

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

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:

Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Важіль»

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-22з-2
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D друк»
спеціальності 131 «Прикладна
механіка»

_____ Олександр БУРДЕЙНИЙ

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир МІРЗАК

Рецензент:
канд. техн. наук, доцент

Кропивницький 2026

Центральноукраїнський національний технічний університет
Центр заочної та дистанційної освіти
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
Бурдейному Олександру Олександровичу**

Тема роботи:

Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Важіль».

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Володимир МІРЗАК

Затверджено наказом ЦНТУ від 01 квітня 2026 року № 201-02.

Строк подання роботи до захисту:

20 червня 2026 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розроблення технологічного процесу та оснащення для гарячого об'ємного штампування поковки типу «Важіль» для умов серійного виробництва.

Завдання: проаналізувати конструкцію деталі типу «Важіль», її службове призначення, умови роботи та основні вимоги до заготовки; Розробити креслення поковки з призначенням припусків на механічну обробку, допусків, штампувальних ухилів, радіусів заокруглень і площини рознімання штампа; обґрунтувати вибір заготівельних операцій перед штампуванням у попередньому та кінцевому рівчаках; розрахувати основні параметри заготовки, визначитись з обладнанням для різання мірних заготовок перед штампуванням; вибрати пароповітряний молот й прес для обрізування облою; розробити карту технологічного процесу; спроектувати молотовий штамп та штамп для обрізування облою; розробити рекомендації для виробництва. 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 _____ Олександр БУРДЕЙНИЙ

Керівник роботи _____ Володимир МІРЗАК

АНОТАЦІЯ

Бурдейний О. О. Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Важіль» : 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 та оснащення для гарячого об'ємного штампування поковки типу «Важіль» для умов серійного виробництва.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю розроблення раціонального технологічного процесу гарячого об'ємного штампування поковки типу «Важіль» зі сталі 45 замість базового литого варіанта зі сталі 30Л. Запропоноване технічне рішення спрямоване на підвищення міцності, зносостійкості й надійності деталі, підвищення продуктивності серійного виробництва та вдосконалення процесу нагрівання заготовок.

В роботі проаналізована конструкція деталі «Важіль», її службове призначення, умови роботи та основні вимоги до заготовки; розроблено креслення поковки з призначенням припусків на механічну обробку, допусків, штампувальних ухилів, радіусів заокруглень і площини рознімання штампа; обґрунтовано вибір заготівельних операцій перед штампуванням у попередньому та кінцевому рівчаках; розраховано основні параметри заготовки, визначено обладнання для різання мірних заготовок перед штампуванням; вибрано пароповітряний молот й прес для обрізування облою; розроблена карта технологічного процесу; спроектовано молотовий штамп та штамп для обрізування облою; розроблено рекомендації для виробництва.

Ключові слова: гаряче штампування, технологічний процес, розрахункова заготовка, силовий режим, штамп молотовий, штамп для обрізання облою

ANNOTATION

Oleksandr BURDEINYI. Technology and equipment for manufacturing the "Lever" part. 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 this work is to develop a technological process and tooling for hot die forging of a "Lever"-type component in serial production conditions.

The relevance of this work is driven by the need to develop a rational hot die forging process for a "Lever" component made of 45-grade steel to replace the base cast version made of 30L-grade steel. The proposed technical solution is aimed at increasing the strength, wear resistance, and reliability of the component, as well as improving serial production productivity and optimizing the billet heating process..

The work analyzes the design of the "Lever" part, its service purpose, operating conditions and basic requirements for the workpiece; a forging drawing is developed with the designation of allowances for machining, tolerances, stamping slopes, radiuses of rounding and the plane of the die separation; the choice of blanking operations before stamping in the preliminary and final grooves is justified; the main parameters of the workpiece were calculated, the equipment for cutting dimensional workpieces before stamping was determined; a steam-air hammer and a press for trimming the blank were selected; a technological process map was developed; a hammer die and a die for trimming the blank were designed; recommendations for production were developed.

Keywords: hot die forging, technological process, calculated workpiece, power mode, forging hammer die, trimming die.

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Важіль»
КРБ.ПМ.26.54.32.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти

4 курсу групи ПМ-22з-2

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг технологій,
робототехніка і 3D друк»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Олександр БУРДЕЙНИЙ

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир МІРЗАК

Кропивницький 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	7
Розділ 1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГАРЯЧОГО	
1. ШТАМПУВАННЯ ПОКОВКИ "ВАЖІЛЬ"	11
1.1 Вибір та обґрунтування способу штампування.....	11
1.2 Вибір та обґрунтування оптимального способу штампування...	12
1.3 Розробка кресленника поковки.....	12
1.4 Вибір переходів штампування	16
1.5 Визначення розмірів та побудова вихідної заготовки.....	21
1.6 Вибір способу та режимів нагрівання заготовок і охолодження поковок. Вибір нагрівального обладнання.....	24
1.7 Визначення зусилля штампування. Вибір штампувального обладнання.....	24
1.8 Визначення зусиль та вибір устаткування для завершальних операцій.....	26
1.9 Вибір методів контролю та вимірювального інструменту.....	28
1.10 Розробка плану штампувальної ділянки.....	28
1.11 Розрахунок норм часу на штампування	30
1.12 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування.....	31
Розділ 2 КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ	32
2. 2.1 Проектування молотового штампу	32
2.2 Конструювання штампу для обрізання облою	40
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 технологічного процесу у виробництво штампування у серійному виробництві.....	54

ВСТУП

Актуальність

Деталі типу «Важіль» широко застосовуються у вузлах машин і механізмів для передавання зусиль, зміни напрямку руху, фіксації або керування робочими органами. У процесі експлуатації такі деталі зазвичай працюють в умовах згину, контактного навантаження, місцевого зминання, тертя та можливих ударних або змінних навантажень. Особливо відповідальними є зони отворів, бобишок, перехідних ділянок і радіусних спряжень, де виникають підвищені напруження та концентратори. Тому до важільних деталей висуваються підвищені вимоги щодо міцності, зносостійкості, стабільності розмірів і надійності в експлуатації.

У базовому варіанті деталь типу «Важіль» виготовлялася литтям зі сталі 30Л. Лиття дозволяє отримувати заготовки складної форми, однак для силових деталей цей спосіб має певні технологічні та експлуатаційні обмеження. У сталевих виливках можливе утворення усадкової пористості, раковин, неметалевих включень, ліквіаційної неоднорідності та інших внутрішніх дефектів. Крім того, литий метал не має спрямованої волокнистої структури, яка могла б орієнтуватися відповідно до напрямів дії робочих навантажень у деталі. Це особливо важливо для важеля, оскільки його форма містить декілька функціональних зон: малу бобишку, центральну масивну бобишку, видовжене тіло та вушкову частину.

Одним із ефективних напрямів підвищення якості такої деталі є заміна литої заготовки гарячештампованою поковкою. Гаряче об'ємне штампування забезпечує пластичне деформування металу в порожнині штампа, внаслідок чого поліпшується щільність металу, зменшується ймовірність внутрішніх дефектів, формується сприятливий напрямок волокон і підвищуються механічні властивості заготовки. Для важільної деталі це має принципове значення, оскільки напрямок волокон у поковці може бути орієнтований уздовж тіла важеля та навколо бобишок, тобто відповідно до характеру передавання зусилля.

Заміна сталі 30Л на сталь 45 також є технічно доцільною. Сталь 45 належить до конструкційних середньовуглецевих сталей і після відповідної

термічної обробки може забезпечувати підвищений рівень міцності, твердості та опору зношуванню. Це дає змогу підвищити експлуатаційну довговічність важеля, особливо в посадкових, контактних і навантажених зонах, які надалі підлягають механічній обробці.

Для умов серійного виробництва важливим є не лише підвищення міцності деталі, а й забезпечення продуктивності та стабільності технологічного процесу. З урахуванням маси готової деталі 0,447 кг і орієнтовної маси поковки з припусками та допусками близько 0,72 кг, застосування спареного штампування для цієї конструкції є недоцільним. Деталь має асиметричну форму, нерівномірний розподіл металу, центральну масивну бобишку, тонші видовжені ділянки та складні переходи. У разі спареного штампування це могло б призвести до збільшення габаритів штампа, ускладнення рівчакової системи, нерівномірного заповнення порожнин, підвищеної витрати металу на облой та збільшення навантаження на обладнання.

Більш раціональним для даного випадку є одиничне штампування з використанням групової заготовки, розрахованої на декілька поковок, з відрубуванням у молотовому штампі. Додатковим напрямом удосконалення процесу є заміна полуменевого нагрівання в печі на індукційний нагрів. Індукційне нагрівання забезпечує швидке та кероване підведення тепла до заготовки, скорочує час нагрівання, зменшує утворення окалини, покращує повторюваність температурного режиму та створює кращі умови для стабільного заповнення рівчаків. Для серійного виробництва це має суттєве значення, оскільки температура заготовки перед штампуванням безпосередньо впливає на опір деформуванню, якість поверхні поковки, стійкість штампового оснащення та продуктивність процесу.

Отже, актуальність роботи зумовлена необхідністю розроблення раціонального технологічного процесу гарячого об'ємного штампування поковки типу «Важіль» зі сталі 45 замість базового литого варіанта зі сталі 30Л. Запропоноване технічне рішення спрямоване на підвищення міцності, зносостійкості й надійності деталі, зменшення впливу ливарних дефектів,

підвищення продуктивності серійного виробництва та вдосконалення нагрівання заготовок шляхом застосування індукційного нагріву.

Мета роботи

Метою роботи є розроблення технологічного процесу та оснащення для гарячого об'ємного штампування поковки типу «Важіль» для умов серійного виробництва.

Задачі роботи

1. Проаналізувати конструкцію деталі типу «Важіль», її службове призначення, умови роботи та основні вимоги до заготовки. Обґрунтувати доцільність заміни литої заготовки зі сталі 30Л на гарячештамповану поковку зі сталі 45.
2. Розробити креслення поковки з призначенням припусків на механічну обробку, допусків, штампувальних ухилів, радіусів заокруглень і площини рознімання штампа. Визначити масу та об'єм поковки, об'єм облою, технологічні втрати металу.
3. Обґрунтувати вибір заготівельних операцій перед штампуванням у попередньому та кінцевому рівчаках.
4. Розрахувати основні параметри заготовки, визначитись з обладнанням для різання мірних заготовок перед штампуванням.
5. Вибрати пароповітряний молот й прес для обрізування облою і перевірити їх придатність за енергією удару та технологічними можливостями. Розробити плани організації робочих місць та розрахувати норми часу на штампування
6. Спроекувати молотовий штамп та штамп для обрізування облою. Розробити робочі кресленики окремих деталей.
7. Розробити рекомендації для виробництва по впровадженню розробленої технології.

Практична цінність роботи

Практична цінність роботи полягає в розробленні технологічно обґрунтованого процесу виготовлення поковки типу «Важіль», який може бути використаний для умов серійного виробництва замість базового литого варіанта. Перехід від лиття зі сталі 30Л до гарячого об'ємного штампування зі сталі 45 дозволяє підвищити міцність, зносостійкість і надійність деталі завдяки ущільненню структури металу, формуванню сприятливого напрямку волокон і зменшенню ймовірності внутрішніх дефектів, характерних для литих заготовок.

Запропоноване використання групової заготовки на чотири одиничні поковки з відрубуванням у молотовому штампі дозволяє підвищити продуктивність без застосування складного спареного або багатомісного штампування. Це спрощує конструкцію штампового оснащення, зменшує ризик нерівномірного заповнення ривчаків і забезпечує більш стабільні умови роботи пароповітряного молота.

Передбачена послідовність формоутворення у протягувальному, формувальному, чорновому та чистовому ривчаках забезпечує раціональний перерозподіл металу за довжиною поковки, краще заповнення масивних зон і зменшення ризику дефектів у тонких перехідних ділянках. Застосування індукційного нагрівання сприяє скороченню часу нагрівання, зменшенню втрат металу на окалину, підвищенню стабільності температурного режиму та покращенню якості поверхні поковки.

