

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
«_____» _____ 2026 р.

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

**Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення
деталі «Важіль» в умовах серійного виробництва**

Виконала здобувачка вищої освіти
4 курсу групи ПМ-23мб-2
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Ілона ВОВЧЕНКО

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир МІРЗАК

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

Кропивницький 2026

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

13 квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
Вовченко Ілоні Вікторівні

Тема роботи:

Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Важіль» в умовах серійного виробництва.

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир МІРЗАК

Затверджено наказом ЦНТУ від 01 квітня 2026 року № 199-02.

Строк подання роботи до захисту:

20 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: Метою роботи є розроблення технологічного процесу гарячого штампування поковки типу «Важіль» для умов серійного виробництва.

Завдання: виконати конструктивно-технологічний аналіз деталі; обґрунтувати оптимальний спосіб штампування для умов серійного виробництва; розробити креслення поковки з урахуванням припусків на механічну обробку; побудувати розгортку моделі поковки та визначити площі характерних поперечних перерізів для побудови епюри перерізів і епюри діаметрів розрахункової заготовки; визначити необхідні заготівельні операції перед попереднім та кінцевим штампуванням; вибрати раціональні параметри вихідної заготовки; вибрати нагрівальне обладнання; вибрати штампувальне та допоміжне обладнання; розробити план штампувальної дільниці та розрахувати норми часу на штампування; скласти карту технологічного процесу; спроектувати молотовий штамп та штамп для обрізання облою. Тип виробництва –серійний.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	20.04.2026 р.	
2	Виконання загальної частини	27.04.2026 р.	
3	Виконання технологічної частини	04.05.2026 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2026 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2026 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2026 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	12.06.2026 р.	
8	Рецензування роботи	16.06.2026 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	20.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
13 квітня 2026 р.

Здобувач вищої освіти _____ Ілона ВОВЧЕНКО

Керівник роботи _____ Володимир МІРЗАК

АНОТАЦІЯ

Вовченко І. В. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Важіль» в умовах серійного виробництва : кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. В. Я. Мірзак; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. 56 с.

Креслеників – разом 4 аркуші формату А1.

Метою роботи є розроблення технологічного процесу гарячого штампування поковки типу «Важіль» для умов серійного виробництва.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю оптимізації технологічного процесу виготовлення поковки "Важіль" в умовах серійного виробництва за рахунок впровадженням методу спареного штампування на пароповітряному молоті.

В роботі виконано конструктивно-технологічний аналіз деталі; вибрано та проаналізовано оптимальний спосіб штампування; розроблено креслення поковки з урахуванням припусків на механічну обробку; побудована розрахункова заготовка; визначені необхідні заготівельні операції; вибрано раціональні параметри вихідної заготовки; вибрано нагрівальне, штампувальне та допоміжне обладнання; розроблено плани штампувальних ділянок та розраховано норми часу на штампування; складено карту технологічного процесу та спроектовано штампи молотовий й для обрізування облою; розроблено рекомендації щодо впровадження спареного штампування у серійному виробництві.

Ключові слова: технологічний процес, гаряче штампування, розрахункова заготовка, зусилля штампування, спарене штампування, штамп молотовий, штамп для обрізування облою

ANNOTATION

Ilona VOVCHENKO. Design and technological support for the manufacture of the "Lever" part in serial production. Qualification work for the educational level "Bachelor", specialty 131 Applied mechanics / Scientific supervisor Volodymyr MIRZAK : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2026. 56 p.

Drawings – summary 4 sheets A1 format.

The purpose of the work is to develop a technological process for hot stamping of a forging of the "Lever" type for serial production conditions.

The relevance of the work is due to the need to optimize the technological process for manufacturing a forging "Lever" in serial production conditions by introducing the method of paired stamping on a steam-air hammer.

The work includes a structural and technological analysis of the part; the optimal stamping method is selected and analyzed; a forging drawing is developed taking into account allowances for machining; a calculated workpiece is constructed; the necessary machining operations are determined; rational parameters of the initial workpiece are selected; heating, stamping and auxiliary equipment are selected; plans for stamping sections are developed and time standards for stamping are calculated; a technological process map is drawn up and dies for a steam-air hammer and for cutting off excess metal were designed; recommendations are developed for the introduction of paired stamping in serial production.

Keywords: technological process, hot stamping, calculated workpiece, stamping force, paired stamping, die for a steam-air hammer, die for cutting off excess metal

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення
деталі «Важіль» в умовах серійного виробництва
КРБ.ПМ.26.64.22.00.00**

Виконала здобувачка вищої освіти
4 курсу групи ПМ-23мб-2
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Ілона ВОВЧЕНКО

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

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	11
1. 1.1 Опис і технічна характеристика деталі.....	11
1.2 Вибір та обґрунтування оптимального способу штампування...	12
1.3 Розробка кресленника поковки.....	12
1.4 Визначення штампувальних переходів.	14
1.5 Визначення розмірів та побудова вихідної заготовки.....	20
1.6 Температурний режим штампування. Вибір типу нагрівального устаткування.....	23
1.7 Розрахунок зусилля штампування. Вибір обладнання	24
1.8 Вибір виду обрізання облою в поковках, визначення зусилля та вибір обрізного пресу	25
1.9 Вибір режимів термообробки поковок.....	26
1.10 Вибір способу та обладнання для очистки поковок від окалини.....	26
1.11 Вибір способу та обладнання для правки поковок.....	27
1.12 Вибір методів контролю та вимірювального інструменту.....	27
1.13 Організація робочих місць штампувальників	27
1.14 Вибір складу робочої бригади та розрахунки норм часу на штампування.....	29
1.15 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування.....	30
Розділ 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	31
2. 2.1 Молотовий штамп	31
2.2 Конструювання штампа для обрізання облою	38
2.3 Рекомендації щодо впровадження спареного штампування у серійному виробництві	44
Загальні висновки	45
Перелік джерел посилання	46
ДОДАТКИ	48
Додаток А. Кресленик деталі «Важіль».....	49
Додаток Б. Технологічна карта виготовлення деталі «Важіль».....	50
Додаток В. Специфікація до складального кресленника молотового штампу	52
Додаток Г. Специфікація до складального кресленника штампу для обрізування облою	53
Додаток Д. Рекомендації щодо впровадження спареного штампування у серійному виробництві.....	54

ВСТУП

Актуальність роботи

Деталі типу «важіль» широко застосовуються у механізмах керування, приводах, шарнірних з'єднаннях, сільськогосподарських машинах, транспортних засобах, верстатному та загальномашинобудівному обладнанні. Такі деталі зазвичай працюють в умовах змінних навантажень, згину, розтягу-стиску, кручення та контактної взаємодії у зонах отворів і бобишок. Тому для них важливими є не лише точність геометричних розмірів, а й достатня міцність, межа витривалості, відсутність внутрішніх дефектів і раціональний напрямок волокон металу.

Гаряче об'ємне штампування є одним із найбільш доцільних способів одержання заготовок для деталей типу важелів, тяг, вилок, шатунів і кронштейнів. Під час штампування нагріта заготовка послідовно деформується у рівчаках штампа або інших спеціальних інструментах, набуваючи форму, наближену до форми готової деталі. Це дозволяє зменшити припуски на механічну обробку, підвищити коефіцієнт використання металу, забезпечити кращу структуру металу та створити сприятливе розташування волокон уздовж основного контуру деталі [1–3].

У переважній більшості, поковки типу «важіль» штамнуються поодиночі, тобто з однієї заготовки отримують одну поковку важеля. Такий підхід є простішим з точки зору конструкції штампа, налагодження обладнання та контролю процесу. Однак для дрібних поковок масою близько 200 грам штампування поодиночі має ряд недоліків: значна частка допоміжного часу припадає на одну деталь, гірше використовується енергія удару молота, збільшується питома витрата металу на облой, а продуктивність процесу залишається обмеженою.

Альтернативою штампування поодиночі є спарене штампування, при якому дві поковки розташовуються симетрично вздовж осі та формуються з однієї нагрітої заготовки. Така схема є перспективною саме для деталей малої маси,

оскільки дозволяє за один робочий цикл отримати дві поковки. При цьому зменшується питомий час на нагрівання, перенесення, укладання заготовки в штамп, виконання ударів і подальші допоміжні операції. Крім того, при правильному розміщенні двох поковок у рівчаку можна більш раціонально організувати течію металу, зменшити втрати в облої і підвищити стабільність заповнення потовщених зон.

Особливої актуальності задача набуває в умовах серійного виробництва. Для дрібносерійного або серійного виробництва ускладнення штампа та використання дорогого обладнання (кривошипні гарячештампувальні преси) може бути економічно невиправданим. Однак для серійного виробництва пароповітряний штампувальний молот та молотовий штамп залишаються технологічно доцільним обладнанням та оснащенням, оскільки забезпечують достатню гнучкість, можливість роботи у кількох рівчаках, відносно просту переналадку та прийнятну вартість [3–5].

Кривошипні гарячештампувальні преси мають переваги щодо стабільності ходу повзуна, повторюваності деформації, можливості механізації подавання заготовок і підвищення продуктивності. Проте вони потребують більш точного розрахунку об'єму заготовки, жорсткішого дотримання температурного режиму, вищої точності виготовлення штампового оснащення і, як правило, є економічно доцільнішими при великосерійному або масовому виробництві.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю оптимізації технологічного процесу виготовлення поковки "Важіль" в умовах серійного виробництва. У роботі обґрунтовано перехід до серійного виробництва шляхом впровадження методу спареного штампування на пароповітряному молоті. Такий підхід забезпечує вищу продуктивність, мінімізацію витрат енергоресурсів і металу, а також ефективне завантаження наявного обладнання».

Мета роботи

Метою роботи є розроблення технологічного процесу гарячого штампування поковки типу «Важіль» для умов серійного виробництва.

Задачі роботи

1. Проаналізувати конструкцію деталі «Важіль», її матеріал, масу, форму, характерні перерізи та технологічні особливості. Створити тривимірну модель деталі у САПР SolidWorks.
2. Розробити креслення поковки з урахуванням припусків на механічну обробку, штампувальних ухилів, радіусів заокруглень, напусків і площини рознімання штампа. Створити тривимірну модель поковки у САПР SolidWorks.
3. Розробити пропоновану схему спареного розташування двох поковок у штампі з однієї заготовки.
4. Побудувати розгортку моделі поковки та визначити площі характерних поперечних перерізів для побудови епюри перерізів і епюри діаметрів розрахункової заготовки.
5. Визначити необхідні заготівельні операції перед попереднім та кінцевим штампуванням. Вибрати вид та визначити розміри вихідної заготовки.
6. Вибрати нагрівальне, штампувальне та допоміжне обладнання, розробити план штампувальної ділянки та розрахувати норми часу на штампування, скласти карту технологічного процесу, спроектувати молотовий штамп та штамп для обрізання облою, використати Mathcad та Excel для виконання технологічних розрахунків,
7. Розробити рекомендації щодо впровадження спареного штампування у серійному виробництві.

Практична цінність роботи

Практична цінність роботи полягає у підвищенні ефективності виготовлення дрібної поковки типу «Важіль» за рахунок удосконалення схеми гарячого штампування. Запропонований спарений варіант дозволяє отримувати дві поковки з однієї нагрітої заготовки за один цикл роботи штампувального молота. Це створює передумови для зменшення питомого допоміжного часу, підвищення продуктивності, більш повного використання енергії удару та зниження собівартості однієї поковки.

