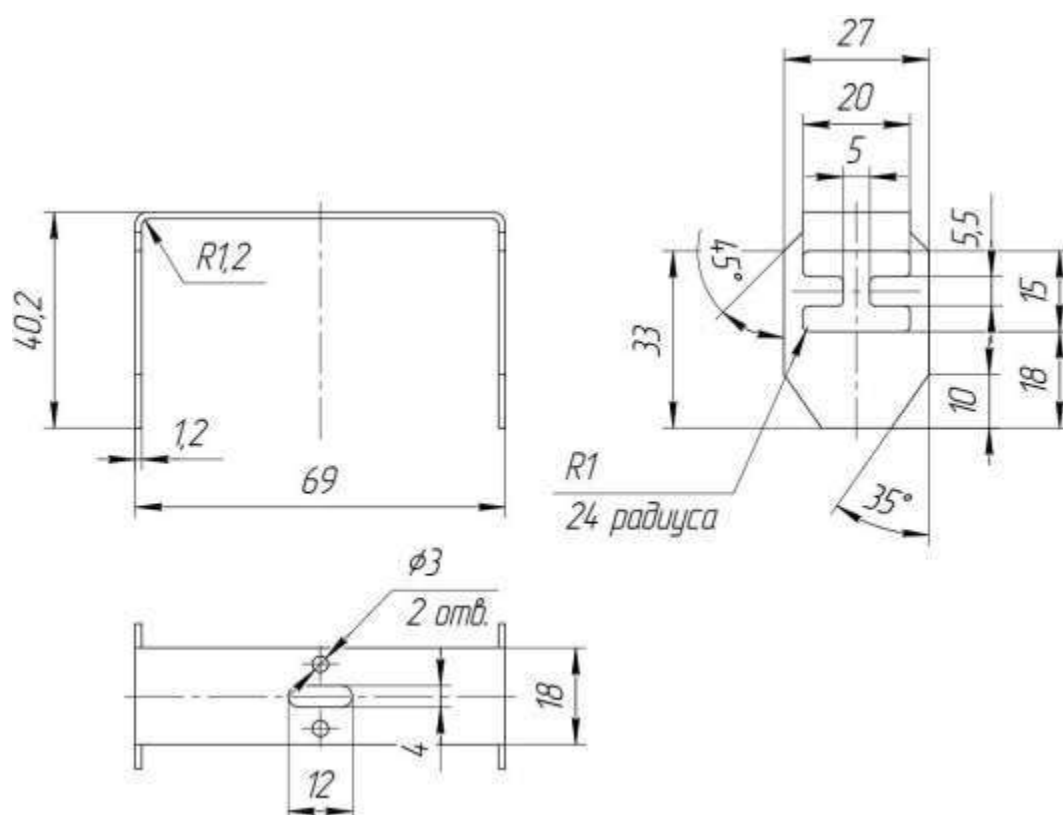


Рисунок 6.3 - Ескіз деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ

Арк.

