

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

«Допущено до захисту»
Завідувач кафедри
машинобудування, мехатроніки і
робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

**Підвищення продуктивності та якості виготовлення
деталі кулачок**

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Сергій ЧИРКА

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир МІРЗАК

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Кропивницький 2025

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань: 13 Механічна інженерія
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент

Андрій ГРЕЧКА

31 січня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Чирці Сергію Ігоровичу**

Тема роботи:

Підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі кулачок.

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир МІРЗАК

Затверджено наказом ЦНТУ від 31 січня 2025 року № 130-02.

Строк подання роботи до захисту:

20 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Кулачок».

Завдання: провести конструктивно-технологічний аналіз деталі; обґрунтувати та обрати оптимальний метод штампування; розробити креслення холодної та гарячої поковок, а також побудувати розрахункову заготовку; оцінити доцільність операції вальцювання; визначити тип та геометричні параметри вихідної заготовки; обрати нагрівальне обладнання; підібрати штампувальне та допоміжне обладнання; спроектувати план розміщення обладнання на штампувальній ділянці та виконати розрахунок норм часу на штампування; скласти карту технологічного процесу; розробити конструкцію штампа для кривошипного гарячештампувального преса. Тип виробництва – великосерійний/серійний.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	21.04.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	02.05.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2025 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2025 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2025 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2025 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	12.06.2025 р.	
8	Рецензування роботи	16.06.2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	20.06.2025 р.	

Дата видачі завдання
03 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Сергій ЧИРКА

Керівник роботи _____ Володимир МІРЗАК

АНОТАЦІЯ

Чирка С. І. Підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі кулачок : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. Я. Мірзак; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Кулачок»..

Актуальність роботи полягає в необхідності вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кулачок» шляхом вибору оптимального типу обладнання, режимів деформування, технологічного оснащення і послідовності операцій.

В роботі проведено конструктивно-технологічний аналіз деталі; обґрунтовано та обрано оптимальний метод штампування; розроблено креслення холодної та гарячої поковок, побудовано розрахункову заготовку; оцінено доцільність операції вальцювання; визначено тип та геометричні параметри вихідної заготовки; обрано нагрівальне обладнання; обрано штампувальне та допоміжне обладнання; спроектовано план розміщення обладнання на штампувальній дільниці та виконано розрахунок норм часу на штампування; складено карту технологічного процесу; розроблено конструкцію штампа для кривошипного гарячештампувального преса.

Ключові слова: **гаряче штампування, технологічний процес, вальцювання, штампове оснащення, зусилля штампування, нагрівальне обладнання, обрізання облою**

ANNOTATION

Serhiy CHYRKA. Increasing productivity and quality of manufacturing cam part. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Volodymyr MIRZAK : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025. 38 p.

Drawings – a total of 3 sheets of A1 format.

The aim of this work is to improve the productivity and quality of manufacturing the "Cam" part.

The relevance of the work lies in the need to improve the technological process of manufacturing the "Cam" by selecting the optimal type of equipment, deformation modes, tooling, and sequence of operations.

The work includes a design and technological analysis of the part; the optimal stamping method has been justified and selected; drawings of the cold and hot forgings have been developed; a calculated blank has been constructed; the feasibility of a rolling operation has been assessed; the type and geometric parameters of the initial blank have been determined; heating equipment has been selected; stamping and auxiliary equipment has been chosen; a layout plan for the stamping section has been designed, and labor time standards for stamping have been calculated; a technological process chart has been compiled; and the die design for a crank hot-stamping press has been developed.

Keywords: **hot forging, technological process, rolling, die tooling, forging force, heating equipment, flash trimming**

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Підвищення продуктивності та якості
виготовлення деталі кулачок**

КРБ.ПМ.25.23.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ(ОТ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Сергій ЧИРКА

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Володимир МІРЗАК

Кропивницький 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1 Розробка технологічного процесу гарячого штампування.....	
1. 1.1 Вибір та обґрунтування способу штампування.....	
1.2 Розробка креслення поковки.....	
1.3 Вибір переходів штампування.....	
1.4 Вибір виду та визначення розмірів вихідної заготовки, вибір обладнання для різання металу на мірні заготовки.....	
1.5 Вибір способу та режимів нагрівання заготовок та охолодження поковок. Вибір нагрівального обладнання.....	
1.6 Вибір штампувального обладнання.....	
1.7 Вибір виду обрізання облою в поковках. Вибір обрізного пресу.....	
1.8 Вибір режимів термообробки поковок.....	
1.9 Вибір способу та обладнання для очистки поковок від окалини.....	
1.10 Вибір способу та обладнання для правки поковок.....	
1.11 Вибір методів контролю та вимірювального інструменту.....	
1.12 Розробка плану штампувальної дільниці.....	
1.13 Вибір складу робочої бригади та розрахунки норм часу на штампування.....	
1.14 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування	
Розділ 2 Конструкторська частина	
2. 2.1 Конструювання штампу КГШП	
2.1.1 Визначення розмірів гарячої поковки.....	
2.1.2 Розрахунок та конструювання штампувальних рівчаків.....	
2.1.3 Опис конструкції штампа КГШП	
Загальні висновки	
Перелік джерел посилання	
ДОДАТКИ	
Додаток А. Кресленик деталі «Кулачок».....	
Додаток Б. Технологічна карта виготовлення деталі «Кулачок».	
Додаток В. Специфікація до складального кресленика штампу КГШП	

ВСТУП

Актуальність теми

У сучасному машинобудуванні постійно зростають вимоги до ефективності виготовлення відповідальних деталей, особливо у великосерійному виробництві. Однією з таких деталей є «Кулачок», що виготовляється методом гарячого штампування зі сталі 45. Це компактна деталь з масою 90 г та габаритами 35×84×40 мм, яка має складний плоский контур із трьома симетричними виступами (бобишками) різної висоти, в яких виконано наскрізні отвори діаметром 11 мм.

З огляду на характер серійного виробництва та вимоги до якості, точності і продуктивності, найбільш доцільним є застосування кривошипного гарячештампувального пресового обладнання (КГШП). У порівнянні з молотами, КГШП забезпечують вищу точність розмірів, кращу якість поверхні, зменшення припусків на механообробку, а також можливість автоматизації подачі, з'йому й термічного контролю. Це особливо важливо при роботі зі сталлю 45, яка потребує контрольованих умов нагріву та деформування для запобігання утворенню тріщин і збереження механічних властивостей.

Актуальність роботи полягає в необхідності вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кулачок» шляхом вибору оптимального типу обладнання, режимів деформування, технологічного оснащення і послідовності операцій. Це дозволить підвищити продуктивність, знизити брак, подовжити ресурс штампів і зменшити загальні витрати виробництва без втрати якості готового виробу.

Мета і задачі роботи

Метою роботи є підвищення продуктивності та якості виготовлення деталі «Кулачок».

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

– провести конструктивно-технологічний аналіз деталі;

- обґрунтувати та обрати оптимальний метод штампування;
- розробити креслення холодної та гарячої поковок, а також побудувати розрахункову заготовку;
- оцінити доцільність операції вальцювання;
- визначити тип та геометричні параметри вихідної заготовки;
- обрати відповідне нагрівальне обладнання;
- підібрати штампувальне та допоміжне обладнання;
- спроектувати план розміщення обладнання на штампувальній ділянці та виконати розрахунок норм часу на штампування;
- скласти карту технологічного процесу;
- розробити конструкцію штампа для кривошипного гарячештампувального преса.

Практичне значення отриманих результатів полягає у наступному:

- розроблено прогресивний технологічний процес виготовлення деталі «Кулачок» із застосуванням математичного програмного середовища Mathcad, де обґрунтовано доцільність її штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі. Це дозволяє підвищити якість продукції та продуктивність процесу, а також оперативно виконувати оптимізаційні розрахунки технологічних параметрів і формувати розрахунково-пояснювальну записку;
- виконано проектування складального кресленика прогресивного штампа для КГШП і складального кресленика блока вставок з кінцевим рівчаком, які після доопрацювання та розробки повного комплексу робочої документації, можуть бути впроваджені у серійне виробництво.