Використання спареного штампування є особливо доцільним для серійного виробництва, де кількість деталей достатня для виготовлення спеціалізованого штампового оснащення, але не завжди виправдовує перехід на більш дороге пресове обладнання. У цьому випадку модернізація технологічної схеми на базі пароповітряного молота є економічно обґрунтованим рішенням.

Очікуваний практичний ефект від впровадження запропонованого варіанта полягає у:

- підвищенні продуктивності процесу гарячого штампування;
- зменшенні питомих витрат часу на одну поковку;
- раціональнішому використанні металу заготовки;
- зниженні частки допоміжних операцій на одну деталь;
- покращенні стабільності формоутворення за рахунок симетричного розташування поковок;
- зменшенні собівартості виготовлення поковки в умовах серійного виробництва;

Таким чином, запропонована технологія має практичне значення для ковальсько-штампувальних дільниць, які виготовляють дрібні та середні поковки типу важелів, тяг, вилок і кронштейнів у серійному виробництві. Результати роботи можуть бути використані при проектуванні технологічного процесу, розробленні креслення поковки, конструюванні штампа та техніко-економічному порівнянні базового і запропонованого варіантів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис і технічна характеристика деталі.

1.1.1 Призначення та область застосування деталі. Складання креслення поковки

Деталь "Важіль" призначена для передачі неспіввісних зусиль в механічних системах. Застосовується в коробках передач вантажних автомобілів, тракторів, самохідних установках. Працює в умовах середнього циклічного навантаження. Кресленик деталі «Важіль» наведено у додатку А

1.1.2 Конструктивно-технологічний аналіз деталі.

Деталь має достатньо складну просторову форму, елементи деталі розташовані в різних координатних площинах, що обумовлює підвищену складність оснащення для її виготовлення. В деталі є отвори діаметрами 12, 14, 16 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.

Важіль виготовляється із сталі 20 ДСТУ 7809.2015 . Сталь 20 відноситься до вуглецевої якісної конструкційної сталі. Хімічний склад сталі та механічні характеристики надані в табл. 1.1, 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад

Хімічний склад, %								
C	Mn	Si	Cu	Ni	Cr	As	P	S
0,17-0,24	0,35-0,65	0,17-0,37	≤0,25	≤0,25	≤0,3	≤0,8	≤0,03	≤0,04

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики

Марка матеріалу	Механічні характеристики			
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_1 , %
Сталь 20	420 (91)	250 (96)	360	20
Примітка: у дужках позначені характеристики при температурі кінця штампування - 750°C.				

1.1.4 Прийняття установчих баз

Враховуючи форму деталі приймаємо вихідні установчі бази. [6, 7].

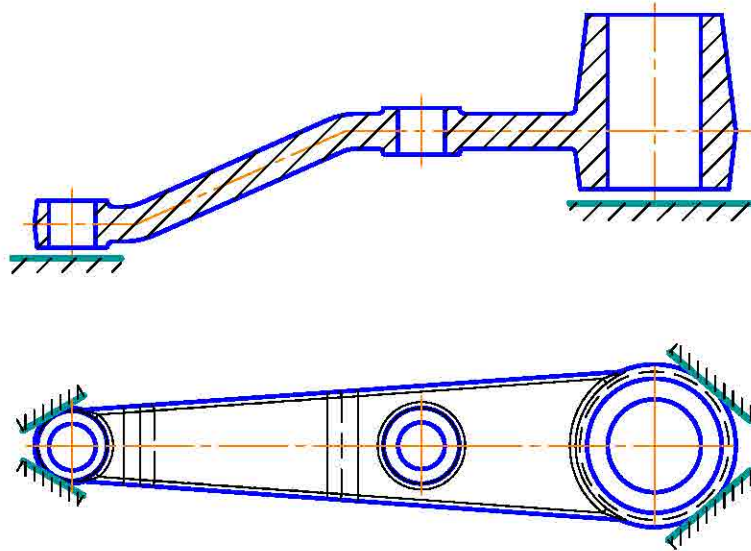


Рисунок 1.1 - Розташування установчих баз

1.2 Вибір та обґрунтування оптимального способу штампування.

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

1.3 Розробка креслення поковки.

Поковка відноситься до другого класу точності, група сталі М1 (вуглецева) з вигнутою поверхнею роз'єму. Маса деталі - 156,8 гр., визначена засобами САПР SolidWorks по побудованій твердотільній моделі (рис. 1.2) на основі креслення деталі [8]. Перед штампуванням поковку нагрівають в установці індукційного нагріву.

1.3.1 Визначення ступеню складності поковки.

Ступінь складності поковки C розраховуємо по формулі (1). Подальші розрахунки виконуємо в математичній програмі MathCad [9].

$G_d := 156.8$ - маса деталі, гр (визначена засобами креслярсько-графічного редактора SolidWorks).

$G_{\text{П}} := 1.25 \cdot G_{\text{Д}}$ - маса поковки, гр. $G_{\text{П}} = 196$

$G_{\text{Ф}} := 1052.3$ - маса фігури, яка охоплює поковку, гр
(визначена засобами графічного редактора SolidWorks).

$$C := \frac{G_{\text{П}}}{G_{\text{Ф}}} \quad C = 0.186 \quad (1)$$

Приймаємо складність поковки С3 [6, 7]

1.3.2 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 [10]. Припуски і допуски на поковку "Важіль" наведені в табл. 1.3.

Намітки під прошивку в поковці не виконуємо, оскільки діаметр отворів менше 30 мм.

Таблиця 1.3 – Припуски та допуски

Розмір деталі, мм	Припуск на сторону, мм	Допуск, мм ┌	Кінцевий розмір, мм
30	1.6	$\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	$34_{-0,4}^{+0,8}$
8	1.6	$\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	$12_{-0,4}^{+0,8}$
Ф12	-	$\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	$\Phi 12_{-0,7}^{+1,5}$
Ф 14	-	$\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	$\Phi 14_{-0,8}^{+1,6}$
Ф24	-	$\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	$\Phi 24_{-0,8}^{+1,6}$
25	-	$\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	$25_{-0,7}^{+1,5}$
36	-	± 0.30	36 ± 0.30
R14	-	$\begin{smallmatrix} +0,8 \\ -0,4 \end{smallmatrix}$	$R14_{-0,7}^{+1,5}$
100	-	± 0.50	100 ± 0.50
13	*	± 0.30	13 ± 0.30

Найменші радіуси зовнішніх закруглень - 1,5 мм.

Штампувальні ухили зовнішні - 7°

Допуски на кутові відхилення - 3.00'.

Зміщення - 0,4 мм.

Задирка - 0.6 мм.

1.3.3 Проектування наміток під прошивку

Оскільки діаметри отворів на деталі менші ніж 30 мм намітки під прошивку не виконуються.

Будуємо модель поковки з врахуванням припусків і допусків використовуючи графічний редактор SolidWorks (рис. 1.3.).

Маса поковки з врахуванням призначених припусків і допусків складає 230,9 гр., що вписується в раніше вибраний діапазон 0,0-0,25 кг. Перераховувати ступінь складності поковки і припуски не потрібно.

1.4 Визначення штампувальних переходів

1.4.1 Розрахункова заготовка

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

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

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_z - площа перерізу облою;

$S_{z.k.}$ - площа перерізу канавки для облою;

ξ - коефіцієнт заповнення канавки [6, 7]

Вибираємо перший тип облойної канавки [6, 7]. Схема облойної канавки та її параметри наведені на рис. 1.4.



Рисунок 1.2 – Параметрична тривимірна твердотільна модель деталі "Важіль"



Рисунок 1.3 – Параметрична тривимірна твердотільна модель поковки "Важіль"

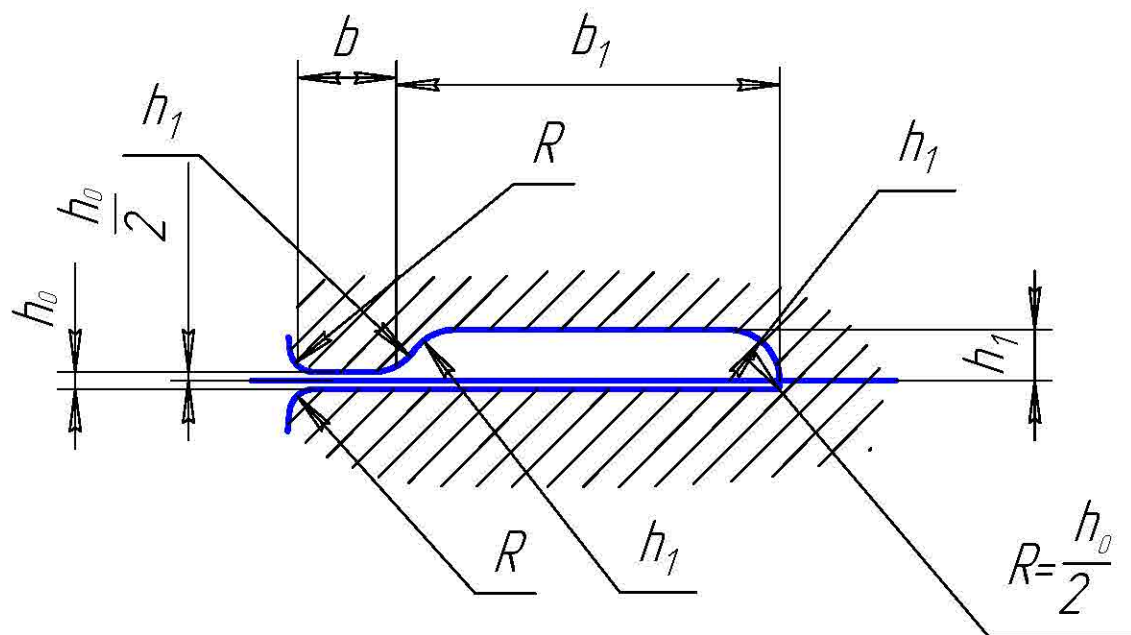


Рисунок 1.4 - Схема облойної канавки

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

Для поковок довільної форми

$F_{\Pi} := 2290 \text{ мм}^2$ (визначається засобами графічного редактора SolidWorks по кресленню поковки)

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

$$h_0 = 0.718 \text{ мм}$$

Приймаємо $h_3 := 0.8 \text{ мм}$

Розміри облойної канавки вибираємо по [6, 7, 11, 12].

$$h_1 := 3 \quad R := 1.0 \quad b := 6 \quad b_1 := 20 \quad S_{обк} := 69 \text{ мм}^2$$

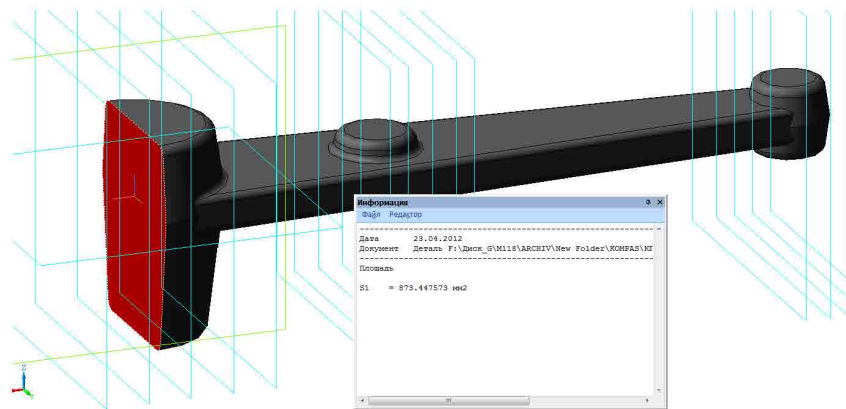
$\xi := 0.4$ - коефіцієнт заповнення рівчака

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 SolidWorks (рис. 1.5.). Отримані дані та результати розрахунків зводимо у розрахункову таблицю. 1. 4., яка вставлена як об'єкт Excel [9].