Результати роботи можуть бути використані під час проєктування технологічного процесу гарячого штампування подібних важільних деталей, виконання розрахунків у Mathcad, побудови 3D-моделей і креслень у SolidWorks, а також під час розроблення молотових штампів для серійного виробництва дрібних і середніх сталевих поковок складної форми.

1 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ ПОКОВКИ "ВАЖІЛЬ"

1.1 Вибір та обґрунтування способу штампування.

1.1.1 Призначення та область застосування деталі. Складання креслення поковки

Деталі типу «Важіль» широко застосовуються у вузлах машин і механізмів для передавання зусиль, зміни напрямку руху, фіксації або керування робочими органами [1-5]. У процесі експлуатації такі деталі зазвичай працюють в умовах згину, контактного навантаження, місцевого зминання, тертя та можливих ударних або змінних навантажень. Особливо відповідальними є зони отворів, бобышок, перехідних ділянок і радіусних спряжень, де виникають підвищені напруження та концентратори. Тому до важільних деталей висуваються підвищені вимоги щодо міцності, зносостійкості, стабільності розмірів і надійності в експлуатації.

1.1.2 Конструктивно-технологічний аналіз деталі

Деталь має просторову форму середньої складності. В деталі є отвори діаметрами 8, 10, 15, 25 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 45 ДСТУ 7809:2015

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	N	P	S
0,42-0,5	0,5-0,8	0,17-0,37	≤0,3	≤ 0,3	≤0,25	≤0,008	≤0,035	≤0,04

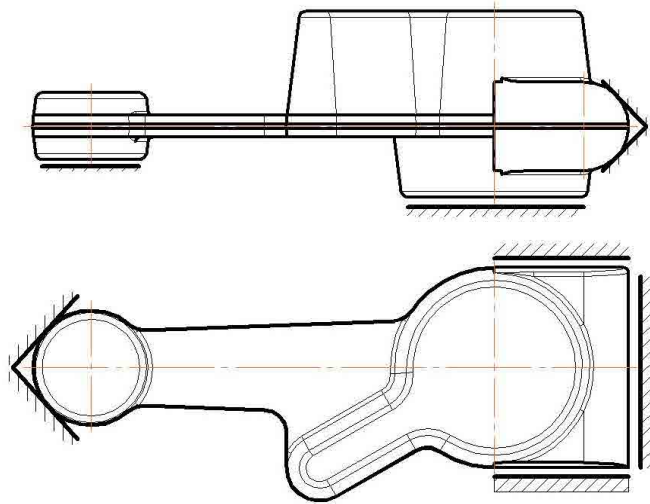
Таблиця 1.2 – Механічні характеристики матеріалу

Марка матеріалу	Механічні характеристики			
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_1 , %
Сталь 45	610 (110)	355 (92)	520	16
Примітка: у дужках позначені характеристики при температурі кінця штампування - 800°C.				

Креслення деталі та її твердотільна модель наведені нижче.

1.1.4. Прийняття установчих баз

За узгодженням з замовником приймаємо вихідні установчі бази. [6 - 9].



Рисеуїг. 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 штампувальних молотах, як такий, що забезпечує прийнятну продуктивність та точність штампування.

1.3 Розробка креслення поковки.

Поковка відноситься до другого класу точності, група сталі М1(вуглецева) з видовженою поверхнею роз'єму. Маса деталі - 446,8 гр. (визначена засобами графічного редактора SolidWorks по побудованій твердотільній моделі (рис. 1.2.) на основі креслення деталі). Перед штампуванням поковку нагрівають в установці індукційного нагріву.

1.3.1 Визначення ступеню складності поковки.

Ступінь складності поковки С розраховуємо по формулі (1).

$G_d := 446.8$ - маса деталі, гр. (визначена засобами графічного редактора SolidWorks)

$G_{\text{п}} := 1.25 \cdot G_{\text{д}}$ - маса поковки, гр. $G_{\text{п}} = 558.5$

$G_{\text{ф}} := 2061.8$ - маса фігури, в яку вписується поковка, гр
(визначена засобами графічного редактора SolidWorks).

$$C := \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}} \quad C = 0.271 \quad (1)$$

Приймаємо складність поковки С3 [8, 9]

1.3.2. Визначення припусків і допусків.

Припуски і допуски на обробку різанням призначаємо на поверхні які обробляються з врахуванням класу точності поковки, групи сталі, ступені складності, маси поковки, шорсткості і розмірів поверхонь і розмірів деталі [6 - 9] Припуски і допуски на поковку "Важіль" наведені нижче.

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

Таблиця 1.3 – Припуски та допуски

Розмір деталі, мм	Припуск на сторону, мм 	Допуск, мм	Кінцевий розмір, мм
$\phi 45$	-	$+1.1$ -0.5	$45^{+1.1}_{-0.5}$
$\phi 26$	-	$+1.1$ -0.5	$26^{+1.1}_{-0.5}$
25	1.9	$+1.1$ -0.5	$28.8^{+1.1}_{-0.5}$
10	2.2	$+1.1$ -0.5	$14.4^{+1.1}_{-0.5}$
37,5	1,9	$+1.1$ -0.5	$41.8^{+1.1}_{-0.5}$
45	-	$+1.1$ -0.5	$45^{+1.1}_{-0.5}$
17	-	$+1.1$ -0.5	$17^{+1.1}_{-0.5}$
19	-	$+1.1$ -0.5	$19^{+1.1}_{-0.5}$
R7,5	-	$+1.1$ -0.5	$R7.5^{+1.1}_{-0.5}$
133	-	$+1.3$ -0.7	$133^{+1.3}_{-0.7}$
5	-	$+1.2$ -0.6	$5^{+1.1}_{-0.5}$
53	-	$+1.1$ -0.5	$53^{+1.2}_{-0.6}$

Найменші радіуси зовнішніх закруглень - 1,5 мм.

Штампувальні ухили зовнішні - 7°.

Допуски на міжцентрові відстані - 0,5 мм.

Допуски на кутові відхилення - 3°.

Допуски на радіуси закруглень: зовнішні +2.

Зміщення - 0,5 мм.

Задирка - 0,7 мм.

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

Розраховуємо масо-центровочні характеристики моделі. Роздруковка масо-центровочних характеристик наводиться в додатку.

Маса поковки з врахуванням призначених припусків і допусків складає 0.720 кг., що не вписується в раніше вибраний діапазон 0.4-0.63 кг.

Потрібно перерахувати ступінь складності поковки і припуски.

$G_{\text{п}} := 720$ - маса поковки, гр.

$$C := \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{ф}}} \quad C = 0.349$$

Приймаємо складність поковки C_2 [1, стор.7.]

Тоді припуски і допуски на поковку "Важіль" складуть.

Таблиця 1.4 – Припуски та допуски

Розмір деталі, мм	Припуск на сторону, мм	Допуск, мм	Кінцевий розмір, мм
φ45	-	$+1,1$ $-0,5$	$\varnothing 45^{+1,1}_{-0,5}$
φ26	-	$+1,1$ $-0,5$	$\varnothing 26^{+1,1}_{-0,5}$
25	1,7	$+1,1$ $-0,5$	$28,9^{+1,1}_{-0,5}$
10	2,0	$+1,1$ $-0,5$	$14,5^{+1,1}_{-0,5}$
37,5	1,7	$+1,1$ $-0,5$	$41,4^{+1,1}_{-0,5}$
45	-	$+1,1$ $-0,5$	$45^{+1,1}_{-0,5}$
17	-	$+1,1$ $-0,5$	$17^{+1,1}_{-0,5}$
19	-	$+1,1$ $-0,5$	$19^{+1,1}_{-0,5}$
R7,5	-	$+1,1$ $-0,5$	$R7,5^{+1,1}_{-0,5}$
133	-	$+1,3$ $-0,7$	$133^{+1,3}_{-0,7}$
5	-	$+1,1$ $-0,5$	$5^{+1,1}_{-0,5}$
53	-	$+1,1$ $-0,5$	$53^{+1,2}_{-0,6}$

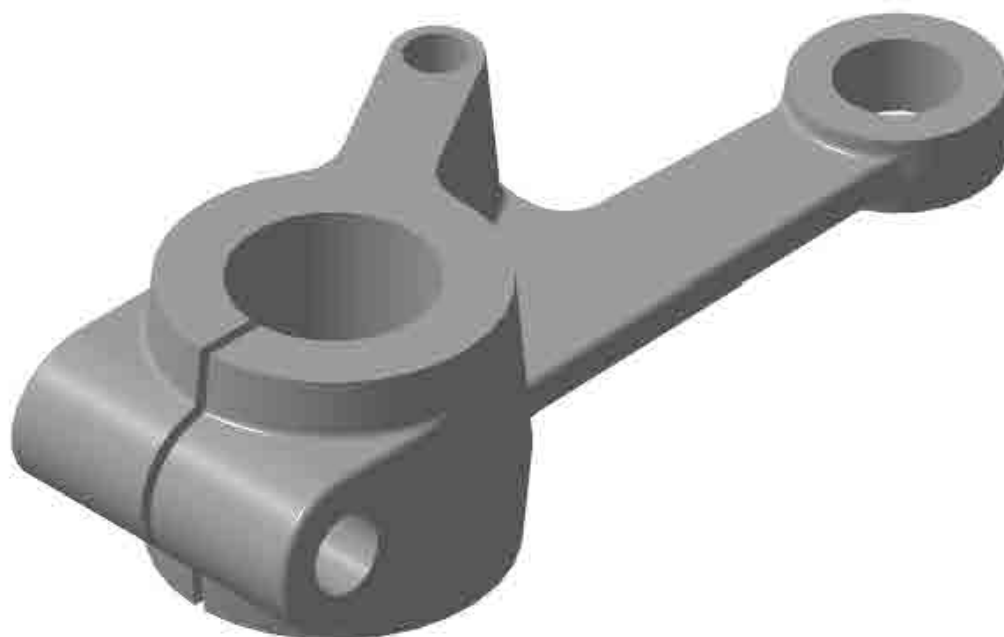


Рисунок 1.2 – Параметрична тривимірна твердотіла модель деталі "Вагіль"

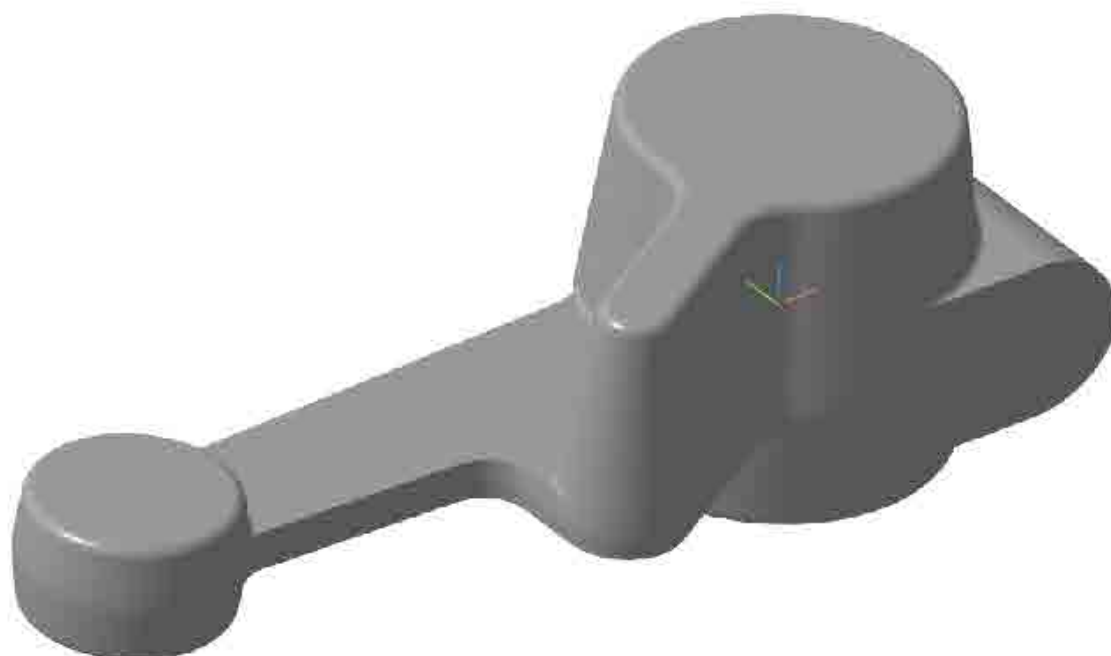


Рисунок 1.3 – Параметрична тривимірна твердотільна модель поковки "Вагіль"

Маса поковки з врахуванням призначених припусків і допусків складає 0.720 кг., що вписується в новий діапазон 0.63-1.00 кг. Перераховувати ступінь складності поковки і припуски не потрібно.

