

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

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри ММР

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

«_____» червня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**«Технологія та оснащення для виготовлення деталі
«Палець шаровий»»**

**«Technology and equipment for the production of the Ball
Finger part»**

КРБ.ПМ.24.33.000.00.00.00 КР

Виконав здобувач вищої освіти
4-го курсу, групи ПМ(ОТ)-20
спеціальності 131

«Прикладна механіка»,

_____ Соболев О. А.

Керівник роботи

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

Рецензент

канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

№ ст.	Зона	Формат	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Άίεοι αίδαοῦ σααεῦίá</u>		
				<u>Çáííáí ðíçðíáεáíá</u>		
	À4			Çaaaáííý íá àèíεíííá íðíáεðóááííý	1	
	À4			Áííδαοῦ	1	
	À4	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.000.00.00.00 ÍÇ		Ííýñíááεῦίá çáí'εñεá	1	
				<u>Άίεοι αίδαοῦ íí ñεεááεῦίεì</u> <u>íáεíεöýì</u>		
				<u>Çáííáí ðíçðíáεáíá</u>		
	À4	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.00		Êíííεáεð ³íñððóí αίðó äεý áεáíðíáεáííý ááðáε³	1	
				"Íáεáöü øðíáεé"		
	À1	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.00 ÑÊ		Ñεεááεῦίεé εðáñεáíεé	1	
				<u>Άίεοι αίδαοῦ íí ááðáεῦì</u>		
				<u>Çáííáí ðíçðíáεáíá</u>		
	À2	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.02		Á³äðçíεé í³æ	1	
	À3	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.06		Íóáíñíí äεý ðááðεóááííý	1	
	À3	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.11		Áεøðíáðóáá÷	1	
	À3	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.15		Íóáíñíí äεý ² áεñááæóááííý	1	
	À3	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.20		Íóáíñíí äεý ²² áεñááæóááííý	1	
	À3	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.23		Ì àððεóáððεì á÷	3	
	À3	ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.100.00.00.24		Áðóεéá	1	

					ÊĐÁ.ÍÌ.24.33.000.00.00.00 ÁÍ			
Ζμ.	Αρκ.	№ докум.	Πίδικ	Δατα				
Ροζροβιε	Соболев			24.06.24	Ðáðííεíáý ðá íñíáυáííý äεý áεáíðíáεáííý ááðáε³ "Íáεáöü øðíáεé" Á³áííñöü íðíáεðó	Λίτερα	Αρκυση	Αρκυσις
Περεβίριε	Сиса			24.06.24				1
Η. контр.					ΌΓΟΟ			
Ζατвердие	Гречка			27.06.24	áð. íì (íð)-20			

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: Механіко-технологічний

Кафедра: «Машинобудування, мехатроніка і робототехніка»

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма: «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ММР

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій Гречка

09 квітня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Пугач Андрій Григорович**

1. Тема роботи: «Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Палець шаровий»».

2. Керівник роботи: Сіса Олег Федорович, к. т. н., доцент.

3. Строк подання роботи до захисту: 24 червня 2024 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.

Мета: Розробити технологію та оснащення для виготовлення деталі «Палець шаровий».

Завдання: Зробити конструктивно-технологічний аналіз деталі, розробити технологічні переходи, зробити аналіз технологічності деталі, виконати моніторинг технологічної деформованості матеріалу, розрахунок технологічних зусиль, моніторинг плинної деформованості матеріалу, розрахунки пуансонів на міцність, виконати конструювання матриць.

5. Консультант по роботі, із зазначенням розділу роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури	08.04.2024 р.	
2	Зробити конструктивно-технологічний аналіз деталі	22.04.2024 р.	
3	Розробити технологічні переходи	29.04.2024 р.	
4	Зробити аналіз технологічності деталі	6.05.2024 р.	
5	Виконати моніторинг технологічної деформованості матеріалу	13.05.2024 р.	
6	Розрахунок технологічних зусиль	20.05.2024 р.	
7	Виконати моніторинг плинної деформованості матеріалу	27.05.2024 р.	
8	Зробити розрахунки пуансонів на міцність	3.06.2024 р.	
9	Виконати конструювання матриць	10.06.2024 р.	
10	Зробити моніторинг стійкості робочих деталей штампу	17.06.2024 р.	
11	Написання першого варіанта тексту, подання його на ознайомлення керівникові	19.06.2024 р.	
12	Усунення недоліків, написання останнього варіанта тексту	21.06.2024 р.	
13	Оформлення презентації роботи	24.06.2024 р.	
14	Здача роботи на кафедрі та перевірка на наявність запозичень	26.06.2024 р.	
15	Зовнішнє рецензування	27.06.2024 р.	
16	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії	28.06.2024 р.	

Дата видачі завдання
09 квітня 2024 р.

Підпис керівника

_____ Олег СІСА

Завдання прийнято до виконання
09 квітня 2024 р.

Підпис здобувача

_____ Олександр Соболев

Анотація

Олександр СОБОЛЄВ. Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Палець шаровий». Кваліфікаційна робота для освітнього ступеня «бакалавр», прикладна механіка: ЦНТУ, м. Кропивницький, 2024. – 37 с. Матеріали презентації – 4 слайда.

Метою роботи є розробка технології та оснащення для виготовлення деталі «Палець шаровий». Зниження собівартості і підвищення якості кріпильних виробів є актуальною проблемою вітчизняної метизної промисловості. При виробництві важливе значення має правильний вибір режимів деформації по переходах. Одним з факторів, що обмежують висадку головки за перехід, є поздовжня стійкість стрижня. Рівномірність висадки головки залежить від якості правки, чистоти і перпендикулярності площини зрізу заготовки. Існуючі методи в багатьох випадках не дозволяють розрахувати деформований стан, граничну формозміну і механічні властивості виробів після штампування і це спонукає шукати нові підходи розробки технологій.

Визначено та досліджено найбільш ефективний спосіб отримання кріпильних виробів зі щаровою головкою холодним об'ємним штампуванням. Розроблено вимоги, що висуваються до вихідної заготовки, а також рекомендації, щодо проектування та розрахунку технологічного інструменту. Запропонований спосіб дозволяє розширити сортамент виробів, що виготовляються холодним об'ємним штампуванням і підвищити їх якість. Запропоновано спосіб визначення основних параметрів робочих елементів штампа, який включає провідний розрахунок на міцність стінок матриці та пуансона, а також визначення основних параметрів деталей, що забезпечують надійне притиснення пуансона до матриці.

Ключові слова: холодно-висаджувальний автомат, видавлювання, обладнання, пуансон, матриця.

Annotation

Oleksandr SOBOLYEV. Technology and equipment for the production of the Ball Finger part. Qualification work for the educational degree "bachelor", applied mechanics: CNTU, Kropyvnytskyi, 2024. - 37 p. Presentation materials - 4 il.