а)



б)

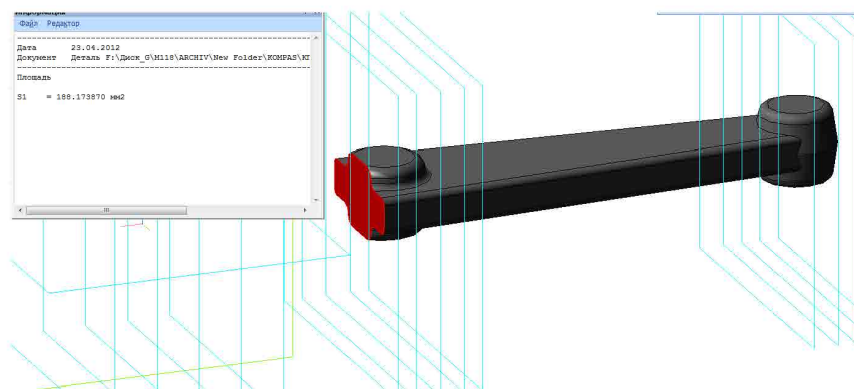


Рисунок 1.5 – До розрахунку епюри перерізів поковки "Важіль" засобами SolidWorks: а) – переріз №2; б) – переріз №6.

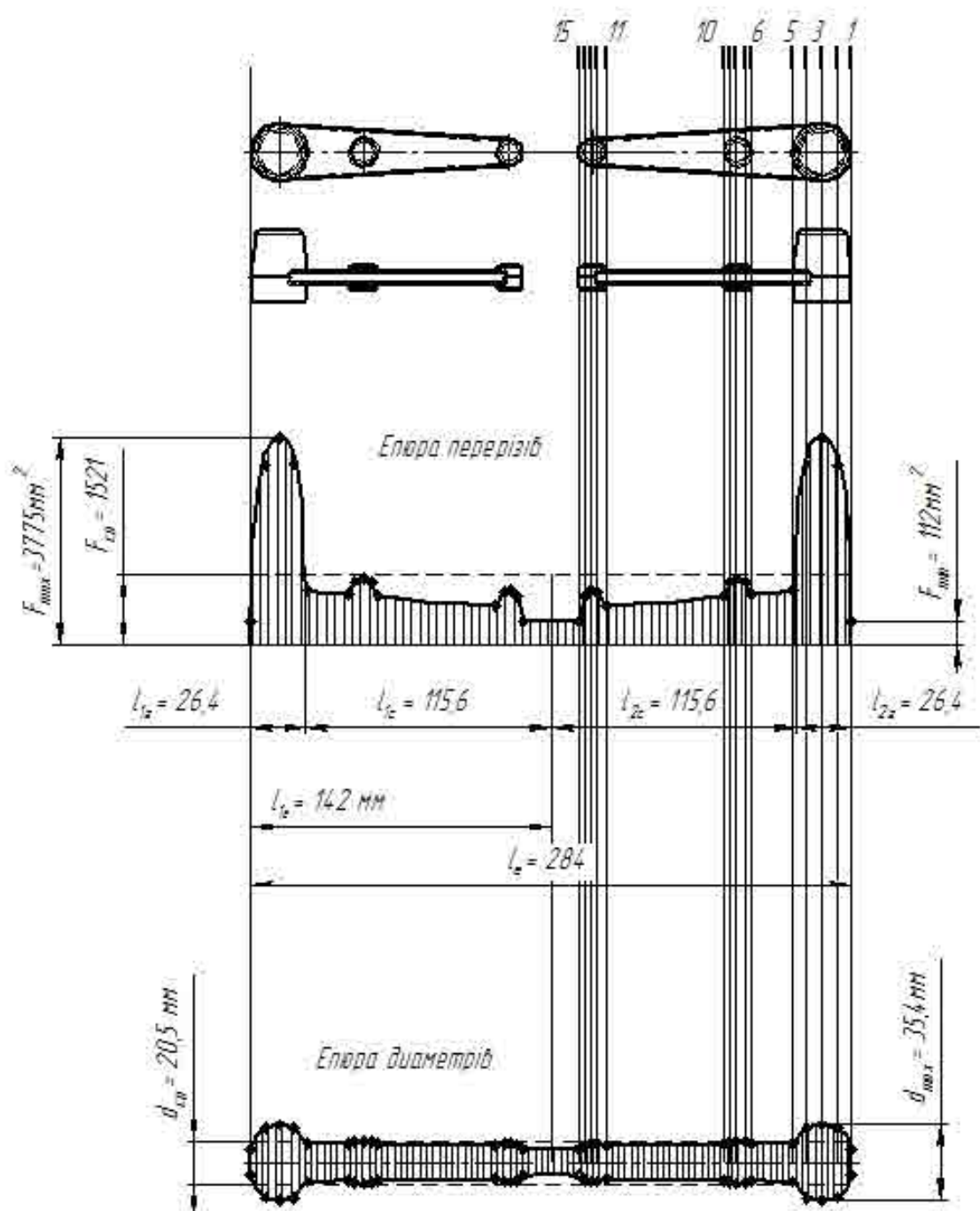


Рисунок 1.6 – Розрахункова заготовка (енюра перерізів та діаметрів)

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. В результаті отримуємо елементарну заготовку з параметрами наведеними на епюрах діаметрів та перерізів.

1.4.2 Вибір заготівельних рівчаків

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

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

$$d_{lmax} := 35.4$$

$$l_{le} := 142.0$$

$$\alpha_1 := \frac{d_{lmax}}{d_{cp}}$$

$$\beta_1 := \frac{l_{le}}{d_{cp}}$$

$$\alpha_1 = 1.727$$

$$\beta_1 = 6.926$$

По діаграмі Ребельського [6, 11] елементарна заготовка попадає в зону вибору протягувального та підкатного закритого рівчака. Вибираємо в якості заготівельних рівчаків протягувальний та підкатний закритий.

Перевіряємо необхідність заготівельних рівчаків по коефіцієнту підкатки.

Загальний коефіцієнт підкатки визначається по формулі

$$K_{по} := \frac{d_{lmax}^2}{d_{cp}^2} \quad K_{по} = 2.981$$

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 $K_{п}$ вібраних рівчаків. По [6, 7, 11] вибираємо підкатний закритий $K_{п1}=1,6$, попередній $K_{п2}=1,1$, кінцевий $K_{п3}=1,05$.

$$K_{\text{пр}} := 1.6 \cdot 1.1 \cdot 1.05 \quad K_{\text{пр}} = 1.848$$

Оскільки $K_{\text{по}} > 1,8$ то крім підкатного закритого рівчака застосовуємо протягувальний рівчак.

1.5 Визначення розмірів та побудова вихідної заготовки

1.5.1 Розміри заготовки

Об'єм заготовки

$$V_{\text{по}} := 9.349 \times 10^4 \quad \text{- об'єм поковки разом з об'ємом, визначається засобами SolidWorks, мм}^3;$$

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

$$V_{\text{зг}} := V_{\text{по}} + V_{\text{уг}}$$

$$V_{\text{зг}} = 9.536 \times 10^4 \quad \text{мм}^3$$

Площа перерізу вихідної заготовки визначається по [6, 7]

$$S_{\text{пд}} := 1.2 \cdot S_{\text{ср}} \quad \text{- з підкатуванням, мм}^2$$

$$V_{\text{г}} := 13500 \quad \text{- об'єм металу у головці поковки, мм}^3$$

$$l_{\text{г}} := 26.4 \quad \text{- довжина поковки, мм}$$

$$K := 0.07 \quad \text{- конусність, визначається по розрахунковій заготовці засобами SolidWorks}$$

$$S_{\text{пр}} := \frac{V_{\text{г}}}{l_{\text{г}}} \quad \text{- з протягуванням, мм}^2$$

$$S_{\text{пр}} = 511.364 \quad \text{мм}^2$$

$$S_{\text{зг}} := S_{\text{пр}} - K \cdot (S_{\text{пр}} - S_{\text{пд}}) \quad S_{\text{зг}} = 503.22 \quad \text{мм}^2$$

Довжина заготовки

$$l_{\text{з}} := \frac{V_{\text{зг}}}{S_{\text{зг}}} \quad l_{\text{з}} = 189.499 \quad \text{мм}$$

Сторона квадрата $S_{\text{в}}$

$$S_{\text{в}} := \sqrt{S_{\text{зг}}} \quad S_{\text{в}} = 22.433 \quad \text{мм}$$

Приймаємо стандартний квадратний профіль висотою 23 мм по ДСТУ 4746.2007.

Тоді скоригована довжина заготовки буде 180.5 мм.

1.5.2 Вибір вихідної заготовки. Розкрій металу та розрахунок відходів.

Згідно розрахунку вибираємо квадратний прокат 23х23 мм та довжиною 3,75 м, з граничним відхиленням по довжини +30мм, сортамент ГОСТ 2591-88.

Згідно діаграмі А.В. Ребельського [1, рис.27, стр. 75] поковка з параметрами (вага 0,231кг та довжина 284,0 мм) попадає в ІІІ зону, що свідчить про те, що поковка буде штампуватися з відрубанням її на ножі.

Приймаємо, що з однієї заготовки буде штампуватися дві спарених поковки.

Тоді довжина заготовки буде складати з врахуванням торцевого обрізу

$$L_{зг} = 4 \times l_3 + (3 \dots 5) = 4 \times 180,5 + 4 = 726 \text{ мм.}$$

Приймаємо довжину заготовки $L_{зг} = 726 \text{ мм.}$

З одного прутка отримаємо 5 заготовок довжиною 726 мм.

Згідно [3, с. 87, табл. 46] приймаємо уніфіковану довжину прутка

$$L_{p.y} = 3750 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт використання металу:

$$\eta_s = \frac{L_n}{L_{p.y}} = \frac{3685,4}{3750} = 0,983$$

де L_n - корисна довжина прутка, мм [3, с.87, табл.46].

$$L_n = L_{p.y} - \sum_{л.п} = 3750 - 100,15 = 3649,85 \text{ мм}$$

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

$$\sum_{л.п} = l_{від} + l_{обр} = 90,95 + 9,2 = 100,15 \text{ мм}$$

За допомогою рекомендацій [6, 7, 15] визначаємо довжину торцевого обрізу:

$$l_{обр} = (0,3 \div 0,5) \cdot a = 0,4 \cdot 23 = 9,2 \text{ мм,}$$

де a – сторона квадрата заготовки, мм.

Кількість заготовок із прутка визначаємо із співвідношення:

$$n = \frac{L_{p.y} - l_{обр}}{L} = \frac{3750 - 9,2}{726} = 5,15_{шт},$$

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

Визначаємо довжину відходу:

$$L = L_{p.y} - l_{обр} - (n_{зг} \cdot L_{зг}) = 3750 - 9,2 - (5 \cdot 726) = 110,8_{мм}$$

Визначаємо розхідний коефіцієнт:

$$k = \frac{L_{p.y}}{L_{p.y} - \sum_{л.п}} = \frac{3750}{3750 - 100,15} = 1,027$$

Сумарну вагу відходів на кожний пруток отримаємо з рівняння:

$$\sum Q' = \frac{q \cdot \sum_{л.п}}{1000} = \frac{4,126 \cdot 100,15}{1000} = 0,413_{кг},$$

де q – вага 1м. прутка.