1 Розробка технологічного процесу гарячого штампування

1.1 Вибір та обґрунтування способу штампування

1.1.1 Призначення та область застосування деталі. Складання креслення поковки

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

1.1.2 Конструктивно-технологічний аналіз деталі

Деталь має просторову форму середньої складності. В деталі є отвори діаметрами 11 мм відповідно. Інші конструктивні елементи деталі (радіуси закруглень, ухили) виконані по існуючим нормативам. Характер діючих зусиль вимагає розташування волокон вздовж осі деталі [5, с. 51-52].

1.1.3 Короткі відомості про матеріал деталі

Кулачок виготовляється із сталі 45 ГОСТ 1050-74. Сталь 45 відноситься до вуглецевої якісної конструкційної сталі. Хімічний склад сталі наведений в таблиці 1.1., а механічні характеристики в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1. – Хімічний склад сталі 45

Хімічний склад, %								
C	Mn	Si	Cu	Ni	Cr	As	P	S
0,42-0,5	0,5-0,8	0,17-0,37	≤0,3	≤ 0,3	≤0,25	≤0,8	≤0,035	≤0,04

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики матеріалу

Марка матеріалу	Механічні характеристики			
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_1 , %
Сталь 45	610 (115)	355 (65)	520	16
Примітка: у дужках позначені характеристики при температурі кінця штампування - 750°C.				

Креслення деталі та її твердотільна модель наведені нижче.

1.1.4 Прийняття установчих баз

За узгодженням з замовником приймаємо вихідні установчі бази. [4, с. 8].

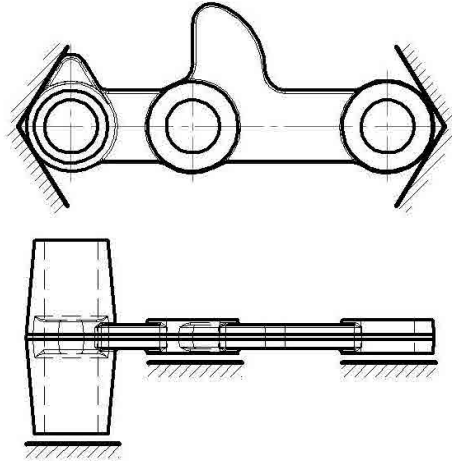


Рисунок 1.1 - Розташування установчих баз

1.1.5 Вибір та обґрунтування оптимального способу штампування

На основі вимог до деталі та програми випуска поковок встановлюємо масовий тип виробництва. За таких умов доцільно вибрати спосіб штампування на кривошипних гарячештампувальних машинах, як такий, що забезпечує найбільшу продуктивність та підвищену точність штампування.

Згідно класифікації поковка відноситься до II групи 3-ої підгрупи. Для таких поковок рекомендується застосування пережимного рівчака, попереднього та кінцевого.

1.2 Розробка креслення поковки

Поковка відноситься до другого класу точності, група сталі М1 (вуглецева) з прямою поверхнею роз'єму. Маса деталі - 90,08 гр. (визначена засобами графічного редактора по побудованій твердотільній моделі (рис.1.2.) на основі креслення деталі). Перед штампуванням поковку нагрівають в установці індукційного нагріву.

1.2.1 Визначення ступеню складності поковки

Ступінь складності поковки S розраховуємо по формулі (1).

$$G_d := 90.08 \quad - \text{ маса деталі, гр.}$$

$$G_p := 1.25 \cdot G_d \quad - \text{ маса поковки, гр.}$$

$$G_p = 112.6$$

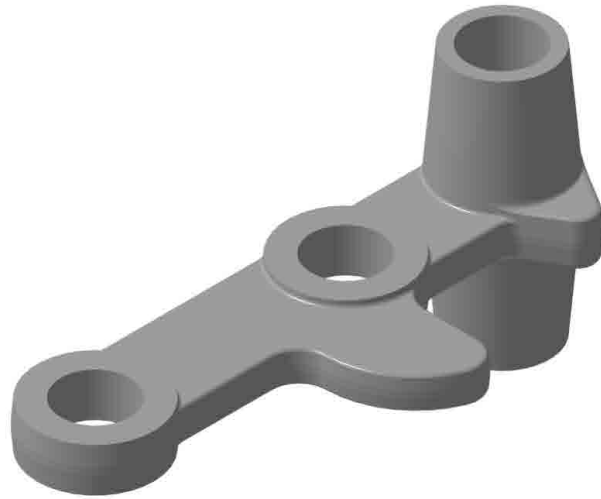


Рисунок 1.2 – Параметрична тривимірна твердотільна модель деталі "Кулачок"



Рисунок 1.3 – Параметрична тривимірна твердотільна модель поковки "Кулачок"

$G_{\phi} := 917.3$ - маса фігури, в яку вписується поковка, гр
(визначена засобами графічного редактора
Компас-Графік).

$$C := \frac{G_{\Pi}}{G_{\phi}} \quad C = 0.123 \quad (1)$$

Приймаємо складність поковки С4 [4, стор.7.]

1.2.2 Визначення припусків і допусків

Припуски і допуски на обробку різанням призначаємо з врахуванням класу точності поковки, групи сталі, ступені складності, маси поковки, шорсткості і розмірів поверхонь і розмірів деталі [4, 5] Припуски і допуски на поковку "Важіль" наведені в табл. 1.3.

Намітки під прошивку в поковці не виконуємо, так як отвори в деталі мають розміри по діаметру менше 30 мм.

Таблиця 1.3 – Припуски та допуски

Розмір деталі, мм	Припуск на сторону, мм [4, табл. 2, с. 10...11]	Допуск, мм [4, табл. 5, с.16...17; табл. 7, с. 20]	Кінцевий розмір, мм
40	1,6	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$43,2_{-0,5}^{+0,9}$
7	1,6	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$10,2_{-0,5}^{+0,9}$
R3	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$R3_{-0,5}^{+0,9}$
5	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$5_{-0,5}^{+0,9}$
R9	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$R9_{-0,5}^{+0,9}$
R4	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$R4_{-0,5}^{+0,9}$
R15	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$R15_{-0,5}^{+0,9}$
∅18	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$\varnothing 18_{-0,5}^{+0,9}$
12	-	$\pm 0,30$	$12 \pm 0,30$
15	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$15_{-0,5}^{+0,9}$
35	-	$\begin{matrix} +0,9 \\ -0,5 \end{matrix}$	$35_{-0,5}^{+0,9}$
84	-	$\begin{matrix} +1,1 \\ -0,5 \end{matrix}$	$84_{-0,5}^{+1,1}$
25	-	$\pm 0,30$	$25 \pm 0,30$

Найменші радіуси зовнішніх закруглень 1,5 мм.

Штампувальні ухили (зовнішні) – 5°

Допуски на міжцентрові відстані – ±0,30 мм

Допуски на кутові відхилення – ±3°00'

Зміщення – 0,4 мм

Задирка по периметру зрізу – 0,5 мм

Допуски на вільні розміри – ±0,7 мм

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

Маса поковки з врахуванням призначених припусків і допусків складає 150.4 гр., що вписується в раніше вибраний діапазон до 0,25 кг. Перерахувати ступінь складності поковки і припуски не потрібно.

1.3 Вибір переходів штампування

1.3.1 Побудова розрахункової заготовки та етюри перерізів

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

$$S_e = S_{\pi} + 2S_{об} = S_{\pi} + 2h_3(b+B).$$

де

S_e - площа перерізу розрахункової заготовки у будь якому місці;

S_{π} - площа перерізу поковки у будь якому місці, яка розрахована по номінальним розмірам з додатком до вертикальних розмірів половини позитивного відхилення;

$S_{об}$ - площа перерізу облою;

h_3 - висота містка облойної канавки, мм;

b - ширина містка, мм;

B - ширина облою в магазині, мм;

1.3.1.1 Вибір облойної канавки та розрахунок параметрів облою

Перед вибором облойної канавки розраховуємо зусилля штампування. Для попереднього розрахунку зусилля вибираємо формулу, що рекомендується для штампувальних молотів, вважаючи що 1 тона маси падаючих частин молота еквівалентна 1000 тс КГШП.

$F_{\Pi} := 1579$ - площа поковки в плані, мм^2

$$G_M := 5 \cdot \frac{F_{\Pi}}{100} \quad G_M = 78.95 \text{ кг}$$

$$G_{\text{пр}} := \frac{G_M}{100} \quad G_{\text{пр}} = 0.789 \text{ МН}$$

Приймаємо найближчий прес номінальним зусиллям 6.3 МН.

Вибираємо перший тип облойної канавки [4, 5, 9]. Схема облойної канавки та її параметри наведені на рис. 1.4.