The purpose of the work is the development of technology and equipment for the production of the Ball Finger part. Reducing the cost price and improving the quality of fasteners is an urgent problem of the domestic hardware industry. During production, the correct selection of deformation modes at transitions is important. One of the factors limiting the landing of the head for the transition is the longitudinal stability of the rod. The uniformity of the landing of the head depends on the quality of editing, cleanliness and perpendicularity of the cut plane of the workpiece. In many cases, the existing methods do not allow to calculate the deformed state, the ultimate deformation and mechanical properties of the products after stamping, and this prompts the search for new approaches to the development of technologies.

The most effective method of obtaining fasteners with a slotted head by cold three-dimensional stamping has been determined and studied. The requirements for the initial workpiece, as well as recommendations for the design and calculation of the technological tool, have been developed. The proposed method makes it possible to expand the range of products manufactured by cold volumetric stamping and to improve their quality. A method of determining the main parameters of the working elements of the stamp is proposed, which includes a leading calculation of the strength of the walls of the die and the punch, as well as determining the main parameters of the parts that ensure reliable pressing of the punch to the die.

Keywords: cold-dropping machine, extrusion, equipment, punch, matrix.

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

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри ММР

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

«___» червня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**«Технологія та оснащення для виготовлення деталі
«Палець шаровий»»**

**«Technology and equipment for the production of the Ball
Finger part»**

КРБ.ПМ.24.33.000.00.00.00 КР

Виконав здобувач вищої освіти
4-го курсу, групи ПМ(ОТ)-20
спеціальності 131

«Прикладна механіка»,

_____ Соболев О. А.

Керівник роботи

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

ЗМІСТ

ВСТУП		9
1.	РОЗДІЛ 1 Конструктивно-технологічний аналіз деталі	13
2.	РОЗДІЛ 2 Розробка технологічних переходів	15
3.	РОЗДІЛ 3 Аналіз технологічності деталі	17
4.	РОЗДІЛ 4 Моніторинг технічної деформованості матеріалу	19
5.	РОЗДІЛ 5 Розрахунок технологічних зусиль	21
6.	РОЗДІЛ 6 Моніторинг плинної деформованості матеріалу	23
7.	РОЗДІЛ 7 Розрахунки пуансонів на міцність	24
8.	РОЗДІЛ 8 Конструювання матриць	27
9.	РОЗДІЛ 9 Моніторинг стійкості робочих деталей штампа	28
ВИСНОВКИ		33
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ		34
ДОДАТКИ		36
	Додаток А Специфікація «Комплект інструменту для виготовлення деталі «Палець шаровий»».....	37

ВСТУП

Розвиток таких галузей промисловості, як машинобудування, автомобілебудування, залізничний транспорт, будівництво визначає зростаючий попит на кріпильні вироби [1,2]. Вдосконалення техніки вимагає застосування, поряд з традиційними, нових прогресивних видів кріпильних виробів. Для виробництва таких виробів потрібне сучасне обладнання, впровадження нових технологічних процесів, застосування нових видів технологічного інструменту. У сучасних ринкових умовах найважливішим завданням виробників кріпильних виробів є отримання з мінімальними витратами високоякісної продукції необхідних розмірів і заданими механічними властивостями. Ефективність виробництва може бути досягнута за рахунок економії і впровадження високопродуктивних, енерго- і ресурсозберігаючих технологій, що забезпечують отримання високоякісної, конкурентоспроможної продукції. Кріпильні вироби виготовляються різними способами, при виборі яких необхідно враховувати наступні фактори: фізико-механічні властивості та інтенсивність зміцнення вихідного металу, вимоги до виробів і серійність виробництва. В умовах великосерійного і масового виробництва великими потенційними можливостями володіє холодне об'ємне штампування [3,4], де застосовують різні операції пластичного деформування: висадку, осадку, редукування (ХОШ), пряме і зворотне видавлювання. Як правило, ці операції виконують одночасно і послідовно на одному автоматі. Для отримання готових виробів високої якості важливо правильно підібрати необхідну кількість операцій і послідовність їх виконання. Розробка нових, більш ефективних технологій виготовлення кріпильних виробів дозволить отримувати холодним об'ємним штампуванням вироби, які в даний час виготовляють різанням. У порівнянні з обробкою виробів на металорізальних верстатах холодна обробка тиском дозволить: підвищити продуктивність, зменшити витрату металу, поліпшити механічні властивості виробів і знизити їх собівартість. Для якісного

оформлення головок стрижневих виробів [7], велике значення має якість формування попередньої головки. Вдало обрана схема деформування, виключення поздовжнього вигину заготовки і осьового зміщення попередньої головки, забезпечують досить хорошу якість готового виробу. Результати попередніх досліджень показують, щоб домогтися стійкої рівномірної осадки заготовки при висадці виробів з відношенням $\lambda > 2.5$, головку формують за два і більше об'єктів переходів. Формування головки відбувається в закритому об'ємі поперечним видавлюванням. Основна функція такого інструменту забезпечити рівномірну осадку головки, виключаючи поздовжній вигин.

При виробництві стрижневих виробів методом холодної висадки [8,9], важливе значення має правильний вибір режимів деформації по переходах. Одним з факторів, що обмежують висадку головки за перехід, є поздовжня стійкість стрижня, яка значною мірою визначає стабільність технологічних процесів. Рівномірність висадки головки залежить від якості правки (величини залишкового і зрізу (чистоти і перпендикулярності площини зрізу до поздовжньої осі) заготовки.

Збільшення розмірів і ускладнення форми, підвищення вимог до точності і механічних властивостей виробів призводить до ускладнення технологічних процесів, і як наслідок значно підвищуються вимоги до методів розрахунків параметрів технологічних процесів. Існуючі методи в багатьох випадках не дозволяють розрахувати деформований стан, граничну формозміну і механічні властивості виробів після штампування. Вдосконалення технологічних процесів обробки металів тиском, а також застосовуваного обладнання дозволяє розширювати номенклатуру деталей, що виготовляються обробкою тиском, збільшувати діапазон деталей за масою і розмірами, а також підвищувати точність розмірів напівфабрикатів, одержуваних обробкою металів тиском.

Кріпильні вироби [10,11] (болти, гайки, гвинти, шурупи, заклепки, пальці кульові і т.п.) є найбільш масовими деталями, застосовуваними в

різних галузях промисловості. Зниження собівартості і підвищення якості кріпильних виробів є актуальною проблемою вітчизняної метизної промисловості, вирішення якої в умовах перевиробництва металопродукції забезпечує конкурентоспроможність виробів і розвиток метизних заводів. При цьому виробництво повинно бути націлене на виготовлення кріплення прогресивної конструкції, тобто виробів, що володіють високою надійністю, а також розширеними функціональними та експлуатаційними властивостями. Застосування таких виробів повинно забезпечувати зниження енергетичних, матеріальних і трудових ресурсів при виготовленні кріплення, монтажі та експлуатації машин, конструкцій, споруд і т.п. Найбільш ефективним способом виготовлення стрижневих кріпильних виробів прогресивної конструкції є холодне об'ємне штампування [12,13] на багатопозиційних пресах-автоматах, яка в порівнянні з обробкою різанням і гарячим штампуванням забезпечує істотне підвищення якості і продуктивності. Тому теоретичні та експериментальні дослідження, спрямовані на розробку, вдосконалення та впровадження технологічних процесів холодного штампування кріпильних виробів прогресивної конструкції на високопродуктивних пресах-автоматах, є важливими та актуальними. При розробці високопродуктивних технологічних процесів ХОШ на сучасних пресах-автоматах [14] необхідно використовувати науково обґрунтовані методи і методики досліджень, які повинні враховувати специфіку процесу штампування кріплення, конструктивне виконання виробів, зміну властивостей штампованих сталей (зміцнення, вплив швидкості деформації на опір деформації і т.п.), особливості і технічні характеристики можливості застосовуваного обладнання, а також забезпечувати необхідну точність розрахунків.