1.4 Вибір переходів штампування

1.4.1. Побудова розрахункової заготовки та епюри перерізів.

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

$$S_e = S_{\Pi} + 2S_3 = S_{\Pi} + 2\xi S_{3.k.}$$

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_3 - площа перерізу облою;

$S_{3.k.}$ - площа перерізу канавки для облою;

ξ - коефіцієнт заповнення канавки [6 - 9]

Вибираємо перший тип облойної канавки [1, стор. 65]. Схема облойної канавки та її параметри наведені на рис. 1.4.

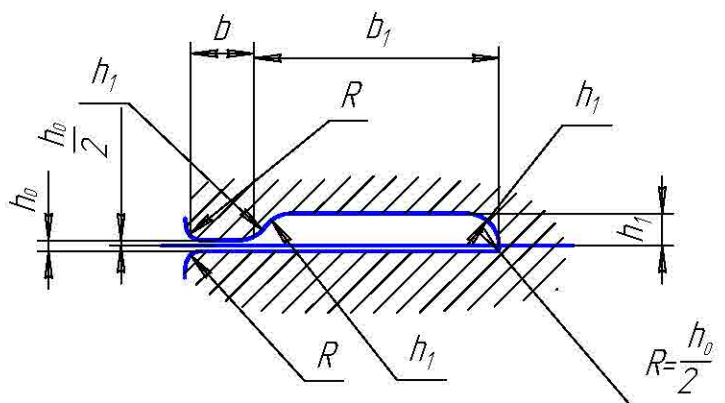


Рисунок 1.4 - Схема облойної канавки

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

Для поковок довільної форми

$F_{\Pi} := 4197 \text{ мм}^2$ (визначається засобами SolidWorks по кресленню поковки)

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

$$h_o = 1.412 \text{ мм}$$

Приймаємо $h_z := 1.0 \text{ мм}$

Розміри облойної канавки вибираємо по [8, 9].

$$h_1 := 3 \quad R := 1.0 \quad b := 7 \quad b_1 := 22 \quad S_{обк} := 80 \text{ мм}^2$$

$\xi := 0.4$ - коефіцієнт заповнення рівчака

Площа перерізу облою

$$S_{об} := \xi \cdot S_{обк} \quad S_{об} = 32 \text{ мм}^2$$

Проводимо через модель поковки перерізи в характерних точках (рис.1.5.) і визначаємо площини перерізів засобами SolidWorks.

Отримані результати зводимо у табл. 1.4 [10, 11].

Будуємо епюру перерізів (рис.1.6). відклавши в масштабі М величини площин характерних перерізів S_e в вигляді відрізків h_e , що дорівнюють:

$$M := 15$$

Таблица 1. 5 - Вихідні дані до побудови епюри перерізів та діаметрів

№ перерізу	$S_{\Pi}, \text{мм}^2$	$S_{з.к}, \text{мм}^2$	ξ	$S_e, \text{мм}^2$	$M, \text{мм}^2/\text{мм}$	$h_e, \text{мм}$	$d_e, \text{мм}$
1	0,00	80,00	0,40	64,00	15,00	4,27	9,04
2	763,20	80,00	0,40	827,20	15,00	55,15	32,50
3	1068,30	80,00	0,40	1132,30	15,00	75,49	38,02
4	1491,50	80,00	0,40	1555,50	15,00	103,70	44,57
5	1725,80	80,00	0,40	1789,80	15,00	119,32	47,81
6	1776,60	80,00	0,40	1840,60	15,00	122,71	48,48
7	1726,70	80,00	0,40	1790,70	15,00	119,38	47,82
8	1567,20	80,00	0,40	1631,20	15,00	108,75	45,64
9	1308,10	80,00	0,40	1372,10	15,00	91,47	41,86
10	962,30	80,00	0,40	1026,30	15,00	68,42	36,20
11	484,80	80,00	0,40	548,80	15,00	36,59	26,47
12	495,70	80,00	0,40	559,70	15,00	37,31	26,73
13	219,20	80,00	0,40	283,20	15,00	18,88	19,02
14	103,70	80,00	0,40	167,70	15,00	11,18	14,63
15	94,90	80,00	0,40	158,90	15,00	10,59	14,24
16	85,70	80,00	0,40	149,70	15,00	9,98	13,83
17	237,10	80,00	0,40	301,10	15,00	20,07	19,61
18	347,20	80,00	0,40	411,20	15,00	27,41	22,91
19	378,20	80,00	0,40	442,20	15,00	29,48	23,76
20	347,20	80,00	0,40	411,20	15,00	27,41	22,91
21	229,80	80,00	0,40	293,80	15,00	19,59	19,37
22	0,00	80,00	0,40	64,00	15,00	4,27	9,04

Об'єм всієї розрахункової заготовки дорівнює:

$Fe := 6690.1$ - площа епюри розрахункової заготовки, mm^2
(визначається засобами SolidWorks).

$$Ve := Fe \cdot M \quad Ve = 1.004 \times 10^5 \quad mm^3$$

Середньою розрахунковою заготовкою називають циліндр діаметром d_{cp} , довжиною, яка дорівнює довжині поковки ($le=lp$) і об'ємом, який дорівнює сумі об'ємів поковки V_{II} і облою Vo .

Площина перерізу середньої розрахункової заготовки:

$$le := 133 \quad mm$$

$$Scp := \frac{Ve}{le} \quad Scp = 754.523 \quad mm^2$$

$$h_{cp} := \frac{Scp}{M} \quad h_{cp} = 50.302$$

Діаметр середньої розрахункової заготовки, d_{cp} :

$$d_{cp} := 1.13\sqrt{Scp} \quad d_{cp} = 31.039 \quad mm$$

1.4.2 Вибір заготівельних рівчаків

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

Визначаємо коефіцієнти α і β для елементарної заготовки

$$d1_{max} := 48.5 \quad l1e := 133$$

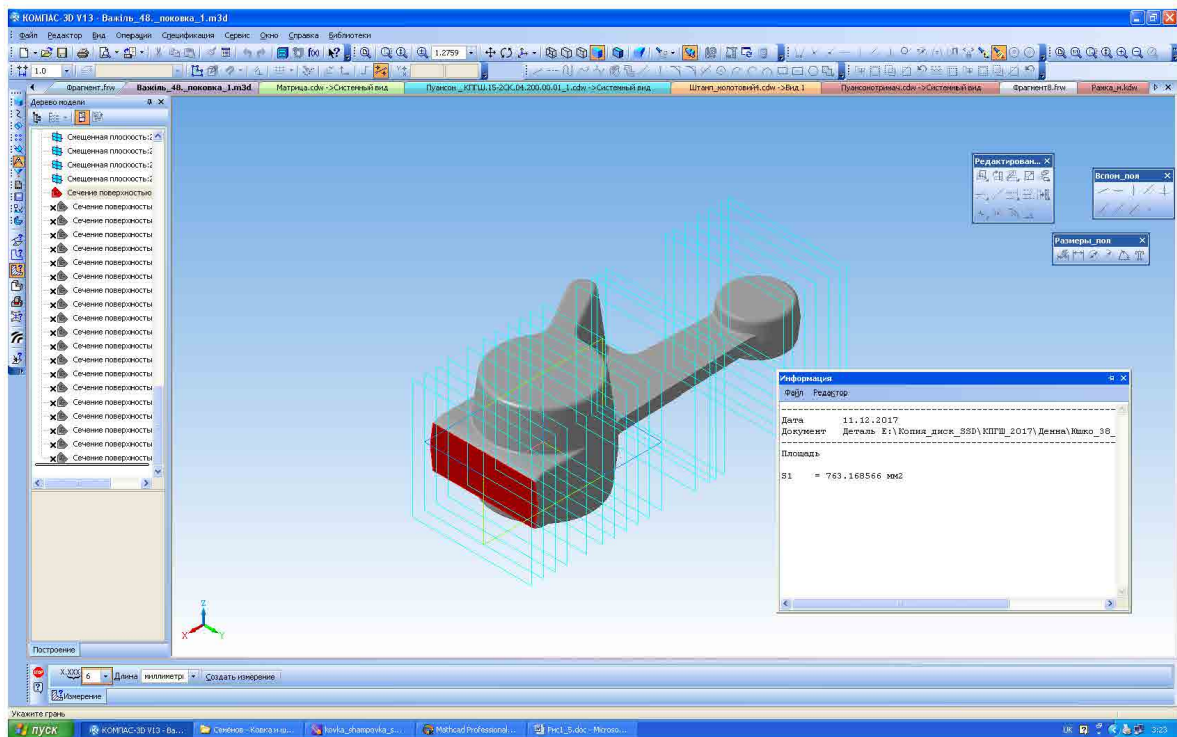
$$\alpha_1 := \frac{d1_{max}}{d_{cp}} \quad \beta_1 := \frac{l1e}{d_{cp}}$$

$$\alpha_1 = 1.563 \quad \beta_1 = 4.285$$

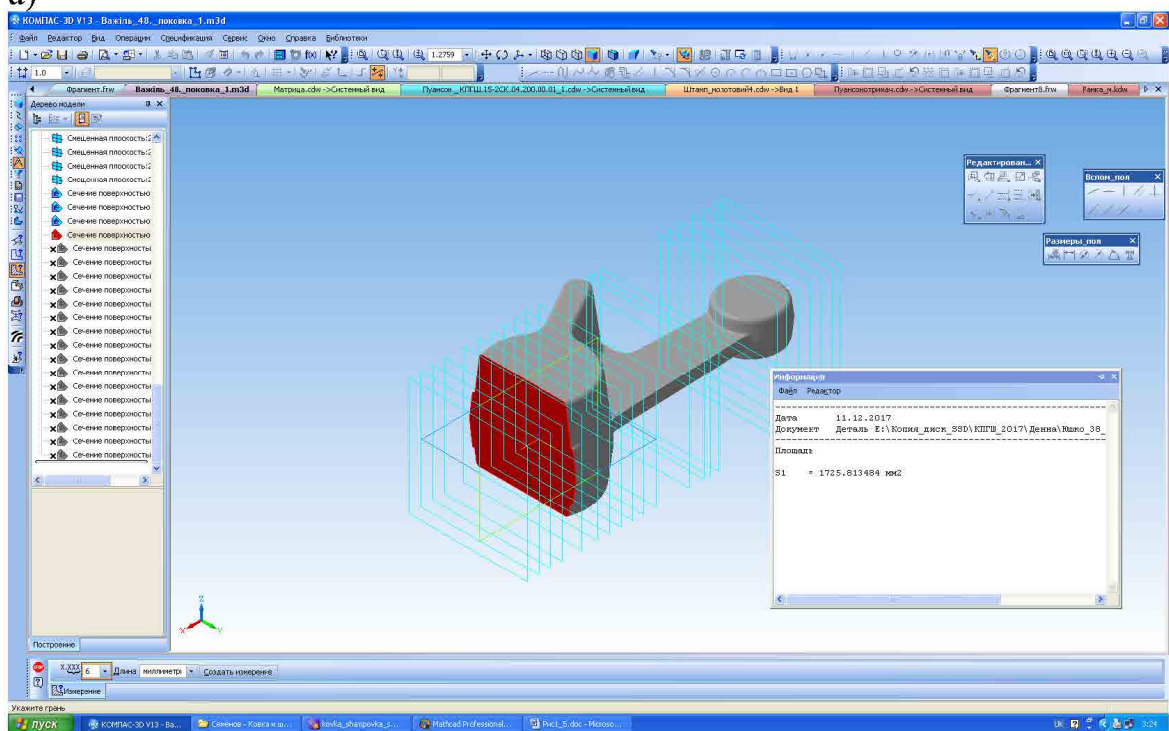
По діаграмі Ребельського елементарна заготовка попадає в зону вибору протягувального та підкатного закритого рівчака. Вибираємо в якості заготівельних рівчаків протягувальний та підкатний закритий.