58

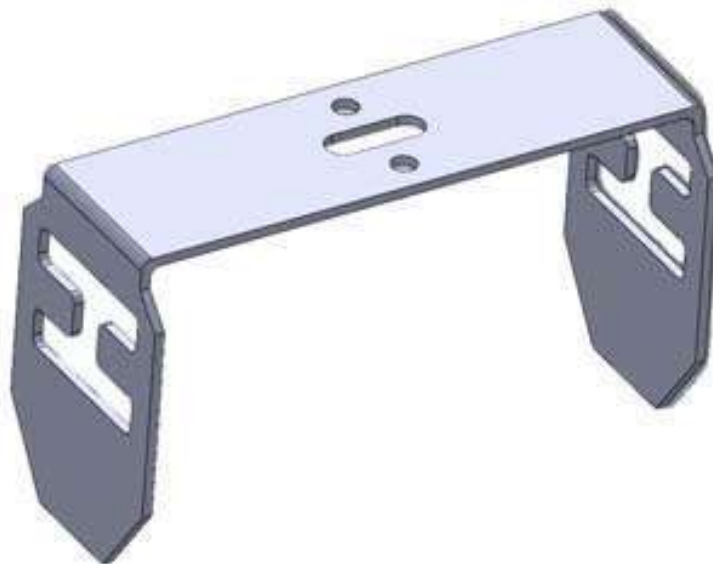


Рисунок 6.4 – 3D модель деталі

Далі за допомогою програми ми робимо розгортку деталі (рис. 6.5). Так як деталь нескладна, то для цього потрібно виконати лише дві операції. Після цього потрібно вказати програмі, що саме, куди, і під яким кутом потрібно згинати, щоб вийшла деталь потрібної форми. Вже на цьому етапі потрібно представляти якими будуть пуансони та штамп загалом. Нам потрібно зігнути деталь під прямим кутом, але при цьому варто розуміти, що при такій операції навантаження на пуансон буде досить високим, при цьому він повинен бути досить довгим. Ці фактори можуть призвести до того, що після нетривалого часу роботи пуансон вийде з ладу. Тому ми вводимо проміжний вигин під деяким кутом, у даному випадку цей кут становить  $45^\circ$ . Результат зображено на рис. 6.6.