Застосування ХОШ замість обробки різанням і гарячого штампування забезпечує підвищення продуктивності, економію металу (коефіцієнт використання металу при холодному штампуванні – 0,95-0,98) і підвищення міцності виробів у зв'язку зі зміцненням штампованого металу. Вироби,

отримані холодним штампуванням, як правило, володіють підвищеною точністю і чистотою поверхні, що виключає застосування додаткових; оздоблювальних операцій. Основний недолік холодної деформації – зниження пластичності металу внаслідок наклепу і відповідно підвищення небезпеки крихкого руйнування метизів при експлуатації.

Високі темпи розвитку світового машинобудування безперервно пов'язані з впровадженням у виробництво нових прогресивних методів обробки металів. Одним із шляхів розвитку прогресивної технології машинобудування є перехід на обробку металів тиском в холодному стані замість обробки різанням. Застосування цього методу обробки призводить до значного підвищення продуктивності праці, підвищення точності, поліпшення механічних властивостей і чистоти поверхні оброблених деталей і створює передумови для комплексної автоматизації.

Висадка, на відміну від штампування, полягає в осадці частини заготовки між рухомим (пуансоном) і нерухомим (матрицею) інструментом. Основними перевагами холодного штампування є висока продуктивність, точність розмірів і чистота поверхні виробів, підвищена міцність штампованих деталей, низька витрата металу, широкий діапазон виготовлених типорозмірів.

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці технології та обладнання для виготовлення деталі «Палець шаровий».

Розділ 1

1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ДЕТАЛІ

Ескіз деталі «Палець шаровий», що виготовляється, показано на рисунку 1.1.

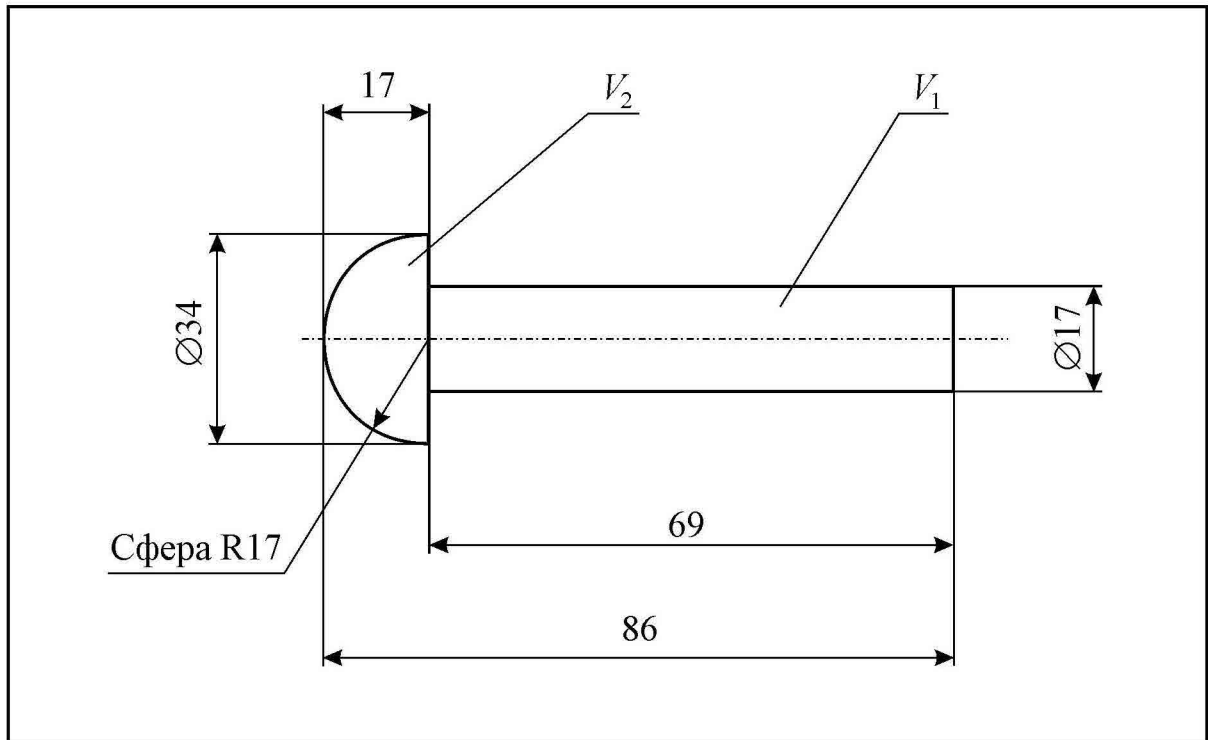


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Для визначення розмірів вихідної заготовки необхідно розрахувати об'єм деталі.

Визначаємо об'єм заготовки:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot h_3, \quad (1.1)$$

Умовно ділимо деталь на дві прості фігури та визначаємо її об'єм:

$$V_3 = V_1 + V_2 = 15633 + 10284 = 25907 \text{ мм}^3;$$

$$V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot h = 3,14 \cdot 8,5 \cdot 69 = 15623 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = \frac{4}{6} \cdot \pi \cdot r^3 = \frac{4}{6} \cdot 3,14 \cdot 17^3 = 10284 \text{ мм}^3.$$

Знаходимо довжину заготовки:

$$h_3 = \frac{4 \cdot V_3}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 25907}{3,14 \cdot 324} = 101,85 \text{ мм.}$$

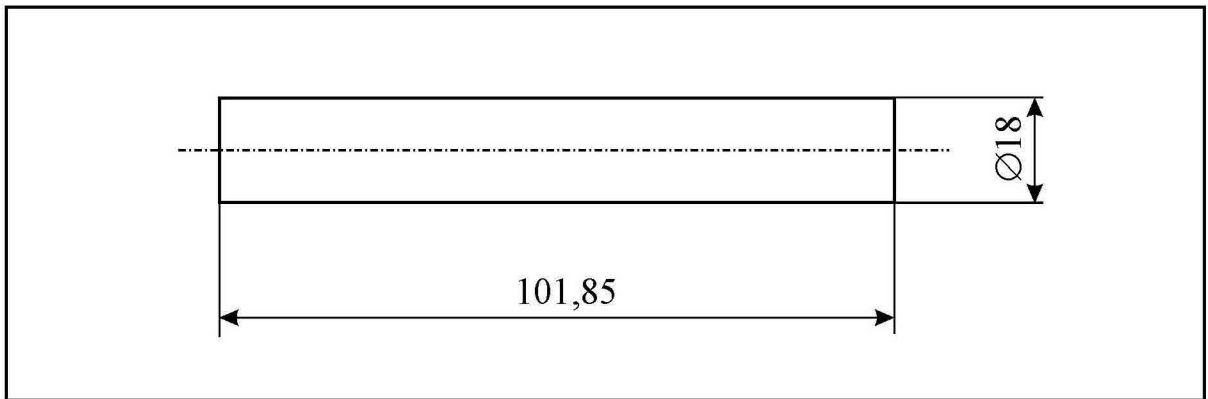


Рисунок 1.2 – Ескіз вихідної заготовки

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕХОДІВ

2.1 Перший перехід: редукування.