Перевіряємо необхідність заготівельних рівчаків по коефіцієнту підкатки.

Загальний коефіцієнт підкатки визначається по формулі

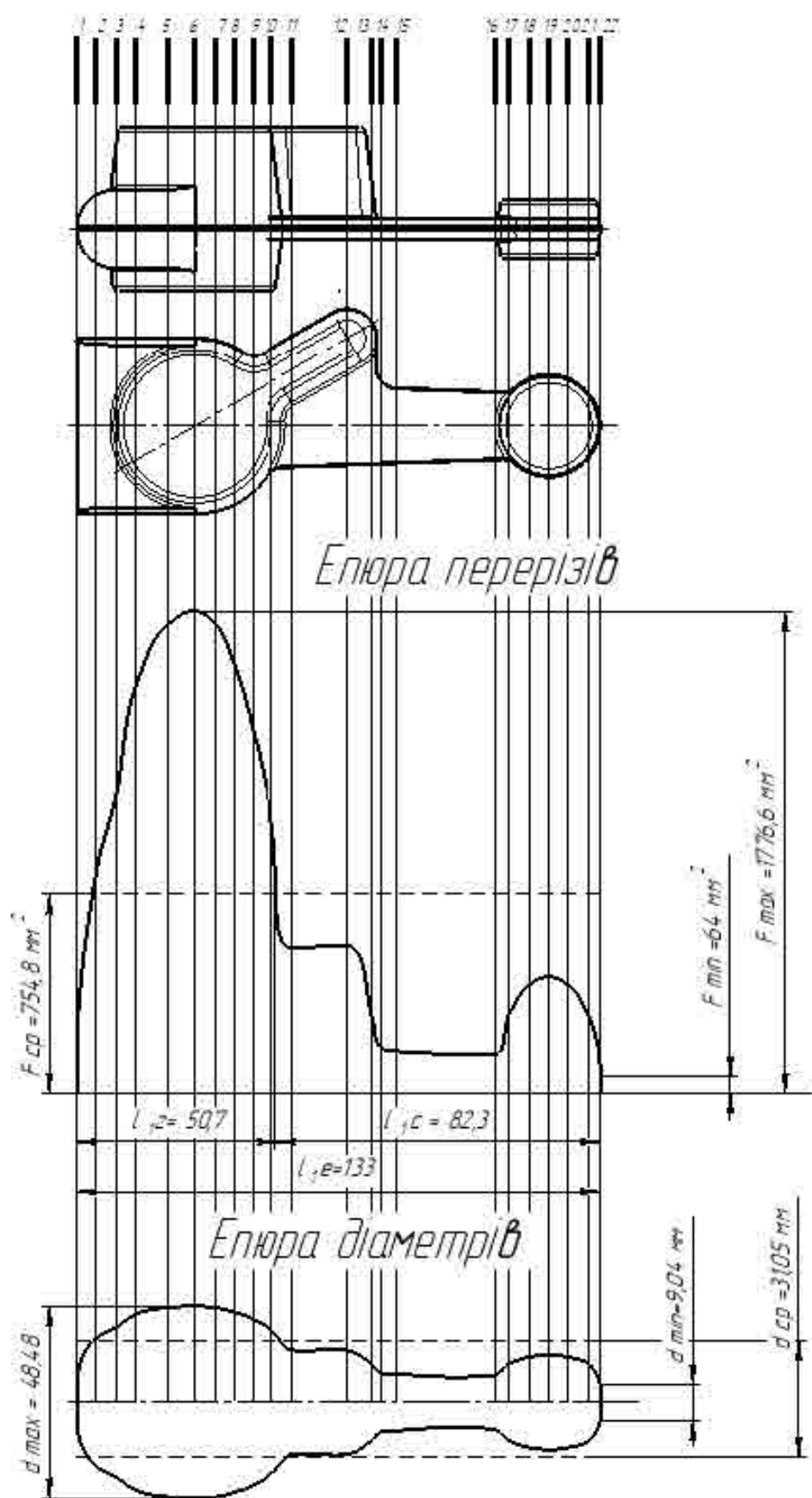


а)



б)

Рис. 1.5. До розрахунку епюри перерізів поковки "Важіль" засобами КОМПАС-ГРАФІК 3D: а) –переріз №1; б) –переріз №4



$$K_{\text{по}} := \frac{d_{\text{lmax}}^2}{d_{\text{cp}}^2} \quad K_{\text{по}} = 2.441$$

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 $K_{\text{по}} < K_{\text{пр}}$ де $K_{\text{пр}}$ дорівнює добутку $K_{\text{п}}$ вібраних рівчаків. По [6 -9.] вибираємо підкатний закритий $K_{\text{п}}=1,6$, попередній $K_{\text{п}}=1.1$, кінцевий $K_{\text{п}}=1,05$.

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

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

1.5 Визначення розмірів та побудова вихідної заготовки

1.5.1 Розміри заготовки

Об'єм заготовки

$V_{\text{по}} := 1.003 \times 10^5$ -об'єм поковки разом з об'ємом, визначається засобами SolidWorks , мм^3 ;

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

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

$V_{\text{зг}} = 1.023 \times 10^5 \text{ мм}^3$

Площа перерізу вихідної заготовки визначається по формулі 40 [6, 8, 9]

$S_{\text{пд}} := 1.15 \cdot S_{\text{cp}}$ -з підкатуванням, мм^2

$S_{\text{пд}} = 867.701$

Приймаємо значення $S_{\text{зг}} := 867.7$

Довжина заготовки

$l_{\text{з}} := \frac{V_{\text{зг}}}{S_{\text{зг}}} \quad l_{\text{з}} = 117.905 \text{ мм}$

Сторона квадрата $S_{\text{в}}$

$S_{\text{в}} := \sqrt{S_{\text{зг}}} \quad S_{\text{в}} = 29.457 \text{ мм}$

Приймаємо стандартний квадратний профіль висотою 30 мм по ДСТУ 7809:2015 .

Тоді скоригована довжина заготовки буде 114 мм.

Згідно розрахунку вибираємо прокат квадратного поперечного перерізу зі стороною квадрату 30 мм та довжиною 3.750 м, з граничним відхиленням по довжині +30мм, сортамент ДСТУ 7809:2015 Згідно діаграми А.В. Ребельського [6 -9, 12, 13] поковка з параметрами (вага 0,72 кг та довжина 133 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 чотири поковки.

Тоді довжина заготовки буде складати з врахуванням торцевого обрізу

$$L_{\text{зг}} = 4 \times l_3 + (3 \dots 5) = 4 \times 114 + 4 = 460 \text{ мм.}$$

Приймаємо довжину заготовки $L_{\text{зг}} = 460 \text{ мм.}$

З одного прутка отримаємо 8 заготовок довжиною 460 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:

$$K_p := 1.4 \quad \sigma_v := 420 \text{ МПа} \quad F := 900 \text{ мм}^2$$

$$P := K_p \cdot \sigma_v \cdot F \quad P = 5.292 \times 10^5 \text{ Н}$$

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

Номінальне зусилля, тс (МН)	100 (1)
Сторона квадрата прутка, мм	55
Найбільша довжина відрізаємої заготовки, мм	1000
Число ходів в хвилину	630
Потужність приводів, кВт	18,8
Габаритні розміри, мм :	
Довжина	8700
Ширина	2000
Висота	3000
Вага, т	11,2

1.5.2 Розрахунок витрат і розкрою метала

Згідно [6-9] приймаємо $L_{p,y} = 3750 \text{ мм}$.

Вирішуємо питання раціонального розкрою метала та точності заготовки:

Коефіцієнт використання металу:

$$\eta_s = \frac{L_n}{L_{p,y}} = \frac{3681}{3750} = 0,98$$

де L_n - корисна довжина прутка, мм [6-9].

$$L_n = L_{p,y} - \sum_{n,n} = 3750 - 69 = 3681 \text{ мм}$$

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

$$\sum_{n,n} = l_{від} + l_{обр} = 57 + 12 = 69 \text{ мм}$$

За допомогою формули ([8,9]) визначаємо довжину торцевого обрізу:

$$l_{обр} = (0,3 \div 0,5) \cdot a = 0,4 \cdot 30 = 12 \text{ мм},$$

де d – діаметр заготовки, мм.

Кількість заготовок із прутка визначаємо із співвідношення:

$$n = \frac{L_{p,y} - l_{обр}}{L} = \frac{3750 - 12}{460} = 8 \text{ шт},$$

де L - довжина заготовки, мм.

Визначаємо довжину відходу:

$$L = L_{p,y} - l_{обр} - (n_{32} \cdot L_{32}) = 3750 - 12 - (8 \cdot 460) = 58 \text{ мм}$$

Визначаємо розхідний коефіцієнт:

$$k = \frac{L_{p,y}}{L_{p,y} - \sum_{n,n}} = \frac{3750}{3750 - 69} = 1,02$$

Сумарну вагу відходів на кожний пруткоц отримаємо з рівняння:

$$\sum Q' = \frac{q \cdot \sum_{n,n}}{1000} = \frac{7,02 \cdot 69}{1000} = 0,484 \text{ кг},$$

де q – вага 1м. прутка.

Визначаємо вагу прутка згідно [3, с.89]: $Q_{np} = \frac{q \cdot L_{p,y}}{1000} = \frac{7,02 \cdot 3750}{1000} = 26,33 \text{ кг}$

Норма витрати на одну деталь;

$$N = Q_s / n = 26.33 / 32 = 0,83 \text{ кг};$$

Допуски на довжину заготовки згідно [12]: $\Delta = \pm 0.8 \text{ мм}$.

1.6 Вибір способу та режимів нагрівання заготовок і охолодження поковок. Вибір нагрівального обладнання.

1.6.1 Температурний інтервал кування [13, 14, 17, 18]

Для сталі 45 максимальна температура нагрівання металу перед куванням 1280°C .

Температура закінчення кування – 750°C .

Обрізання облою та подальша правка відбувається в холодному стані поковки.

1.6.2 Вибір нагрівального обладнання

Вибираємо індукційний нагрів так як при індукційному нагріванні втрати металу складають 0,2-0,4% маси нагріваемого 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 КИН10-250/10П[1,с.238-286] з наступними параметрами :

діаметр заготовки ,мм	15-45
найбільша довжина заготовки ,мм	70-600
довжина індуктора,мм	1000
потужність установки, кВт	250
частота, кГц	10
продуктивність, кг/ч	500

3. Мінімальна тривалість нагрівання заготовки, виходячи з продуктивності обладнання ТВЧ-62 сек.

1.7 Визначення зусилля штампування. Вибір штампувального обладнання [6 -9]

$\sigma_t := 92$ - межа текучості металу при температурі штампування, МПа;

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

$F_0 := 2617$ - площа проекції містка облою, мм^2 (визначається засобами SolidWorks);

$F_{\Pi} := 4197$ - площа проекції поковки на площину роз'єму, мм^2 (визначається засобами SolidWorks);

$$D_{\text{пр}} := 1.13 \sqrt{F_{\Pi}} \quad D_{\text{пр}} = 73.206$$

$l_{\Pi} := 133$ - максимальний габаритний розмір поковки в плані, мм ;

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

$$b_{\text{ср}} = 31.556$$

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

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

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

$$D := \ln \left[1 + \frac{2.5 \cdot (75 + 0.001 \cdot D_{\text{пр}}^2)}{D_{\text{пр}} \cdot h_0} \right]$$

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

$$P := A \cdot (B + C \cdot D) \cdot E \quad P = 1.293 \times 10^3 \text{ кг}$$

Вибираємо молот з масою падаючих частин 2,0 т.