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

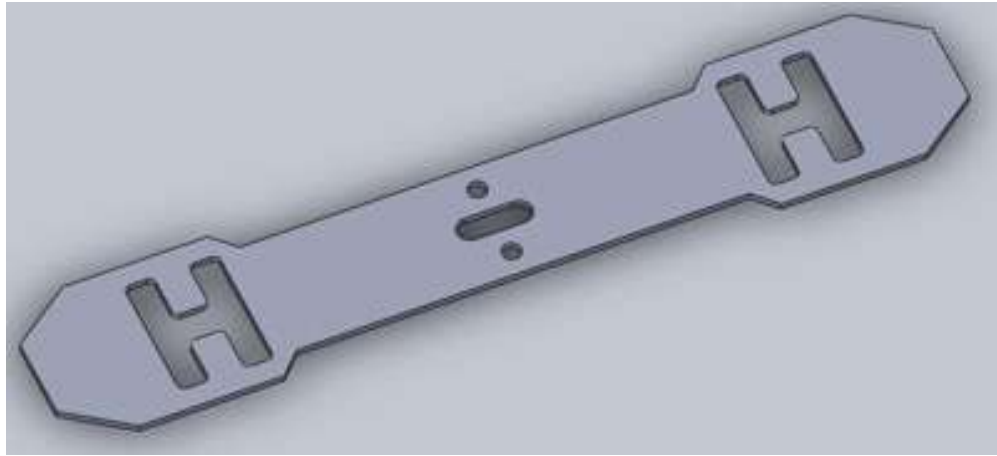


Рисунок 6.5 - Розгортка деталі

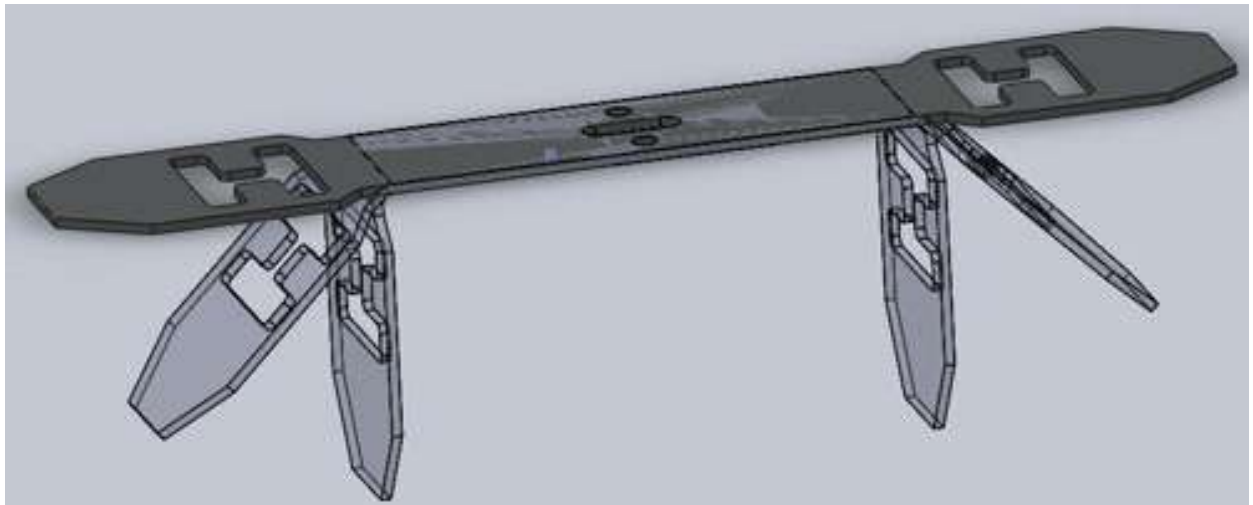


Рисунок 6.6 – Процес вигину

#### 6.4 Формування робочої зони штампу

Робота з формування робочої зони штампу починається з вибору заготовки, габарити якої Logopress автоматично підбирає на підставі розмірів одержаної раніше розгортки деталі. Ми не стали змінювати параметри запропонованої заготовки, тому що спроба зменшити кількість відходів призвела до деякого ускладнення конструкції штампу. Це було б прийнятно якби кількість відходів значно зменшилася. У нашому випадку ми могли виграти близько 2-3%, що вважали незначним. Таким чином, ми отримали

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

заготовку шириною 147.228мм, довжина якої обмежується тільки механізмом подачі заготовки. При цьому виготовлення деталі вклалося в шість послідовних операцій: перші дві — вирубання отвору, 3 — поділ деталей для вигину, 4 — вигин на 45°, 5 — вигин на 90°, та остання — це відрізання заготовки.

