

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри ММР
к.т.н., доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Проектування технологічного процесу та оснащення для
виготовлення деталі «Вилка» з використанням
розрахункових та графічних модулів САПР**

КРБ.ПМ.24.70.000.00.00.00 КР

Виконав здобувач вищої освіти 4-го
курсу групи ПМ(ОТ)-21-3СК
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Шварчук О. Д.

Керівник роботи (вчений ступінь,
посада)

_____ к.т.н., доцент, Володимир МІРЗАК

Рецензент:

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР

_____ А. ГРЕЧКА
«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Шварчук Олег Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ***Проектування технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Вилка» з використанням розрахункових та графічних модулів САПР.***

2. Керівник роботи: ***Володимир МІРЗАК***

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи

Мета роботи – розробка раціонального технологічного процесу виготовлення деталі «Вилка»

Завдання:

– розробити прогресивний технологічний процес штампування деталі «Вилка» на основі кресленика деталі (серійне виробництво);

– розробити конструкцію молотового штампу для виготовлення деталі «Вилка»;

– розробити конструкцію штампу для обрізування облою для деталі «Вилка»

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Патентний огляд	14.04.2024	
2.	Огляд літературних джерел	21.04.2024	
3.	Вибір та обґрунтування оптимального варіанту маршрутної технології виготовлення деталі «Вилка»	22.04.2024	
4.	Розрахунок вихідної заготовки та вибір схеми розкрою	24.04.2024	
5.	Розрахунок зусиль штампування, вибір обладнання	25.04.2024	
6.	Проектування молотового штампу	12.05.2024	
7.	Проектування штампу для обрізування облою	24.05.2024	
8.	Оформлення пояснювальної записки	27.05.2024	
9.	Оформлення презентації роботи	03.06.2024	
10.	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	12.06.2024	

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

Керівник роботи _____ Володимир МІРЗАК
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 20__ р.

Здобувач вищої освіти _____ Олег ШВАРЧУК
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Шварчук О. Д. Проектування технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Вилка» з використанням розрахункових та графічних модулів САПР. Кваліфікаційна робота освітнього рівня – бакалавр, на правах рукопису. Спеціальність – 131 «Прикладна механіка», ОПП – «Прикладна механіка», Центральноукраїнський національний технічний університет, кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки, Кропивницький, 2024. – 54 с., 8 табл., 14 рис., список використаних джерел з 10 найменувань, 2 розділи, 14 підрозділів, 4 додатків, 4 листи кресленників, ф. А1, 8 слайдів презентації

Темою роботи є проектування технологічного процесу та оснащення для виготовлення деталі «Вилка» з використанням розрахункових та графічних модулів САПР. Мета роботи – розробка раціонального технологічного процесу виготовлення деталі «Вилка».

У першому розділі роботи описується процедура розробки технологічного процесу, а саме: розрахунок припусків і допусків та побудова твердотілової моделі поковки, вибір матеріалу, побудова розрахункової заготовки і вибір переходів штампування, розрахунок маси падаючих частин молоту, розрахунок допоміжних операцій. Розрахунки виконувались в математичній програмі MathCad та креслярсько-графічному редакторі.

У другому розділі викладена послідовність проектування молотового штампу та штампу для обрізування облою. Спроековано складальний кресленик молотового штампу на основі розрахунку розмірів гарячої поковки, з використанням програми Mathcad.

Результатом розробленого технологічного процесу виготовлення деталі «Вилка» стало – удосконалення технологічного процесу за рахунок застосування способу штампування спарених поковок, розроблений складальний кресленик молотового штампу, складальний кресленик штампу для обрізування облою з креслениками основних робочих деталей. Застосування даного проекту в умовах виробництва дозволить зменшити час на його підготовку, зменшити собівартість виготовлення деталей типу «Вилка», підвищити якість штампування та його продуктивність.

Ключові слова: гаряче штампування, модель поковки, обрізування облою, окалина переходи штампування, поковка, розрахункова заготовка, штамп молотовий,

ANNOTATION

Shvarchuk O. D. Design of the technological process and equipment for the manufacture of the "Fork" part using CAD calculation and graphic modules.. Bachelor's Qualification Work, Manuscript Status. Specialty – 131 "Applied Mechanics," Educational and Professional Program – "Applied Mechanics," Central Ukrainian National Technical University, Department of Mechanical Engineering, Mechatronics, and Robotics, Kropyvnytskyi, 2024. – 54 pages, 8 tables, 14 figures, list of references containing 10 sources, 2 sections, 14 subsections, 4 appendices, 4 drawing sheets, format A1, 8 presentation slides

The subject of the work is the design of the technological process and equipment for manufacturing the "Fork" part using CAD calculation and graphic modules. The aim of the work is to develop a rational technological process for manufacturing the "Fork" part.

In the first section, the procedure for developing the technological process is described, namely: calculating allowances and tolerances, constructing a solid model of the forging, selecting materials, constructing a calculated billet, selecting stamping transitions, calculating the mass of falling parts of the hammer, and calculating auxiliary operations. The calculations were performed in the MathCad mathematical program and the drawing and graphic editor.

The second section describes the sequence of designing a hammer die and a trimming die. An assembly drawing of the hammer die was designed based on the calculation of the hot forging dimensions using the Mathcad program.

***Keywords:* hot stamping, forging model, forging, calculated billet, stamping transitions, hammer die, trimming die, scale**

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА **до кваліфікаційної роботи на тему:**

**Проектування технологічного процесу та оснащення для
виготовлення деталі «Вилка» з використанням
розрахункових та графічних модулів САПР**

КРБ.ПМ.24.70.000.00.00.00 ПЗ

Виконав здобувач вищої освіти 4-го курсу
групи ПМ(ОТ)-21-ЗСК
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Шварчук О. Д.

Керівник роботи (вчений ступінь, посада)

к.т.н., доцент, Володимир МІРЗАК

Кропивницький – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	10
Розділ 1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
1 ШТАМПУВАННЯ ДЕТАЛІ «ВИЛКА».....	13
1.1 Опис і технічна характеристика деталі.....	13
1.2 Вибір та обґрунтування оптимального способу штампування..	14
1.3 Розробка креслення поковки.....	14
1.4 Вибір переходів штампування.....	18
1.5 Визначення розмірів та побудова вихідної заготовки	24
1.6 Розрахунок витрат і розкрою метала	26
1.7 Температурний режим штампування. Вибір типу нагрівального устаткування.....	27
1.8 Визначення зусилля штампування	26
1.9 Визначення зусиль та вибір устаткування для завершальних операцій	28
1.10 Вибір методів контролю та вимірювального інструменту.....	33
1.11 Розробка плану штампувальної дільниці.....	33
1.12 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування.....	34
Розділ 2 КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ	35
2 2.1 Молотовий штамп	35
2.2 Конструювання штампу для обрізання облою	43
Перелік джерел посилання	47
ДОДАТКИ	48
Додаток А Кресленик деталі «Вилка».....	49
Додаток Б. Технологічна карта на виготовлення деталі «Вилка».....	50
Додаток В. Специфікація до складального кресленника штампу молотового.....	52
Додаток Г. Специфікація до складального кресленника штампу для обрізування облою.....	53

ВСТУП

Актуальність теми

Гаряче об'ємне штампування на молотах - це один із методів обробки металів, при якому заготовка нагрівається до пластичного стану та деформується під впливом ударних навантажень. Цей процес використовується для виробництва складних деталей, таких як автомобільні та авіаційні компоненти, інструменти та різні механічні частини.

Процес штампування, як правило, відбувається в декілька етапів:

- підготовка заготовки: заготовка з металу нагрівається до температури, коли вона стає пластичною. Зазвичай, це діапазон від 750 °С до 1250 °С для сталі;
- установка заготовки в прес: нагріта заготовка поміщається в штампувальний інструмент, який складається з верхньої та нижньої половин (штамп);
- штампування: молот наносить серію ударів по заготовці, змушуючи метал заповнювати порожнину штамп. Удари можуть бути як одиночними так і багаторазовими задля досягнення необхідної форми;
- охолодження та обробка: після завершення штампування деталь охолоджується та піддається подальшій обробці, такій як обрізка надлишків металу, термообробка, механічна обробка тощо.

Для здійснення означеної технології використовується відповідне обладнання (різного типу молоти):

- пневматичні молоти: працюють на стиснутому повітрі, який рухає ударний механізм. Пневматичні молоти відрізняються високою швидкістю роботи та можливістю регулювання сили удару.
- гідравлічні молоти: використовують тиск гідравлічної рідини для створення ударної дії. Ці молоти забезпечують поступову і контрольовану силову дію, що дозволяє отримувати деталі з мінімальними внутрішніми напруженнями.

Переваги гарячого об'ємного штампування на молотах:

- висока продуктивність: процес дозволяє швидко виготовляти велику кількість деталей;

- міцність та довговічність: гаряче штампування покращує структурні властивості металу, роблячи його міцнішим;
 - складні форми: можливість отримання деталей складної геометрії з високою точністю;
 - найменші відходи: оптимальне використання матеріалу знижує кількість відходів та вартість виробництва;
- До недоліків можна віднести:
- високі енергетичні витрати: процес потребує значних витрат енергії для нагрівання металу та роботи обладнання;
 - знос інструментів: щтампи та молоти зазнають значного зношування, що потребує регулярного обслуговування та заміни;
 - обмеження за матеріалами: не всі метали та сплави підходять для гарячого об'ємного штампування.

Застосування. Гаряче об'ємне штампування на молотах широко використовується в автомобільній промисловості (виробництво колінчастих валів, шестерень, осей), в аерокосмічній галузі (компоненти двигунів, кріпильні елементи) та у виробництві інструментів та обладнання (ковадла, молоти, зубила).

Отже можна зробити висновок, що гаряче об'ємне штампування на молотах є важливим процесом у сучасній металообробці, забезпечуючи високу продуктивність та якість продукції. Технологічні покращення та інновації в галузі матеріалів та обладнання продовжують розширювати можливості цього методу, роблячи його незамінним у різних галузях промисловості. Тому роботи, які проводяться у цій області є актуальними і мають практичну цінність.

Мета і задачі роботи

Мета роботи – розробка раціонального технологічного процесу виготовлення деталі «Вилка».