Із формули для об'єму циліндричної частини деталі для висаджування сферичної головки маємо:

$$h_{\text{ц}} = \frac{4 \cdot V_{\text{с}}}{\pi \cdot d_{\text{ц}}} = \frac{4 \cdot 10284}{3,14 \cdot 18^2} = 40,43 \text{ мм.}$$

Ескіз переходу після редукування показано на рисунку 2.1.

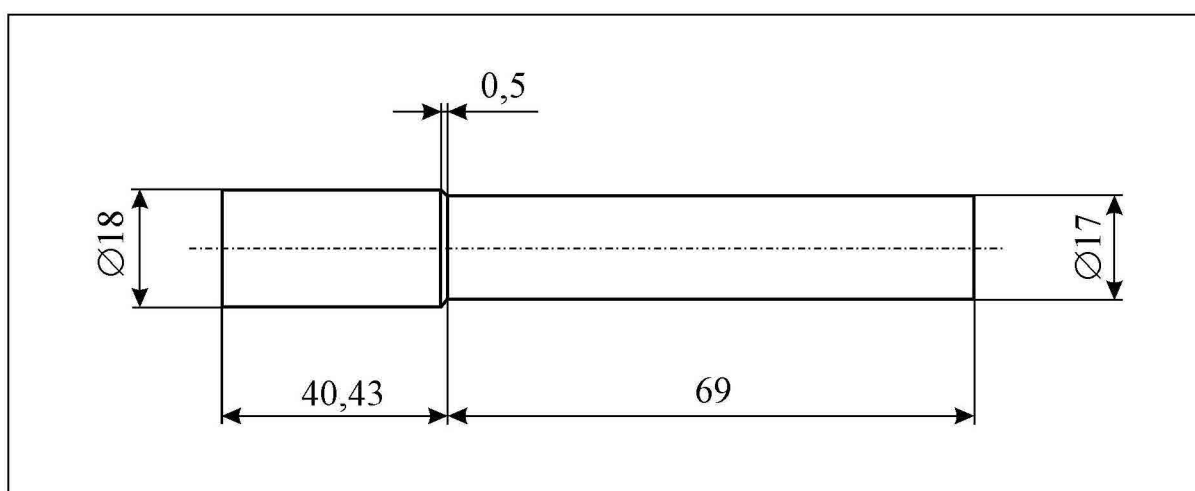


Рисунок 2.1 – Напівфабрикат після редукування

2.2 Другий перехід: закрите висаджування (набір металу в конус).

Із формули для об'єму усіченого конуса маємо:

$$h_{\text{к}} = \frac{3 \cdot V_{\text{к}}}{(r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2) \cdot \pi} = \frac{3 \cdot 10284}{(9^2 + 9 \cdot 13 + 13^2) \cdot 3,14} = 26,8 \text{ мм.}$$

Ескіз переходу після закритого висаджування показано на рисунку 2.2.

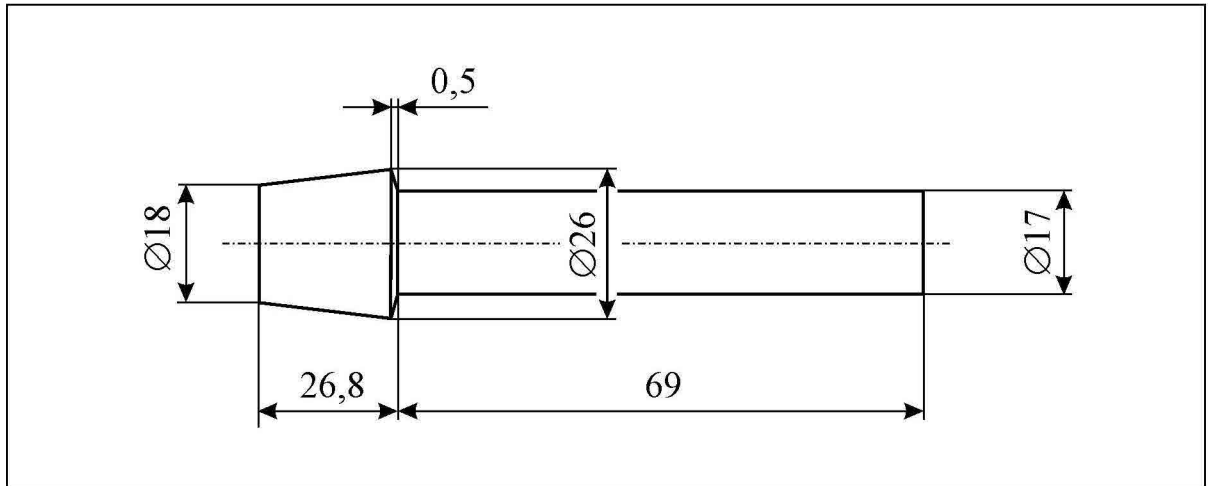


Рисунок 2.2 – Напівфабрикат після закритого висаджування

3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛІ

3.1 Перевіряємо можливість задовільного висаджування головки деталі.

Умова має вигляд: $h \geq 0,5d_0$;

$$h = 16 \text{ мм};$$

$$0,5d_0 = 8,5 \text{ мм}.$$

Оскільки $16 > 8,5$ то висаджування головки можливе.

3.2 Перевіряємо можливість використання переходу редукування.

Редукування недоцільно приймати для довгих виробів, у яких $l_0 > 10d_0$.
А даному випадку $l_0 = 5,6d_0$, отже умова виконується.

3.3 Перевіряємо умову: не співвісність штампованих елементів деталі повинна перевищувати $0,05d_0$.

$$0,05d_0 = 0,9 \text{ мм}.$$

Не перпендикулярність осей штампованих елементів не повинна перевищувати $(0,05 \dots 0,1)d_0 = 0,9 \dots 1,8 \text{ мм}$.

3.4 Точність штампування.

По діаметральним розмірам в даному випадку точність становить $(0,01d_0) = 0,18 \text{ мм}$, по розмірам довжини $(0,05d_0) = 0,9 \text{ мм}$.

3.5 Параметри шорсткості.

Передбачається шорсткість бічних поверхонь $Ra = 1,25$ мкм, а торцевих поверхонь - $Ra = 3,2$ мкм. Решта технологічних вимог по ДОСТ.