Визначаємо вагу прутка: $Q_{пр} = \frac{q \cdot L_{p.y}}{100} = \frac{4,126 \cdot 3750}{1000} = 15,47_{кг}$

Норма витрати на одну деталь;

$$N = Q_{пр} / n = 15,47 / 20 = 0,758_{кг};$$

Допуски на довжину заготовки згідно [13, 14]: $\Delta = \pm 0,8$ мм.

Приймаємо спосіб різання прокату на заготовки сортовими ножицями.

Зусилля сортових ножиць визначається наступним чином:

$$K_p := 1,4 \quad \sigma_B := 420 \text{ МПа} \quad F := 529 \quad \text{мм}^2$$

$$P := K_p \cdot \sigma_B \cdot F \quad P = 3,111 \times 10^5 \text{ Н}$$

Визначивши необхідне зусилля, діаметр заготовки та її довжину вибираємо кривошипні ножиці моделі Н 1830 В.

Технічна характеристика

1. Номінальне зусилля 1000кН;
2. Найбільший розмір прокату, що розрізається:
 - коло 56 мм;
 - квадрат 55 мм;
3. Число подвійних ходів 75ход./хв.;
4. Потужність привода 18,8 кВт;
5. Найбільша довжина розрізуючої заготовки 630 мм;
6. Габаритні розміри 8700×2000×3000мм;
7. Маса 11,2 т.

1.6 Температурний режим штампування. Вибір типу нагрівального устаткування.

1.6.1 Температурний інтервал кування.

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

Температура закінчення штампування – 780°С

1.6.2 Нагрівальне обладнання

Приймаємо спосіб нагріву – індукційний, якій дає найменші втрати металу (від 0,2% до 0,4% маси 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 КИН 8-250/4 з наступними параметрами :

діаметр заготовки ,мм	20-60
найбільша довжина заготовки ,мм	70-250
довжина індуктора,мм	1000
потужність установки,кВт	250
частота, кГц	4
продуктивність 550 кг/ч для діаметра 60 мм	

Мінімальна тривалість нагрівання заготовки, виходячи з продуктивності обладнання ТВЧ-10 сек.

1.7 Розрахунок зусилля штампування. Вибір обладнання

$\sigma_t := 91$ - межа текучості сталі 20 при температурі кінця штампування, МПа;

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

$F_o := 3700.8$ - площа проекції містка облою, мм² (визначається засобами SolidWorks);

$F_{\Pi} := 4900.3$ - проекція поковки на площину роз'єму, мм² (визначається засобами SolidWorks);

$$D_{\text{пр}} := 1.13 \sqrt{F_{\Pi}} \quad D_{\text{пр}} = 79.102$$

$l_{\Pi} := 284$ - максимальний габаритний розмір поковки в плані, мм;

$b_{\text{ср}} := \frac{F_{\Pi}}{l_{\Pi}}$ - середня ширина поковки в плані, мм;

$$b_{\text{ср}} = 17.255$$

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

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

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

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

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

$$P := A \cdot (B + C \cdot D) \cdot E \quad P = 2.708 \times 10^3 \text{ кг}$$

Вибираємо молот з масою падаючих частин 3,15 т.

Технічна характеристика :	
Енергія удару, кДж, не менше	80
Номінальна маса падаючих частин, т.	3,15
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 штампів при найменшій його висоті, мм	800

1.8 Вибір виду обрізання облою в поковках, визначення зусилля та вибір обрізного пресу.

1.8.1 Вибір виду обрізання облою в поковках, визначення зусилля

За рекомендаціями [6, 7] обираємо холодне обрізання облою.

Необхідне для обрізання облою зусилля обрізного пресу визначається за формулою

$S := 568.8 \text{ мм}$ - периметр різку (визначається засобами Компас-Графік)

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

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

$$z := 3.8 \text{ мм}$$

$$n := 1.6 \text{ мм}$$

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

$$to = 5.4 \text{ мм}$$

$$\sigma_b := 420$$

$$P_{об} := 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot S \cdot to \cdot \sigma_b \quad P_{об} = 2.322 \text{ МН}$$

Прес вибираємо із врахуванням того, що будуть застосовані матриці зі скопненими крайками.

$$P_{ск} = (0.4 \dots 0.6) P_{об}$$

де $P_{об}$ - зусилля обрізки облою в матрицях з плоскими ріжучими крайками

$$P_{ск} := 0.6 \cdot P_{об} \quad P_{ск} = 1.393 \text{ МН}$$

Приймаємо прес зусиллям 2,5 МН.

1.8.2 Вибір обрізного пресу

Технічна характеристика:

Номінальне зусилля, кН	2500
Хід повзуна, мм	320
Частота ходів повзуна, 1/хв : безперервних	32
Закрита висота преса, мм	530
Розмір стола, мм	800x800
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	20

1.9 Вибір режимів термообробки поковок.

Для вилучення внутрішніх напруг, наклепу та покращення механічних властивостей застосовують термічну обробку - нормалізацію [6, 7, 15].

Нормалізація включає нагрівання доєвтектоїдної сталі на 30-50°C вище точки Ас3 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 електропід опору : Модель 1СН3-8,5.14.6,5/8,5	
Установлена потужність,кВт	100
Номінальна температура,°C	900
Габарити камери для нагрівання, 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

1.10 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 крупносерійному виробництві очистку дробом [6, 7].

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

1.11 Вибір способу та обладнання для правки поковок

Передбачаємо правку поковок [6, 7].

Зусилля преса: $R = q_k \cdot F$

q_k - питоме зусилля правки, МПа

F - початкова площа поверхні правки, мм²

$$q_k := 200 \text{ МПа} \quad F_p := 1110 \text{ мм}^2$$

$$R := q_k \cdot F_p \text{ Н} \quad R = 2.22 \times 10^5 \text{ Н}$$

Вибираємо гвинтовий прес по ДСТУ 713Е-81.

Технічна характеристика:

Номінальне зусилля, МН	0,4
Ефективна номінальна енергія, кДж, не менше	0,8
Найбільший хід повзуна S мм, не менше, мм	200
Число ходів повзуна в хвилину	42
Відстань між напрямними в світлі, мм	360
Розмір повзуна L , мм	350
Розмір стола, мм	450x400
Відстань між підштамповою плитою стола і повзуном в його нижньому крайньому положенні H , мм	190

1.12 Вибір методів контролю та вимірювального інструменту.

Основними завданнями контролю якості у процесі виготовлення поковок є попередження виникнення браку, оперативне виявлення дефектних і бракованих виробів, а також систематичний облік результатів контролю. Крім того, контроль передбачає проведення технічного аналізу причин появи дефектів і браку, визначення джерел відхилень від вимог технологічного процесу та розроблення заходів, спрямованих на підвищення стабільності виробництва і якості готових поковок.

Контроль здійснюємо наступними вимірювальними інструментами:

- штангенциркуль ШЦ-11 ГОСТ 166-80 0-250 мм;
- лінійка 1000 ГОСТ 427-75;
- фотопірометр;
- набір радіусних шаблонів.

1.13 Організація робочих місць штампувальників

При організації робочих місць штампувальників користуємося типовими планами дільниць [6, 7].

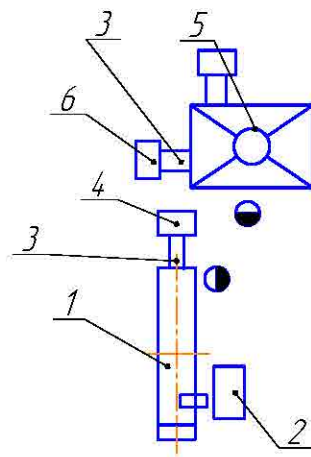


Рисунок 1.7 - Організація робочого місця штампувальника на молоті:
1-індуктор; 2-завантажувач; 3-склиз; 4-стіл; 5-молот;
6-тара для поковок.

Після штампування поковки передаються на участок обрізання облою, який знаходиться окремо від участка штампування. Організація робочого місця при обрізанні облою наведена на рис. 1.8.

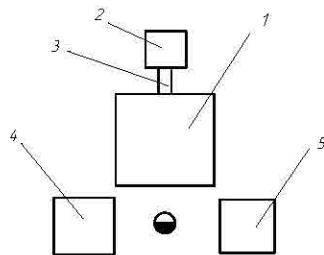


Рисунок 1.8 - Організація робочого місця штампувальника для обрізання облою: 1- обрізний прес; 2-тара для поковок; 3-склиз; 4-тара для заготовок, 5- тара для облою.

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.

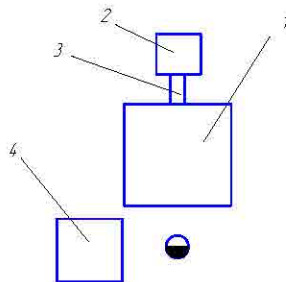


Рисунок 1.9 - Організація робочого місця штампувальника для холодної правки: 1- гвинтовий прес; 2-тара для поковок; 3-склиз; 4-тара для заготовок.

1.14 Вибір складу робочої бригади та розрахунки норм часу на штампування.

Вихідні дані:

1. Деталь – Важіль,
2. Матеріал деталі – Сталь 20 ГОСТ 1050-99,
3. Вага заготовки – 2,995 кг,
4. Вага поковки – 0,231 кг,
5. Маса падаючих частин молота – 3,15т,
6. Кількість рівчаків в штампі – 5шт,
7. Кількість подвійних ходів молота – 72 уд/хв.,
8. Бригада – 2 роб, [6, 7].

Розрахунок норми часу на штампування наведений у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Норми часу на штампування

№ опер ації	Назва операції	Кільк. повтор	Осн. час, хв.	Доп. час, хв.
Оперативний час штампування				
1.	Взяти заготовку кліщами зі стола, покласти в рівчак та натиснути на педаль	1	-	0,08
2.	Штампування (протягування)	4	0,055	
	Перекласти заготовку з рівчака в рівчак з кантуванням, натиснути педаль	1	-	0,05
	Штампування (підкатування)	4	0,055	
3.	Перекласти заготовку з рівчака в рівчак без перевертання, натиснути педаль	1	-	0,05
4.	Штампування (чорнове)	1	0,014	-
5.	Перекласти заготовку з рівчака в рівчак без перевертання, натиснути педаль	1	-	0,05
6.	Штампування (чистове)	1	0,014	-
	Відрубати заготовку на відрубному ножі	1	0,014	-
7.	Оглянути поковку після штампування	1	-	0,025
8.	Змінити кліщі	1	-	0,035
9.	Змазати рівчак	1	-	0,08
			0,152	0,37
Разом: $T = T_{\text{осн.}} + T_{\text{доп.}} = 0,152 + 0,37 = 0,522 \text{ хв.}$				

Більше всіх завантажений штампувальник.

Норма штучного часу:

$$T_{ш} = T_{оп.} \cdot \kappa,$$

де $\kappa = 1,21$ - коефіцієнт, що знаходиться за [6, с. 110, карта 47],

$T_{оп.пр.} = 0,522 хв.$ - операційний час штампування.

Тоді: $T_{ш} = 0,522 \cdot 1,21 = 0,63 хв.$

Норма виробітку на одну людину за робочий день визначається за формулою:

$$N_{вир.} = \frac{420}{T_{шт.}} = \frac{420}{0,63} = 664 шт.$$

де $T_{ш} = 0,63 хв.$ - норма штучного часу.

1.15 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування

Результати розробки технологічного процесу штампування фіксуємо в технологічній карті, яка містить основні відомості по розробленому технологічному процесу. [6, 7]. Карта наведена у додатку Б.