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі:

- розробити прогресивний технологічний процес штампування деталі «Вилка» на основі кресленика деталі (серійне виробництво);

– розробити конструкцію молотового штампу для виготовлення деталі «Вилка»;

– розробити конструкцію штампу для обрізування облою для деталі «Вилка».

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

– розроблено прогресивний технологічний процес штампування деталі «Вилка» із застосуванням розрахункових та графічних модулів САПР, де обґрунтовується мінімально можлива кількість переходів штампування на молоті за рахунок використання спареного способу штампування, що дозволяє зменшити собівартість виготовлення деталі;

– спроектовано складальний кресленик молотового штампу для штампування поковки «Вилка»;

– спроектовано складальний кресленик штампу для обрізування облою спарених поковок на обрізному кривошипному пресі.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ШТАМПУВАННЯ ДЕТАЛІ «ВИЛКА»

1.1 Опис і технічна характеристика деталі

1.1.1 Призначення та область застосування деталі. Складання креслення поковки

Деталь "Вилка" призначена для передачі неспіввісних зусиль в механічних системах. Застосовується в вузлах зубчастих передач вантажних автомобілів, тракторів, самохідних установках. Працює в умовах середнього циклічного навантаження.

1.1.2 Конструктивний та технологічний аналіз деталі.

Деталь має достатньо складну просторову форму. В деталі є отвір діаметром 19 мм. Інші конструктивні елементи деталі (радіуси закруглень, ухили) виконані по існуючим нормативам. Характер діючих зусиль вимагає розташування волокон вздовж осі деталі.

1.1.3 Короткі відомості про матеріал деталі.

Вилка виготовляється із сталі 45 ГОСТ 1050-88. Сталь 45 відноситься до вуглецевої якісної конструкційної сталі. Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1.1., а механічні характеристики в таблиці 1.2.[1–5]

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40

Хімічний склад, %								
C	Mn	Si	Cu	Ni	Cr	As	P	S
0,42- 0,5	0,50- 0,80	0,17- 0,37	≤0,3	≤ 0,3	≤0,2 5	≤0,8	≤0,04	≤0,04

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики матеріалу

Марка матеріалу	Механічні характеристики			
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_1 , %
Сталь 40	610 (115)	355 (65)	520	16
Примітка: у дужках позначені характеристики при температурі кінця штампування - 800°C.				

1.1.4 Прийняття установчих баз

За узгодженням з замовником приймаємо вихідні установчі бази. [1–4].

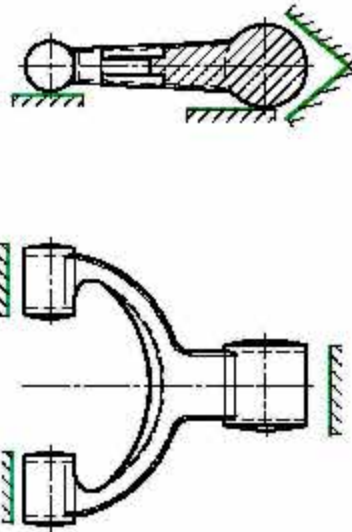


Рисунок 1.1 – Розташування установчих баз

1.2 Вибір та обґрунтування оптимального способу штампування

На основі вимог до деталі та програми випуску поковок встановлюємо серійний тип виробництва. За таких умов доцільно вибрати спосіб штампування на молотах, як такий, що забезпечує найбільшу продуктивність та підвищену точність штампування.

1.3 Розробка креслення поковки

Поковка відноситься до другого класу точності, група сталі М1 (вуглецева) з видовженою поверхнею роз'єму. Маса деталі - 362,7 гр. (визначена засобами графічного редактора Компас-3D по побудованій твердотільній моделі (рис. 1.2.) на основі креслення деталі). Перед штампуванням поковку нагрівають в установці індукційного нагріву.

1.3.1 Визначення ступеню складності поковки

Ступінь складності поковки C розраховуємо по формулі (1).



Рисунок 1.2 – Параметрична тривимірна твердотільна модель деталі "Вилка"



Рисунок 1.3 – Параметрична тривимірна твердотільна модель поковки "Вилка"

$G_d := 362.7$ - маса деталі, гр. (визначена засобами графічного редактора):

$G_{\Pi} := 1.25 \cdot G_d$ – маса поковки, гр. $G_{\Pi} = 453.375$ ■

$G_{\Phi} := 1933$ – маса фігури, в яку вписується поковка, гр (визначена засобами графічного редактора).

$$C := \frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} \quad C = 0.235 \quad \blacksquare$$

Приймаємо складність поковки С3 [1]

***1.3.2* Визначення припусків і допусків**

Припуски і допуски на обробку різанням призначаємо на поверхні які обробляються з врахуванням класу точності поковки, групи сталі, ступені складності, маси поковки, шорсткості і розмірів поверхонь і розмірів деталі [1, табл. 2.] Припуски і допуски на поковку "Вилка" наведені нижче.

Намітки під прошивку в поковці не виконуємо, так як отвір в деталі має розмір по діаметру менше 30 мм.

Таблиця 1.3 –Припуски та допуски

озмір деталі, мм	Припуск на сторону, мм [2, табл. 2, с. 10...11]	Допуск, мм [2, табл. 5, с.16...17; табл. 7, с. 20]	Кінцевий розмір, мм
15	2.0	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$19_{-0,5}^{+1,1}$
30	2.0	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$34_{-0,5}^{+1,1}$
15	-	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$15_{-0,5}^{+1,1}$
40	-	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$40_{-0,5}^{+1,1}$
5	-	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$5_{-0,5}^{+1,1}$
R5	-	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$R5_{-0,5}^{+1,1}$
R25	-	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$R25_{-0,5}^{+1,1}$
R35	-	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$R35_{-0,5}^{+1,1}$

озмір деталі, мм	Припуск на сторону, мм [2, табл. 2, с. 10...11]	Допуск, мм [2, табл. 5, с.16...17; табл. 7, с. 20]	Кінцевий розмір, мм
70	-	+1,2 -0,6	78 ^{+1,1} _{-0,5}
118	-	+1,2 -0,6	118 ^{+1,2} _{-0,6}
7	2.0	+1,1 -0,5	9 ^{+1,1} _{-0,5}
R7		+1,1 -0,5	R7 ^{+1,1} _{-0,5}

Найменші радіуси зовнішніх закруглень - 1.5 мм.

Штампувальні ухили зовнішні - 7°, внутрішні - 10° мм.

Допуски на міжцентрові відстані - 0,50 мм.

Допуски на кутові відхилення - 3°.

Зміщення - 0,5 мм.

Задирка - 0,7 мм.

1.3.3 Проект ування перетинки

досн := 50 мм h := 6.0 мм

$$s := 0.45 \cdot \sqrt{\text{досн} - 0.25 \cdot h} - 5 + 0.6$$

Приймаємо $s = 5$ мм згідно [1, табл. 2 с. 44]

Будуємо модель поковки з врахуванням припусків і допусків (рис. 1.3.) використовуючи графічний редактор Компас-Графік. Розраховуємо масо-центровочні характеристики моделі. Роздруковка масо-центровочних характеристик наводиться в додатку.

Маса поковки з врахуванням призначених припусків і допусків складає 249 гр., що вписується в раніше вибраний діапазон від 0.0 кг до 0,25 кг. Перерахувати ступінь складності поковки і припуски не потрібно.

1.4 Вибір переходів штампування

1.4.1 Побудова розрахункової загот обкн т а спюри перерізів.

Розрахунковою заготовкою називається умовна заготовка з круглими перерізами, площі яких дорівнюються сумі площин відповідних перерізів поковки і задирки.

$$S_e = S_{\Pi} + 2 \times S_z = S_{\Pi} + 2 \times \xi \times S_{z.k.}$$

- де S_e – площа перерізу розрахункової заготовки у будь якому місці, мм^2 ;
 S_{Π} – площа перерізу поковки у будь якому місці, яка розрахована по номінальним розмірам з додатком до вертикальних розмірів половини позитивного відхилення, мм^2 ;
 S_z – площа перерізу облою, мм^2 ;
 $S_{z.k.}$ – площа перерізу канавки для облою, мм^2 ;
 ξ – коефіцієнт заповнення канавки [2, 4, 6]

Вибираємо перший тип облойної канавки [2]. Схема облойної канавки та її параметри наведені на рис. 1.4.

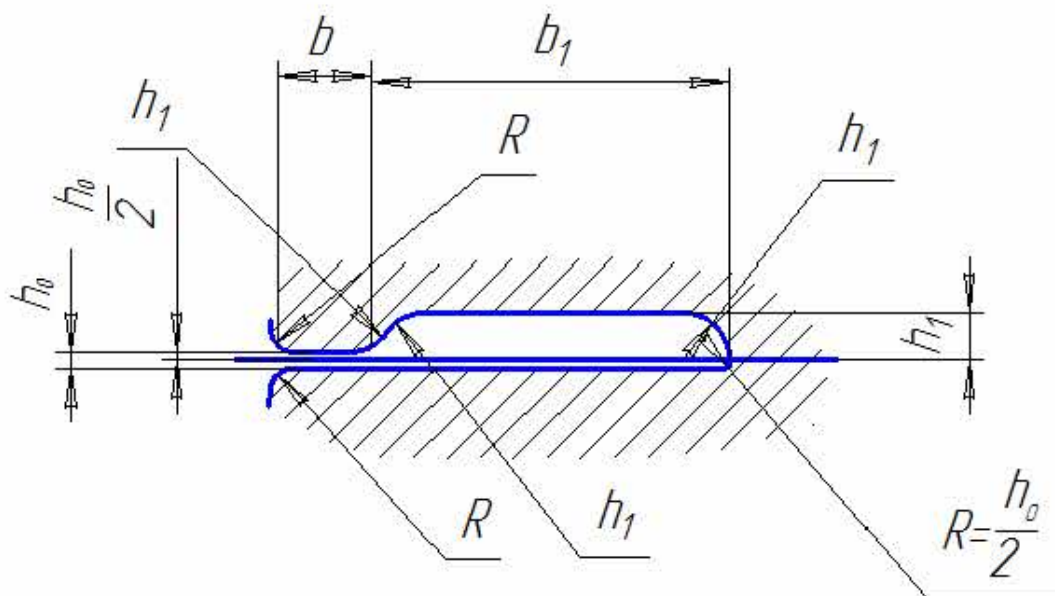


Рисунок. 1.4 - Схема облойної канавки

Товщину облою на містку визначаємо в залежності від форми поковки в плані.