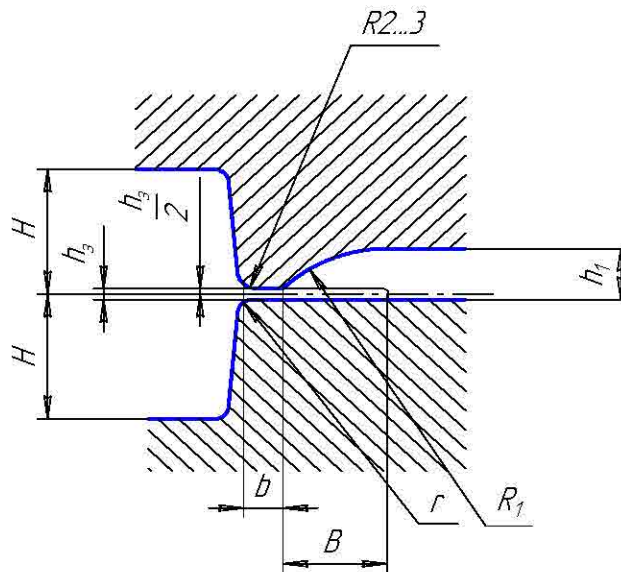


Рисунок 1.4 - Схема облойної канавки

Розміри облойної канавки вибираємо по [4].

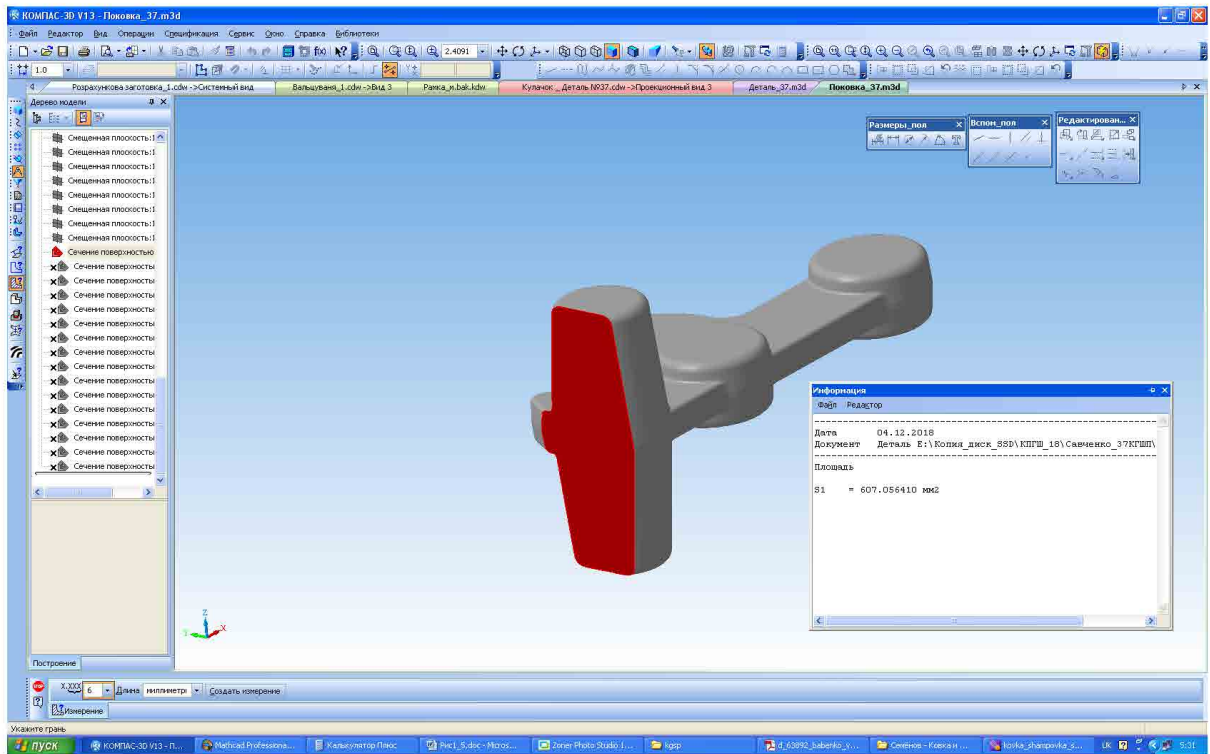
$$h_3 := 1. \text{ мм} \quad b := 5 \text{ мм} \quad h_1 := 5 \text{ мм} \quad B := 10 \text{ мм}$$

Площа перерізу облою

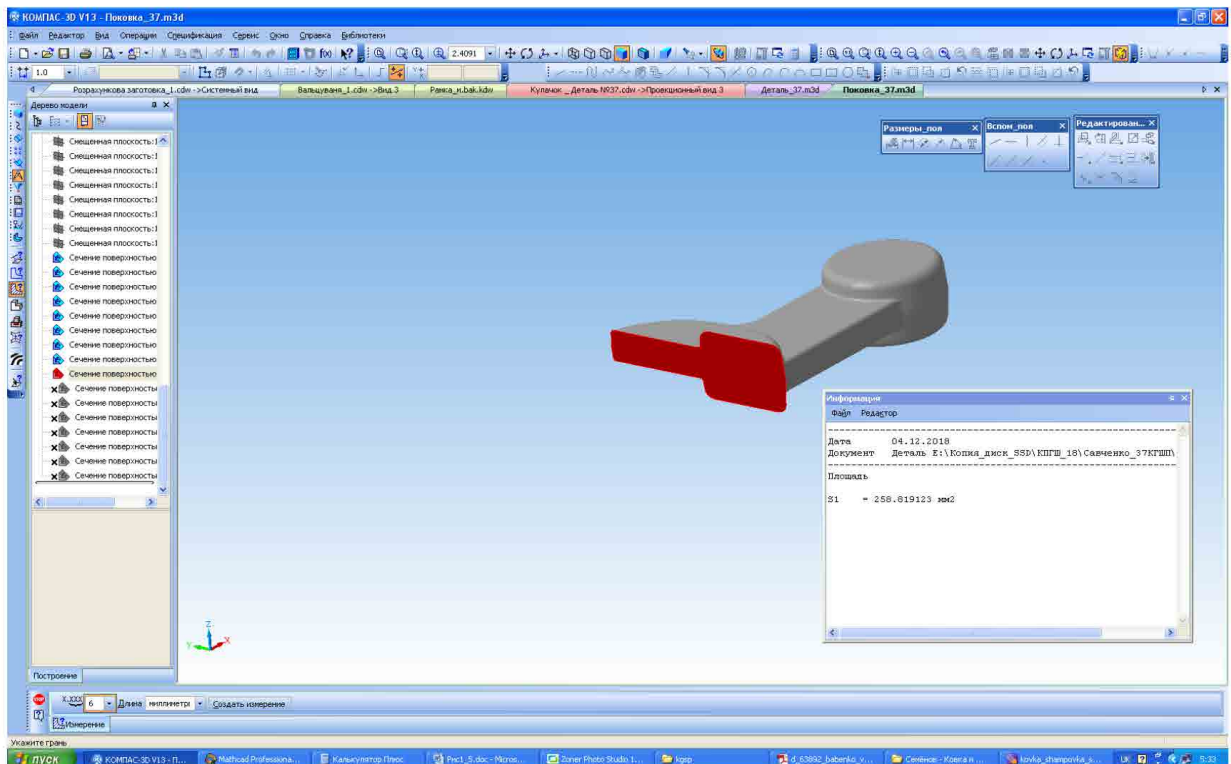
$$S_{\text{об}} := h_3 \cdot (b + 2B) \quad S_{\text{об}} = 25 \text{ мм}^2$$

1.3.1.2 Побудова розрахункової заготовки

Проводимо через поковку перерізи в характерних точках і визначаємо площини перерізів засобами Компас-Графік (рис. 1.5.) з врахуванням площі перерізу облою, мм^2 .



а)



б)

Рисунок 1.5 – До розрахунку епюри перерізів поковки "Кулачок" засобами КОМПАС-ГРАФІК 3D: а) –переріз №1; б) –переріз №9.

Будуємо епюру перерізів (рис.1.6.) відклавши в масштабі $M=10$ величини площин характерних перерізів S_e в вигляді відрізків h_e , (табл. 1.4.), мм.