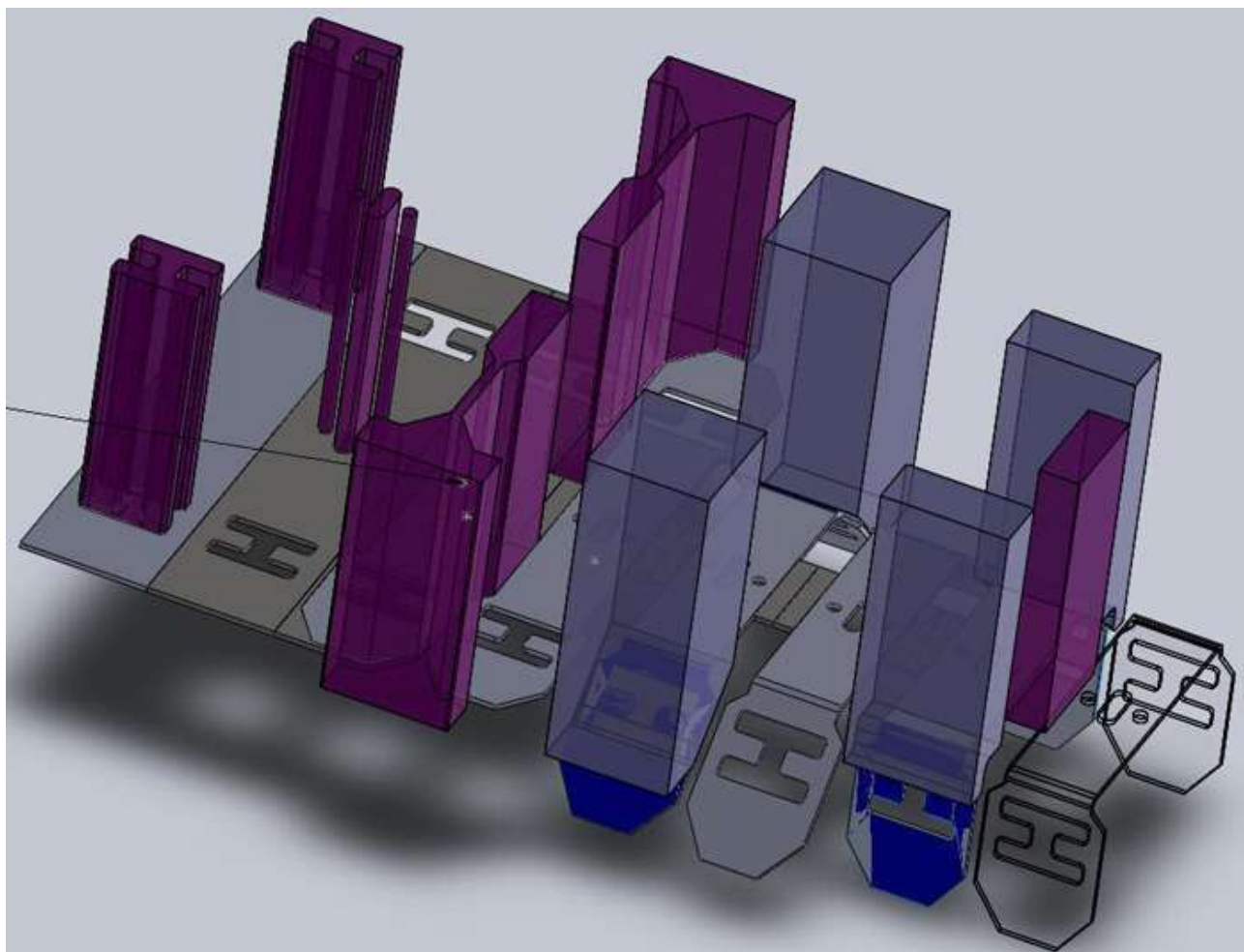


Рисунок 6.7 - Складання заготовки з набором пуансонів

Після цього розпочинаємо проектування пуансонів. На основі геометрії розміщених на заготівки розгортки деталей ми промальовуємо контур кожного пуансону окремо. Після відображення контуру для кожного пуансона задаємо загальну висоту та глибину їх проникнення в матрицю. У кінцевому результаті отримуємо складання заготовки з набором пуансонів (рис. 6.7).

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

## 6.5 Просторове компонування штампу

Просторове компонування штампу виконується на основі збирання заготовки з набором пуансонів. Компонування починається із формування набору плит майбутнього штампу. Вибравши один із відповідних наборів з бібліотеки, ми підправили розміри плит під розміри нашої деталі.

Після створення набору плит ми за допомогою вбудованих інструментів зробили отвори під пуансони з потрібним нам ухилом для кріплення. Для цього ми вказали плиту пуансонотримача, а решта плит програма розпізнала автоматично і зробивши в них потрібні отвори для матриць і провальних отворів. Форма провальних отворів була запропонована вручну, щоб здешевити конструкцію і полегшити її виготовлення.

Далі були відокремлені матриці від основної плити, що зробило штам більш простим для ремонту та заміни матриць. Також було додано знімач на перші дві операції.

На заключному етапі було вставлено з бібліотеки центруючі та кріпильні елементи. При вставці елементів кріплення їхня довжина підбирається автоматично, виходячи з товщини плит штампу. Таким чином нам залишається тільки вибрати відповідні елементи і вказати де він повинен розташовуватися.

Після встановлення всіх компонентів було здійснено перевірку на інтерференцію між компонентами. В результаті якої можна зробити висновок, що компоненти не перетинаються і працюватимуть нормально.

Результат проектування зображено рис. 6.8, 6.9, 6.10.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