Для поковок довільної форми

$F_{\Pi} := 2347 \text{ мм}^2$ – (визначається засобами графічного редактору по кресленню поковки):

$$h_0 := 0.015 \sqrt{F_{\Pi}},$$

$$h_0 = 0.727 \text{ мм}$$

Приймаємо $h_3 := 0.8 \text{ мм}$.

Розміри облойної канавки в мм вибираємо по [2, 4].

$$h_1 := 3.0 \quad R := 1.0 \quad b := 6 \quad b_1 := 20 \quad S_{обк} := 69 \text{ мм}^2$$

$\xi := 0.4$ – коефіцієнт заповнення рівчака.

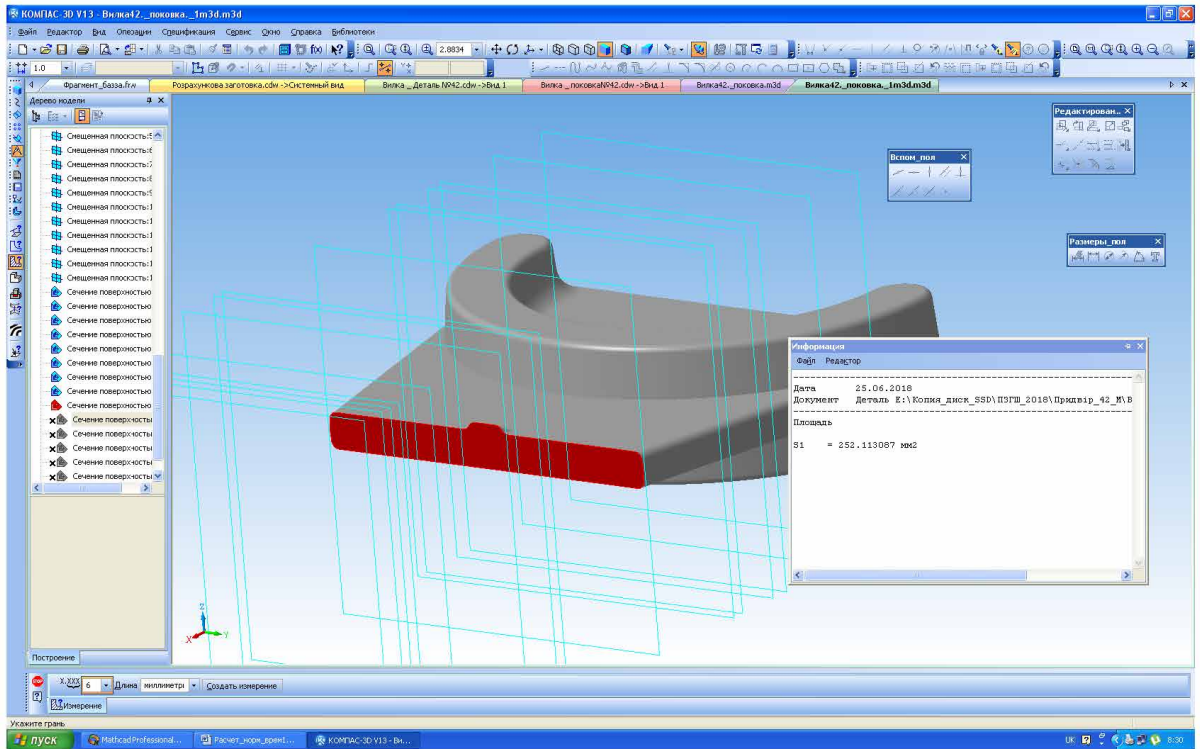
Площа перерізу облою:

$$S_{об} := \xi \cdot S_{обк} \quad S_{об} = 27.6 \text{ мм}^2$$

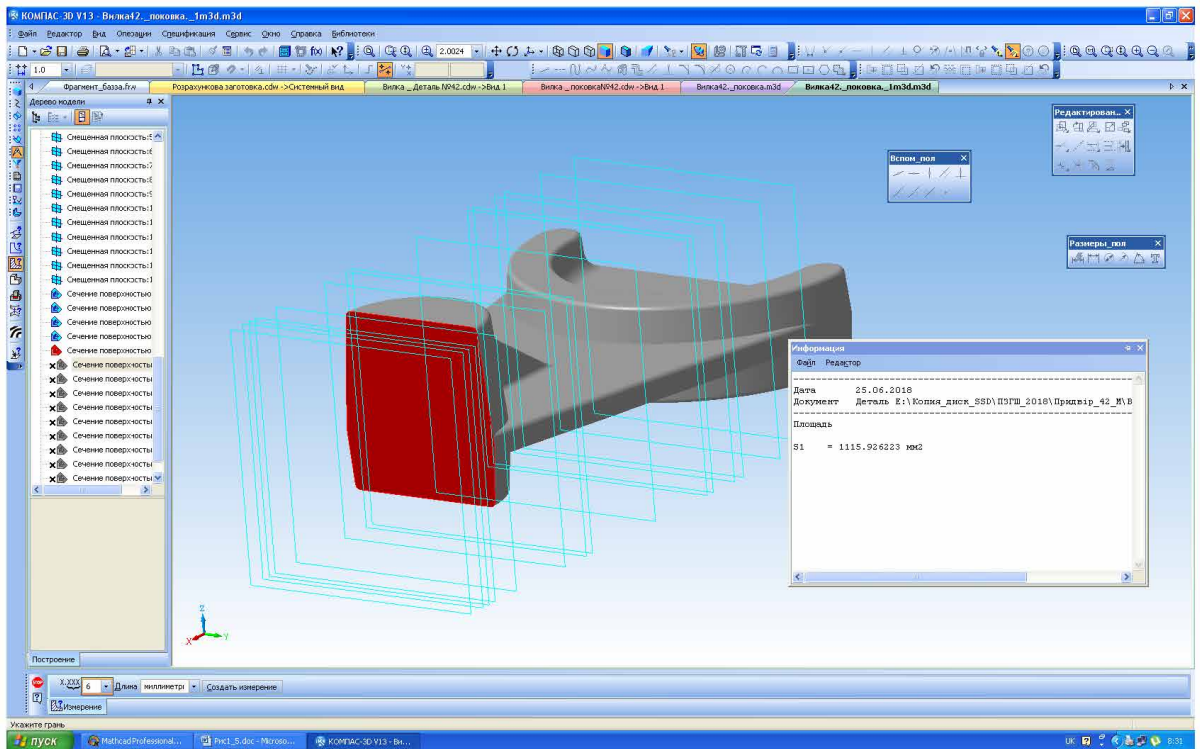
Проводимо через поковку перерізи в характерних точках і визначаємо площини перерізів (мм^2) засобами Компас-Графік (рис. 1.5.). Отримані дані та результати розрахунків зводимо у розрахункову табл. 1. 4.

Таблиця 1.4 – Площі перерізів поковки

№ перерізу	$S_{\Pi}, \text{мм}^2$	$S_{з.к}, \text{мм}^2$		$S_e, \text{мм}^2$	$M, \text{мм}^2/\text{мм}$	$h_e, \text{мм}$	$d_e, \text{мм}$
1	0,00	69,00	0,40	55,20	10,00	5,52	8,40
2	550,00	69,00	0,40	605,20	10,00	60,52	27,80
3	648,00	69,00	0,40	703,20	10,00	70,32	29,97
4	550,00	69,00	0,40	605,20	10,00	60,52	27,80
5	295,00	69,00	0,40	350,20	10,00	35,02	21,15
6	274,00	69,00	0,40	329,20	10,00	32,92	20,50
7	373,00	69,00	0,40	428,20	10,00	42,82	23,38
8	438,00	69,00	0,40	493,20	10,00	49,32	25,10
9	404,00	69,00	0,40	459,20	10,00	45,92	24,21
10	391,00	69,00	0,40	446,20	10,00	44,62	23,87
11	407,00	69,00	0,40	462,20	10,00	46,22	24,29
12	507,00	69,00	0,40	562,20	10,00	56,22	26,79
13	674,00	69,00	0,40	729,20	10,00	72,92	30,51
14	767,00	69,00	0,40	822,20	10,00	82,22	32,40
15	690,00	69,00	0,40	745,20	10,00	74,52	30,85
16	176,00	69,00	0,40	231,20	10,00	23,12	17,18
17	160,00	69,00	0,40	215,20	10,00	21,52	16,58



а)



б)

Рисунок 1.5 – До розрахунку епюри перерізів поковки "Вилка" засобами КОМПАС-ГРАФІК 3D: а) –переріз №10; б) –переріз №7.

Об'єм всієї розрахункової заготовки дорівнює:

$F_e := 9100$ – площа епюри розрахункової заготовки, мм^2 (визначається засобами графічного редактора).

$M := 10$ – масштабний коефіцієнт з епюри перерізів.

$$V_e := F_e \cdot M \qquad V_e = 9.1 \times 10^4 \quad \text{мм}^3$$

Середньою розрахунковою заготовкою називають циліндр діаметром d_{cp} , довжиною, яка дорівнює довжині поковки ($l_e = l_p$) і об'ємом, який дорівнює сумі об'ємів поковки V_p і облою V_o .

Площина перерізу середньої розрахункової заготовки, мм^2 :

$$l_e := 182 \text{ мм}$$

$$S_{cp} := \frac{V_e}{l_e} \qquad S_{cp} = 500 \text{ мм}^2$$

$$h_{cp} := \frac{S_{cp}}{M} \qquad h_{cp} = 50 \text{ мм}$$

Діаметр середньої розрахункової заготовки, d_{cp} :

$$d_{cp} := 1.13\sqrt{S_{cp}} \qquad d_{cp} = 25.268 \text{ мм}$$

Згідно виконаних розрахунків та графічних побудов (див. епюру перерізів, рис. 1.6.) визначаємо, що розрахункова заготовка відноситься до складних, тому що має дві головки і один стрижень. Розбиваємо складну розрахункову заготовку на елементарні заготовки визначаючи лінії розділу з врахуванням рівності площин на епюрі перерізів. В результаті отримуємо дві елементарні заготовки з параметрами наведеними на епюрах діаметрів та перерізів.