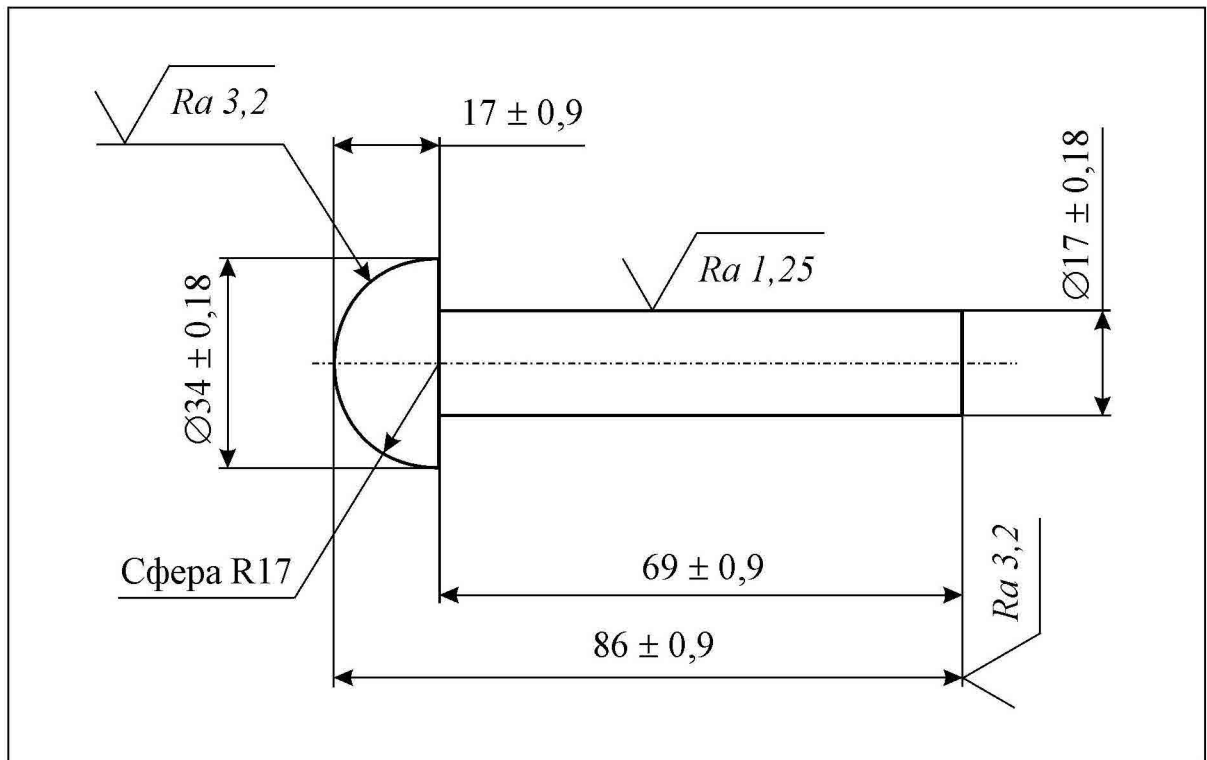


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі після висаджування сферичної головки

На підставі результату конструкторсько-технологічного аналізу розроблено креслення переходів холодного штампування деталі «Палець шаровий».

4. МОНІТОРИНГ ПЛИННОЇ ДЕФОРМОВАНOSTІ МАТЕРІАЛУ

Підлягає визначенню деформування кожного переходу в окремих ділянках об'єму виробу.

Розраховуємо висотну та діаметральну деформацію на одному переході.

$$E_h = \frac{h_0 - h_k}{h_0} \cdot 100 \text{ – висотна деформація;} \quad (4.1)$$

$$E_d = \frac{D^2 - d^2}{D^2} \cdot 100 \text{ – діаметральна деформація.} \quad (4.2)$$

При редукуванні висотна деформація становить:

$$E_h = \frac{101,85 - 92,1}{101,85} \cdot 100 = 9,5 \%$$

Діаметральна деформація становить:

$$E_d = \frac{18^2 - 17^2}{18^2} \cdot 100 = \frac{324 - 289}{324} \cdot 100 = 10,8 \%$$

Як бачимо, на першому переході переважає діаметральна деформація.

На другому переході деформації становлять:

$$E_{h_2} = \frac{40,43 - 26,8}{40,43} \cdot 100 = \frac{13,65}{40,43} \cdot 100 = 33,7 \%;$$

$$E_{d_2} = \frac{26^2 - 18^2}{26^2} \cdot 100 = \frac{676 - 324}{676} \cdot 100 = 52 \%$$

Штапування заготовки з такою ступеню деформації можливо лише тоді, коли в якості матеріалу використовується дуже м'який сплав, наприклад сплав на алюмінієвої основі.

На третьому переході деформації становлять:

$$E_{h_3} = \frac{26,8-17}{26,8} \cdot 100 = 36,6 \ %;$$

$$E_{d_2} = \frac{34^2 - 26^2}{34^2} \cdot 100 = \frac{1156 - 676}{1156} \cdot 100 = 41,6 \ %.$$

5. РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗУСИЛЬ**5.1. Зусилля відрізування.**

$$P_e = \frac{\pi \cdot k \cdot d_s^2 \cdot \sigma_s}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,25 \cdot 18^2 \cdot 280}{4} = 89019 \text{ Н,}$$

де: d_s – діаметр заготовки;

k – коефіцієнт, що ураховує притуплення ріжучих кромки;

σ_s – межа міцності матеріалу при відрізуванні. $\sigma_s = 280$ МПа [3, с. 12].

5.2. Зусилля редукування.

$$P_{ред} = p_{ред} \cdot F, \quad (5.1)$$

де F – площа перерізу заготовки. $F = 3,14 \cdot 9 = 28,26 \text{ мм}^2$.

$$F = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 18^2}{4} = 254,3 \text{ мм}^2;$$

$$p_{ред} = 2 \cdot \sigma_s \cdot \left[e \left(0,5 + 0,1 \operatorname{tg} \alpha + \frac{\mu}{\sin 2\alpha} \right) \right] + 0,33 \operatorname{tg} \alpha + \frac{2\mu \cdot h_k}{d_p} =$$

$$= 2 \cdot 715 \cdot \left[0,105 \cdot \left(0,5 + 0,1 \cdot 1 + \frac{0,1}{1} \right) \right] + 0,33 \cdot 1 + \frac{2 \cdot 0,1 \cdot 0,5}{18} = 80,08 \text{ МПа.}$$

Таким чином, маємо:

$$P_{ред} = 80,08 \cdot 254,3 = 20367 \text{ Н}$$

5.3. Зусилля першого висаджування.

$$P_{вис1} = \sigma_{\epsilon} \cdot F_{max1} = 420 \cdot \frac{3,14 \cdot 26^2}{4} = 222877 \text{ Н.}$$

5.4. Зусилля другого висаджування.

$$P_{вис2} = \sigma_{\epsilon} \cdot F_{max2} = 420 \cdot \frac{3,14 \cdot 34^2}{4} = 381133 \text{ Н.}$$

5.5. Сумарне зусилля штампування.

$$P_{сум} = P_{\epsilon} + P_{ред} + P_{вис1} + P_{вис2} = 89019 + 20367 + 222877 + 381133 = 743400 \text{ Н.}$$

5.6. Вибір обладнання.