2 Конструкторська частина

2.1 Конструювання молотового штампу

2.1.1 Визначення розмірів гарячої поковки

Розміри поковки у гарячому стані визначається по формулі:

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

де l - розмір її поковки у холодному стані;

α – коефіцієнт збільшення габаритів поковки внаслідок нагрівання;

t - температура закінчення процесу штампування, град.

$$l := 100.5 \text{ мм}$$

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

$$t := 780$$

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

$$a = 101.441 \text{ мм}$$

Результати розрахунку інших розмірів наведені нижче

Розміри холодної поковки, мм	Розміри гарячої поковки, мм
34,8	35.1
12.8	12.9
φ14.8	φ14,9
φ24.8	φ25.0
25.8	26,0
36.0	36,3
R14.8	R14.9
16	16,2
100.5	101,4
6	6.1
120	121.1
11.8	11.9

2.1.2 Розрахунок та конструювання штампувальних рівчаків

Штампувальні рівчаки виготовляємо за кресленням гарячої поковки, яке складаємо згідно відповідних правил [6, 7, 16]:

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 уклони - 7° ;

Невказанні радіуси закруглень – 1,53;

Усадка врахована – 1,5%.

Чистовий рівчак виготовляємо за кресленням гарячої поковки згідно рекомендацій [6, 7, 16].

Чорновий рівчак конструємо згідно [6, 7, 11], за кресленням гарячої поковки. Штампувальні уклони - 7° . Заокруглення кромek фігури приймаємо на 2мм більше ніж у чистовому, $R=3,5\text{мм}$.

Спереду штампувальних рівчаків передбачаємо виїмку під кліщовину та ливникову канавку згідно [6, 7, 11]:

$$B = K \cdot D_{\text{заг.пр}} = 1,5 \cdot 26 = 39 \text{ мм} - \text{ширина виїмки під кліщовину};$$

$$\text{де } D_{\text{заг.пр}} = 1,13 \cdot A_{\text{заг}} = 1,13 \cdot 23 = 26 \text{ мм} - \text{діаметр вихідної заготовки};$$

$$K=1,5 - \text{коефіцієнт, при } D_{\text{заг}} = 26 \text{ мм}$$

$$R = 15 \text{ мм} - \text{радіус закруглення для кліщової виїмки};$$

$$H = 1,2 \cdot B = 1,2 \cdot 39 = 46,8 \text{ мм} - \text{висота виїмки під кліщовину};$$

$$b = h_0 + h_1 = 1,0 + 3,0 = 4,0 \text{ мм} - \text{ширина ливникової канавки};$$

$$h = \frac{h_0}{2} + h_1 = \frac{1,0}{2} + 3,0 = 3,5 \text{ мм} - \text{глибина ливникової канавки};$$

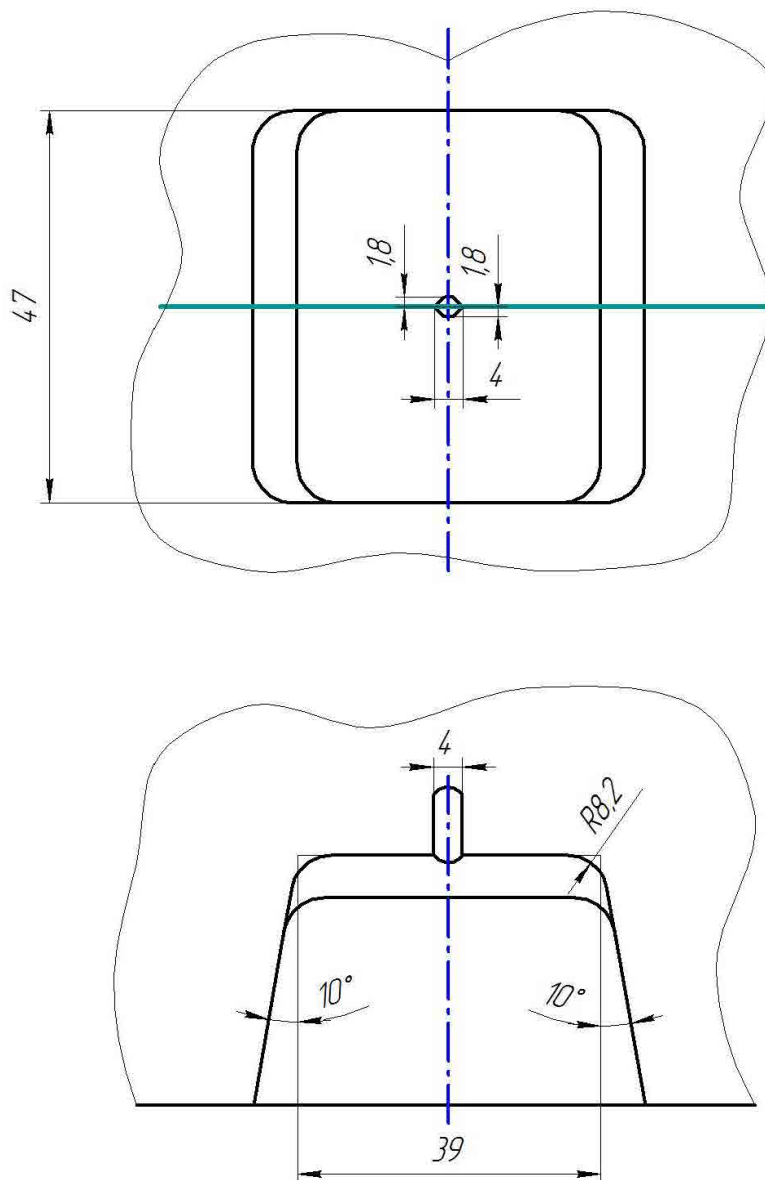


Рисунок 2.1 – Виїмка під кліщовину та ливникова канавка.

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

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

2.1.3 Розрахунок та конструювання заготівельних рівчаків

Розрахунок та конструювання заготівельних рівчаків проводимо згідно [6, 7, 11].

2.1.3.1 Протягувальний відкритий рівчак

Довжину елементів рівчака визначаємо за загальними правилами побудови протягувального рівчака, 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

$$a_c = \sqrt{\frac{V_c}{l_c}} = \sqrt{S_c} = \sqrt{213,6} = 14,6 \text{ мм}$$

де S_c – середня площа перерізу стрижня розрахункової заготовки

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

$$a = 0,85 \cdot a_c = 0,85 \cdot 14,6 = 12,4 \text{ мм}$$

Приймаємо $a = 12,5 \text{ мм}$

2. Довжину протягувального порогу розраховуємо за формулою:

$$c = (1,5) \cdot A_{sz} = 1,5 \cdot 23 = 34,5 \text{ мм};$$

3. Ширину рівчака визначаємо за формулою:

$$B = (1,25 \div 1,5) \cdot A_{sz} + 20 \text{ мм} = 1,5 \cdot 23 + 20 = 54,5 \text{ мм};$$

де $A_{sz} = 23 \text{ мм}$ - висота вихідної заготовки;

4. Глибина рівчака:

$e = 2a = 2 \cdot 12,5 = 25 \text{ мм}$, де a - висота на ділянці протягувального порогу;

$$e_1 = A_{sz} + 10 = 23 + 10 = 33 \text{ мм}$$

5. Радіуси закруглень:

$$R_1 = 2,5 \cdot c = 2,5 \cdot 37,5 = 93,75 \text{ мм}$$

$$R = 0,25 \cdot c = 0,25 \cdot 37,5 = 9,4 \text{ мм}$$

Креслення профілю рівчака див. на кресленні молотового штампу.

2.1.3.2 Підкатувальний закритий рівчак

Конструємо згідно таких положень:

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

2. Ширину рівчака визначаємо за формулою:

$$B = 1.9A_{\text{заг.мм}} = 1.9 \cdot 23 = 43,7 \text{ мм},$$

3. Розміри виїмки під кліщовину визначаємо за формулами:

$$n = 0,2D_{\text{заг.нр}} + 6 = 0,2 \cdot 26 + 6 = 11,2 \text{ мм}$$

$$m = (1,5 \dots 2)n = 2 \cdot 11,2 = 22,4 \text{ мм}$$

$$R = 0,1D_{\text{заг.нр}} + 6 = 0,1 \cdot 26 + 6 = 8,6 \text{ мм}$$

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 $D_{32.нр} = 1,13\sqrt{S_{32}}$ – 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 $\mu = 1.05$ для набору – визначають по [6, 7, 11, 16].

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	11.9	0,85	10,1
2	32.8	1,1	36,1
3	35.4	1,1	38,9
4	33.0	1,1	36,3
5	18.1	0,85	15,4
6	17.6	0,85	15,0
7	19.5	0,85	16,6
8	20	0,85	17,0
9	19,3	0,85	16,4
10	17.2	0,85	14,6
11	15.4	0,85	13,1
12	17.8	0,85	15,1
13	18.1	0,85	15,4
14	17.1	0,85	14,5
15	11,9	0,85	10,1

Креслення профілю рівчака див. на кресленні молотового штампу КРБ.ПМ.26.64.22.10.00.

2.1.4 Конструювання відрубного ножа

Згідно рекомендацій [6, 7, 16] конструємо задній відрубний ніж.

Ширину ножа визначаємо за формулою:

$$B = D_{\text{заг. пр}} + (20 \dots 25) = 26 + 22 = 48 \text{ мм}$$

де $D_{\text{заг. пр}}$ - діаметр вихідної заготовки;

Висоту ножа розраховуємо за формулою:

$$H = D_{\text{заг. пр}} + 20 = 26 + 20 = 46 \text{ мм}$$

Кут розміщення ножа ($\alpha = 18^\circ$), приймається залежно від форми і розмірів поковки.

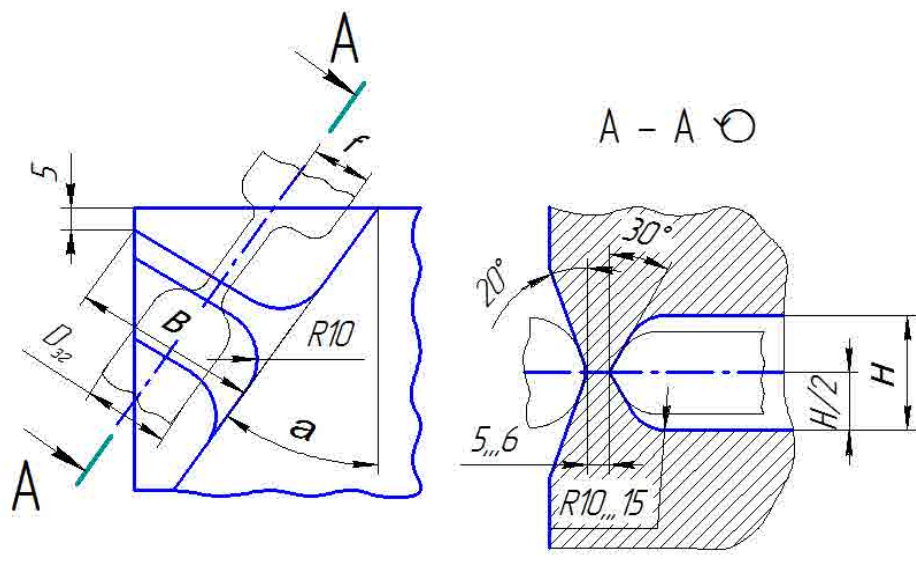


Рисунок 2.2 – Відрубний ніж

2.1.5 Розташування рівчаків на дзеркалі штамп

Розташування рівчаків на дзеркалі штамп обираємо згідно рекомендацій [6, 7, 11]:

- 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.