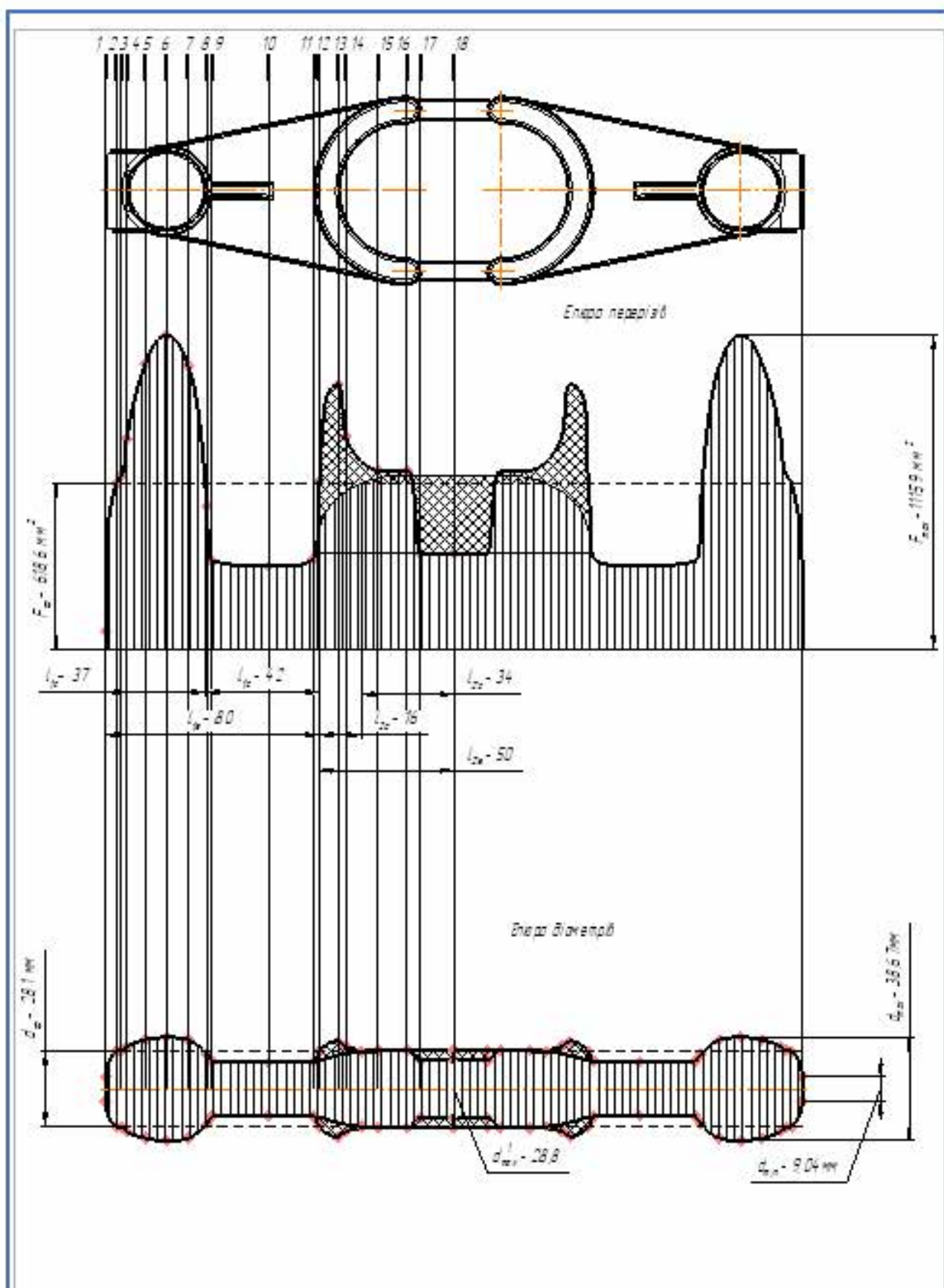


Рисунок 1.6 – Розрахункова заготовка

1.4.2 Вибір заготівельних рівчаків

Враховуючи тип виробництва та групу поковки (І гр. 1 підгрупа) варто застосувати заготівельні операції. Для остаточного визначення необхідності заготівельних операцій виконаємо наступні розрахунки:

Визначаємо коефіцієнти α і β для кожної елементарної заготовки і вибираємо найбільші:

$$d1_{\max} := 29.8 \text{ мм} \quad l1e := 33.8 \text{ мм} \quad l2e := 48.6 \quad d2_{\max} := 32.4 \text{ мм}$$

$$\alpha 1 := \frac{d1_{\max}}{d_{cp}} \quad \alpha 2 := \frac{d2_{\max}}{d_{cp}}$$

$$\beta 1 := \frac{l1e}{d_{cp}} \quad \beta 2 := \frac{l2e}{d_{cp}}$$

$$\alpha 1 = 1.179 \quad \alpha 2 = 1.282$$

$$\beta 1 = 1.338 \quad \beta 2 = 1.923$$

По діаграмі Ребельського елементарна заготовка попадає в зону вибору підкатного відкритого рівчака. Вибираємо в якості заготівельних рівчаків підкатний відкритий рівчак.

Перевіряємо необхідність заготівельних рівчаків по коефіцієнту підкатки.

Загальний коефіцієнт підкатки визначається по формулі

$$K_{по} := \frac{d1_{\max}^2}{d_{cp}^2} \quad K_{по} = 1.391$$

При штампуванні поковок 1-ої групи першої підгрупи використовують заготівельні рівчаки З-І-І; формувальний, підкатний відкритий, підкатний закритий і протяжний. Комбінацію рівчаків вибираємо таким чином, щоб $K_{по} < K_{пр}$ де

$K_{пр}$ дорівнює добутку $K_{п}$ вибраних рівчаків. По [2, 4, 6, 7] вибираємо підкатний відкритий $K_{п} = 1,3$, попередній $K_{п} = 1,1$, кінцевий $K_{п} = 1,05$.

$$K_{пр} := 1.3 \cdot 1.1 \cdot 1.05 \quad K_{пр} = 1.502$$

Оскільки $K_{по} < 1,502$ то достатньо підкатного відкритого рівчака та заготівельно-попереднього з розсікачем.

1.5 Визначення розмірів та побудова вихідної заготовки

1.5.1 Розміри заготовки

Об'єм заготовки:

$V_{по} := 9.100 \times 10^4$ – об'єм металу на дві поковки разом з облоєм, визначається засобами КОМПАС-ГРАФІК, мм^3 ;

$V_{уг} := 0.02 \cdot V_{по}$ – втрати на випал, мм^3 ;

$$V_{зг} := V_{по} + V_{уг}$$

$$V_{зг} = 9.282 \times 10^4 \text{ мм}^3$$

Площа перерізу вихідної заготовки визначається по формулі:

$$S_{пд} := 1.2 \cdot S_{ср} \quad S_{пд} = 600 \text{ мм}^2$$

Довжина заготовки:

$$l_{з} := \frac{V_{зг}}{S_{пд}} \quad l_{з} = 154.7 \text{ мм}$$

Сторона квадрата $S_{в}$:

$$S_{в} := \sqrt{S_{пд}} \quad S_{в} = 24.495 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний квадратний профіль висотою 25 мм по ГОСТ 2591-71.

Тоді скоригована довжина заготовки буде 145.8 мм. Згідно рекомендацій [2] вибираємо варіант використання заготовки на дві спарені поковки з подальшим штампування з поворотом та відрубання на відрубному ножі.

1.6 Розрахунок витрат і розкрою метала

Згідно [3, с. 87, табл. 46] приймаємо $L_{p,y} = 3750 \text{ мм}$.

Вирішуємо питання раціонального розкрою метала та точності заготовки:

Коефіцієнт використання металу:

$$\eta_s = \frac{L_n}{L_{p,y}} = \frac{3595}{3750} = 0,958$$

де L_n – корисна довжина прутка, мм [1, 3].

$$L_n = L_{p,y} - \Sigma_{n,n} = 3750 - 155 = 3595 \text{ мм}$$

де $\Sigma_{n,n}$ – сума абсолютних лінійних втрат металу при різанні.

$$\Sigma_{n,n} = l_{\text{від}} + l_{\text{обр}} = 145 + 10 = 155 \text{ мм}$$

За допомогою формули [3] визначаємо довжину торцевого обрізу:

$$l_{\text{обр}} = (0,3 \div 0,5) \cdot a = 0,4 \cdot 25 = 10 \text{ мм},$$

де d – діаметр заготовки, мм.

Кількість заготовок із прутка визначаємо із співвідношення:

$$n = \frac{L_{p,y} - l_{\text{обр}}}{L} = \frac{3750 - 10}{292} = 12,8 \text{ шт},$$

де L - довжина заготовки на дві спарені поковки, мм.

Визначаємо довжину відходу:

$$L = L_{p,y} - l_{\text{обр}} - (n_{\text{зг}} \cdot L_{\text{зг}}) = 3750 - 10 - (12 \cdot 292) = 236 \text{ мм}$$

Визначаємо розхідний коефіцієнт:

$$k = \frac{L_{p.y}}{L_{p.y} - \sum_{n.n}} = \frac{3750}{3750 - 155} = 1,043$$

Сумарну вагу відходів на кожний пруток отримаємо з рівняння:

$$\sum Q' = \frac{q \cdot \sum_{n.n}}{1000} = \frac{4,875 \cdot 155}{1000} = 0,756 \text{ кг},$$

де q – вага 1м. прутка.

Визначаємо вагу прутка згідно [1, 3]:

$$Q_{np} = \frac{q \cdot L_{p.y}}{100} = \frac{13,76 \cdot 3750}{1000} = 51,6 \text{ кг}$$

Найбільш продуктивним металозберігаючим і економічним способом поділу прокату на точні заготовки є різання на сортових ножицях.

Необхідне для різання зусилля сортових ножиць визначається за формулою:

$$K_p := 1,4 \quad \sigma_B := 420 \text{ МПа} \quad F := 625 \text{ мм}^2$$

$$P := K_p \cdot \sigma_B \cdot F \quad P = 3,675 \times 10^5 \text{ Н}$$

Визначивши необхідне зусилля, діаметр заготовки та її довжину за рекомендаціями [1, 3] вибираємо кривошипні ножиці моделі Н 1830 В.