Об'єм всієї розрахункової заготовки дорівнює:

$$M := 10$$

$Fe := 2309.0$ - площа епюри розрахункової заготовки, mm^2
(визначається засобами Компас-Графік).

$$Ve := Fe \cdot M \quad Ve = 2.309 \times 10^4 \quad mm^3$$

Таблиця 1.4 - До розрахунку епюри розрахункової заготовки

№ перерізу	S_n, mm^2	$S_{з.к}, mm^2$		S_e, mm^2	$M, mm^2/mm$	h_e, mm	d_e, mm
1	0,00	25,00	1,00	50,00	10,00	5,00	7,99
2	607,10	25,00	1,00	657,10	10,00	65,71	28,97
3	759,70	25,00	1,00	809,70	10,00	80,97	32,15
4	600,30	25,00	1,00	650,30	10,00	65,03	28,82
5	314,80	25,00	1,00	364,80	10,00	36,48	21,58
6	74,10	25,00	1,00	124,10	10,00	12,41	12,59
7	74,10	25,00	1,00	124,10	10,00	12,41	12,59
8	173,80	25,00	1,00	223,80	10,00	22,38	16,90
9	239,00	25,00	1,00	289,00	10,00	28,90	19,21
10	258,80	25,00	1,00	308,80	10,00	30,88	19,86
11	148,60	25,00	1,00	198,60	10,00	19,86	15,92
12	89,50	25,00	1,00	139,50	10,00	13,95	13,35
13	74,10	25,00	1,00	124,10	10,00	12,41	12,59
14	74,10	25,00	1,00	124,10	10,00	12,41	12,59
15	173,80	25,00	1,00	223,80	10,00	22,38	16,90
16	204,60	25,00	1,00	254,60	10,00	25,46	18,03
17	172,40	25,00	1,00	222,40	10,00	22,24	16,85
18	0,00	25,00	1,00	50,00	10,00	5,00	7,99

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

Площина перерізу середньої розрахункової заготовки:

$$l_e := 84.0 \quad mm$$

$$S_{cp} := \frac{Ve}{l_e} \quad S_{cp} = 274.881 \quad mm^2$$

Діаметр середньої розрахункової заготовки, d_{cp} :

$$d_{cp} := 1.13\sqrt{S_{cp}} \quad d_{cp} = 18.735 \quad mm$$

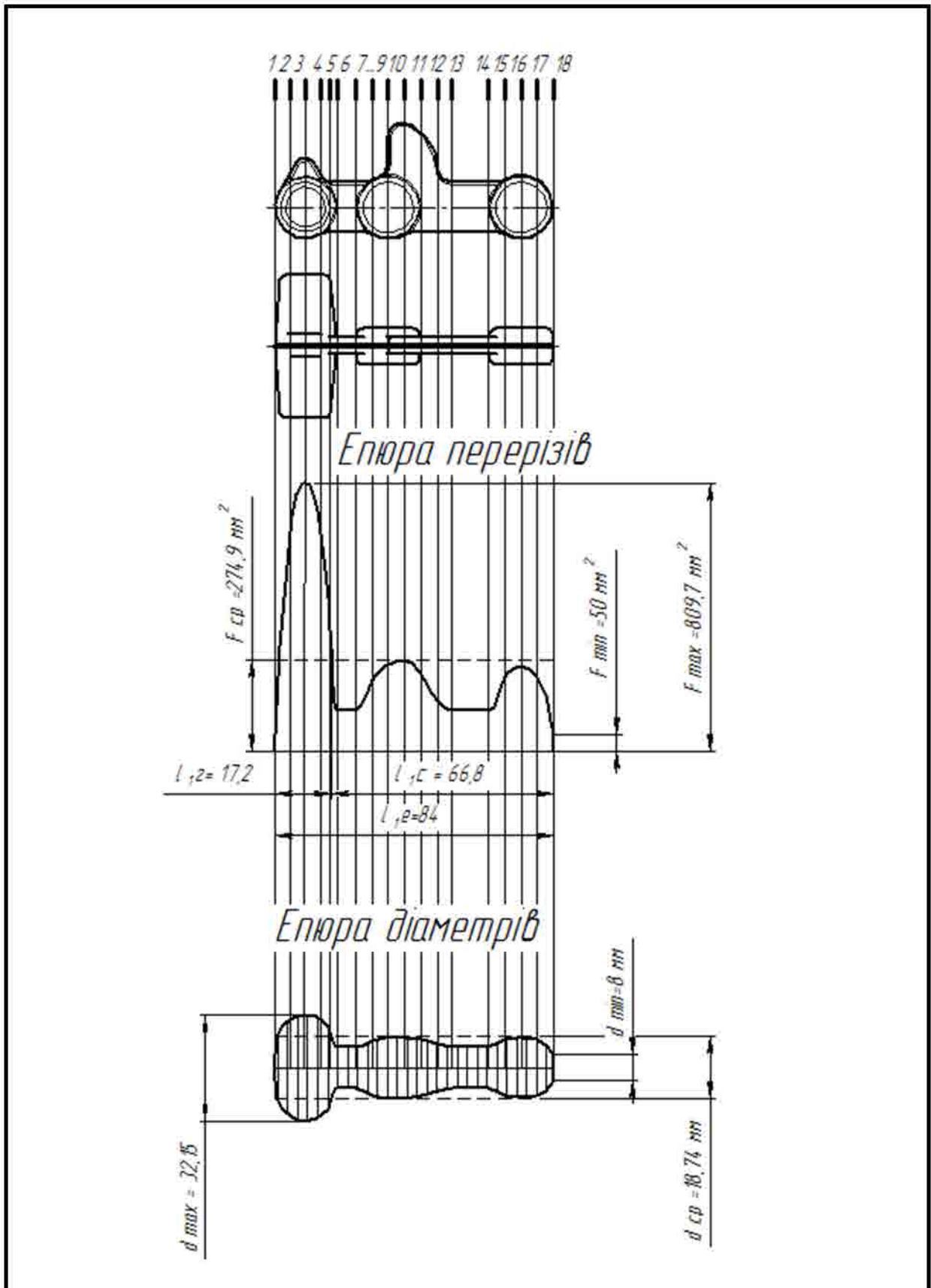


Рисунок 1,6 – Розрахункова заготовка

Згідно виконаних розрахунків та графічних побудов (див. епюру перерізів рис.1.6.) визначаємо, що розрахункова заготовка відноситься до елементарних, тому що має одну головку і один стрижень. В результаті отримуємо одну елементарну заготовку з параметрами наведеними на епюрах діаметрів та перерізів.

1.3.1.3. Визначення необхідності вальцювання

Для визначення необхідності вальцювання скористаємося діаграмою [4, стор. 368].

Визначаємо коефіцієнти α і β для елементарної заготовки.

$$d_{1\max} := 32.2 \quad l_{1e} := 84.0$$

$$\alpha_1 := \frac{d_{1\max}}{d_{cp}} \quad \alpha_1 = 1.719$$

$$\beta_1 := \frac{l_{1e}}{d_{cp}} \quad \beta_1 = 4.484$$

Елементарна заготовка попадає в зону А, де вальцювання потрібно

1.3.1.4 Побудова вальцьованої заготовки

Виходячи з епюри перерізів розрахункової заготовки виконуємо побудову епюри перерізів вальцьованої заготовки (рис. 1.7.). При цьому з метою спрощення конструкції рівчаків штампів вальців криволінійні частки епюри перерізів розрахункової заготовки замінюємо прямолінійними з врахуванням рівності об'ємів в цій зоні.

Розміри заготовки під вальцювання вибираємо по участку епюри перерізів з найбільшою площиною поперечного перерізу F_{\max} . Враховуючи вплив на вибір заготовки під вальцювання угару і теплового розширення можна площину поперечного перерізу заготовки F_B прийняти рівною максимальній площині на епюрі перерізів F_{\max} .

Вибираємо квадратний профіль поперечного перерізу заготовки.