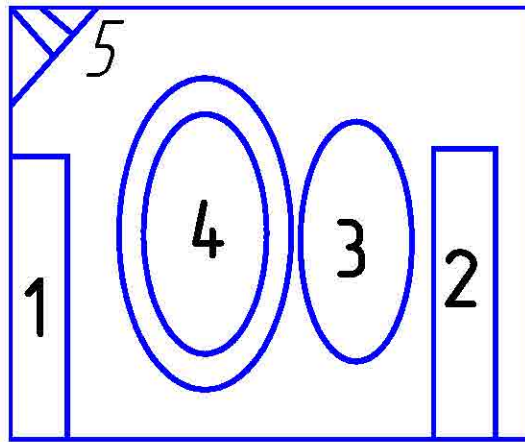


Рисунок 2.3 – Розташування рівчаків на дзеркалі штампа.

2.1.6 Визначення товщини стінок та дна штампа

Товщину стінок та дна штампа визначаємо згідно рекомендацій [6].

Визначаємо допустиму товщину стінок по номограмі, враховуючи глибину рівчака, радіуси закруглень в місцях переходу від дна до стінки та кут нахилу стінок:

Приймаємо товщину стінок $S = 20$ мм.

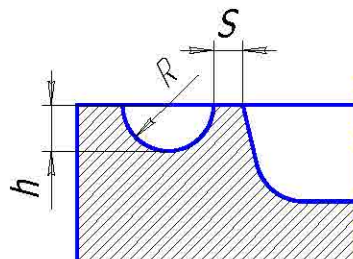


Рисунок 2.4 – До визначення товщини стінок та дна штампа.

2.1.7 Визначення габаритних розмірів штампа

Визначаємо габаритні розміри штампа за [6, 7, 16] та розміри штампового кубика..

Висота кубика штампа залежить від глибини $h_{\max}$ найбільш глибокого рівчака штампа і визначається за формулою на [6, 7, 16]:

$$H_{\min} = (6 \div 10) \cdot h = 6 \cdot 22 = 132 \text{ мм}$$

Розміри штампового кубика приймаємо наступні:

$L = 400\text{мм}$ - довжина кубика;

$B = 350\text{мм}$ - ширина кубика;

$H = 160\text{мм}$ - висота кубика.

Інші розміри елементів молотового штампу вибираємо згідно рекомендацій [6, 7, 16].

2.1.8 Оформлення креслення молотового штампа.

Згідно рекомендаціям [6, 7, 16] 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 ДСТУ;
- 4) Штампувальні рівчаки виготовити за кресленням гарячої поковки;
- 5) Виготовлення штампа проводити згідно молотових ТУ.

2.2 Конструювання штампа для обрізання облою

Обрізання облою будемо виконувати у холодному стані, оскільки поковка відноситься до середніх по розміру і має вміст вуглецю до 0.4%. Для обрізання облою вибираємо штамп простої дії. Обрізання облою виконується на окремому участку гарячештампувального цеху.

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

2.2.1 Встановлення зазору між пуансоном і матрицею

Конструювання елементів деталей та обрізного штампу здійснюємо згідно рекомендацій [6, 7, 16].

Визначаємо зазор між пуансоном та матрицею]:

Таблиця 2.1 – Розміри зазору між пуансоном та матрицею

h , мм	δ при α°
	7...15
19...24	1,5

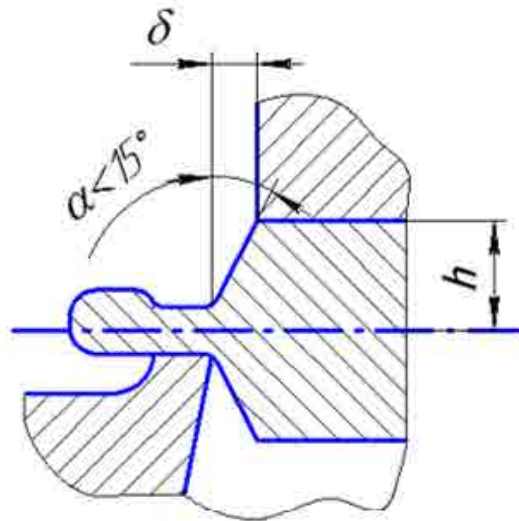


Рисунок 2.5 – Встановлення зазору між пуансоном та матрицею.

2.2.2 Конструювання ріжучого контуру матриці

Конструювання ріжучого контуру матриці здійснюємо згідно рекомендацій [6,7, 16].

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

Вибираємо матрицю зі скошеними ріжучими кромками згідно [2, с. 484]. Оскільки поковка має просту конфігурацію, то матриця виготовляється суцільною.

Залежно від товщини облоя, що обрізається, визначаємо розміри ріжучих кромок матриці за [6, 7, 16]:

Таблиця 2.2 – Розміри ріжучих кромок матриці

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

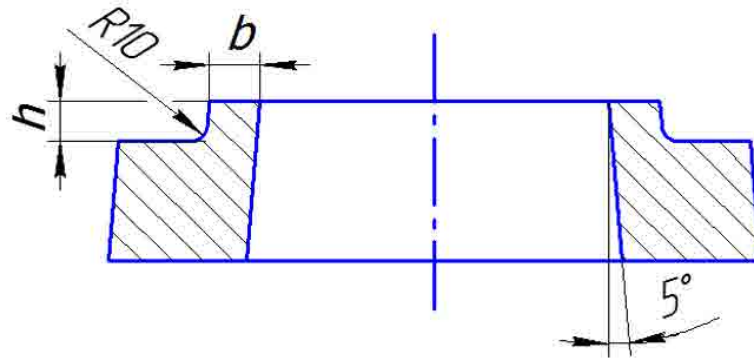


Рисунок 2.6 – Ріжучий контур матриці.

Визначаємо габаритні розміри матриці за [6, 7, 16] залежно від товщини облоя:

Таблиця 2.3 – 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 250	40

Матрицю виготовляємо з матеріалу 8ХЗ, 415...363НВ. [6, 7, 16].

2.2.3 Конструювання робочої частини пуансона

Конструювання робочої частини пуансона виконуємо згідно [6, 7, 16] з урахуванням зазорів між пуансоном і матрицею.

Пуансон виготовляємо з матеріалу 9ХФ, 415...363НВ. [6, 7, 16].

2.2.4 Вибір способу кріплення матриці і пуансона

Згідно рекомендаціям [6, 7, 16] кріплення матриці здійснюємо за допомогою гвинтів.

Основні розміри елементів кріплення матриці гвинтами, мм. [6, 7, 16]:

Таблиця 2.4 – Розміри елементів кріплення матриці гвинтами

B	b , (не менше)	d
200-320	36	M12

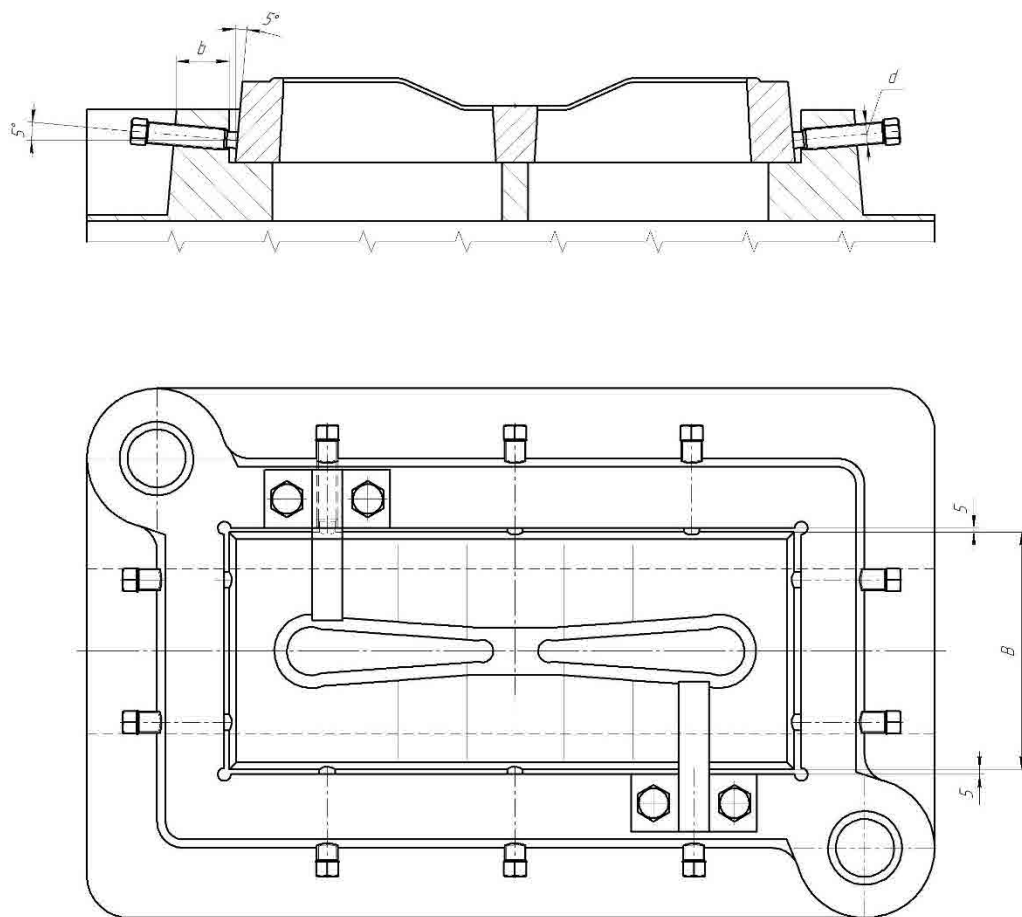


Рисунок 2.7 – Кріплення матриці.

Кріплення пуансона здійснюємо за допомогою обойми і шести гвинтів – М12.

Розміри обойми і фіксуючої частини пуансона а також кількість гвинтів і їх розміри визначаємо залежно від розмірів і конфігурації пуансона.

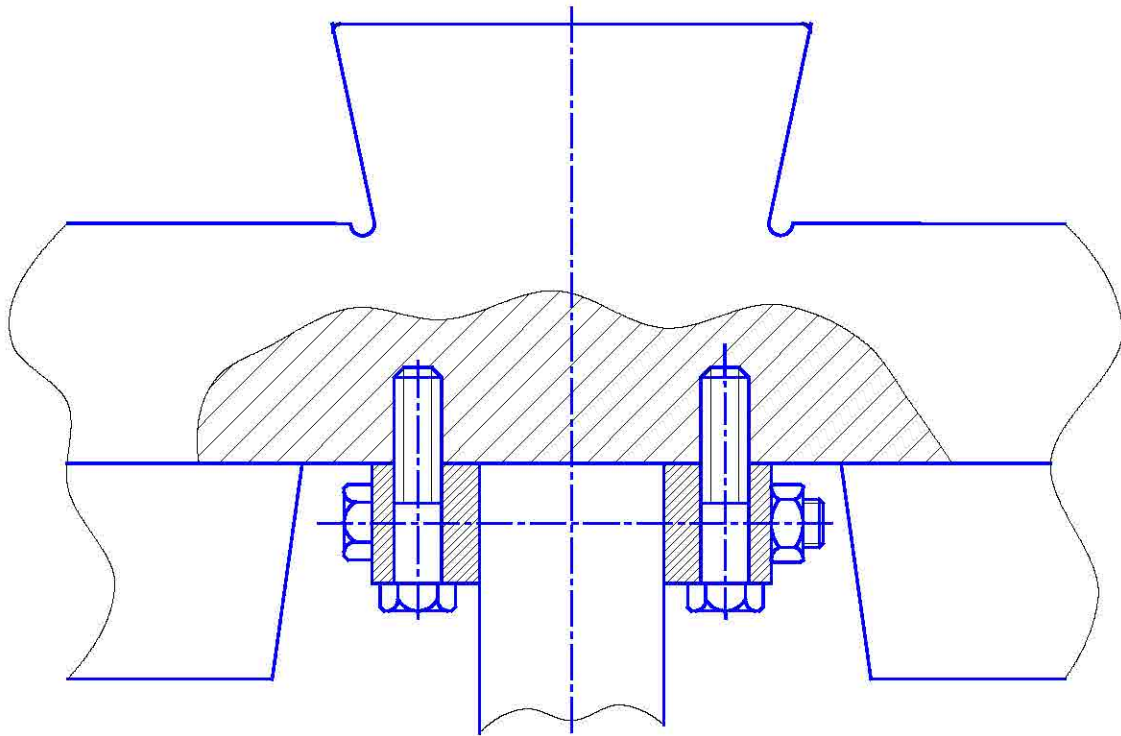


Рисунок 2.8 – Кріплення пуансона.