Технічна характеристика

1. Номінальне зусилля 1000кН;
2. Найбільший розмір прокату, що розрізається:
 - коло 56мм;
 - квадрат 55мм;

- 3. Число подвійних ходів 75ход./хв.;
- 4. Потужність привода 18,8 кВт;
- 5. Найбільша довжина розрізуючої заготовки 630мм;
- 6. Габаритні розміри 8700×2000×3000мм;
- 7. Маса 11,2 т.

1.7 Температурний режим штампування. Вибір типу нагрівального устаткування

1.7.1 Температурний інтервал штампування.

Для сталі 40 максимальна температура нагрівання металу перед штампуванням 1250 °С.

Температура закінчення штампування – 800°С.

Обрізання облою відбувається в гарячому стані поковки.

1.7.2 Вибір нагрівального обладнання

Вибираємо індукційний нагрів так як при індукційному нагріванні втрати металу складають 0,2-0,4% маси нагріваємого металу, що в 10 раз менше, ніж при нагріванні в полумєневих печах. Зменшення окалини покращує якість поковок та збільшує стійкість штампів ковальсько-пресового обладнання.

Вибираємо індукційний нагрівач безперервної дії КИН10-250/10П[1,с.238-286] з наступними параметрами:

діаметр заготовки ,мм	15-45
найбільша довжина заготовки ,мм	70-400
довжина індуктора,мм	1000
потужність установки, кВт	250
частота, кГц	10
продуктивність, кг/ч	500

3. Мінімальна тривалість нагрівання заготовки, виходячи з продуктивності обладнання ТВЧ-5,2 сек.

1.8 Визначення зусилля штампування

$\sigma_t := 91$ – межа текучості металу при температурі штампування, МПа;

$\mu_o := 0.5$ – коефіцієнт зовнішнього тертя на містку облою;

$F_o := 5064$ – площа проекції містка облою, мм² (визначається засобами графічного редактору);

$F_{II} := 4672$ – площина проекції поковки на площину роз'єму, мм² (визначається засобами графічного редактору);

$$D_{II} := 1.13\sqrt{F_{II}} \quad D_{II} = 77.238 \text{ мм}$$

$l_{II} := 182$ – максимальний габаритний розмір поковки в плані, мм;

$b_{ср} := \frac{F_{II}}{l_{II}}$ – середня ширина поковки в плані, мм;

$$b_{ср} = 25.67 \text{ мм}$$

$$A := 5.6 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_t \cdot (1 - 0.0005 \cdot D_{II})$$

$$B := 3.75 \cdot \left(b + \frac{D_{II}}{4} \right) \cdot (75 + 0.001 \cdot D_{II}^2)$$

$$C := D_{II} \cdot \left(\frac{D_{II}^2}{50} + \frac{b \cdot D_{II}}{4} + \frac{b^2}{2} \right)$$

$$D := \ln \left[1 + \frac{2.5 \cdot (75 + 0.001 \cdot D_{II}^2)}{D_{II} \cdot h_o} \right]$$

$$E := \left(1 + 0.1 \sqrt{\frac{h}{b_{\text{ср}}}} \right)$$

$$P := A \cdot (B + C \cdot D) \cdot E \quad P = 2.33 \times 10^3 \text{ кг}$$

Вибираємо молот з масою падаючих частин 3,15 т.

Технічна характеристика :

Енергія удару, кДж, не менше	80
Номінальна маса падаючих частин, т.	
Число ударів в 1 хвил.	72
Відстань між напрямними в світлі, мм	710
Найменша висота штампу без хвостовика, мм	340
Розмір баби L, мм	750
Розмір штампотримача L ₁ , мм	1000
Відстань від рівня пола до площини роз'єму штампу при найменшій його висоті, мм	800

1.9 Визначення зусиль та вибір устаткування для завершальних операцій

1.9.1 Визначення зусилля для обрізання облою.

Обрізання облою виконуємо за 2 переходи в гарячому стані. Спочатку прошивається перемичка а потім обрізається облой по зовнішньому контуру. Обрізання облою і прошивання може виконуватися на двох простих штампах, які можуть бути одночасно встановлені на двохкривошипний прес з широким столом.

Необхідне для обрізання облою зусилля обрізного пресу визначається за формулою:

$S := 616 \text{ мм}$ – периметр різку на дві поковки (визначається засобами Компас-Графік)

z - розмір який визначається графічно по лінії зрізу облою (визначається засобами графічного редактору), мм.

n - можливе недоштамування, яке приймають рівним позитивному допуску на розмір поковки по висоті, мм.

$$z := 2.8$$

$$n := 0.9$$

$$t_o := z + n$$

$$t_o = 3.7 \text{ мм}$$

$$\sigma_B := 110 \text{ МПа}$$

$$P_{об} := 1.8 \cdot 10^{-6} S \cdot t_o \cdot \sigma_B \quad P_{об} = 0.451 \text{ МН}$$

Необхідне для прошивання перетинки зусилля обрізного пресу визначається за формулою

$S_1 := 145$ мм – периметр різку (визначається засобами графічного редактору);

z - розмір який визначається графічно по лінії зрізу облою (визначається засобами графічного редактору), мм;

n - можливе недоштамування, яке приймають рівним позитивному допуску на розмір поковки по висоті, мм.

$$z := 9$$

$$n := 0.9$$

$$t_o := z + n \text{ мм} - \text{товщина облою};$$

$$t_o = 9.9 \text{ мм}$$

$$P_{пр} := 1.8 \cdot 10^{-6} S_1 \cdot t_o \cdot \sigma_B \quad P_{пр} = 0.284$$

$$P_z := P_{об} + P_{пр} \quad P_z = 0.736$$

Прес вибираємо по зусиллю та габаритам столу і з врахуванням того, що будуть розміщені два штампи.

Вибираємо обрізний двохкривошипний прес зусиллям 3115 кН

Модель КВ 9535

Прес двокривошипний закритий простої дії.

Технічна характеристика :

Номінальне зусилля, кН	3115
Хід повзуна, мм	250
Частота ходів повзуна, 1/хв :	
безперервних	50
Розмір регулювання відстані між підштамповою плитою та повзуном, мм	800
Розмір стола, мм	1250x900
Розміри повзуна, мм	1000x1000
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	30
Габаритні розміри, мм	3605x3470x6190
Маса, кг	48000

1.9.3 Вибір виду та режиму термообробки

Для вилучення внутрішніх напруг, наклепу та покращення механічних властивостей застосовують термічну обробку - нормалізацію.

Нормалізація включає нагрівання доєвтектоїдної сталі на 30-50^oC вище точки Ас3 з охолодженням в повітрі для отримання тонкопластинчатої перлітної структури. Нагріваємо поковку до температури 750-870^oC у відповідному обладнанні. Охолоджуюче середовище- повітря.

Вибираємо обладнання для нагрівання:

Камерна електропіч опору : Модель 1СН3-8,5.14.6,5/8,5

Установлена потужність, кВт 100

Номінальна температура, ^oC 900

Розміри робочого простору, мм :

 ширина 850

 довжина 1400

висота	650
Напруга живильної мережі, В	380
Число фаз	3
Маса електропечі, т	8,72

1.9.4 Вибір способу та обладнання для очистки поковок від окалини.

Щоб надати поковкам товарного вигляду та полегшити наступну обробку різанням передбачаємо очистку від окалини. Є три основні способи очистки поковок від окалини : дробом, травленням та в галтовочних барабанах.

Вибираємо при серійному виробництві очистку дробом [1, 3].

Модель дробострумінного апарату-	334 М
Об'єм робочої камери, л	140
Робочий тиск, Па	$600 \cdot 10^3$

1.9.5 Вибір способу та обладнання для правки поковок

Передбачаємо правку поковок в холодному стані [2, 4, 6, 7].

Зусилля преса: $R_{пра} = (0,1 \dots 0,15) \cdot P_3 \text{ МН}$

$$R_{пра} := 0.15 \cdot P_3 \quad R_{пра} = 0.11 \text{ МН}$$

Вибираємо гвинтовий прес по ГОСТ 713Е-81.

Технічна характеристика:

Номінальне зусилля, МН	0,4
Ефективна номінальна енергія, кДж, не менше	40,0
Найбільший хід повзуна S мм, не менше, мм	460
Число ходів повзуна в хвилину	22
Відстань між напрямними в світлі, мм	670
Розмір повзуна L, мм	630

Розмір стола, мм

875x775

Відстань між підштамповою плитою стола і ползуном

в його нижньому крайньому положенні Н, мм

450

1.10 Вибір методів контролю та вимірювального інструменту

Задачами контролю є попередження браку поковок, своєчасне виявлення та ізоляція дефектних та бракованих поковок, облік та технічний аналіз причин дефектів та браку поковок. При виборі методів контролю та вимірювального інструменту користуємось рекомендаціями [2].

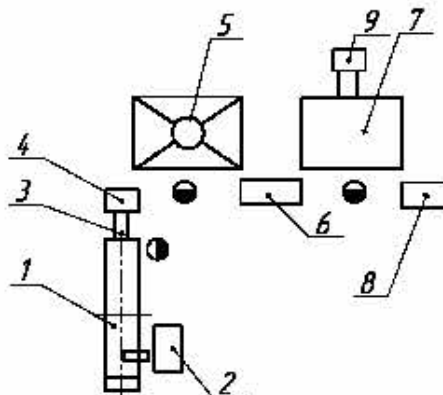
Вибираємо штангенциркуль ШЦ-11 ГОСТ 166-80 0-250 мм;

лінійка 1000 ГОСТ 427-75; фотопірометр;

Для вимірювання радіусів закруглення використовуємо набір радіусних шаблонів.

1.11 Розробка плану штампувальної дільниці

При розробці плану штампувальної дільниці користуємось типовими планами дільниць [4, с.255...257].