Сторона квадрата S_B

$$F_B := 620 \quad \text{мм}^2$$

$$S_B := \sqrt{F_B} \quad S_B = 24.9 \quad \text{мм}$$

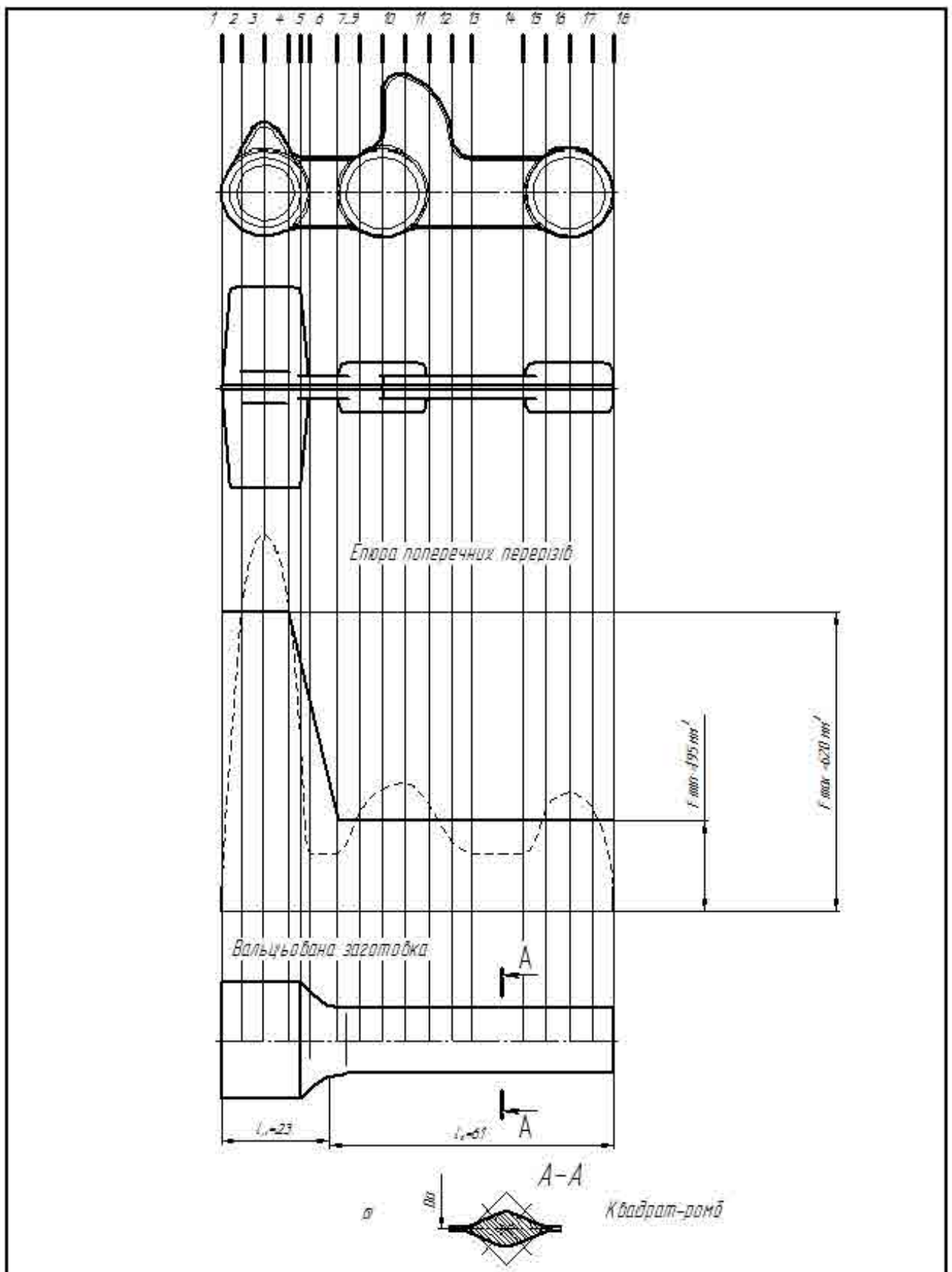


Рисунок 1.7 – Еюра побудови вальцьованої заготовки

По сортаменту (ГОСТ 2591-80) приймаємо сталь гарячекатану квадратну з стороною квадрата [2]

$$C_B := 25 \text{ мм}$$

Перераховуємо площину поперечного перерізу заготовки

$$F_B := C_B^2$$

$$F_B = 625 \text{ мм}^2$$

1.4 Вибір виду та визначення розмірів вихідної заготовки, вибір обладнання для різання металу на мірні заготовки

1.4.1 Розміри заготовки

Об'єм заготовки

$V_{\Pi} := 23090$ - об'єм поковки разом з об'ємом, див. додаток 2 (визначено засобами КОМПАС-ГРАФІК по параметричній твердотільній моделі), мм^3 ;

$V_{\text{ут}} := 0.1 \cdot V_{\Pi}$ - втрати на випал, мм^3 ;

$V_{\text{зг}} := V_{\Pi} + V_{\text{ут}}$

$$V_{\text{зг}} = 2.54 \times 10^4$$

Довжина заготовки

$$l_{\text{з}} := \frac{V_{\text{зг}}}{F_B} \quad l_{\text{з}} = 40.638 \text{ мм}$$

Приймаємо $l_{\text{з}} := 41 \text{ мм}$

Вальцювання проводимо в наступній послідовності. Відтягуємо стрижень з поперечним перерізом $F_{\text{мін}} = 195 \text{ мм}^2$ праворуч від головки, що не обтискується. Приймаємо наступну послідовність калібрів квадрат-ромб. Вальцювання намічаємо проводити на вальцях з міжосьовою відстанню $D_0 = 320 \text{ мм}$.

1.4.2 Вибір обладнання для вальцювання

Вибираємо кувальні вальці з наступною технічною характеристикою:

1. Міжцентрова відстань, мм

160

2. Діаметр вала, мм	100
3. Довжина консолі, мм	200
4. Найбільший діаметр заготовки, мм	30
5. Найбільша довжина виробу, мм	315
6. Число обертів в хвилину, с ⁻¹	1,66
7. Номінальне зусилля, кН	160

1.4.3 Вибір обладнання для різання прокату

Згідно розрахунку вибираємо прокат квадратного поперечного перерізу зі стороною квадрату 26 мм та довжиною 3,750 м, з граничним відхиленням по довжини +50мм, сортамент ГОСТ 2591-88.

З одного прутка отримуємо 23 заготовок довжиною 158 мм. 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:

$$K_p := 1.4 \quad \sigma_v := 420 \quad F_v := 625$$

$$P := K_p \cdot \sigma_v \cdot F_v \quad P = 3.675 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вибираємо ножиці зусиллям, більшим порівняно з розрахованим, модель НБ 1425

Номінальне зусилля, тс (МН)	40 (0,4)
Сторона квадрата прутка, мм	32
Число ходів в хвилину	63
Потужність приводів, кВт	2,5
Габаритні розміри, мм :	
Довжина	1090
Ширина	900
Висота	1350
Маса, т	1,24

1.4.3 Розрахунок витрат і розкрою метала

Згідно [3, 5] приймаємо $L_{p,y} = 3750 \text{ мм}$.

Вирішуємо питання раціонального розкрою метала та точності заготовки:

Коефіцієнт використання металу:

$$\eta_3 = \frac{L_n}{L_{p.y}} = \frac{3698}{3750} = 0,986$$

де L_n - корисна довжина прутка, мм [3, 5].

$$L_n = L_{p.y} - \sum_{n.n} = 3750 - 52 = 3698 \text{ мм}$$

де $\sum_{n.n}$ - сума абсолютних лінійних втрат металу при різанні.

$$\sum_{n.n} = l_{від} + l_{обр} = 42 + 10 = 52,0 \text{ мм}$$

За допомогою формули ([3, с. 89]) визначаємо довжину торцевого обрізу:

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

де d – діаметр заготовки, мм.

Кількість заготовок із прутка визначаємо із співвідношення:

$$n = \frac{L_{p.y} - l_{обр}}{L} = \frac{3750 - 10}{42} = 89 \text{ шт},$$

де L - довжина заготовки на одну деталь, мм.

Визначаємо довжину відходу:

$$L = L_{p.y} - l_{обр} - (n_{зг} \cdot L_{зг}) = 3750 - 10 - (89 \cdot 42) = 2 \text{ мм}$$

Визначаємо розхідний коефіцієнт:

$$k = \frac{L_{p.y}}{L_{p.y} - \sum_{n.n}} = \frac{3750}{3750 - 52} = 1,015$$

Сумарну вагу відходів на кожний пруток отримаємо з рівняння:

Норма витрат металу на поковку:

$$N = Q_3 / n = 18,28 / 89 = 0,21 \text{ кг};$$

Допуски на довжину заготовки згідно [2]: $\Delta = \pm 0.8 \text{ мм}$.