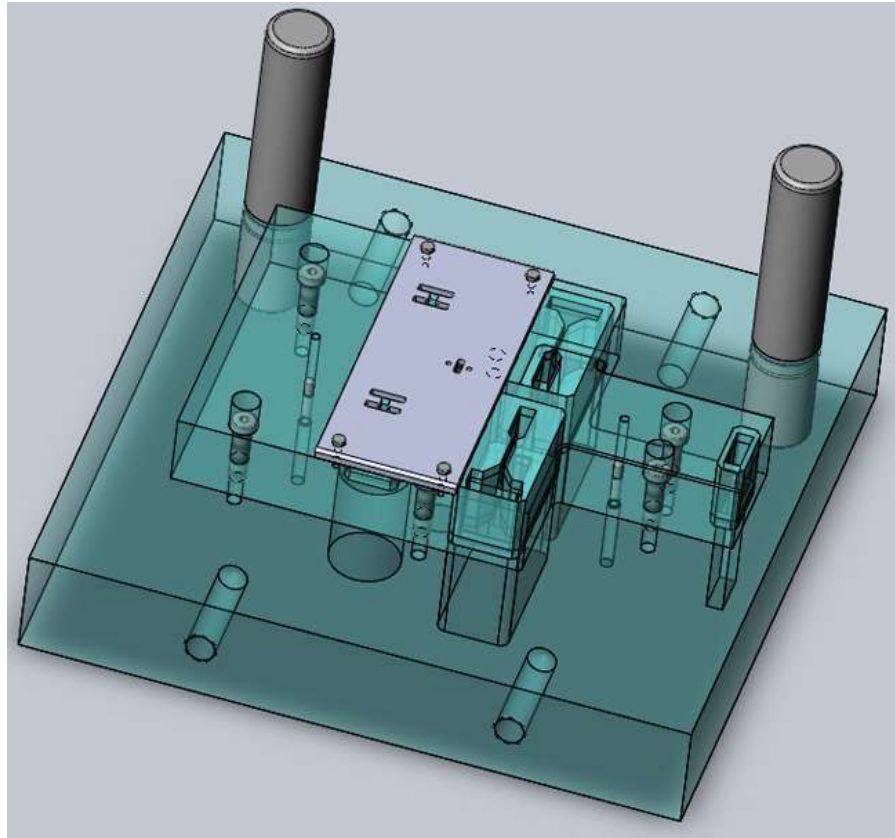


Рисунок 6.8 - Нижня частина штампу

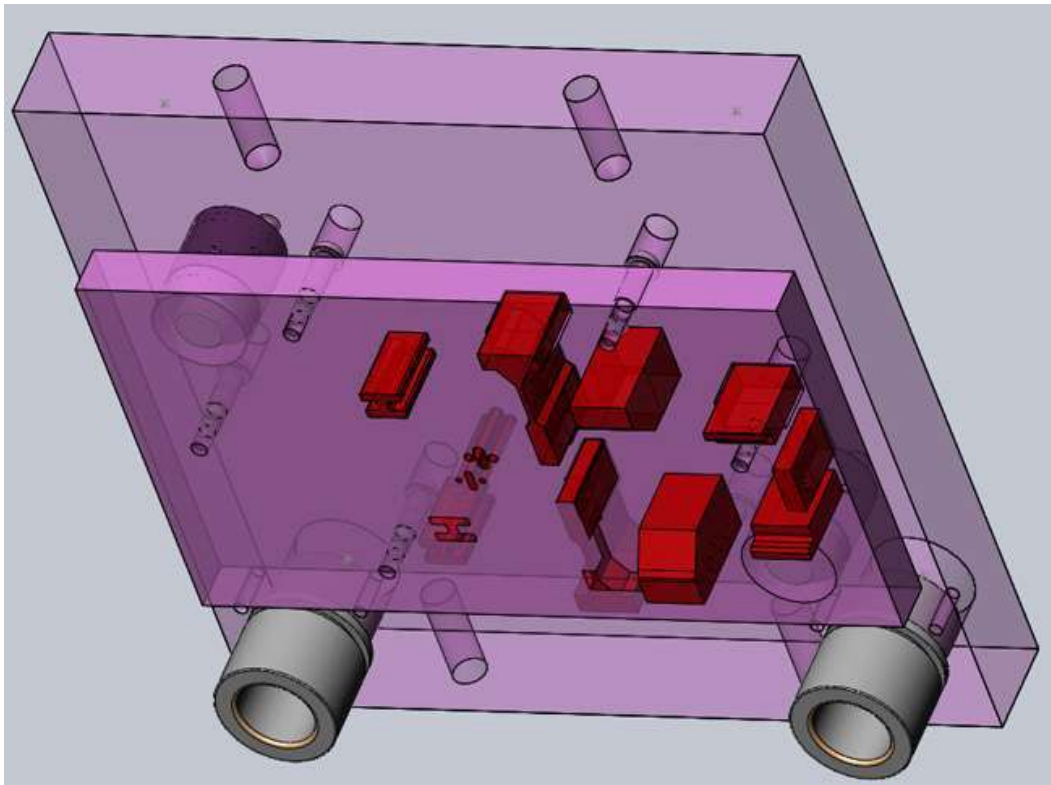


Рисунок 6.9 - Верхня частина штампу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ

Арк.