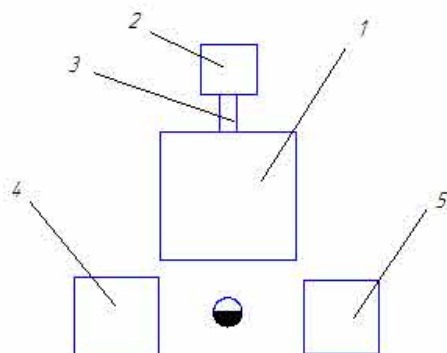


1-індуктор; 2-завантажувач; 3-склиз; 4-стіл; 5-молот; 6-тара для поковок;

7 - обрізний прес; 8 - тара для облою; 9 - тара для поковок

Рисунок 1.7 – Організація робочого місця штампувальника на молоті

Після обрізання облою та прошивки перетинок поковки передаються на участок холодної правки, який знаходиться окремо від участка штампування. Організація робочого місця при правці наведена на рис. 1.8.



1- фрикційний прес; 2-тара для поковок; 3-склиз; 4-тара для заготовок, 5- тара для облою.

Рисунок 1.8 - Організація робочого місця штампувальника:

1.12 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування

Результати розробки технологічного процесу штампування фіксуємо в технологічній карті, яка містить основні відомості по розробленому технологічному процесу. Карта наведена у Додатку Б.

2 КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ

2.1 Молотовий штамп

2.1.1 Визначення розмірів гарячої поковки (скрин екрану програми Mathcad)

Розмір гарячої поковки з врахуванням усадки визначається по формулі:

$$a = l(1 + \alpha t).$$

де l - розмір холодної поковки;

α – коефіцієнт лінійного розширення металу поковки;

t - температура кінця штамповки, град.

$$l := 15.0 \text{ мм}$$

$$\alpha := 12 \cdot 10^{-6}$$

$$t := 800^\circ$$

$$a := 1 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

$$a = 15.144 \text{ мм}$$

Результати розрахунку інших розмірів наведені нижче

Розміри холодної поковки, мм	Розміри гарячої поковки, мм
19.0	19,2
34.0	34.3
15.0	15,1
40.0	40.4
10	10,1
5	5,1
R25,0	R25,2
R35.0	R35.3
70.0	70.7
118.0	119.1
9.0	9.1
26.0	26.3

2.1.2 Розрахунок та конструювання штампувальних ривчаків

Штампувальні ривчаки виготовляємо за кресленням гарячої поковки, яке складаємо згідно відповідних правил [2, 4, 8, 9, 10]:

1. Креслення гарячої поковки виконуємо в масштабі 1:1 за кресленням холодної поковки з врахуванням усадки сталі, яка складає 1,5%;

2. В примітці до креслення зазначаємо:

Штампувальні ухили - 7°;

Невказанні радіуси закруглень – 1,5 мм;

Усадка врахована – 1,5 %.

Чистовий ривчак виготовляємо за кресленням гарячої поковки згідно рекомендацій [2, 4].

Заготівельно-попередній ривчак конструюємо згідно [4, 6, 7] за кресленням гарячої поковки. Штампувальні уклони зовнішні – 7°, внутрішні – 10°. Заокруглення кромek фігури приймаємо на 2 мм більше ніж у чистовому, R=4 мм. Заготівельно-попередній ривчак з розсікувачем проектуємо згідно [2]

Спереду штампувальних ривчаків передбачаємо виїмку під кліщовину та ливникову канавку згідно [4]:

$$B = 1.5D_{заг} = 1,5 \cdot 31,6 = 47,4 \text{ мм} - \text{ширина виїмки під кліщовину};$$

$$\text{де } D_{заг} = 1,13 \times A_{заг} = 1,13 \times 28 = 31,6 \text{ мм} - \text{діаметр вихідної заготовки};$$

$$R = 0,2D + 6 = 0,2 \cdot 31,6 + 6 = 12,3 \text{ мм} - \text{радіус закруглення для кліщової виїмки};$$

$$H = 1,2B = 1,2 \cdot 47,4 = 56,4 \text{ мм} - \text{висота виїмки під кліщовину};$$

$$b = h_2 + h_1 = 1,0 + 3 = 4,0 \text{ мм} - \text{ширина ливникової канавки};$$

$$h = \frac{h_2}{2} + h_1 = \frac{1,0}{2} + 3 = 3,5 \text{ мм} - \text{глибина ливникової канавки};$$

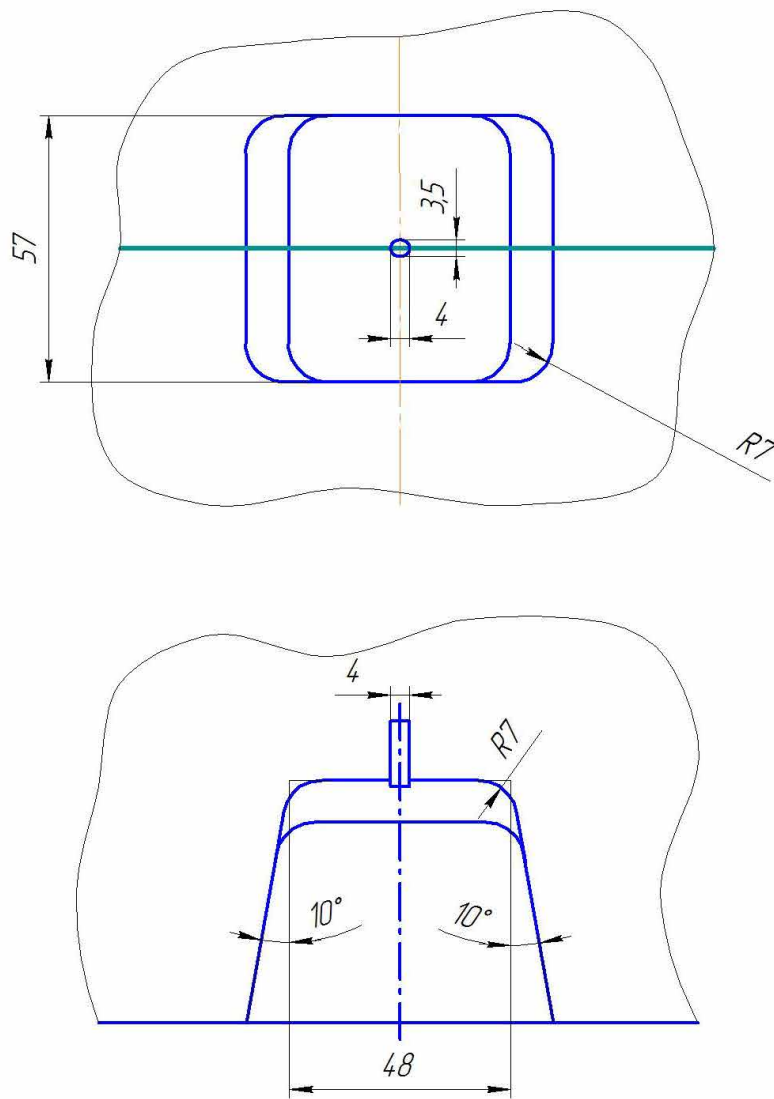


Рисунок 2.1 – Виїмка під кліщовину та ливникова канавка.

$S \geq H_2$, але не менше 35 мм; приймаємо $S = 35 \text{ мм}$;

де S - товщина стінки між порожниною рівчачка і виїмкою під кліщовину.

2.1.3 Розрахунок та конструювання заготівельних рівчаків

Розрахунок та конструювання заготівельних рівчаків проводимо згідно [2].

2.1.3.1 Протягувальний відкритий рівчак

Довжину елементів рівчачка визначаємо за загальним правилами побудови протягувального рівчачка, виходячі з розмірів розрахункової заготовки. Протягувальний рівчак конструємо згідно таких положень:

1. Висота на ділянці протягувального порогу визначається наступним чином:
Визначаємо параметр a_c який дорівнює:

$$a_c = \sqrt{\frac{V_c}{l_c}} = \sqrt{S_c} = \sqrt{310,8} = 17,6 \text{ мм}$$

де S_c – середня площа перерізу стрижня розрахункової заготовки, мм^2 .

Для випадку протягування з наступним підкатуванням та довжиною протягування до 200 мм роствір протягувального рівчака:

$$a = 0,9 \cdot a_c = 0,9 \cdot 17,6 = 15,8 \text{ мм}$$

Приймаємо $a = 16,0 \text{ мм}$

2. Довжину протягувального порогу розраховуємо за формулою:

$$c = (1,5) \cdot A_{зг} = 1,5 \cdot 28 = 42,0 \text{ мм};$$

3. Ширину рівчака визначаємо за формулою:

$$B = (1,25 \div 1,5) \cdot A_{зг} + 20 \text{ мм} = 1,5 \cdot 28 + 20 = 62,0 \text{ мм};$$

де $A_{зг} = 28 \text{ мм}$ - висота вихідної заготовки;

4. Глибина рівчака:

$e = 2a = 2 \cdot 16,0 = 32 \text{ мм}$, де a - висота на ділянці протягувального порогу;

$$e_1 = A_{зг} + 10 = 28 + 10 = 38 \text{ мм}$$

5. Радіуси закруглень:

$$R_1 = 2,5 \cdot c = 2,5 \cdot 42,0 = 105,0 \text{ мм}$$

$$R = 0,25 \cdot c = 0,25 \cdot 42,0 = 10,5 \text{ мм}$$

Креслення профілю рівчака див. на кресленні молотового штампу.

2.1.3.2 Підкатувальний закритий рівчак

Конструюємо згідно таких положень:

1. Контур повздовжнього перерізу рівчака будуюмо за контуром поковки в площині розняття таким чином, щоб він вписувався в плані поковки.

2. Ширину рівчака визначаємо за формулою:

$$B = 1,7 \times A_3 = 1,7 \times 28 = 47,6 \text{ мм},$$

$$\text{де } A_3 = 28 \text{ мм}$$

3. Розміри виїмки під кліщовину визначаємо за формулами:

$$n = 0,2d_{заг} + 6 = 0,2 \cdot 31,5 + 6 = 12,3 \text{ мм}$$

$$m = (1,5 \dots 2)n = 2 \cdot 12,3 = 24,6 \text{ мм}$$

$$R = 0,1d + 6 = 0,1 \times 31,5 + 6 = 9,2 \text{ мм}$$

Розміри профіля по висоті h залежать від d_e і d_{cp} розрахункової заготовки, площини S_e поперечних перерізів поковки з облоєм і діаметра D_{32} вихідної круглої заготовки або $D_{32,пр} = 1,13\sqrt{S_{32}}$ – приведенного діаметру квадратного перерізу площиною S_{32} .

$$h = \mu \cdot d_e = 1,13 \cdot \mu \cdot \sqrt{S_e}$$

де $\mu = 0,8$ для стрижня і $\mu = 1,1$ для набору – визначають по таблиці [2].