Технічна характеристика :

Енергія удару, кДж, не менше	50
Номінальна маса падаючих частин, т.	2,0
Число ударів в 1 хвил.	80
Відстань між напрямними в світлі, мм	600
Найменша висота штампу без хвостовика, мм	260
Розмір баби L , мм	630
Розмір штампотримача L_1 , мм	900
Відстань від рівня пола до площини роз'єму штампу при найменшій його висоті, мм	800

1.8 Визначення зусиль та вибір устаткування для завершальних операцій.

1.8.1 Визначення зусилля для обрізання облою.

Обрізання облою виконуємо за 1 перехід.

Необхідне для обрізання облою зусилля обрізного пресу визначається за формулою

$S := 355$ мм - периметр різу (визначається засобами SolidWorks)

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.

$z := 4$ мм

$n := 1.1$ мм

$to := z + n$ мм - товщина облою

$to = 5.1$ мм

$P_{об} := 1.8 \cdot 10^{-6} S \cdot to \cdot \sigma_{в}$ $P_{об} = 1.369$ МН

Оскільки номінальне зусилля обрізного пресу знаходиться в межах норми, поковка виготовляється з низьковуглецевої сталі та розрахункова маса падаючих частин молота складає дві тони, 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.

Вибираємо обрізний однокривошипний прес зусиллям 1600 кН

Технічна характеристика :

Номінальне зусилля, кН	1600
Хід повзуна, мм	250
Частота ходів повзуна, 1/хв :	
безперервних	40
Розмір регулювання відстані між підштамповою плитою та повзуном, мм	450
Розмір стола, мм	800 x 800
Потужність привода, кВт	18

1.8.2. Вибір виду та режиму термообробки.

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

Нормалізація включає нагрівання доевтектоїдної 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 електропеч опору: Модель 1СН3-8,5.14.6,5/8,5	
Установлена потужність, кВт	100
Номинальна температура, °C	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

1.8.3. 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 [6-9].

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

1.8.4. Вибір способу та обладнання для правки поковок

Передбачаємо правку поковок [6-91].

$$\begin{aligned} \text{Зусилля преса: } P &= q_k \cdot F \\ q_k - \text{питоме зусилля правки, МПа} \\ F - \text{початкова площа поверхні правки, мм}^2 \\ q_k &:= 200 \text{ МПа} \quad F_{\Pi} := 4197 \text{ мм}^2 \\ P &:= q_k \cdot F_{\Pi} \quad P = 8.394 \times 10^5 \text{ Н} \end{aligned}$$

Вибираємо гвинтовий прес по ДСТУ 713Е:2005.

Технічна характеристика:

Номінальне зусилля, МН	1,6
Ефективна номінальна енергія, кДж, не менше	6,3
Найбільший хід повзуна S мм, не менше, мм	320
Число ходів повзуна в хвилину	36
Відстань між напрямними в світлі, мм	500
Розмір повзуна L, мм	500
Розмір стола, мм	650x580
Відстань між підштамповою плитою стола і ползуном в його нижньому крайньому положенні Н, мм	320

1.9 Вибір методів контролю та вимірювального інструменту

Задачами контролю є попередження браку поковок, своєчасне виявлення та ізоляція дефектних та бракованих поковок, облік та технічний аналіз причин дефектів та браку поковок. При виборі методів контролю та вимірювального інструменту користуємось рекомендаціями [6-9].

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

Лінійка 1000 ГОСТ 427-75;

Фотопірометр;

Для вимірювання радіусів закруглення використовуємо набір радіусних шаблонів.

1.10 Розробка плану штампувальної ділянки.

При розробці плану штампувальної ділянки користуємось типовими планами діляниць[6-9, 14, 17,18] .

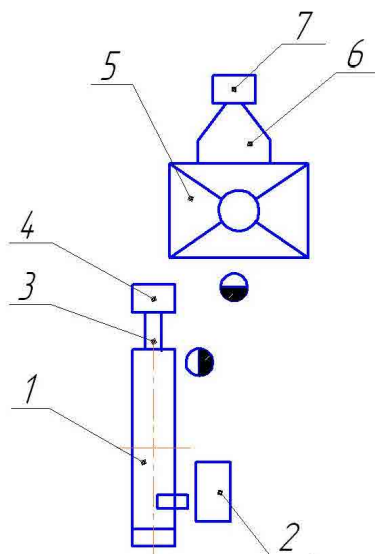


Рисунок 1.7 - Організація робочого місця штампувальника на молоті: 1-індуктор; 2-завантажувач; 3-склиз; 4-стіл; 5-молот; 6-склиз; 7-тара для поковок.

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.

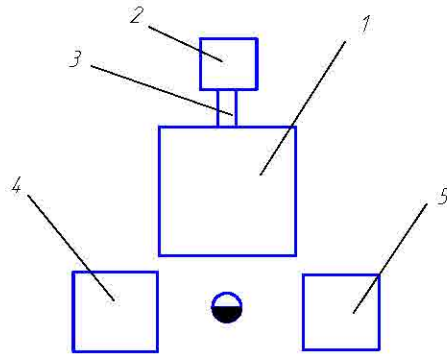


Рисунок 1.8 - Організація робочого місця штампувальника:
1- обрізний прес; 2-тара для поковок; 3-склиз; 4-тара для заготовок,
5- тара для облою.

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.

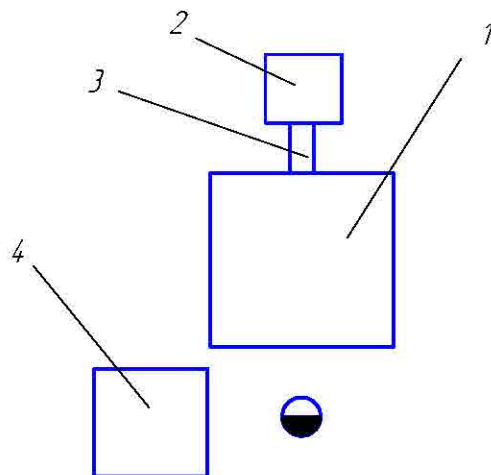


Рисунок 1.9 - Організація робочого місця штампувальника для холодної
правки: 1- гвинтовий прес; 2-тара для поковок; 3-склиз; 4-тара
для заготовок.

1.1 Розрахунок норм часу на штампування

Вихідні дані:

1. Деталь – Важіль,
2. Матеріал деталі – Сталь 45 ГОСТ 1050-88,
3. Вага заготовки – 3,23 кг,
4. Вага поковки – 0,72 кг,
5. Маса падаючих частин молота – 2,0 т,
6. Кількість рівчаків в штампі – 5 шт,
7. Кількість подвійних ходів молота – 80 уд/хв.,
8. Бригада – 2 роб, [6, с. 11, 12, табл. 1]

Таблиця 1.5.

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	0,05	
	Перекласти заготовку з рівчака в рівчак з кантуванням, натиснути педаль	1	-	0,05
	Штампування (підкатування)	3	0,0375	
3.	Перекласти заготовку з рівчака в рівчак без перевертання, натиснути педаль	1	-	0,05
4.	Штампування (чорнове)	1	0,0125	-
5.	Перекласти заготовку з рівчака в рівчак без перевертання, натиснути педаль	1	-	0,05
6.	Штампування (чистове)	1	0,0125	-
7.	Оглянути поковку після штампування	1	-	0,025
	Перекласти заготовку на відрубний ніж та натиснути на педаль	1	-	0,05
	Відрубати поковку на відрубному ножі	1	0,0125	-
8.	Змінити кліщі	1	-	0,035
9.	Змазати рівчак	1	-	0,08
			0,125	0,42
Разом: $T = T_{\text{осн.}} + T_{\text{доп.}} = 0,125 + 0,42 = 0,545$ хв.				

Більше всіх завантажених штампувальник.

Норма штучного часу:

$$T_{шт} = T_{оп.} \cdot \kappa,$$

де $\kappa = 1,21$ - коефіцієнт, що знаходиться за [6],

$T_{оп.пр.} = 0,545$ хв. - операційний час штампування.

Тоді: $T_{шт} = 0,545 \cdot 1,21 = 0,66$ хв.

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

$$N_{вир.} = \frac{420}{T_{шт.}} = \frac{420}{0,66} = 636 шт.$$

де $T_{шт} = 0,66$ хв. - норма штучного часу.

1.12 Складання карти технологічного процесу гарячого штампування

Результати розробки технологічного процесу штампування фіксуємо в технологічній карті, яка містить основні відомості по розробленому технологічному процесу.

2 КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ

2.1 Проектування молотового штампу [6-9, 03, 18]

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.

$$l := 133 \text{ мм}$$

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

$$t := 800^{\circ}$$

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

$$a = 134.277 \text{ мм}$$

Результати розрахунку інших розмірів наведені нижче

Розміри холодної поковки, мм

Розміри гарячої поковки, мм

φ45	φ45.4
φ26	26.3
28.9	29.2
14.5	14,6
42	42.4
45	45.9
17	17.2
19	19.2
R7.5	7.6
5	5.1
53	53.5

2.1.2 Розрахунок та конструювання штампувальних рівчаків

Штампувальні рівчаки виготовляємо за кресленням гарячої поковки, яке складаємо згідно відповідних правил [6-9, 18]:

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 – 1,5;

Усадка врахована – 1,5%.

Чистовий рівчак виготовляємо за кресленням гарячої поковки згідно рекомендацій [6-9, 18].

Чорновий рівчак конструюємо згідно [6-9, 18] 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 [6-9, 18]:

$$B = 1,4D_{\text{заг}} = 1,4 \cdot 33,9 = 47,5 \text{ мм} - \text{ширина виїмки під кліщовину};$$

$$\text{де } D_{\text{заг}} = 33,9 \text{ мм} - \text{діаметр вихідної заготовки};$$

$$R = 0,2D + 6 = 0,2 \cdot 33,9 + 6 = 12,8 \text{ мм} - \text{радіус закруглення для кліщової виїмки};$$

$$H = 1,2B = 1,2 \cdot 47,5 = 57 \text{ мм} - \text{висота виїмки під кліщовину};$$