63

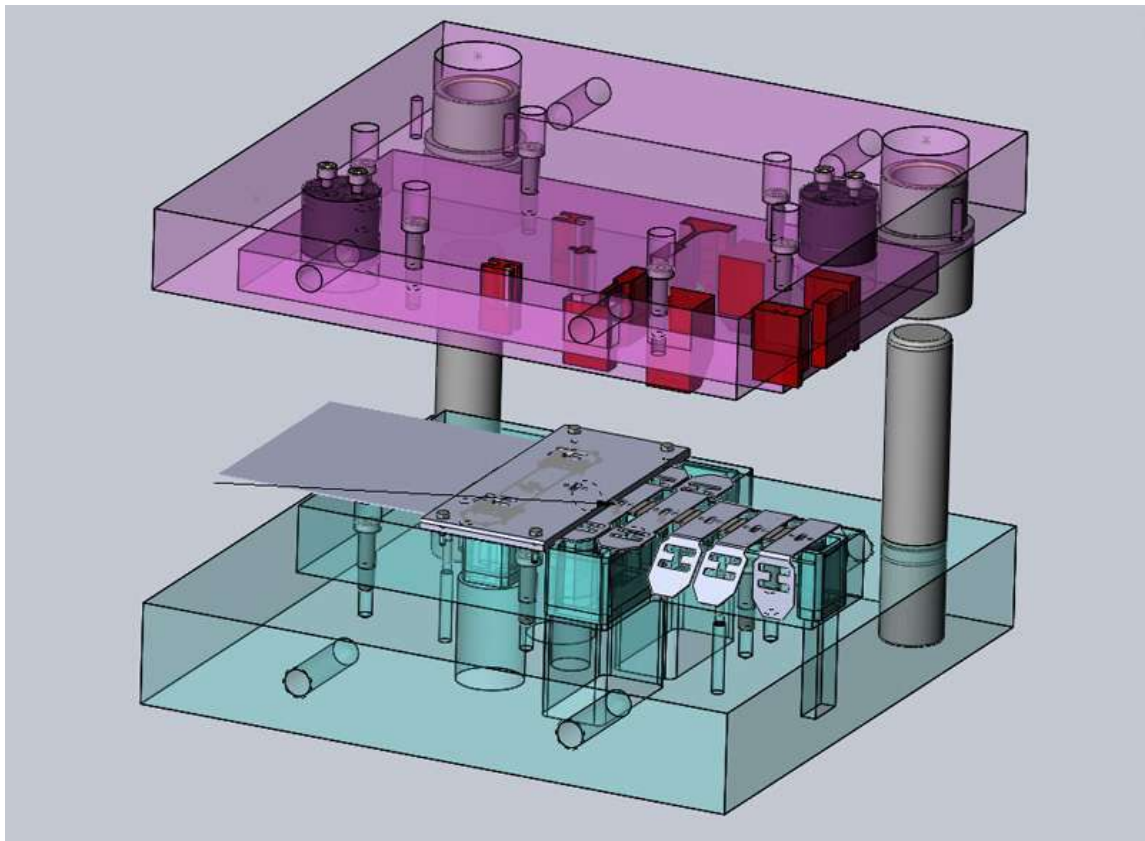


Рисунок 6.10 - Штмп у зборі

Одним з недоліків проектування за допомогою модуля Logopress3 для SolidWorks є те, що тут немає можливості обліку пружного відновлення виробу, що штампується після його пластичної деформації, що істотно знижує точність одержуваних виробів. Величину пружного відновлення зазвичай отримують дослідним шляхом, після чого вносять коригування геометрію матриці і пуансона, щоб зменшити відхилення розмірів виробу, що отримується від заданих. Такий підхід досить трудомісткий і потребує великих витрат часу та коштів. Тому нами було запропоновано враховувати пружне відновлення деталі з використанням імітаційного моделювання процесу штампування в пакеті LS-DYNA. Такий підхід дозволяє суттєво скоротити час на проектування штампу та зменшити його собівартість.