Розміри профілю рівчака по висоті знаходимо по табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розміри профілю рівчака

№ перерізу	Розмір d_e по епюрі в мм.	Значення коефіцієнта μ	Висота рівчака $h = \mu \times d_e$ в мм.
1	9,0	0,85	7,65
2	28,1	1,1	30,9
3	28,8	1,1	31,7
4	31,7	1,1	34,9
5	36,9	1,1	40,6
6	38,7	1,1	42,6

7	36,7	1,1	40,4
8	26,1	1,1	28,7
9	20,4	0,85	17,3
10	19,8	0,85	16,8
11	20,8	0,85	17,7
12	28,2	1,1	31,0
13	35,5	1,1	39,1
14	31,8	1,1	35,0
15	29,2	1,1	32,1
16	29,1	1,1	32,0
17	21,4	0,85	18,2

2.1.3.3 Конструювання відрубного ножа

Згідно рекомендацій [2, с. 109, табл. 15; 3, с. 396, табл. 16] конструємо задній відрубний ніж.

Ширину ножа визначаємо за формулою:

$$B = D_{\text{заг.пр}} + (20 \dots 25) = 31,6 + 20 = 51,6 \text{ мм}$$

де $D_{\text{заг.пр}}$ – діаметр вихідної заготовки, мм;

Висоту ножа розраховуємо за формулою:

$$H = D_{\text{заг.пр}} + 20 = 31,6 + 20 = 51,6 \text{ мм}$$

$\alpha = 18^\circ$ – кут розміщення ножа, приймається залежно від форми і розмірів поковки.

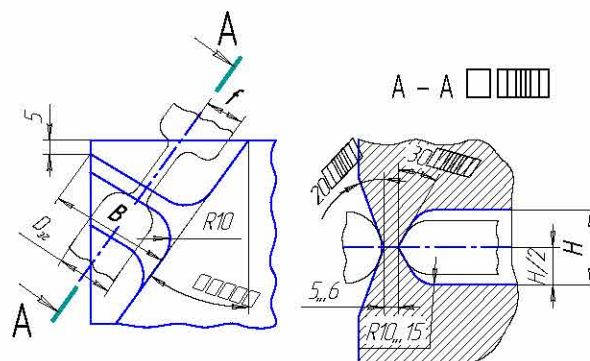


Рисунок 2.2 – Схема відрубного ножа

2.1.4 Розташування рівчаків на дзеркалі штампа

Розташування рівчаків на дзеркалі штампа обираємо згідно рекомендацій [2, 4]:

- 1 - протягувальний рівчак розміщуємо від штампувальника зліва;
- 2 – підкатний закритий рівчак праворуч від штампувальника;
- 3 - чорновий – на відстані 2/3 від центру тиску штампа;
- 4 - чистовий – на відстані 1/3 від центру тиску штампа;
- 5 – відрубний ніж ззаду ліворуч.

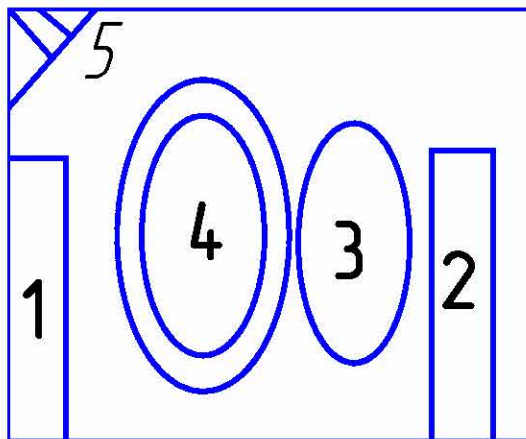


Рисунок 2.3 – Розташування рівчаків на дзеркалі штампа.

2.1.5 Визначення товщини стінок та дна штампа

Товщину стінок та дна штампа визначаємо згідно рекомендацій [2, 4].
Визначаємо допустиму товщину стінок за допомогою формули:

$$S = \left(\frac{11 \cdot h_1 \cdot \cos \alpha_1}{\sqrt{h_1 + 0,4r_1}} - 7 \right) \cos \alpha = \left(\frac{11 \cdot 15 \cdot \cos 7^\circ}{\sqrt{13,1 + 0,4 \cdot 1}} - 7 \right) \cdot \cos 7 = 12,5 \text{ мм},$$

де $h_1 = 13,1 \text{ мм}$ – глибина найменшого рівчака;

$\alpha_1 = 7^\circ$ – штампувальний нахил рівчака;

$r_1 = 3 \text{ мм}$ - внутрішній радіус закруглень.

Приймаємо товщину стінок $S = 20 \text{ мм}$.

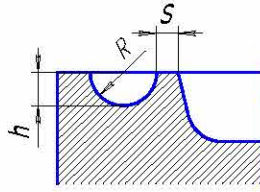


Рисунок 2.4 – До визначення товщини стінок та дна штампу

2.1.6 Визначення габаритних розмірів штампа

Визначаємо габаритні розміри штампа за [2, с. 114...116; 3, с. 409, 411] та розміри штампового кубика за ГОСТ 7831-78.

Висота кубика штампа залежить від глибини h_{\max} найбільш глибокого рівчака штампа і визначається за формулою на [2, с. 116]:

$$H_{\min} = (6 \div 10) \cdot h = 10 \cdot 25.5 = 255 \text{ мм}$$

Розміри штампового кубика (заготовки для штампа) визначаємо за ГОСТ 7831-78, [4, с. 380, табл.15]:

$L = 320 \text{ мм}$ - довжина кубика;

$B = 320 \text{ мм}$ - ширина кубика;

$H = 160 \text{ мм}$ - висота кубика.

Інші розміри елементів молотового штампу вибираємо згідно рекомендацій [2].

2.1.7 Оформлення креслення молотового штампа.

Згідно рекомендаціям [2, 4, 6–8] оформлюємо креслення молотового штампа:

- 1) Усі чотири бічні грані молотового штампа не обробляються, окрім контрольного кута, глибина стругання якого 5мм, а висота від площини розняття – 50мм;

- 2) Розміри проставляємо від контрольного кута;
- 3) Розміри хвостовиків, шпонкових гнізд, підйомних отворів стандартизовані за ГОСТ 6039-82;
- 4) Штампувальні ривчаки виготовити за кресленням гарячої поковки;
- 5) Виготовлення штампа проводити згідно молотових ТУ.

2.2 Конструювання штампа для обрізання облою

Обрізання облою будемо виконувати у гарячому стані, оскільки поковка відноситься до середніх по розміру і має вміст вуглецю до 0.4%. Для обрізання облою вибираємо штамп послідовної дії. Обрізання облою виконується поряд з штампувальним молотом.

Виходячи з габаритів поковки розраховуємо ширину та довжину матриць та визначаємось з розмірами штампового блоку.

2.2.1 Встановлення зазору між пуансоном і матрицею

Конструювання елементів деталей та обрізного штампу здійснюємо згідно рекомендацій [2, 4, 6– 9].

Визначаємо зазор між пуансоном та матрицею, [2]:

Таблиця 2.2 – Розміри зазору між пуансоном та матрицею

h , мм	δ при α°
	7... 15
24... 30	2,5

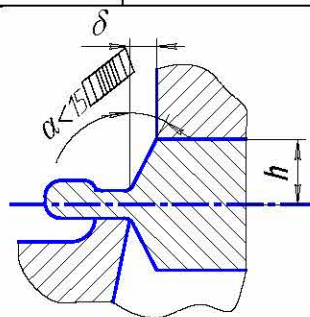


Рисунок 2.5 – Встановлення зазору між пуансоном та матрицею

2.2.2 Конструювання ріжучого контуру матриці

Конструювання ріжучого контуру матриці здійснюємо згідно рекомендацій [2, 4, 6,7].

Ріжучий контур матриці проектуємо за контуром поковки в площині розняття з припуском на слюсарну підгонку.

Вибираємо матрицю з паском по контуру згідно [2].

Залежно від товщини облою, що обрізається, визначаємо розміри ріжучих кромки матриці за [2]:

Таблиця 2.3 – Розміри ріжучих кромки матриці

Товщина облоя, мм	Розміри ріжучих кромки, мм		
	h	b	r
До 2,0	10	6;8	10

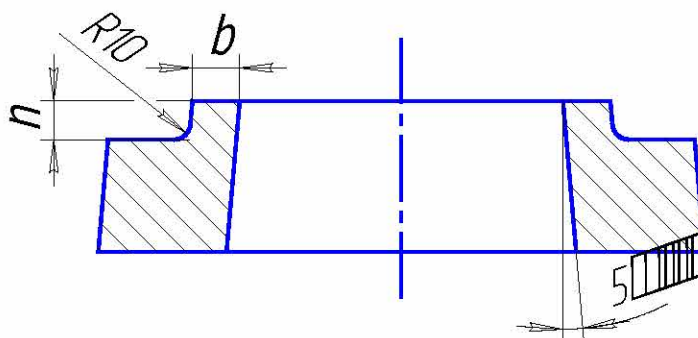


Рисунок 2.6 – Схема ріжучого контуру матриці

Визначаємо габаритні розміри матриці залежно від товщини облою:

Таблиця 2.4 – Габаритні розміри матриці

Товщина облоя h , мм	Мінімальна товщина стінок матриці S , мм	Ширина матриці B , мм	Висота матриці H , мм
До 2,0	30	До 160	Не менше 40

Матрицю виготовляємо з матеріалу 8Х3, 415...363НВ. [7, с. 166, табл.

2.2.3 Конструювання робочої частини пуансона

Конструювання робочої частини пуансона для прошивання та пуансону для обрізання облою виконуємо згідно [2, 4] з урахуванням зазорів між пуансоном і матрицею..

Пуансони виготовляємо з матеріалу 9ХФ, 415...363НВ. [2, 4].

2.2.4 Вибір способу кріплення матриці і пуансона

Згідно рекомендаціям [2] кріплення матриці здійснюємо за допомогою гвинтів.