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

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

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

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

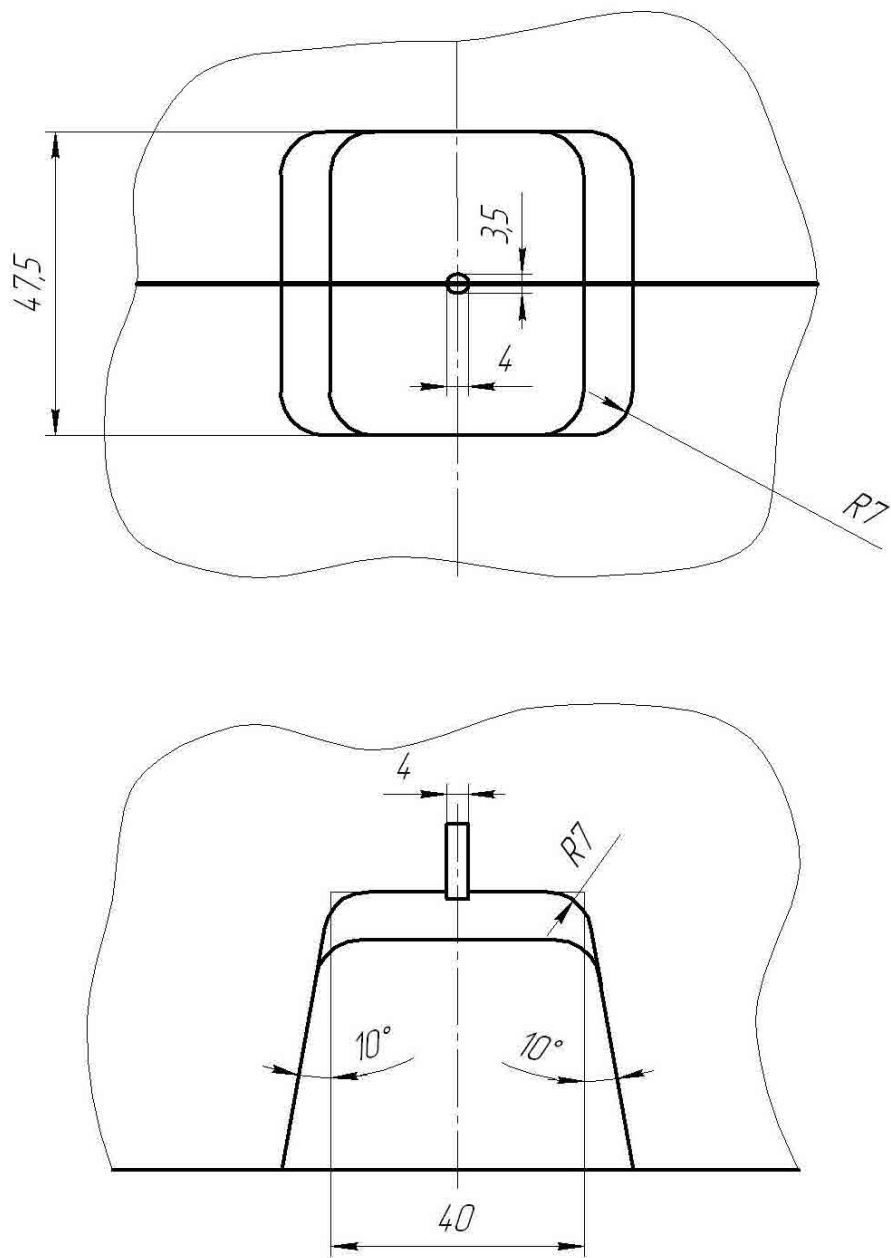


Рисунок 2.1 – Виїмка під кліщовину та ливникова канавка

2.1.3 Розрахунок та конструювання заготівельних рівчаків

Розрахунок та конструювання заготівельних рівчаків проводимо згідно [6-9, 18].

2.1.3.1 Протягувальний відкритий рівчак

Довжину елементів рівчака визначаємо за загальним правилами побудови протягувального рівчака, виходячі з розмірів розрахункової заготовки.

Протягувальний рівчак конструємо згідно таких положень:

1. Висота на ділянці протягувального порогу визначається за формулою:

$$h = (0,9) \cdot a_c = 0,9 \cdot 18,2 = 16,4 \text{ мм};$$

2. Довжина протягувального порогу розраховуємо за формулою:

$$c = (1,5) \cdot A_{32} = 1,5 \cdot 30 = 45 \text{ мм};$$

3. Ширину рівчака визначаємо за формулою:

$$B = (1,25 \div 1,5) \cdot A_{32} + 20 \text{ мм} = 1,3 \cdot 30 + 20 = 59 \text{ мм};$$

де $A_{32} = 30 \text{ мм}$ - сторона квадрата вихідної заготовки;

4. Глибина рівчака:

$h_1 = 2h = 2 \cdot 16,4 = 32,8 \text{ мм}$, де h - висота на ділянці протягувального порогу;

5. Радіуси закруглень:

$$R_1 = 2,5 \cdot c = 2,5 \cdot 45 = 112,5 \text{ мм}$$

$$R = 0,25 \cdot c = 0,25 \cdot 45 = 11,25 \text{ мм}$$

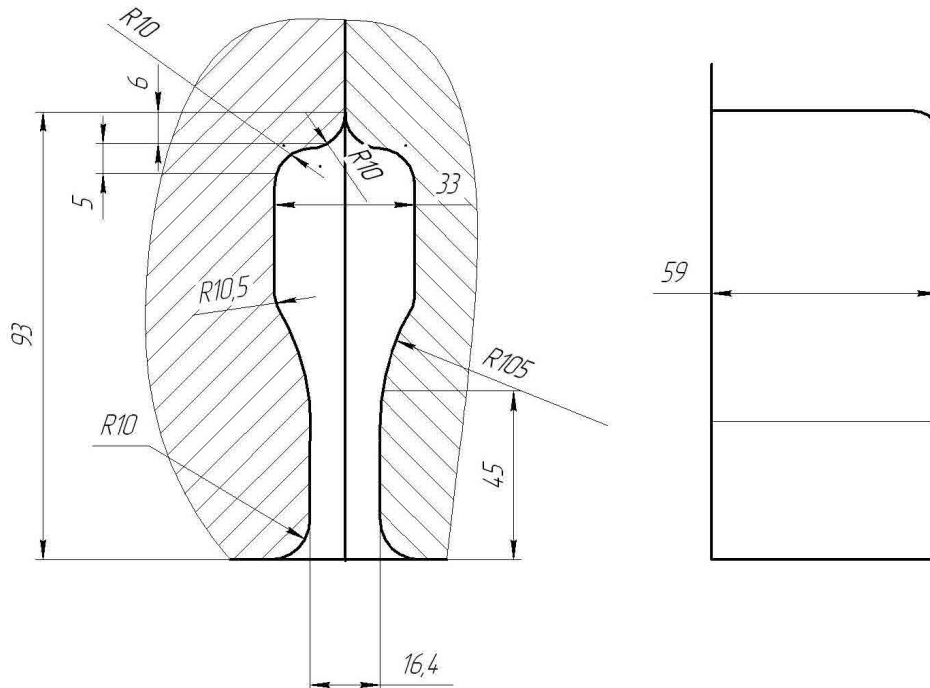


Рисунок 2.2 – Протягувальний відкритий рівчак

2.1.3.2. Підкатувальний закритий рівчак

Конструюємо згідно таких положень:

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

2. Ширину рівчака визначаємо за формулою:

$$B = 1,9 \cdot A_{32} = 1,9 \cdot 30 = 57 \text{ мм},$$

3. Розміри виїмки під кліщовину визначаємо за формулами:

$$n = 0,2d_{32} + 6 = 0,2 \cdot 33,9 + 6 = 12,8 \text{ мм}$$

$$m = (1,5 \dots 2)n = 2 \cdot 12,8 = 25,6 \text{ мм}$$

$$R = 0,1d_{32} + 6 = 0,1 \times 33,9 + 6 = 9,39 \text{ мм}$$

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 $\mu = 1.1$ для набору – визначають по таблиці [18].

Переріз рівчака наведений на кресленні молотового штампу.

Розміри профілю рівчака по висоті знаходимо по табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розміри профілю підкатувального рівчака

№ перерізу	Розмір d_e по епюрі в мм.	Значення коефіцієнта μ	Висота рівчака $h = \mu \times d_e$ в мм.
1	9,04	0,8	7,2
2	32,50	1,05	34,1
3	38,02	1,05	39,9
4	44,57	1,05	46,8
5	47,81	1,05	50,2
6	48,48	1,05	50,9
7	47,82	1,05	50,2
8	45,64	1,05	47,9
9	41,86	1,05	44,0
10	36,20	1,05	38,0
11	26,47	0,8	21,2
12	26,73	0,8	21,4
13	19,02	0,8	15,2
14	14,63	0,8	11,7
15	14,24	0,8	11,4
16	13,83	0,8	11,1
17	19,61	0,8	15,7
18	22,91	0,8	18,3
19	23,76	0,8	19,0
20	22,91	0,8	18,3
21	19,37	0,8	15,5
22	9,04	0,8	7,2

2.1.4 Конструювання відрубного ножа

Згідно рекомендацій [6-9, 18] конструємо задній відрубний ніж.

Ширину ножа визначаємо за формулою:

$$B = D_{\text{заг.пр}} + (20 \dots 25) = 33,9 + 22 = 55,9 \text{ мм}$$

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

Висоту ножа розраховуємо за формулою:

$$H = D_{\text{заг.пр}} + 20 = 33,9 + 20 = 53,9 \text{ мм}$$

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

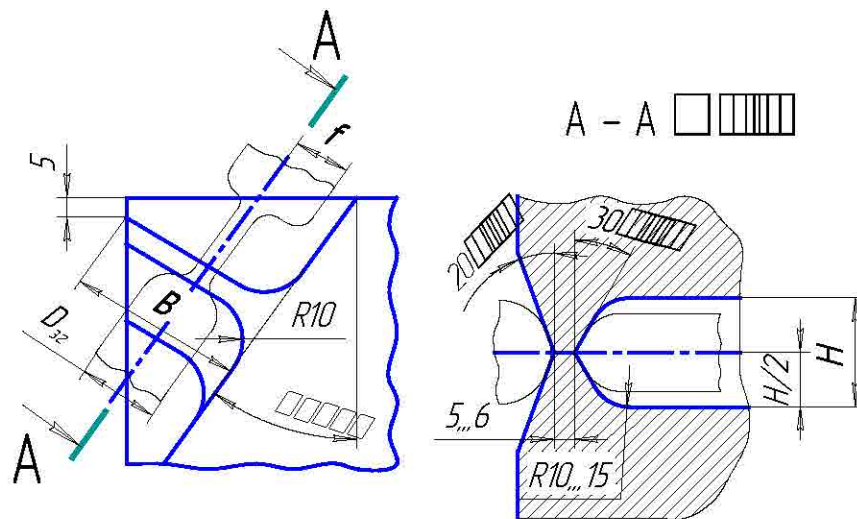


Рисунок 2.3 – Ніж для відрубування заготовки від прутка

2.1.5. Розташування рівчаків на дзеркалі штампа

Розташування рівчаків на дзеркалі штампа обираємо згідно рекомендацій [6-9, 18]:

- 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.

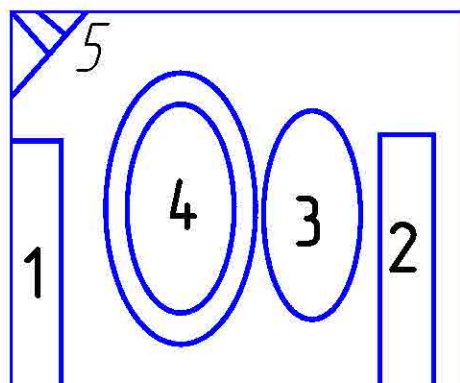


Рисунок 2.4 – Розташування рівчаків на молотовому штампі

2.1.5 Визначення товщини стінок та дна штампа

Товщину стінок та дна штампа визначаємо згідно рекомендацій [6-9, 18].

Визначаємо допустиму товщину стінок за допомогою формули:

$$S = \left(\frac{11 \cdot h_1 \cdot \cos \alpha_1}{\sqrt{h_1 + 0,4r_1}} - 7 \right) \cos \alpha = \left(\frac{11 \cdot 17 \cdot \cos 7^\circ}{\sqrt{17 + 0,4 \cdot 1,5}} - 7 \right) \cdot \cos 7 = 14,5 \text{ мм},$$

де $h_1 = 15 \text{ мм}$ - глибина найменшого рівчака;

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

$r_1 = 1,5 \text{ мм}$ - внутрішній радіус закруглень.

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

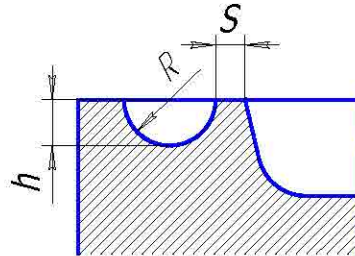


Рисунок 2.5 – До визначення товщини стінок штампа

2.1.6 Визначення габаритних розмірів штампа

Визначаємо габаритні розміри штампа за [6-9, 18] та розміри штампового кубика за ГОСТ 7831-78.

Висота кубика штампа залежить від глибини $h_{\max}$ найбільш глибокого рівчака штампа і визначається за формулою на [8, 9]:

$$H_{\min} = (6 \div 10) \cdot h = 7 \cdot 25 = 175 \text{ мм}$$

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

$L = 350 \text{ мм}$ - довжина кубика;

$B = 300 \text{ мм}$ - ширина кубика;

$H = 160 \text{ мм}$ - висота кубика.

Інші розміри елементів молотового штампу вибираємо згідно рекомендацій [18].