Результати коригування геометрії матриць і пуансонів надалі вносяться в їх 3-D моделі та робочі креслення.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## ВИСНОВКИ

У цій роботі процес виготовлення деталі "Кронштейн теплоізолюючого щитка стартера" був переведений в автоматичний режим. Розроблено новий технологічний процес та проведено вибір обладнання для проведення штампувальних операцій – багатопозиційний прес-автомат «Марк», підібрано засоби автоматизації, сконструйовано штампове оснащення.

У цій роботі було спроектовано штамп послідовного дії за допомогою модуля Logopress3 для SolidWorks та скоригована геометрія матриці та пуансону з урахуванням пружного відновлення деталі у пакеті LS- DYNA. В результаті отримана тривимірна модель штампу, за якою можливо виготовити складові компоненти штампу. Таким чином, можна істотно скоротити час на проектування штампів.

У процесі проектування програма також розрахувала відсоток втраченого матеріалу, який становив 36%. Також були отримані дані про вагу деталі – 40.878 гр. та силу потрібну для процесу штампування – 2770Н. На основі цієї інформації ми можемо підібрати інше обладнання, як прес, механізм подачі та ін.

Як показали економічні розрахунки, автоматизований технологічний процес має низку переваг. Зменшується трудомісткість виготовлення деталі, стійкість штампової оснастки збільшується, знижуються витрати на виробничі площі та електроенергію, внаслідок чого зменшується собівартість виготовлення деталі. Таким чином, можна зробити висновок, що мети бакалаврської роботи досягнуто.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зубцов М.Є. Листове штампування: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю «Машини та технологія обробки металів тиском». - 3-тє вид. перероб. та дод. - Л.: Машинобудування. 1980. - 432 с., іл.
2. Аверкієв Ю.А., Аверкієв А.Ю. Технологія холодного штампування: Підручник для вузів за спеціальністю «Машини та технологія обробки металів тиском» та «Обробка металів тиском» – К.: Машинобудування, 1989. – 304 с.: іл.
3. Малов О.М. Технологія холодного штампування - К.: Машинобудування, 1969. - 568 стор.
4. Лахтін. Конструкційні матеріали та термічна обробка сталей та сплавів. - Х.: Машинобудування, 1984 - 370 с.
5. Скворцов Г.Д. Основи конструювання штампів для холодного листового штампування. - К.: Машинобудування, 1974 - 318 с.
6. Банкет А.Н., Бочаров Ю.А. Ковальсько-штампувальне обладнання. - К.: Машинобудування, 1982. - 576 с.
7. Володимиров В.М. Виготовлення штампів та прес-форм. - К.: Машинобудування, 1981. - 431 с.
8. Попов Є.А. Теорія листового штампування. - К.: Машинобудування, 1973. - 430 с.
9. Економіка машинобудівного виробництва: Навчально-методичний посібник для виконання курсової роботи / Склав Н.В.Александрова - Тольятті: ТГУ, 2007.-19 с.
10. Lovell, M. Increasing formability в метелевих штампування функцій, використовуючи навколишні friendly lubricants / M. Lovell, CF Higgs, P. Deshmukh, A. Mobley // Journal of Materials Processing Technology. -2006. -№ 177. С. 87-90.

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

11. Improvement part quality in stamping controlling blank-holder force and pressure / MA Ahmetoglu, T. Altan, GL Kinzel // Journal of Materials Processing Technology. - 1992. - № 33. С. 195-214.

12. Giardini, C, Ceretti, E., Conti, C., A study of application of double sheet hydro forming, ESAFORM 2004, pp 563–566, Trondheim, Norway, 2004.

13. Situ, Q., Jain, M., Bruhis, M., A New Approach to Obtain Forming Limits of Sheet Materials, ESAFORM 2006, pp. 299-302, Glasgow, United Kingdom, April 26-28, 2006.

14. Takuda, H, Forming Limit Prediction of Sheet Metals 3 Means of Some Criteria for Ductile Fracture, ESAFORM 2003, pp. 171-174, Salerno, Italy, April 28-30, 2003.

					<i>КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>67</i>

Додаток

					КРБМТВА 25. 19033. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68