Основні розміри елементів кріплення матриці гвинтами, мм. [2, 4]:

Таблиця 2.5 – Розміри елементів кріплення матриці гвинтами

<i>B</i>	<i>b</i> , (не менше)	<i>d</i>
200-320	36	M12

Кріплення пуансона для обрізання облою здійснюємо за допомогою колодок та гвинтів.

Ріжучий контур матриці для обрізання облою виготовляємо по контуру поковки в площині роз'єму з припуском на слюсарну підгонку по розмірах поковки, що обрізається.

Матрицю закріплюємо гвинтами, направленими під кутом 5° до її опорної поверхні, які розташовані в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

В нашому випадку пуансон є давлячим інструментом і не входить до матриці. Щоб запобігти вигину та зім'яття виступаючих частин обрізаємої поковки необхідно, щоб опорні поверхні пуансону прилягали до відповідних поверхонь поковки. Конфігурацію опорної поверхні в пуансоні виконуємо по кресленню поковки з наступною слюсарною підгонкою по поковці або контрольної відливки з кінцевого рівчака штампа. По неопорним поверхням між поковкою і пуансоном передбачається зазор який приймається рівним половині верхнього відхилення допуску на відповідний горизонтальний розмір поковки із збільшенням його на 0,3...0,5 мм.

Матеріал для нижньої та верхньої плити сталь 30Л (ГОСТ 977-75); твердість $HV \leq 255$. Плити вибираємо згідно розмірів поковки [2].

Матеріал колонок сталь 20 (ГОСТ 1050) з наступною цементацією [2, 4]. Матеріал втулок сталь 20 з наступною цементацією на глибину 0,5-1 мм HRC 58-68. Знімач виконуємо із сталі 45 (ГОСТ 1050-83), твердість HB 229-285. Для матриці вибираємо матеріал X12M (ГОСТ 5950-84), для пуансону – 8ХФ. Температура гартування сталі X12M 850-880°C, охолодження в маслі, твердість 54 HRCe. Твердість після відпуску 38-44 HRC з температури 480-520 °C.

Перелік джерел посилання

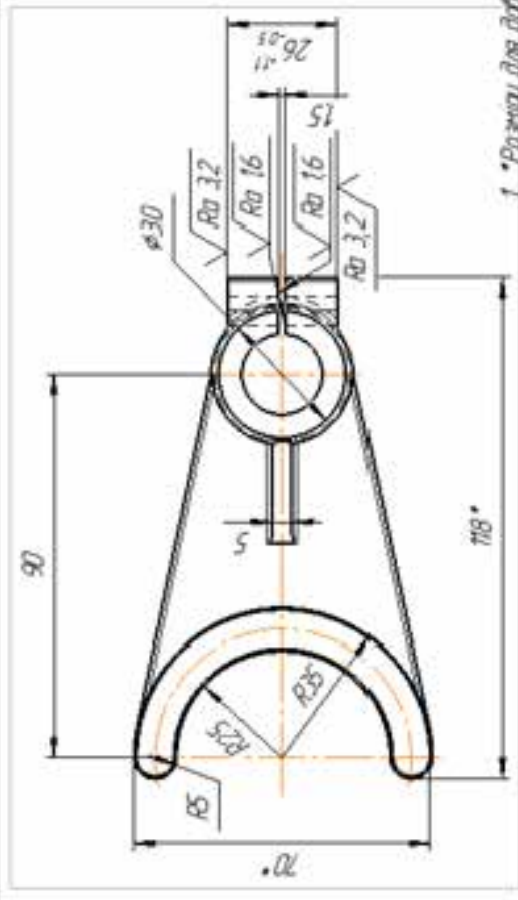
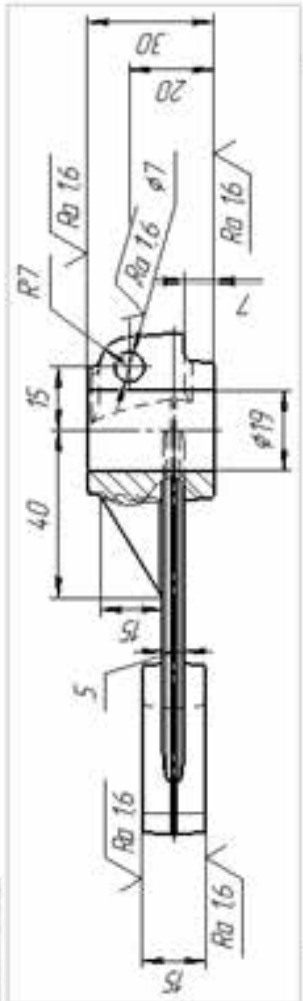
1. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семенова.- Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка.-М.: Машиностроение,1985.-567 с.
2. Ковка и штамповка . Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семенова.-Т.2. Горячая объемная штамповка.-М.: Машиностроение,1986.-592 с.
3. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в 2 т./ Под.ред. Сторожева М.В. –Т.1, –М.: Машиностроение, 1967 г., –435 с.
4. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в 2 т. / Под. ред. Сторожева М.В. – Т.2, -М.: Машиностроение , 1968 г., - 448 с.
5. ГОСТ 7505-74. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
6. Носуленко В. І. Кування і гаряче об'ємне штампування : Навчальний посібник. – Кропивницький, : ЦНТУ, 2017, – 224 с.
7. Кухар В. В. Технологічні процеси за фахом. Кування і штампування : навчальний посібник / В. В. Кухар, Б. С. Каргін, О. С. Аніщенко, С. Б. Каргін, А. Г. Присяжний. – Маріуполь : ПДТУ, 2017. – 144 с.
8. ГОСТ 3.1403-74. Правила оформления документов на ковку и штамповку.
9. Методичні рекомендації до практичних занять та курсового проектування з дисципліни “Кування і гаряче об'ємне штампування” / Укл. В.І. Носуленко, В.Я. Мірзак – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 36 с.
10. Методичні рекомендації до практичних занять та курсового проектування з дисципліни “Кування і гаряче об'ємне штампування” для студентів спеціальності 131 - “Прикладна механіка”. Альбом завдань. /Укл. В. І. Носуленко, В. Я. Мірзак – Кіровоград: ЦНТУ, 2019. – 95 с.

Додатки

ДОДАТОК А
Креслення деталі «Вилка»

ИМА

КРБ.ПМ.24.70.100.00.00.00_03



- 1 *Разміри для виробок.
- 2 Невказані радіуси скруглень R1 мм.

3 H12 h12 ± 2/12

4 Невказані шпигунні кути 7° - зовнішні, 12° - внутрішні





КРБ.ПМ.24.70.100.00.00.00_03		Лист	Всього
Вилка		0.36	11
Деталь		Листів	1
Сталь 45 ГОСТ 1050-88		ЦНТУ	
		зр. ПМ071-21-30К	

ДОДАТОК Б

Технологічна карта на виготовлення деталі «Вилка»
Б.2 Перший аркуш технологічної карти

КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ		Міністерство освіти і науки України Центральноукраїнський національний технічний університет		Вилка		Картка №																															
Положення		№ креслення		Кількість штук на виріб		Всього карт																															
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки		Маса, кг		Марка		Склад																															
Маса, кг		Висхідний матеріал		Кваліфікаційний рівень майстра		група																															
Виходи, %		Висхідний матеріал		Доказки, мм		ПМ(ОТ) 21-ЗСК																															
На одну поковку		Висхідний матеріал		Контроль		Затвердлив																															
Кількість поковок		Кількість поковок		кількість		кількість																															
№ стил, улож		Температура кування, °С		печиво		кількість																															
						дата																															
						25.05.2024																															
<p>ЕСКІЗ ПОКОВКИ</p>		<p>Температурний режим кування і термообробки</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>підготовка</th> <th>час підготовки</th> <th>температура</th> <th>нагрівання, у хв</th> <th>випробування, у хв</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>1250</td> <td>0,67</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		підготовка	час підготовки	температура	нагрівання, у хв	випробування, у хв			1250	0,67		<p>Інструмент</p> <p>Ножи</p> <p>Штангенциркуль</p> <p>Штанна колосок</p>		<p>Облаштування</p> <p>Технічна характеристика</p> <p>Н 1830 В Р_н = 1,0 МПа</p> <p>Індуційний нагрівач ММН 8-20-4П</p> <p>Молот С=1,15*</p>		<p>Норма</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>клас</th> <th>шт.</th> <th>годин</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,548</td> <td>96</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		клас	шт.	годин	0,548	96		<p>Робоче ста</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>клас</th> <th>кількість</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IV</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>III</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>IV</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>		клас	кількість	IV	1	III	1	IV	1	IV	1
підготовка	час підготовки	температура	нагрівання, у хв	випробування, у хв																																	
		1250	0,67																																		
клас	шт.	годин																																			
0,548	96																																				
клас	кількість																																				
IV	1																																				
III	1																																				
IV	1																																				
IV	1																																				
<p>Назва операції, поковку</p>		<p>Безліч поковок</p>				<p>1. Відвал заготовки</p> <p>2. Контроль</p> <p>3. Нагрівання</p> <p>4. Контроль</p> <p>5. Штанпування на молоті</p> <p>5.1 Прогнування (I період)</p> <p>5.2 Штанпування закріплення (II період)</p> <p>5.3 Попереднє штанпування (III період)</p>																															

Б.2 Другий аркуш технологічної карти

№ з/д	Назва операції, переходу	Експериментальні дані	Технологічний режим сушіння і термообробки						Обладнання	Норми		Результат		
			вміст вологої речовини у продукті	температура	час сушіння	температура	вміст вологої речовини у продукті	Тривалість термообробки		ММД	ДП	професія	класність	
5.4	Класифікація агітативна (TV' переход)								Шаблон, Штангенциркуль				Штанцувальник	III
5.5	Візуальна												Контроль	III
6.	Контроль													
7.	Домолотні операції													
7.1	Оброблення обліва (прочищення поверхні, оброблення обліва)	 							Прес обробний 3.112 МВ	0,104			Штанцувальник	III
7.2	Контроль				800				Класифікація продукту за параметрами 1.2.14 4.3.1.3				Контроль	III
7.3	Термообробка								Шаблон, Штангенциркуль				Контроль	III
8.	Контроль								Дробильно-ситий апарат 114М				Ситовальник	II
9.	Очищення								Шаблон для перевірки				Штанцувальник	III
10.	Привалювання								Шаблон				Контроль	III
11.	Контроль													