2.1.7 Оформлення креслення молотового штампа

Згідно рекомендаціям [13, 14] 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 6039-82;
- 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 гарячому стані, оскільки поковка відноситься до середніх по розміру, має вміст вуглецю до 0.4%. та штампується на молоті з масою падаючих частин 3,15 тон.

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 [6-9].

Визначаємо зазор між пуансоном та матрицею, [6 - 9]:

Таблиця 2.2 – Розміри зазору між пуансоном та матрицею

h , мм	δ при α°
	7...15
10...19	1,5

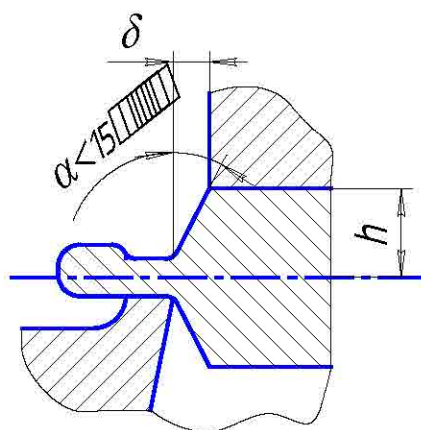


Рисунок 2.6 – Встановлення зазору між пуансоном та матрицею.

2.2.2 Конструювання ріжучого контуру матриці

Конструювання ріжучого контуру матриці здійснюємо згідно рекомендацій [18].

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

Вибираємо матрицю з паском згідно [8, 9]. Оскільки поковка має просту конфігурацію, то матриця виготовляється суцільною.

Залежно від товщини облоя, що обрізається, визначаємо розміри ріжучих кромок матриці за [6-9]:

Таблиця 2.3 – Розміри ріжучих кромок матриці

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

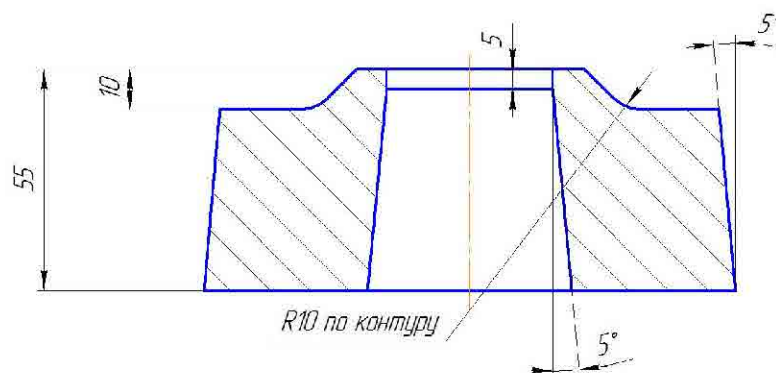


Рисунок 2.7 – Ріжучий контур матриці

Визначаємо габаритні розміри матриці за [6-9] залежно від товщини облоя:

Таблиця 2.4 – Габаритні розміри матриці

Товщина облоя h , мм	Мінімальна товщина стінок матриці S , мм	Ширина матриці B , мм	Висота матриці H , мм
До 2,0	30	До 450	55

Матрицю виготовляємо з матеріалу 8ХЗ, 415...363НВ.

2.2.3 Конструювання робочої частини пуансона

Конструювання робочої частини пуансона виконуємо згідно [6-9] з урахуванням зазорів між пуансоном і матрицею [6-9].

Пуансон виготовляємо з матеріалу 9ХФ, 415...363НВ. [6-9, 14,18].

2.2.4 Вибір способу кріплення матриці і пуансона

Згідно рекомендаціям [8, 9, 18] кріплення матриці здійснюємо за допомогою гвинтів.

Основні розміри елементів кріплення матриці гвинтами, мм. [8, 9, 18]:

Таблиця 2.5 – Розміри елементів кріплення матриці гвинтами

B	b , (не менше)	d
200-320	36	M12

Кріплення пуансона передбачаємо за допомогою пуансонотримача та шести гвинтів M10.

Матрицю приймаємо суцільною, оскільки контур поковки не має значної складності. Різальний контур матриці виконуємо за контуром поковки в площині рознімання з припуском на подальшу слюсарну підгонку за розмірами поковки, що підлягає обрізанню.

Кріплення матриці здійснюємо гвинтами, розташованими під кутом 5° до її опорної поверхні. Гвинти розміщуються у двох взаємно перпендикулярних напрямках, що забезпечує надійну фіксацію матриці в нижній плиті штамп.

У даній конструкції пуансон виконує функцію давильного інструмента і не входить у порожнину матриці. Для запобігання вигину та зминанню виступаючих частин поковки під час обрізання необхідно, щоб опорні поверхні пуансона щільно прилягали до відповідних поверхонь поковки. Конфігурацію опорної поверхні пуансона приймаємо за кресленням поковки з подальшою слюсарною підгонкою по поковці або контрольній відливці з кінцевого рівчака штампа. На неопорних поверхнях між поковкою і пуансоном передбачається зазор. Його величину приймаємо рівною половині верхнього відхилення допуску на відповідний горизонтальний розмір поковки з додатковим збільшенням на 0,3...0,5 мм.

Між пуансоном і верхньою плитою штампа встановлюємо підкладну плитку товщиною 8 мм. Пуансон закріплюємо шістьма болтами, які проходять крізь пуансонотримач до верхньої плити штампа. Для точного взаємного положення деталей передбачаємо фіксацію пуансона двома штифтами.

Обрізний штамп складається з таких основних деталей відповідно до складального креслення КРБ.ПМ.26.54.32.11.00:

- 1 — матриця;
- 2 — плита верхня;
- 3 — втулка;
- 4 — хвостовик;
- 5 — плитка підкладна;
- 6 — пуансонотримач;
- 7 — втулка;
- 8 — знімач;
- 9 — втулка розпорна;
- 10 — плита нижня;
- 11 — пуансон.

Обрізний штамп працює таким чином. Штампувальник подає поковку в робочу зону штампа та укладає її в обрізну матрицю 1. Під час руху повзуна

преса вниз пуансон 11 здійснює обрізання облою по контуру поковки. Після обрізання поковка проходить через провальний отвір, а облой залишається на матриці. Видалення облою з робочої зони виконується кліщами з подальшим переміщенням його в тару для відходів.

Матеріал верхньої та нижньої плит — сталь 30Л за ДСТУ 8781:2018, твердість HB ≤ 255 . Розміри плит вибираємо відповідно до габаритів поковки [18]

Матеріал колонок — сталь 20 за ДСТУ 7809:2015 з подальшою цементацією [2, с. 517]. Втулки також виготовляємо зі сталі 20 з цементацією на глибину 0,5...1,0 мм до твердості HRC 58...68.

Знімач виготовляємо зі сталі 45 за ДСТУ 7809 з твердістю HB 229...285. Для матриці приймаємо сталь X12M за ДСТУ 3953-2000, для пуансона — сталь 8ХФ. Температура гартування сталі X12M становить 850...880 °С з охолодженням в оліві. Твердість після гартування — близько 54 HRC. Після відпуску при температурі 480...520 °С твердість повинна становити 38...44 HRC.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Деталі типу «Важіль» широко застосовуються у вузлах машин і механізмів для передавання зусиль, зміни напрямку руху та керування робочими органами. У процесі експлуатації такі деталі працюють в умовах згину, контактного навантаження, тертя, місцевого зминання та можливих змінних навантажень.

У базовому варіанті деталь виготовлялася литтям зі сталі 30Л. Заміна литої заготовки гарячештампованою поковкою зі сталі 45 є технічно доцільним напрямом підвищення якості виробу. Для умов серійного виробництва важливим є також підвищення продуктивності та стабільності технологічного процесу.

Додаткове вдосконалення процесу забезпечується заміною полуменового нагрівання індукційним, що дозволяє скоротити час нагрівання, зменшити утворення окалини та стабілізувати температурний режим.

Отже, актуальність роботи зумовлена необхідністю розроблення раціонального технологічного процесу гарячого штампування поковки типу «Важіль» зі сталі 45 на пароповітряному молоті з метою підвищення якості, міцності, зносостійкості та продуктивності виготовлення деталі.

2. Проаналізовано конструкцію деталі типу «Важіль», її службове призначення, умови роботи та основні вимоги до заготовки. Обґрунтовано доцільність заміни литої заготовки зі сталі 30Л на гарячештамповану поковку зі сталі 45.

3. Розроблено креслення поковки з призначенням припусків на механічну обробку, допусків, штампувальних ухилів, радіусів заокруглень і площини рознімання штампа. Визначено масу та об'єм поковки, об'єм облою, технологічні втрати металу.

4. Обґрунтовано вибір заготівельних операцій перед штампуванням у попередньому та кінцевому рівчаках.

5. Розраховані основні параметри заготовки. Обрано обладнання для різання мірних заготовок перед штампуванням.

6. Вибрано пароповітряний молот й прес для обрізування облою і перевірена їх придатність за енергією удару та технологічними можливостями. Розроблено плани організації робочих місць та розраховано норми часу на штампування

7. Спроектовано молотовий штамп та штамп для обрізування облою. Розроблені робочі кресленики окремих деталей.

8. Підготовлено рекомендації для виробництва по впровадженню розробленої технології.