Вибираємо холодно-висадочний автомат моделі А1922 [3, с. 378, 379].

Технічна характеристика

Номінальне зусилля, кН.	1000
Найбільший діаметр стрижня виробу, мм	20
Найбільша довжина стрижня виробу, мм	150
Продуктивність, шт./хв.	105
Потужність двигуна головного руху, кВт	22
Габарити, мм	3852×2275×2194
Маса з виносним обладнанням, кг	14360

6. МОНІТОРИНГ ПЛИННОЇ ДЕФОРМОВАНОСТІ МАТЕРІАЛУ

Оптимізація значень σ_s за переходами холодного видавлювання ще не гарантує збереження цілісності деформованого матеріалу, оскільки пластичність визначається ще й кінематикою переміщення деформованих об'ємів в процесі штампування. Критерієм збереження цілісності деталі після видавлювання є дотримання умови

$$A(x, y, z) < A_p(x, y, z),$$

де A та A_p – відповідно фактична та критична ступені деформації зсуву (при останній відбувається перехід деформованої заготовки у другий граничний стан, за яким відбувається руйнування матеріалу).

Параметр $\varphi = A/A_p < 1$, який носить назву «ступень використання ресурсу пластичності», під час моніторингу деформованості матеріалу може бути прогнозований за результатами роботи програми П-2.

Вихідні дані для роботи програми П-2 приймаємо такими:

- половина паспортного ходу ХВА, $R = 95$ мм;
- абсолютна деформація $\Delta_h = 1$ мм;
- відносне зменшення площі перерізу матеріалу в момент утворення шийки, $\psi_{sh} = 50$ %.

Результати розрахунку:

- ступень використання ресурсу пластичності $\varphi = 0,83$;
- ступінь деформації зсуву $A = 0,13$.

Розробка комплексного холодно-висадочного інструменту складається з трьох пуансонів трьох матриць і трьох виштовхувачів.

Габаритні розміри інструменту приймаємо відповідно до розмірів посадкових місць автомату А1922.

7. РОЗРАХУНКИ ПУАНСОНІВ НА МІЦНІСТЬ

Незалежно від виду видавлювання, пуансони завжди працюють у знакозмінному циклі навантаження: при робочому ході в пуансоні виникають стискуючі напруження σ_c , які обумовлені і залежать від технологічного зусилля P_m операції та сил тертя T_k , T_m відповідно на твірній робочій частині та на торці пуансона, а під час зворотного ходу напруження розтягу σ_p , які викликані дією зусилля витягання $P_{от}$ пуансона з деталі (для зворотного і комбінованого видавлювання) або пружним вигином пуансона і пов'язаним з цим явищем тертям пуансона по матриці P_{mp} (для прямого видавлювання та закритого осаджування).

Крім цього, внаслідок неточності центрування та напряду штампування, на бічній поверхні пуансона виникає перекидний момент M і з'являються викликані цим моментом напруження вигину $\sigma_{виг}$.

У подібних умовах працюють також і нижні виштовхувачі штампів для холодого видавлювання. Тому точне врахування всіх факторів має велике значення для правильного вибору матеріалу пуансонів і виштовхувачів, а також для призначення їх твердості по робочим частинам.

Розрахунок пуансонів та виштовхувачів проводиться за допомогою програм П-3 та П-4. Обчислюються: зусилля тертя, плече моменту на пуансоні, що вигинає, зусилля та напруження, що виникають в інструменті під час прямого і зворотного ходу, а також фактичний запас міцності пуансона (виштовхувача), проводиться оптимізація отриманих результатів з метою забезпечення найліпшої стійкості інструмента. Виконують проектування пуансона (виштовхувача). Проводять моніторинг стійкості інструмента.

Попередньо приймаємо матеріал пуансона ХВФ: $\sigma^{-1} = 3000$ МПа, HRC = 61, $l_k = 3,8$ мм, решту даних беремо із попередніх розрахунків.

Результати розрахунків першого переходу:

$$T_m = 321,34 \text{ Н}; E = -3,9 \cdot 10^{-4}; T_k = 1,31 \text{ Н}.$$

Результати розрахунків другого переходу:

$$T_m = 574,40 \text{ Н}; E = -3,9 \cdot 10^{-4}; T_k = 7,35 \text{ Н}.$$

Результати розрахунків третього переходу:

$$T_m = 574,40 \text{ Н}; E = -3,9 \cdot 10^{-4}; T_k = 7,35 \text{ Н}.$$

Визначаємо зусилля витягання P_e , напруження стискування σ_c , витягання σ_e , амплітудного напруження за цикл σ_a , коефіцієнт запасу міцності n .

Результати розрахунків першого переходу:

$$\sigma_e = 119087 \text{ МПа}; \sigma_c = 9264 \text{ МПа}; P_e = 1383 \text{ Н}; \sigma_p = 2236 \text{ МПа};$$

$$\sigma_a = -11,18 \text{ МПа}; n = 8,29.$$

Результати розрахунків другого переходу:

$$\sigma_e = 2690 \text{ МПа}; \sigma_c = 56500 \text{ МПа}; P_e = 134335 \text{ Н}; \sigma_p = 1536 \text{ МПа};$$