1.5 Вибір способу та режимів нагрівання заготовок та охолодження поковок. Вибір нагрівального обладнання

1.5.1 Температурний інтервал кування

Для сталі 20 максимальна температура нагрівання металу перед куванням 1280 °С.

Температура закінчення штампування складає 750°С

1.5.2 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 штамів ковальсько-пресового обладнання.

Вибираємо індукційний нагрівач безперервної дії КИН 10-250/10П [3, 5] з наступними параметрами:

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

Мінімальна тривалість нагрівання заготовки, виходячи з продуктивності обладнання ТВЧ-4.5 сек.

1.6 Вибір штампувального обладнання

1.6.1 Розрахунок зусилля штампування

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

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

$F_0 := 1190$ - площа проекції містка облою, мм^2 ;

$F_{\Pi} := 1560.2$ - площина проекції поковки на площину роз'єму, мм^2 ;

$L_{\Pi} := 84$ - максимальний габаритний розмір поковки в плані, мм ;

$a := \frac{F_{\Pi}}{L_{\Pi}}$ - розмір поковки по ширині, мм ;

$a = 18.574$

$$P := 1.15 \cdot \sigma_t \left[\left(1 + \mu_0 \cdot \frac{b}{h_3} \right) \cdot F_0 + \left[\left(-0.25 + \frac{2 \cdot \mu_0 \cdot b}{h_3} \right) + 1.25 \ln \left(\frac{a}{h_3} \right) \right] \cdot F_{\Pi} \right]$$

$$P = 1.808 \times 10^6 \text{ Н}$$

1.6.2 Вибір кривошипного гарячештампувального пресу

Враховуючи розрахункове зусилля і габарити штампа КГШП вибираємо КГШП зусиллям 6.3 МН

Технічна характеристика :

Номінальне зусилля, кН	6300
Хід повзуна, мм	200
Частота ходів повзуна, 1/хв :	
безперервних	100
Розмір регулювання відстані між	
підштамповою плитою та повзуном, мм	560
Розмір стола, мм	640x820
Розміри повзуна, мм	600x600
Сумарна потужність	
електродвигунів, кВт	40
Маса, кг	42000

1.7 Вибір виду обрізання облою в поковках. Вибір обрізного пресу

1.7.1 Визначення зусилля для обрізання облою

За рекомендаціями [4, 8-12] обираємо холодне обрізання облою. Необхідне для обрізання облою зусилля обрізного пресу визначається за формулою

$S := 222.5$ мм - периметр різку (визначається засобами Компас-Графік)

z - розмір який визначається графічно по лінії зрізу облою (визначається засобами КОМПАС-ГРАФІК).

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

$z := 4.1$ мм

$n := 0.9$ мм

$t_0 := z + n$ мм - товщина облою

$t_0 = 5$ мм

$$P_{об} := 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot S \cdot t_0 \cdot \sigma_{в} \quad P_{об} = 0.841 \quad \text{МН}$$

Оскільки номінальне зусилля обрізного пресу знаходиться в межах норми остаточно приймаємо холодний спосіб обрізання облою, так як він має ряд суттєвих переваг, а саме: полегшує автоматизацію і механізацію процесу, дозволяє збільшити продуктивність обрізних пресів, отримати більш точні розміри поковок з більш гладкою поверхнею, а також збільшити стійкість штампів.

1.7.2 Вибір обрізного пресу

Враховуючи габарити штампів для обрізання облою вибираємо однокривошипний обрізний прес номінальним зусиллям 1600 кН з наступними технічними характеристиками:

Номінальне зусилля, кН	1600
Хід повзуна, мм	250
Частота ходів повзуна, 1/хв :	
безперервних	40
Найбільша відстань між столом та повзуном преса в його нижньому положенні, мм	450
Розмір стола, мм	800x800

1.8 Вибір режимів термообробки поковок

Для вилучення внутрішніх напруг, наклепу та покращення механічних властивостей застосовують термічну обробку - нормалізацію [3, 4, 9-13].

Нормалізація включає нагрівання доєвтектоїдної сталі на 30-50°C вище точки $A_{с3}$ з охолодженням в повітрі для отримання тонкопластинчастої перлітної структури. Нагріваємо поковку до температури 750-870°C у відповідному обладнанні. Охолоджує середовище- повітря.

Вибираємо обладнання для нагрівання :

Камерна електропіч опору : Модель 1СНЗ-8,5.14.6,5/8,5	
Установлена потужність,кВт	100
Номинальна температура,єС	900
Розміри робочого простору, мм:	
ширина	850
довжина	1400
висота	650
Напруга живильної мережі, В	380
Число фаз	3
Маса електропечі,т	8,72
Потужність холостого ходу, кВт	15,4

1.9 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 масовому виробництві очистку дробом [4, 9].

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

1.10 Вибір способу та обладнання для правки поковок

Предбачаємо правку поковок [4, 9, 11].

Зусилля преса: $P = q_k \cdot F$

q_k - питома зусилля правки, МПа

F - початкова площа поверхні правки, мм²

$$q_k := 200 \text{ МПа} \quad F_{\text{п}} := 1560 \text{ мм}^2$$

$$P := q_k \cdot F_{\text{п}} \quad P = 3.12 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вибираємо гвинтовий прес по ГОСТ 713Е-81.

Технічна характеристика:

Номинальне зусилля, МН	0,63
Ефективна номінальна енергія, кДж, не менше	2,5
Найбільший хід повзуна S мм, не менше,	230
Число ходів повзуна в хвилину	35
Відстань між напрямними в світлі, мм	400
Розмір повзуна L, мм	390
Розмір стола, мм	450x500
Відстань між підштамповою плитою стола і ползуном в його нижньому крайньому положенні Н, мм	210

1.11 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 користуємося рекомендаціями [4, 8, 9].

Вибираємо штангенциркуль ШЦ-11 ГОСТ 166-80 0-250 мм;
Лінійка 1000 ГОСТ 427-75;

Фотопірометр;

Для вимірювання радіусів закруглення використовуємо набір радіусних шаблонів.

1.12. Розробка плану штампувальної дільниці.

При розробці плану штампувальної дільниці користуємося типовими планами дільниць [9] (рис. 1.8.).

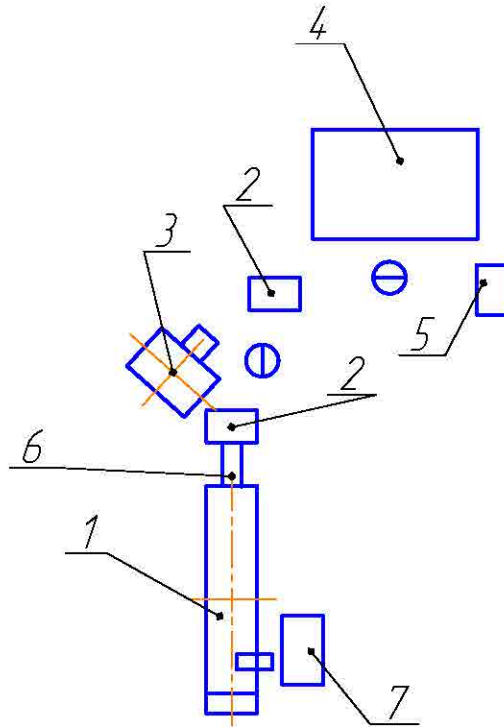


Рисунок 1.8 - Організація робочого місця штампувальника КГШП:
1-індуктор; 2-стіл; 3-кувальні вальці; 4-КГШП; 5-тара для поковок; 6-склиз; 7-завантажувач.

Після штампування поковки передаються на участок обрізання облою, який знаходиться окремо від участка штампування. Організація робочого місця при обрізанні облою наведена на рис.1.9. .

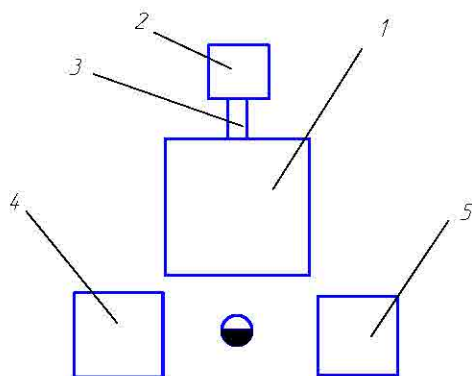


Рисунок. 1.8 - Організація робочого місця штампувальника:
1- обрізний прес; 2-тара для поковок; 3-склиз; 4-тара для заготовок,
5- тара для облою.