2.3 Склад та опис роботи штампу

Штамп обрізний складається з наступних деталей (рис. 2.9):

1- корпус нижній; 2- корпус верхній; 3- матриця; 4- пуансон; 6- плитка підкладна; 7- пуансонотримач; 8- Втулка напрямна; 9- колонка напрямна; 9- матриця; 10- гвинт упорний; 11 – знімач.

Штамп обрізний працює наступним чином. Поковка подається в робочу зону штампа штампувальником. Поковка укладається в обрізну матрицю 3 і при ході повзуна пресу вниз відбувається обрізання облою пуансоном 4. Поковка провалюється через провальний отвір в тару для поковок. Облой залишається на матриці і кліщами вилучається в тару для відходів. Фіксація матриці обрізної відбувається упорними гвинтами 10. Пуансон 4 кріпиться до корпусу верхнього пуансонотримачем 7. Напрямок руху верхньої плити штампу відносно нижньої забезпечується за допомогою напрямних колонок 8 та втулок 9.

Матрицю виконуємо суцільною, оскільки контур поковки не є складним.

Ріжучий контур матриці 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 інструментом, що давить і не входить до матриці. Щоб запобігти вигину та зминанню виступаючих частин поковки, що обрізається, 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.

Між пуансоном та верхньою плитою штампу встановлюємо підкладну плитку товщиною 8 мм. Пуансон закріплюємо 4-ма болтами, які проходять крізь пуансонотримач до верхньої плити штампа і фіксуємо двома штифтами.

Матеріал для нижньої та верхньої плити сталь 30Л (ГОСТ 977-75); твердість HB $\leq$ 255. Плити вибираємо згідно розмірів поковки [2,с. 515, 516].

Матеріал колонок сталь 20 (ДСТУ 7809.2015) з наступною цементацією. Матеріал втулок сталь 20 з наступною цементацією на глибину 0,5-1 мм HRC 58-68. Знімач виконуємо із сталі 45, твердість HB 229-285. Для матриці вибираємо матеріал X12M, 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.

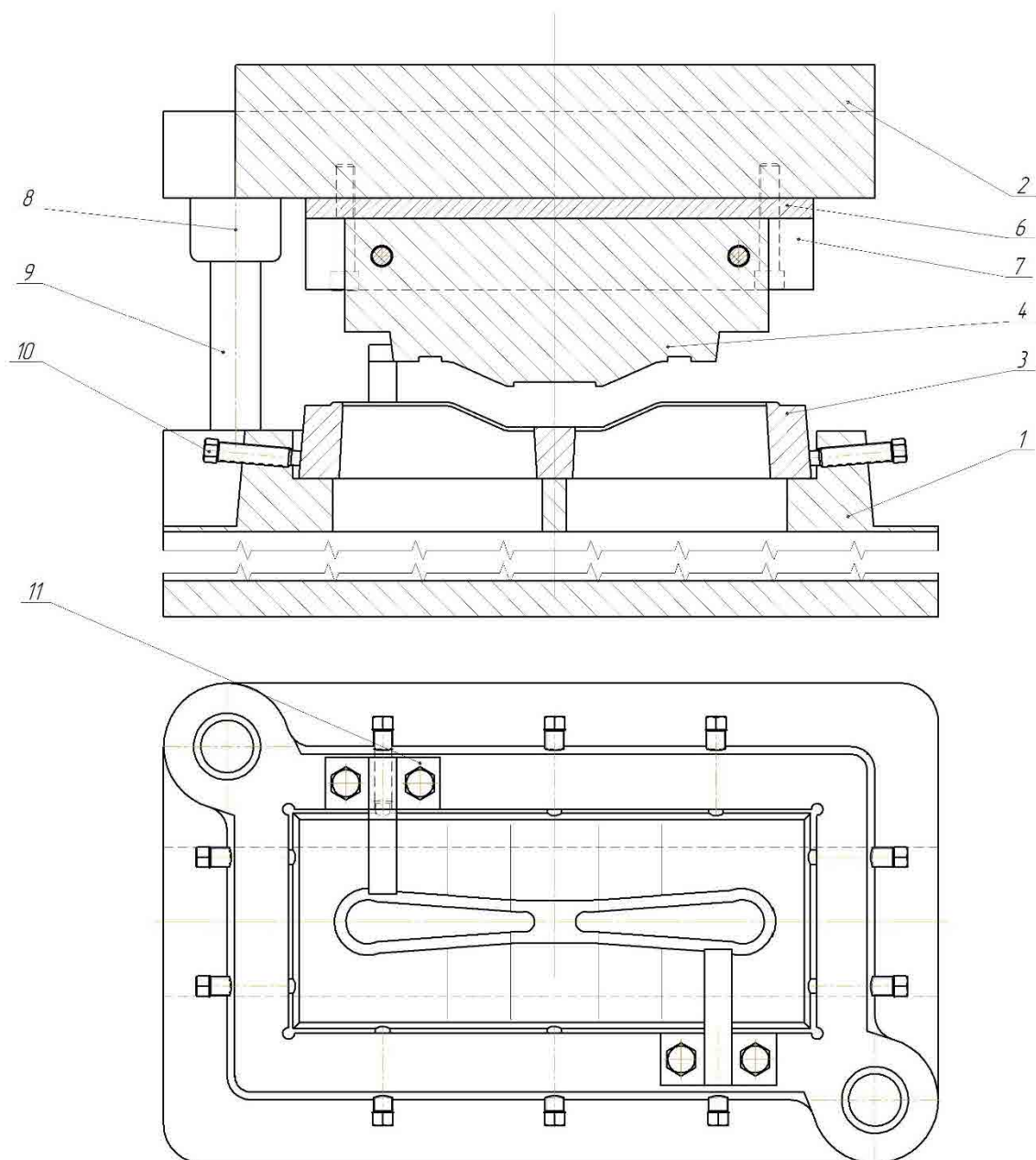


Рисунок 2.9 – Загальний вигляд обрізувального штамп

2.3 Рекомендації щодо впровадження спареного штампування у серійному виробництві

Рекомендації щодо впровадження спареного штампування у серійному виробництві наведені в додатку Д.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Деталі типу «важіль» широко застосовуються у механізмах керування, приводах, шарнірних з'єднаннях, сільськогосподарських машинах, транспортних засобах, верстатному та загальномашинобудівному обладнанні. Такі деталі зазвичай працюють в умовах змінних навантажень, згину, розтягу-стиску, кручення та контактної взаємодії у зонах отворів і бобишок. Тому для них важливими є не лише точність геометричних розмірів, а й достатня міцність, межа витривалості, відсутність внутрішніх дефектів і раціональний напрямок волокон металу.

Гаряче об'ємне штампування є одним із найбільш доцільних способів одержання заготовок для деталей типу важелів, тяг, вилок, шатунів і кронштейнів. У переважній більшості, поковки типу «важіль» штампуються поодинці, тобто з однієї заготовки отримують одну поковку важеля. Альтернативою штампування поодинці є спарене штампування, при якому дві поковки розташовуються симетрично вздовж осі та формуються з однієї нагрітої заготовки. Такий підхід забезпечує вищу продуктивність, мінімізацію витрат енергоресурсів і металу, а також ефективне завантаження наявного обладнання».

2. Проаналізована конструкція деталі «Важіль», її матеріал, маса, форма, характерні перерізи та технологічні особливості. Створена тривимірна модель деталі у САПР SolidWorks.

3. Розроблено креслення поковки з урахуванням припусків на механічну обробку, штампувальних ухилів, радіусів заокруглень, напусків і площини рознімання штампа. Створена тривимірна модель поковки у САПР SolidWorks.

4. Запропонована схема спареного розташування двох поковок у штампі з однієї заготовки.

5. Побудовано розгортку моделі поковки та визначені площі характерних поперечних перерізів для створення ешюри перерізів і ешюри діаметрів розрахункової заготовки.

6. Визначено необхідні заготівельні операції перед попереднім та кінцевим штампуванням. Обрані вид та прийняті розміри вихідної заготовки.

7. Вибрано нагрівальне, штампувальне та допоміжне обладнання, розроблено план штампувальної дільниці та розраховано норми часу на штампування, складено карту технологічного процесу, спроектовано штампи молотовий і для обрізання облою, використано Mathcad та Excel для виконання технологічних розрахунків,

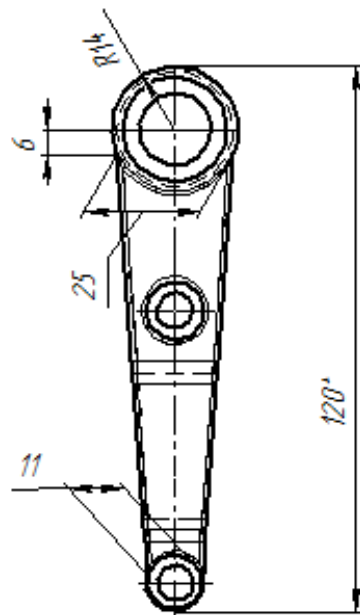
Перелік джерел посилання

1. Introduction and classification of forging processes. NPTEL – Mechanical Engineering. Forming Joint Initiative of IITs and IISc. URL: https://www.idc-online.com/technical_references/pdfs/mechanical_engineering/Introduction_and_classification_of_forging_processes.pdf (дата звернення: 16.06.2026)
2. Altan T., Ngaile G., Shen G. Cold and Hot Forging: Fundamentals and Applications. Materials Park, OH : ASM International, 2005. ISBN 978-1-62708-300-3. DOI: <https://doi.org/10.31399/asm.tb.chffa.9781627083003> URL: <https://dl.asminternational.org/technical-books/edited-volume/126/Cold-and-Hot-ForgingFundamentals-and-Applications> (дата звернення: 16.06.2026).
3. ASM Handbook. Volume 14A: Metalworking: Bulk Forming / edited by S. L. Semiatin. Materials Park, OH : ASM International, 2005. ISBN 978-1-62708-185-6. DOI: <https://doi.org/10.31399/asm.hb.v14a.9781627081856>. URL: <https://dl.asminternational.org/handbooks/edited-volume/31/Metalworking-Bulk-Forming> (дата звернення: 16.06.2026).
4. Metal Forming Handbook / SCHULER GmbH. Berlin ; Heidelberg : Springer, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-58857-0> URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-58857-0> (дата звернення: 16.06.2026).
5. Narayanan R. G. Metal forming processes : lecture materials. Indian Institute of Technology Guwahati. 91 p. URL: https://www.iitg.ac.in/engfac/ganu/public_html/Metal%20forming%20processes_full.pdf (дата звернення: 16.06.2026).
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. Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 164 с.
9. Кундрат А.М., Кундрат М.М. Науково-технічні обчислення засобами MathCAD та MS Excel. Навч. посібник. – Рівне: НУВГП. 2014, – 252 с.
10. Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски та ковальські напуски. URL: <https://auremo.vip/gosts/gost-7505-89.html> (дата звернення: 16.05.2026)
11. Методичні рекомендації до практичних занять та курсового проектування з дисципліни “Кутання і гаряче об’ємне штампування” / Укл. В.І. Носуленко, В.Я. Мірзак – Кропивницький: ЦНТУ, 2019. – 36 с.
12. 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).
13. Metinvest-smc. URL: <https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-20/?srsltid=AfmBOor5HoL-8ozZz9Vjmpu2kRswJvq9-RnCUihNlCiAxZG0-LIuTlo> (дата звернення: 20.05.2026).
14. Absolut metal. URL: <https://www.absolut-metall.com.ua/uslugi/> (дата звернення: 20.05.2026).
15. Гаряче об’ємне штампування / І.С. Алієв, Я.Г. Жбанков. – Краматорськ: ДДМА, 2012. – 240 с.
16. Технологія гарячого штампування та конструювання штамсів. Конспект курсу лекцій для студентів напряму підготовки 6.050502 "Інженерна механіка" / В.В. Іващенко. - К: НТУУ «КПІ», 2012. - 144 с.