$$\sigma_a = -768 \text{ МПа}; n = 3,64.$$

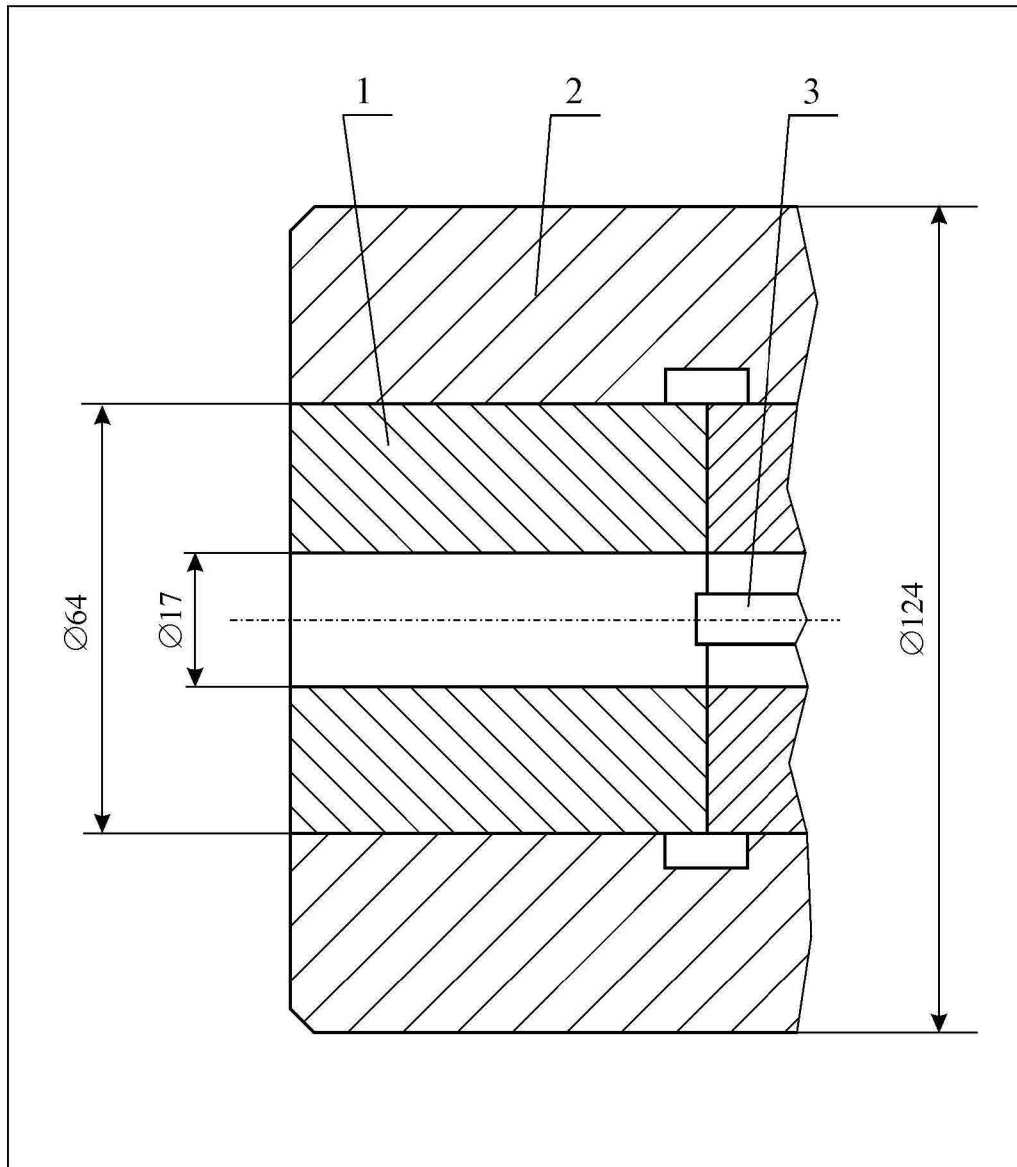
Результати розрахунків третього переходу:

$\sigma_e = 3271$ МПа; $\sigma_c = 68060$ МПа; $P_e = 15037$ Н; $\sigma_p = 1611$ МПа;

$\sigma_a = -805$ МПа; $n = 3,8$.

8. КОНСТРУЮВАННЯ МАТРИЦЬ

В зв'язку з тим, що питомий тиск не перевищує 2000 МПа, приймаємо всі три матриці однобандажні. Роль бандажу виконують матрицетримачі. Схема компоновки однієї із матриць наведена на рисунку 8.1.



1 – матриця; 2 – матрицетримач; 3 – виштовхувач

Рисунок 8.1 – Схема компоновки однієї із матриць

Матриці запресовуються у матрицетримач за посадкою з натягом.

9. МОНИТОРИНГ СТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ДЕТАЛЕЙ ШТАМПА

Так як велике навантаження припадає на останній перехід штампування, то визначаємо величину напруження пуансона за критерієм Ірвіна k_{1c}

$$k_{1c} = 1377 - 10,34 \cdot \sigma_m - 31,505 \cdot \psi + 0,271 \cdot \sigma_s \cdot \psi, \quad (9.1)$$

де σ_m та ψ - межа плинності, кг/мм^2 , та пластичність сталі, %, після їх термічної обробки на визначену твердість. Значення σ_m в залежності від твердості та ψ наведено в таблицях 1.39 та 1.40 роботи [4].

Тоді:

$$k_{1c} = 1377 - 10,34 \cdot 1,41 - 31,505 \cdot 40 + 0,271 \cdot 1,41 = 117,51.$$

Очікувана кількість циклів опору зародження та розповсюдження тріщини становить відповідно:

$$N_z = -10530 + 103,1 \cdot \sigma_m + 16,4 \cdot \psi + 4,2 \cdot T_n;$$

$$N_p = 4998 - 4,9 \cdot \sigma_m + 42,2 \cdot \psi + 8,3 \cdot T_n,$$

де T_n - теплостійкість інструментальних матеріалів [4, табл. 1.41].

Тоді:

$$N_z = -10530 + 103,1 \cdot 1,41 + 16,4 \cdot 40 + 4,2 \cdot 140 = 5 \text{ циклів};$$

$$N_p = 4998 - 4,9 \cdot 1,41 + 42,2 \cdot 40 + 8,3 \cdot 140 = 7157 \text{ циклів}.$$

Фактичні умови проведення процесу ХОШ можна оцінювати значенням критичної амплітуди деформації

$$\sigma_{кр} = \frac{\Psi}{2N_3^\gamma}, \quad (9.2)$$

де $\gamma = 0,38 \dots 0,5$ – коефіцієнт, що залежить від інтенсивності формозмінення заготовки в штампі (менші значення – для процесів ХОШ із меншими степенями деформації).

Тоді:

$$\sigma_{кр} = \frac{40}{2 \cdot 5251,1^{0,5}} = 0,276.$$

Значення роботи тріщеноутворення

$$A_{\psi} = \sigma_{кр} \cdot \sigma_m \cdot \sin \frac{\pi \cdot n \cdot \tau}{30}, \quad (9.3)$$

де: n – число робочих ходів обладнання;

τ - тривалість елементарного циклу ХОШ. Для деяких видів інструментальних матеріалів значення $\sigma_{кр}$ встановлені експериментально [4, табл. 1.42].

$$\tau = \frac{60}{P_x \cdot n}; \quad (9.4)$$

$P_x = 0,95$ – коефіцієнт використання ходів штампувального обладнання;

n – число ходів в хвилину обладнання

Тоді:

$$\tau = \frac{60}{0,95 \cdot 130} = 0,48 \text{ с};$$

$$A_y = 0,276 \cdot 141 \cdot \sin \frac{195,94}{30} = 4,28 \text{ кг} \cdot \text{мм} \cdot \text{с}.$$

Енергія, яка необхідна для подальшого розповсюдження тріщини у робочій деталі штампа (із подальшим збільшенням довжини початкової тріщини) знаходиться за допомогою другого критерію Ірвіна σ_{1c} :

$$\sigma_{1c} = \frac{k_{1c}^2 (1 - \eta^2)}{E}, \quad (9.5)$$

Тоді:

$$\sigma_{1c} = \frac{117,51^2 \cdot (1 - 0,25^2)}{2100} = 6,16 \text{ кг} \cdot \text{мм} \cdot \text{с}.$$

Прогнозовану стійкість робочої деталі штампа можна визначити за формулою

$$C_m = N_3 \cdot k_n, \quad (9.6)$$

де: k_n – коефіцієнт кореляції, що залежить від механічних властивостей матеріалу робочої деталі штампа. $k_n = 8,8$.