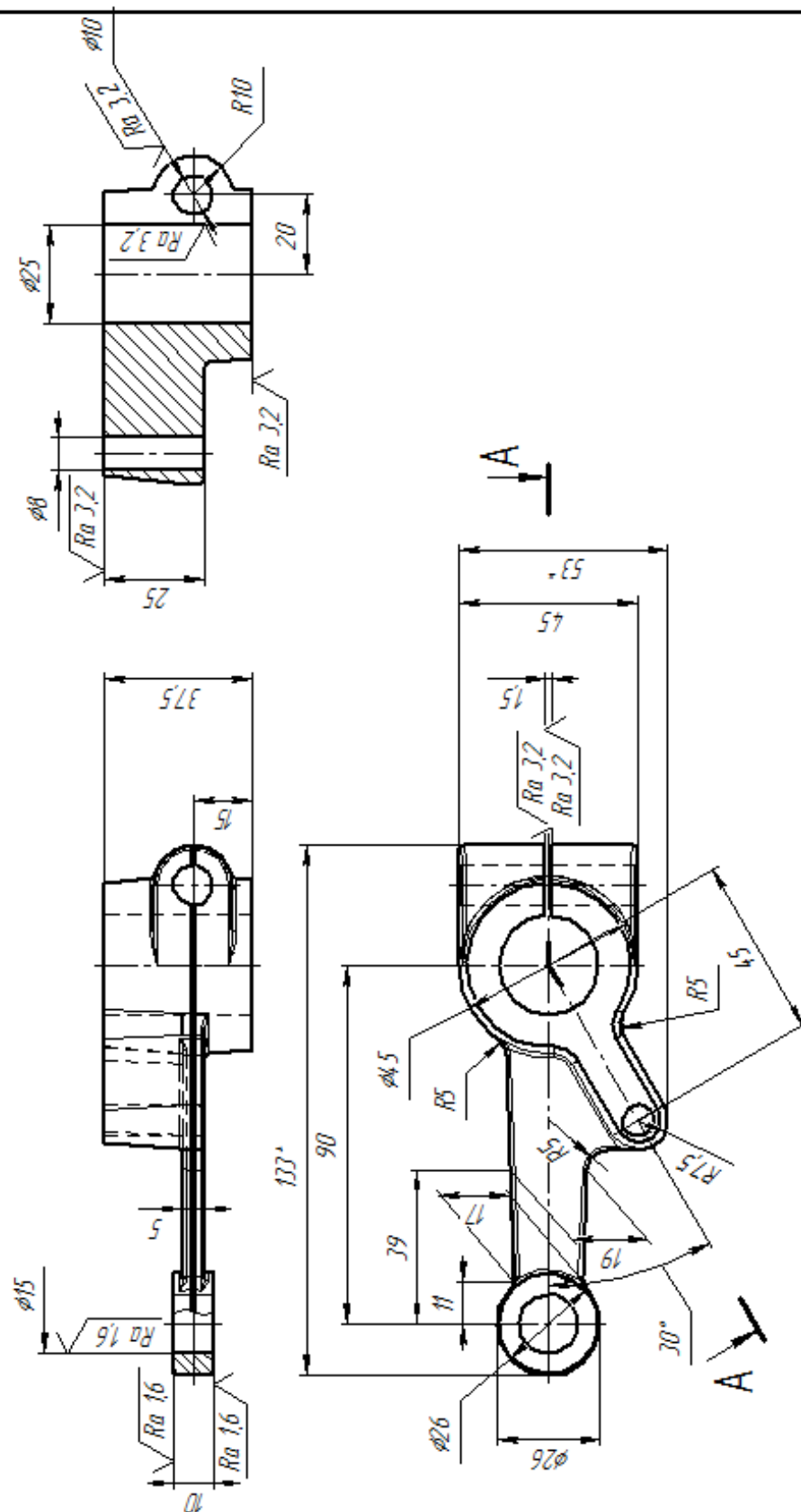
Перелік джерел посилання

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. Дусанюк Ж. П., Сивак І. О., Дусанюк С. В., Репінський С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Гаряче об'ємне штампування. Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.
9. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
ISBN 978-966-7599-81-2108.
10. 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.
11. Кундрат А.М., Кундрат М.М. Науково-технічні обчислення засобами MathCAD та MS Excel. Навч. посібник. – Рівне: НУВГП. 2014, – 252 с.
12. Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски та ковальські напуски. URL: <https://auremo.vip/gosts/gost-7505-89.html> (дата звернення: 16.05.2026)
13. 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.
14. Гусачук Д. А., Парфентьєва 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).
15. Metinvest-smc. URL: <https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-20/?srsltid=AfmBOor5HoL-8ozZz9Vjmpu2kRswJvq9-RnCUihNlCiAxZG0-LIuTIo> (дата звернення: 20.05.2026).
16. Absolut metal. URL: <https://www.absolut-metall.com.ua/uslugi/> (дата звернення: 20.05.2026).
17. Гаряче об'ємне штампування / І.С. Алієв, Я.Г. Жбанков. – Краматорськ: ДДМА, 2012. – 240 с.
18. 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.

Додатки

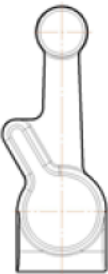
ДОДАТОК А
Кресленик деталі «Важіль»



1. *Розміри для довідок.
2. Невказані радіуси скруглень R1 мм.
3. H12, h12, $\pm \frac{IT12}{2}$.
4. Невказані штанувальні ухили - 7°.

Назва деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль
Сфера виготовлення	Центральний інститут національної технічної університету	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль
Матеріал	Сталь 45	Гост	ГОСТ 1050-88	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль
Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль
Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль	Вид деталі	Важіль

Б.2 Другий аркуш технологічної карти

№	Назва операції, переходу	Ескіз переходів	Температурний режим кування і термообробки					Інструмент	Обладнання	Норма		Робоча сила		
			одночасне нагрівання	температура підігрівання	час підігрівання	температура нагрівання	нагрівання, у хвилини			хвильовий	шт.	професія	розряд	кількість
6.	Контроль							Шаблон, Штангенциркуль						
7.	Обрізання облою							Штамп простий ді	Прес обрізний КВ 9532 1,6 МН	0,048		Штангенциркуль	III	1
8.	Контроль							Шаблон, Штангенциркуль						
9.	Термообробка													
10.	Контроль					800		Твердомір по Бринеллю	Камера електронного опору ІСНЗ-8.5.14.6.5.8.5			Нагрівальник	IV	1
11.	Очищення								Дробоструйний апарат 334М			Габриуляційник	II	1
12.	Правка							Штамп простий ді	Гвинтовий прес Рн=1,6 МН	0,115		Штангувальник	III	1
13.	Контроль							Шаблон				Контролер	III	1

ДОДАТОК В

**Специфікація до складального кресленика
штампу молотового**

[illegible]

ДОДАТОК Г

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

Поз.	Позначка	Найменування	Кіл.	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.26.54.32.11.00	Складальне креслення			
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.26.54.32.11.01	Матриця	1		
2	КРБ.ПМ.26.54.32.11.02	Плита верхня	1		
3	КРБ.ПМ.26.54.32.11.03	Колонка	2		
4	КРБ.ПМ.26.54.32.11.04	Хвостовик	1		
5	КРБ.ПМ.26.54.32.11.05	Плитка підкладна	1		
6	КРБ.ПМ.26.54.32.11.06	Пуансонотримач	1		
7	КРБ.ПМ.26.54.32.11.07	Втулка	2		
8	КРБ.ПМ.26.54.32.11.08	Знімач	1		
9	КРБ.ПМ.26.54.32.11.09	Втулка дистанційна	4		
10	КРБ.ПМ.26.54.32.11.10	Плита нижня	1		
11	КРБ.ПМ.26.54.32.11.11	Пуансон	1		
		<u>Стандартні вироби</u>			
		Болт DIN 479			
13		M16×55.58	4		
14		M16×90.58	6		
		Болт DIN 931	2		
15		M12×50.58	4		
16		M12×110.58	4		
17		Гвинт 12×90.58 DIN 912	4		
Відповідальний за розробку Кафедра ММР		Технічне узгодження Володимир МІРЗАК	Оформлення документації Олександр БУРДІЛІЙ	Документ затверджено Андрій ГРЕЧКА	Лист 11
Відомий об'єкт Центральноукраїнський національний технічний університет		Специфікація		Лист 11 документації на початку	
		Назва Штмп для обрізування облою		Позначення КРБ.ПМ.26.54.32.11.00	
		Нд. зм.	Шт. з відбиття	Тема	Арх. з
		А	2025-03-06	uk	1/3

ДОДАТОК Д

Рекомендації для впровадження технологічного процесу у виробництво

Розроблений технологічний процес гарячого об'ємного штампування поковки типу «Важіль» зі сталі 45 рекомендується до впровадження в умовах серійного виробництва як заміна базового способу виготовлення деталі литтям зі сталі 30Л. Основною метою впровадження є підвищення міцності, зносостійкості та експлуатаційної надійності деталі, а також підвищення стабільності й продуктивності виробничого процесу.

Впровадження технологічного процесу доцільно виконувати поетапно. На першому етапі необхідно уточнити креслення деталі та поковки, перевірити правильність призначених припусків, допусків, штампувальних ухилів, радіусів заокруглень і площини рознімання штампа. Особливу увагу слід приділити зонам центральної бобишки, лівої головки, вушкової частини та перехідних ділянок, оскільки саме ці елементи визначають умови заповнення рівчаків і працездатність поковки в експлуатації.

Для виготовлення поковки рекомендується застосовувати сталь 45, яка після відповідної термічної обробки забезпечує необхідний рівень міцності, твердості та опору зношуванню. Вихідний прокат повинен мати сертифікат якості, що підтверджує хімічний склад і механічні властивості матеріалу. Перед запуском у виробництво необхідно організувати вхідний контроль металу, включаючи перевірку марки сталі, стану поверхні прокату та відсутності дефектів, які можуть перейти в поковку під час штампування.

З урахуванням форми й маси поковки спарене штампування для даної деталі застосовувати не рекомендується. Деталь має асиметричну форму, нерівномірний розподіл металу, масивну центральну бобишку та тонші видовжені елементи. Використання спареного або багатомісного штампування в цьому випадку може призвести до ускладнення конструкції штампа, збільшення витрати металу на облой, нерівномірного заповнення рівчаків і підвищення навантаження на пароповітряний молот.

Для підвищення продуктивності доцільно застосовувати групову заготовку, розраховану на чотири одиничні поковки, з послідовним відрубуванням заготовок ножом у молотовому штампі. Такий варіант дозволяє зменшити кількість допоміжних операцій, скоротити втрати часу на подачу

коротких заготовок і забезпечити більш раціональну організацію робочого місця біля молота.

Штампування поковки рекомендується виконувати на пароповітряному молоті з використанням молотового штампа, який містить відрубний ніж, протягувальний, формувальний, чорновий і чистовий рівчаки. Протягувальний рівчак слід використовувати для початкового перерозподілу металу за довжиною важеля. Формувальний рівчак повинен забезпечувати наближення заготовки до форми поковки та підведення металу до масивних зон. Чорновий рівчак доцільно застосовувати для основного заповнення порожнини штампа, а чистовий — для остаточного формування поковки з урахуванням облойної канавки, припусків, ухилів і допусків.

Під час проєктування штампа необхідно забезпечити надійне заповнення центральної бобишки, лівої головки та вушкової частини без утворення недоштамповки, складок, затисків і надмірного облою. Радіуси переходів у рівчаках повинні бути достатніми для вільної течії металу та зменшення концентрації напружень у поковці. Облойну канавку слід розраховувати так, щоб вона створювала необхідний опір витіканню металу з рівчака і водночас не спричиняла надмірного перевантаження обладнання.

Для нагрівання заготовок рекомендується застосовувати індукційний нагрів замість полуменевого нагрівання в печі. Це дозволить скоротити час нагрівання, зменшити утворення окалини, підвищити стабільність температурного режиму та поліпшити якість поверхні поковки. Індукційний нагрівач доцільно розмістити безпосередньо перед зоною штампування з урахуванням зручності подачі групової заготовки до молота.

Температурний режим нагрівання необхідно контролювати на всіх етапах роботи. Недогрів заготовки може призвести до неповного заповнення рівчаків, підвищення навантаження на штамп і виникнення тріщин. Перегрів, у свою чергу, може спричинити інтенсивне окиснення, знеуглецювання поверхні, погіршення структури металу та зниження якості поковки. Тому перед запуском серійного виробництва слід встановити допустимий інтервал температур штампування і забезпечити його стабільне дотримання.

Після штампування поковки необхідно виконувати обрізання облою в обрізному штампі, правлення за потреби, термічну обробку, очищення від окалини та контроль якості. Особливу увагу слід приділяти контролю зміщення по лінії рознімання, висоти задирок, наявності поверхневих тріщин, складок,

недоштамповки, забоїн і дефектів у перехідних зонах. Розмірний контроль необхідно виконувати за основними базовими розмірами поковки, які визначають можливість подальшої механічної обробки.

Перед повним впровадженням технологічного процесу у виробництво рекомендується виготовити дослідну партію поковок. За результатами дослідного штампування необхідно перевірити повноту заповнення рівчаків, величину облою, стабільність маси поковки, якість поверхні, відповідність припусків на механічну обробку та відсутність дефектів. У разі потреби слід скоригувати розміри заготовки, форму протягувального або формувального рівчака, параметри облойної канавки, режим нагрівання та послідовність ударів молота.

Для забезпечення стабільності процесу в серійному виробництві необхідно розробити технологічну інструкцію для оператора молота. В інструкції слід зазначити марку матеріалу, розміри групової заготовки, режим індукційного нагрівання, послідовність переходів по рівчаках, допустиму кількість ударів, порядок відрубубування заготовки, вимоги до обрізання облою, контролю поковки та безпечної роботи з нагрітим металом.

Окрему увагу слід приділити експлуатації та обслуговуванню штампового оснащення. Перед початком зміни необхідно перевіряти стан робочих поверхонь рівчаків, відсутність тріщин, сколів, надмірного зношування, забоїн і забруднення окалиною. У процесі роботи слід контролювати стан чистового рівчака, облойної канавки та відрубного ножа, оскільки їх зношування безпосередньо впливає на точність і якість поковки. Для підвищення стійкості штампа необхідно забезпечити правильне підігрівання штампового інструменту, змащування за прийнятою технологією та своєчасне очищення рівчаків від окалини.

Запропонований технологічний процес дозволяє підвищити якість виготовлення важеля порівняно з литим варіантом, зменшити ймовірність внутрішніх дефектів, забезпечити сприятливу волокнисту структуру металу, підвищити продуктивність за рахунок групової заготовки та стабілізувати нагрівання завдяки використанню індукційного нагріву. Тому впровадження даного процесу є доцільним для серійного виробництва поковок типу «Важіль» зі сталі 45.