Після обрізання облою та термообробки поковки передаються на участок холодної правки, який знаходиться окремо від участка штампування. Організація робочого місця при холодній правці наведена на рис. 1.9.

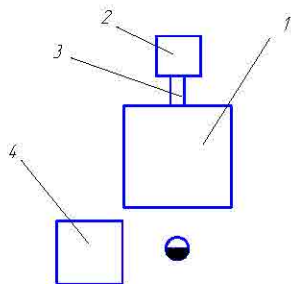


Рисунок 1. 9 - Організація робочого місця штампувальника для холодної правки: 1- гвинтовий прес; 2-тара для поковок; 3-склиз;
4-тара для заготовок.

1.13 Вибір складу робочої бригади та розрахунки норм часу на штампування

Склад робочої бригади приймаємо на основі розробленого плану штампувальної ділянки. Розрахунки норм часу на штампування на кожного члена бригади виконуємо з врахуванням особливостей організацій робочих місць [9]. Продуктивність штампувальної ділянки визначаємо по найбільш завантаженому робітнику бригади.

Вихідні дані :

Деталь – важіль

Матеріал – Сталь 45

Вага заготовки, кг – 0,204
 Вага поковки, кг – 0,150
 Зусилля кувальних вальців, МН – 0,16
 Зусилля КГШП, МН – 6,3
 Кількість рівчаків в штампі – 2
 Бригада – 2 робітника

Найменування переходів	Вага заготовки	Повтор прийомів	час, хв	
			Основ	Допом

Оперативний час вальцювальника

1. Взяти заготовку з транспортера кліщами та встановити в рівчак кувальних вальців	0,2	-	0,036	
2. Прокатати заготовку в двох рівчачах	0,2	2	0,052	-
3. Покласти заготовку на стіл	0,2	1	-	0,016
Разом.....			0,052	0,052

$$T_{оп.в.} = T_{о} + T_{в} = 0,052 + 0,052 = 0,104 \text{ хв}$$

Оперативний час штампувальника КГШП

1. Взяти заготовку кліщами зі столу, встановити в рівчак та натиснути педаль	0,2	1	-	0,025
2. Штампувати заготовку в 2-х рівчачах	0,2	2	0,02	
2.1. Перекласти поковку в попередній рівчак та натиснути педаль	0,2	1	-	0,018
2.2. Перекласти поковку з попереднього рівчача в кінцевий та натиснути педаль	0,2	1	-	0,018
3. Винести поковку з рівчача та кинути на склиз	0,2	1	-	0,015

Всього..... 0,02 0,226

Топ.в.=То+Тв=(0,02+0,226)=0,246 хвил

Оперативний час пресувальника по обрізанню облою

1.Взяти поковку кліщами з тари, покласти на штамп та натиснути педаль	0,2	1	-	0,052
2.Обрізати		1	0,025	-
3.Зняти задирку зі штампа кліщами та відкинути в тару	0,05	1	-	0,018

Всього.....0,095 0,07

Топ.в.=(Тв+То)=(0,095+0,07)=0,165 хвил

Оперативний час пресувальника по правці поковки

1.Взяти поковку кліщами, покласти на штамп та натиснути педаль, здійснити правку	0,15	1	0,026	0,052
2.Винути поковку з штампу та відкинути в тару	0,15	1	-	0,028

Всього..... 0,106 0,08

Топ.в.=То+Тв=0,106+0,08=0,186 хвил

Розрахунок норми штучного часу здійснюємо по найбільш завантаженому робітнику- штампувальнику:

$T_{шт} = T_{оп.в} \times K = 0,246 \times 1,27 = 0,312$ хвил.

Норма виробітки визначається з формули:

$N_v = 420 \text{ хвл} / T_{шт} = 420 / 0,236 = 1346$ шт.

1.14 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування

Результати розробки технологічного процесу штампування фіксуємо в технологічній карті, яка містить основні відомості по розробленому технологічному процесу. (див. дод. Б).

2 Конструкторська частина

2.1 Конструювання штампу КГШП

2.1.1 Визначення розмірів гарячої поковки

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.

$$l := 24 \text{ мм}$$

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

$$t := 850^\circ$$

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

$$a = 24.245 \text{ мм}$$

Результати розрахунку інших розмірів наведені нижче

Розміри холодної поковки, мм	Розміри гарячої поковки, мм
43,2	43,6
7	7.1
R3	R3.1
5	5.1
R9	R9.1
R4	R4.1
R15	R15.1
18	18.2
12	12.1
35	35.3
84	84.8
25	25.2

2.1.2 Розрахунок та конструювання штампувальних ривчаків

Штампувальні ривчаки виготовляємо за кресленням гарячої поковки, яке складаємо згідно відповідних правил [4, 5, 9]:

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

2. В примітці до креслення зазначаємо:

Штампувальні уклони – 5°;

Невказанні радіуси закруглень – 1,5°;

Усадка врахована – 1,5%.

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

Чорновий ривчак конструюємо згідно [5] за

кресленням гарячої поковки. Штампувальні уклони - 5°.

Заокруглення кромek фігури приймаємо на 2мм більше ніж у чистовому, $R=4\text{мм}$.

2.1.3 Опис конструкції штампa КГШП

Виходячи з габаритів поковки розраховуємо ширину та довжину вставок КГШП та по нормалям вибираємо найближчі за розмірами.

Штамп КГШП складається з наступних деталей (див. складальний кресленик штампa (КРБ.ПМ.25.23.12.01.00):

1- корпус нижній; 2- корпус верхній; 3- планка; 4- планка; 5- планка; 6- плитка опорна; 7- клин; 8 - клин; 9 - колонка; 10 - втулка; 11 - шайба брудозахисна; 12 - кришка; 13 - кришка; 14 - двоплечий важіль; 15 - корпус підшипника; 17 - гільза; 18 - штовхач; 19 - пружина; 20 - відлипач, 21 - вставки.

Штамп КГШП працює наступним чином. Заготовка подається в робочу зону штампa штампувальником. На першому переході відбувається штампування заготовки в пережимному ривчаку, на другому переході в попередньому ривчаку і на третьому переході в кінцевому ривчаку. Вилучення поковки з попереднього та кінцевих ривчаків

відбувається за допомогою відлипаців 20, які спрацьовують від штовхачів 18, що в свою чергу, приводяться в дію від двоплечих важелів. Напрямок верхньої плити відносно нижньої забезпечується напрямними колонками 9 та втулками 10 з заднім розташуванням.

Дві напрямні колонки виконуються позаду, щоб вони не заважали

Для захоплення поковки кліщами за облой у вставках виконуються виїмки.

Чистовий рівчак виготовляється по кресленню гарячої поковки. У місці розташування головки поковки виконуються газовідводні канали діаметром 1,5 мм.

Радіуси переходів чорнового рівчака збільшуються у два рази відносно радіусів чистового рівчака. Гострі кромки скругляються.

Для запобігання плити блока від зносу між вставками та плитами встановлюються ковані термічно оброблені підкладні плити, які виконані з легованої сталі. Товщина підкладної плитки 80 мм згідно [4, с.141].

Габаритні розміри вставок вибираються згідно зусилля преса та розміру заготовки: ширина 140 мм, довжина 250 мм, висота 100 мм.

Для вставок використовується сталь підвищеної теплостійкості і в'язкості 4X5B2ФС, яка широко використовується для інструменту гарячого деформування, в умовах тривалого циклічного нагрівання до температур 600-630 °С.

Відмінною особливістю сталі від сталей помірної теплостійкості є підвищений зміст карбидоутворюючих елементів (Cr, Mo, W, V та інші) при 0,4%С.

Рекомендована температура гартування сталі 1040 °С, твердість 53-56 HRCe, відпуск при температурі 560-580 С, на твердість 48-50 HRCe (460-495 HB). Тривалість відпуску 1,5 години.

Допустима температура тривалого розогріву для сталі 4X5B2ФС не повинна перевищувати 620-630 °С.

Вставки штампла для запобігання крихкого руйнування необхідно підігрівати перед початком роботи до температури 300-350 °С.

Плиту верхню та нижню виконуємо із сталі 30Л (ГОСТ 977), твердість HB ? 255.

Колонки і втулки виготовляємо із сталі 20 (ГОСТ 1050) з наступною цементациєю.