Додатки

17



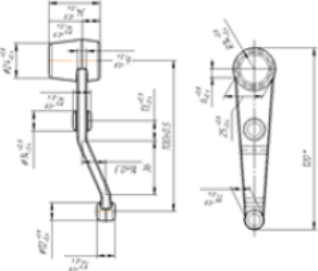
1. *Разміри для довідок.
2. Невказані радіуси округлень R2 мм.
3. H14, h14, ± IT 14.

Order no (number)	Order no (name)	Order no (address)	Order no (phone)	Order no (email)
Сбербанк	Владимир Мирзак	Иванов Иван	Иванов Иван	Иванов Иван
Order no (comment)				
Центральный банк России				
национальный банк				
универсальный				

ДОДАТОК Б

Технологічна карта виготовлення деталі «Стяжка»

Б.1 Перший аркуш технологічної карти

ЕСКІЗ ПОКОВКИ				КАРТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ				Карта №	
				Поковка		Вахль		Картка №	
				№ хреслянина		Кількість шпук на вахль			
						2		Партія шпук	
Міністерство освіти і науки України Центральний державний науковий технічний університет Кафедра «Машинобудування мехатроніки і робототехніки»				Марка		Сталь 20		Склад	
				Вихідний матеріал		Квадрат 50х50			
				поперечний переріз, мм ²		студент		група	
Маса, кг				Відходи, %		Довжина, мм		підпис	
				39		726		Вочманко І.В.	
				обой		Контроль		ПМ-2346-2	
На одній поковці				Кількість поковок		Температура кування, °С		Затвердив	
				50000		750			
				№ спец. умов		книш		керівник	
Ескіз переходів				Температурний режим кування і термообробки		книш		підпис	
				підігрівання		початок		Міраза В.Я.	
				нагрів		1280		4.05.2026	
Назва операції, переходу				Ескіз		Інструмент		Норма	
				Ескіз		Ножі			
				Ескіз		Штангенциркуль		Технічна характеристика	
1. Різка заготовки				Ескіз		Н 1830		IV	
				Ескіз		F _н = 1,0 MN		Розамак	
				Ескіз		Індукційний нагрівач КЛН 8-250-4П		IV	
2. Контроль				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
3. Нагрівання				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
4. Контроль				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
5. Штампування на молоті				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
5.1 Протягування				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
5.2 Підкачування закрите				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
5.3 Попереднє штампування				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
5.4 Кінцеве штампування				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	
5.5 Відрубання				Ескіз		Штангенциркуль		IV	
				Ескіз		0,53		IV	
				Ескіз		99		IV	

Б.2 Другий аркуш технологічної карти

[illegible]

ДОДАТОК В

**Специфікація до складального кресленика
штампу МОЛОВОГО**

[illegible]

ДОДАТОК Г

**Специфікація до складального кресленика
штампу для обрізування облою**

Поз.	Познака	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.64.22.11.00	Складальне креслення			
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.26.64.22.11.01	Плита нижня	1		
2	КРБ.ПМ.26.64.22.11.02	Плита верхня	1		
3	КРБ.ПМ.26.64.22.11.03	Матриця	1		
4	КРБ.ПМ.26.64.22.11.04	Пуансон	1		
5	КРБ.ПМ.26.64.22.11.05	Знімач	2		
6	КРБ.ПМ.26.64.22.11.06	Плитка підкладна	1		
7	КРБ.ПМ.26.64.22.11.07	Затискна планка	1		
8	КРБ.ПМ.26.64.22.11.08	Затискна планка	1		
9	КРБ.ПМ.26.64.22.11.09	Втулка	2		
10	КРБ.ПМ.26.64.22.11.10	Колонка	2		
		<u>Стандартні вироби</u>			
13		Болт M12×50.58 DIN 479	10		
		Болт DIN 931			
14		M12×50.58	4		
15		M12×150.58	2		
16		Гвинт 12×90.58 DIN 912	4		
17		Гайка M12-6.05 DIN 934	2		
18		Шайба 12 DIN 6797-A	2		
Відповідальна організація Кафедра ММР		Виконавець розроблення Володимир МІРЗАК	Розробник технічного Ілона ВОВЧЕНКО	Документ затверджено Андрій ГРЕЧКА	Масштаб 1:1
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет		Вид документа Специфікація		Статус документа Набачальний	
		Назва Штамп для обрізування облою		Позначення КРБ.ПМ.26.64.22.11.00	
				На зміну А	Дата видання 2025-03-06
				Мова uk	Аркуші 1/3

ДОДАТОК Д

Рекомендації щодо впровадження спареного штампування у серійному виробництві

Впровадження спареного штампування поковки типу «Важіль» у серійному виробництві доцільно виконувати поетапно, з попередньою технологічною перевіркою запропонованої схеми формоутворення. Основною метою впровадження є підвищення продуктивності гарячого штампування, зменшення питомого допоміжного часу на одну деталь і раціональніше використання пароповітряного штампувального молота без переходу на дорожче основне обладнання.

У пропонованому варіанті передбачається застосування нагрітої заготовки, розрахованої на одержання двох спарених поковок. Кожна спарена поковка містить дві симетрично розташовані поковки деталі «Важіль». Таким чином, з однієї заготовки одержують чотири окремі деталі. Для реалізації такого варіанта в молотовому штампі необхідно передбачити не лише основні рівчаки для протягування, підкатування, чорнового і чистового штампування, а й відрубний ніж для відокремлення сформованої спареної поковки від залишку нагрітої заготовки.

На першому етапі впровадження рекомендується виконати уточнення конструкції поковки та штампового оснащення із застосуванням засобів САПР. У SolidWorks доцільно побудувати тривимірні моделі готової деталі, поковки, спареної поковки, розрахункової заготовки, молотового штампа і відрубного ножа. За допомогою інструментів масоцентрових характеристик (МЦХ) слід уточнити об'єм і масу деталі та поковки з урахуванням припусків, допусків, напусків, облою і технологічних перемичок. Результати МЦХ доцільно використовувати для створення епюр площ перерізів і діаметрів розрахункової заготовки, а також для перевірки достатності металу в зонах бобишок.

На другому етапі необхідно виконати розрахункову перевірку технологічних параметрів у Mathcad або Excel. Доцільно визначити масу вихідної заготовки, витрати металу на облой, технологічні кінці та угар, розміри

заготовки, температурний режим нагрівання, орієнтовну енергію деформування, кількість ударів на переходах і продуктивність процесу. Особливу увагу потрібно приділити перевірці температурного режиму. Оскільки гарячий цикл отримання двох спарених поковок становить орієнтовно 0,3 хвилини, його можна забезпечити за умови чіткої організації роботи, попереднього підігрівання штампів і відсутності технологічних пауз між переходами. Чистове штампування останньої спареної поковки має завершуватися при температурі не нижче допустимої температури кінця штампування.

На третьому етапі рекомендується виготовити дослідний комплект штампового оснащення або провести дослідне штампування на наявному молотовому штампі після його доопрацювання. Під час дослідного штампування необхідно перевірити заповнення бобишок, якість формування перемичок, стабільність одержання вигнутого контуру важеля у чистовому рівчаку, наявність складок, затисків, незаповнень, зміщення половин штампа та надмірного утворення облою. Окремо потрібно перевірити роботу відрубного ножа, якість відділення спареної поковки від заготовки, стійкість ріжучої кромки та безпечність видалення відрубаної поковки з робочої зони.

Обрізання облою рекомендується виконувати в холодному стані на окремій ділянці на обрізному пресі. Це дозволяє скоротити тривалість гарячого циклу біля молота, зменшити кількість операцій, які виконуються з нагрітою поковкою, і забезпечити більш стабільні умови обрізання. Для цього необхідно розробити окремий обрізний штамп, який забезпечуватиме надійне базування спареної поковки, чисте відокремлення облою та мінімальне деформування основного тіла поковки. Після обрізання облою слід передбачити правку, очищення від окалини, контроль геометричних параметрів і подальшу механічну обробку функціональних поверхонь та отворів.

Для стабільного впровадження процесу в серійне виробництво необхідно розробити технологічну інструкцію для робітників ковальсько-штампувальної дільниці. В інструкції слід указати температуру нагрівання заготовки, допустимий температурний інтервал штампування, порядок виконання

переходів, положення заготовки у кожному рівчаку, кількість ударів, правила роботи з відрубним ножем, порядок видалення спареної поковки та вимоги безпеки. Особливо важливо забезпечити однакове укладання заготовки в рівчаки, оскільки від цього залежить симетричність формування двох поковок і рівномірність заповнення їхніх потовщених зон.

У процесі серійного виготовлення рекомендується організувати поточний контроль якості поковок. Контролю підлягають загальні габарити, форма бобишок, положення і розміри ділянок під подальше виконання отворів, товщина перемичок, величина облойного пояса, наявність поверхневих дефектів, зміщення по площині рознімання та відхилення від заданого вигнутого контуру. Після дослідної партії необхідно проаналізувати фактичну витрату металу, кількість придатних поковок, стійкість штампа, зручність роботи оператора та відповідність фактичної продуктивності розрахунковій.

Економічну доцільність впровадження спареного штампування слід оцінювати шляхом порівняння з базовим варіантом поодинокого штампування. Основними показниками порівняння є штучний час на одну деталь, витрата металу, кількість нагрівань, трудомісткість ручних операцій, вартість штампового оснащення, продуктивність молота та собівартість однієї поковки. Для серійного виробництва запропонований варіант є доцільним, оскільки додаткове ускладнення штампа компенсується підвищенням продуктивності та зменшенням питомого допоміжного часу.

Таким чином, впровадження спареного штампування поковки типу «Важіль» рекомендується виконувати після перевірки конструкції поковки, розрахунку заготовки, моделювання штампового оснащення та дослідного штампування. За умови забезпечення температурного режиму і стабільного заповнення рівчаків запропонована схема може бути рекомендована для серійного виробництва як ефективний спосіб підвищення продуктивності та зниження питомих витрат при виготовленні дрібних важелеподібних поковок.