Плиту підкладну виготовляємо із сталі 40X (ГОСТ 1577) HB 378-432.

Планки бокові, задні, передні та прижими виготовляємо з сталі 40X, HRC 40-45.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У сучасному машинобудуванні постійно зростають вимоги до ефективності виготовлення відповідальних деталей, особливо у великосерійному виробництві. Однією з таких деталей є «Кулачок», що виготовляється методом гарячого штампування зі сталі 45. Це компактна деталь з масою 90 г та габаритами 35×84×40 мм, яка має складний плоский контур із трьома симетричними виступами (бобишками) різної висоти, в яких виконано наскрізні отвори діаметром 11 мм.

З огляду на характер серійного виробництва та вимоги до якості, точності і продуктивності, найбільш доцільним є застосування кривошипного гарячештампувального пресового обладнання (КГШП). У порівнянні з молотами, КГШП забезпечують вищу точність розмірів, кращу якість поверхні, зменшення припусків на механообробку, а також можливість автоматизації подачі, з'являється й термічний контроль. Це особливо важливо при роботі зі сталлю 45, яка потребує контрольованих умов нагріву та деформування для запобігання утворенню тріщин і збереження механічних властивостей.

Актуальність роботи полягає в необхідності вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кулачок» шляхом вибору оптимального типу обладнання, режимів деформування, технологічного оснащення і послідовності операцій. Це дозволить підвищити продуктивність, знизити брак, подовжити ресурс штампів і зменшити загальні витрати виробництва без втрати якості готового виробу.

2. Розроблено прогресивний технологічний процес виготовлення деталі «Кулачок» із застосуванням математичного програмного середовища Mathcad, де обґрунтовано доцільність її штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі. Це дозволяє підвищити якість продукції та продуктивність процесу, а також оперативно виконувати оптимізаційні

розрахунки технологічних параметрів і формувати розрахунково-пояснювальну записку;

3. Виконано проектування складального кресленика прогресивного штампа для КГШП і складального кресленика блока вставок з кінцевим рівчаком, які після доопрацювання та розробки повного комплексу робочої документації, можуть бути впроваджені у серійне виробництво.




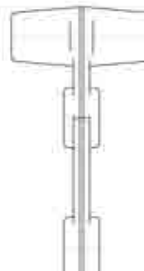
Перелік джерел посилання

1. Absolut metal. URL: <https://www.absolut-metall.com.ua/uslugi/> (дата звернення: 28.05.2025).
2. Metinvest-smc. URL: <https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-20/?srsltid=AfmBOor5HoL-8ozZz9Vjmpu2kRswJvq9-RnCUihNllCiaxZG0-LIuTlo> (дата звернення: 20.05.2025).
3. Ковка и штамповка. Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семенова.- Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка.-М.: Машиностроение,1985.-567 с.
4. Ковка и штамповка . Справочник в 4 т. / Под ред. Е.И. Семенова.-Т.2. Горячая объемная штамповка.-М.: Машиностроение,1986.-592 с.
5. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в 2 т./ Под.ред. Сторожева М.В. –Т.1, –М.: Машиностроение, 1967 г., –435 с.
6. Ковка и объемная штамповка стали. Справочник в 2 т. / Под. ред. Сторожева М. В. – Т.2, -М.: Машиностроение , 1968 г., - 448 с.
7. ГОСТ 7505-74. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.
8. Гусачук Д. А., Парфентьева І. О. Технологія гарячого штампування : електронний підручник. Луцьк: Луцький НТУ. URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/TGSh_EP/index.html (дата звернення: 22.05.2025).
9. Носуленко В. І. Кування і гаряче об'ємне штампування : Навчальний посібник. – Кропивницький, : ЦНТУ, 2017, – 224 с.
10. 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.
11. Гаряче об'ємне штампування / І.С. Алієв, Я.Г. Жбанков. – Краматорськ: ДДМА, 2012. – 240 с.

12. Технологія гарячого штампування та конструювання штампів. Конспект курсу лекцій для студентів напряму підготовки 6.050502 "Інженерна механіка" / В.В. Іващенко. - К: НТУУ «КПІ», 2012. - 144 с.
13. Технологія гарячого штампування. Конспект лекцій для студентів напряму 6.050502 "Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування" / Д.А. Гусачук. - Луцьк: Луцький НТУ, 2014. - 68 с.
14. ГОСТ 3.1403-74. Правила оформлення документів на ковку и штамповку.
15. 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.
16. 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
17. Сясеv А. В. Вступ до системи MathCAD: навч. посіб. – Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2004. – 108 с. ISBN 966-551-134-3 ь
18. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти спец. 131 «Прикладна механіка» / [уклад. : К. Щербина, В. Шмельов, О. Скрипник, А. Гречка, О. Кузик] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки, каф. матеріалознавства і ливарного виробництва. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024 – 16 с.
19. Кваліфікаційна робота за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти : метод. рекомендації з оформлення кваліфікаційної роботи : спец. 131 Прикладна механіка / [уклад. : В. А. Мажара, А. І. Гречка, В. В. Свяцький та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. машинобудування, мехатроніки і робототехніки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 40 с.

Додатки

Б.2 Другий аркуш технологічної карти

№	Назва операції, переходу	Ескіз переходів	Температурний режим кування і термообробки				Інструмент	Обладнання	Норма		Робоча сила	
			одомасне нагрівання	час підгрівання	температура вана	нагрівання у ванні			нагрівання у ванні	нагрівання у ванні	шт	шт
6.2	Кінцеве штампування											
7.	Контроль						Шаблон, Штампциркуль				Контролер	IV
8.	Допоміжні операції											
8.1	Обрізання ободу						Штамп пристої ді	Прес обрізний 1,6 МН			Штампувальник	III
9.	Контроль				800		Шаблон, Штампциркуль				Контролер	IV
10.	Термообробка						Термопід по Борделю	Камера електронич опору ІСН1-8.5.14.6.5.8.5			Нагривальник	III
11.	Контроль										Контролер	IV
12.	Очищення							Дробоструйний апарат 334М			Галузальник	II
13.	Правка холодна						Шаблон	Гвинтовий прес Рг=1,6 МН			Штампувальник	III
14.	Контроль						Шаблон				Контролер	IV

ДОДАТОК В
**Специфікація до складального кресленника
штампу КГШП**

В.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленник

Поз.	Познака	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.25.23.12.01.00	Складальне креслення			
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.25.23.12.01.01	Плита нижня	1		
2	КРБ.ПМ.25.23.12.01.02	Плита верхня	1		
3	КРБ.ПМ.25.23.12.01.03	Планка бокова	1		
4	КРБ.ПМ.25.23.12.01.04	Планка задня	1		
5	КРБ.ПМ.25.23.12.01.05	Планка передня	1		
6	КРБ.ПМ.25.23.12.01.06	Плита підкладна	1		
7	КРБ.ПМ.25.23.12.01.07	Притискувач боковий	1		
8	КРБ.ПМ.25.23.12.01.08	Притискувач	1		
9	КРБ.ПМ.25.23.12.01.09	Колонка напрямна	2		
10	КРБ.ПМ.25.23.12.01.10	Втулка напрямна	2		
11	КРБ.ПМ.25.23.12.01.11	Сальник	2		
12	КРБ.ПМ.25.23.12.01.12	Кришка сальника	2		
13	КРБ.ПМ.25.23.12.01.13	Важіль двуплечий	1		
14	КРБ.ПМ.25.23.12.01.14	Підшипник	1		
15	КРБ.ПМ.25.23.12.01.15	Кришка підшипника	1		
16	КРБ.ПМ.25.23.12.01.16	Стакан	8		
17	КРБ.ПМ.25.23.12.01.17	Штовхач	8		
18	КРБ.ПМ.25.23.12.01.18	Пружина	8		
19	КРБ.ПМ.25.23.12.01.19	Штовхач	8		
20	КРБ.ПМ.25.23.12.01.20	Пружина	8		
Затверджено організація Кафедра ММР		Технічне узгодження Володимир МІРЗАК	Розробник документа Сергію ЧИРКА	Документ затверджено Андрію ГРЕЧКА	Масштаб 1:1
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет		Вид документа Специфікація		Статус документа Набачальний	
		Назва Штамп КГШП		Позначення КРБ.ПМ.25.23.12.01.00	
		Рів. змін А	Дата виходу 2025-03-06	Мова uk	Аркуш 1/2