Тоді:

$$C_m = 5251,1 \cdot 8,8 = 46209 \text{ шт.}$$

Оптимальна товщина шару мастила, при якій не спостерігається схоплювання робочих деталей із заготовкою, що штампується визначається за формулою:

$$h \geq \frac{B(12 \cdot v \cdot \eta - T \cdot B \cdot \rho)}{6 \cdot \eta \cdot v}, \quad (9.7)$$

де: $B = r_0 - R_m$ (r_0 – радіус вихідної заготовки)

$$B = 5,5 - 4,44 = 1,06;$$

$$T = \frac{R_m}{h_g}; \quad (9.8)$$

h_g – висота деформованого виробу;

η - в'язкість мастила;

$$T = \frac{4,44}{5,83} = 0,76;$$

v - швидкість деформування або відносного переміщення матеріалу виробу

$$v = \frac{h}{t} = \frac{2,8}{0,48} = 5,8 \text{ мм/с}$$

Тоді:

$$h \geq \frac{1,06 \cdot (12 \cdot 5,8 \cdot 60 - 0,76 \cdot 1,06 \cdot 1427,18)}{60 \cdot 5,8} = 1,54 \text{ мм.}$$

Кількість циклів, за які буде сформовано оксидну плівку:

$$K = \frac{z^2 \cdot \rho^2}{A \exp(-Q/RT) \cdot \tau}, \quad (9.9)$$

де: A – стала Арреніуса;

Q – енергія активації;

T – температура на поверхні контакту, °К;

R – універсальна газова стала;

ρ - густина оксидної плівки.

Тоді:

$$K = \frac{1,55^2 \cdot 5,2^2}{181,48 \exp(-3000/8,31 \cdot 413) \cdot \tau} = 0,31.$$

Оскільки $K \ll N_s$, то процес окислювального зношення пуансону буде відбуватися практично з початку.

Об'ємне зношування інструмента в таких умовах може бути визначене за формулою:

$$V = (1 - \psi) \cdot \frac{P_m \cdot L_{mp}}{H \cdot K}, \quad (9.10)$$

де: L_{mp} – шлях тертя під час одиночного циклу деформування;

H - твердість за Віккерсом матеріалу деталі штампа, моніторинг функціонування якої проводиться. $H = 880$ V.

Тоді:

$$V = (1 - 0,40) \cdot \frac{441489,37 \cdot 2,8}{880 \cdot 0,31} = 2718,85 \text{ мм}^3.$$

Таким чином сумарне зношування пуансона за цикл його довговічності складає:

$$\Delta = \frac{V}{C_m} = \frac{2718,85}{46209,68} = 0,06 \text{ мм}.$$

ВИСНОВКИ

1. Була опрацьована навчальна та наукова література, що дало змогу встановити особливості і недоліки виготовлення деталі «Палець шаровий».
2. Зроблено конструктивно-технологічний аналіз деталі згідно розмірів деталі, та визначено найбільш ефективний спосіб отримання кріпильних виробів зі шаровою головкою холодним об'ємним штампуванням.
3. Було проаналізовано технологічність деталі, де на підставі результату конструкторсько-технологічного аналізу розроблено креслення переходів холодного штампування деталі «Палець шаровий»
4. Виконано моніторинг технічної деформованості матеріалу.
5. Було зроблено розрахунок технологічних зусиль за переходами.
6. Виконано моніторинг плинної деформованості матеріалу.
7. Зроблені розрахунки пуансонів на міцність, та запропоновано спосіб визначення основних параметрів робочих елементів штампа, який включає провідний розрахунок на міцність стінок матриці та пуансона, а також визначення основних параметрів деталей, що забезпечують надійне притиснення пуансона до матриці.
8. Виконано конструювання матриць, де матриці запресовуються у матрицетримач за посадкою з натягом.
9. Зроблено моніторинг стійкості робочих деталей штампа, де сумарне зношування пуансона за цикл його довговічності складає – 0,06 мм.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х т. / Под ред. Е. И. Семёнова – Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка. – М.: Машиностроение, 1985. -567 с.
2. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3. – М.: Машиностроение, 1979. -557 с.
3. Холодная объемная штамповка: Справочник / Под ред. Г. А. Навроцкого. – М.: Машиностроение, 1973. -496 с.
4. Методичні вказівки по курсу «Холодне об'ємне штампування» для студентів спеціальності 8.090206 «Обладнання для обробки металів тиском» / Укл. Б. Б. Кришкін. – Кіровоград: КНТУ, 2006. -82 с.
5. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х т. / Под ред. Е. И. Семёнова – Т. 3. – Холодная объемная штамповка. – М.: Машиностроение, 1987. -384 с.
6. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1980. -723 с.
7. Навроцкий Г. А., Кроха В. А. О величинах деформации металла при высадке стержневых изделий на холодновысадочных автоматах. – Кузнечно-штамповочное производство, 1977. -№ 5.
8. Миропольский Ю.А. Холодная объёмная штамповка на автоматах. – М.: Машиностроение, 2001. – 456 с.
9. Биллигман И. Высадка и другие методы объемной штамповки. Справочное руководство по штамповке сталей и цветных металлов в холодном и горячем состоянии при серийном и массовом производствах. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1960. – 468 с.
10. Петриков В.Г., Власов А.П. Прогрессивные крепежные изделия. – М.: Машиностроение, 1991. – 256 с.: ил.
11. РТМ 37.002.0208-81. Объемная штамповка крепежных деталей. Конструктивные и технологические расчеты. - Горький, 1983.

12. Auslegung der Werkzeuge und Entwicklung der Formteile für MehrmatrizenKaltumformer. National Machinery Co. Tiffin, Ohio, 1996. – 320 s. (На німецькій мові).

13. Бунатян Г.В., Скуднов В.А., Хыбемяги А.И. Холодное выдавливание деталей формующей технологической оснастки. – М.: Машиностроение, 1998. – 182 с.: ил.

14. Миропольский Ю.А., Токарев И.К., Фазлулин Э.М., Гриш Л.Б. Повышение надежности и производительности многопозиционных автоматов для холодной объемной штамповки. М.: НИИмаш, 1980. – 50 с.

Додатки

ДОДАТОК А

Специфікація «Комплект інструменту для виготовлення деталі «Палець шаровий»»

Формат	Зона	Лист	Позначення	Найменування	К-сть	Приміт.
				<u>Документація</u>		
A1			KPБ.ПМ.24.33.300.00.00.00	Складальний кресленик	1	
				<u>Деталі</u>		
A2	1		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.01	Упор	1	
	2		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.02	Відрізний ніж	1	
	3		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.03	Відрізна матриця	1	
	4		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.04	Матрицетримач	1	
	5		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.05	Напрямна втулка	2	
A3	6		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.06	Плансон для редукування	1	
	7		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.07	Упорна шайба	1	
	8		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.08	Виштовхувач	1	
	9		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.09	Матриця для редукування	1	
	10		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.10	Напрямна втулка	1	
	11		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.11	Виштовхувач	1	
A3	12		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.12	Плансон для I висаджування	1	
	13		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.13	Упорна шайба	1	
	14		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.14	Виштовхувач	1	
	15		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.15	Матриця для I висаджування	1	
	16		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.16	Напрямна втулка	1	
	17		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.17	Виштовхувач	1	
	18		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.18	Проміжна втулка	3	
	19		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.19	Вставка	1	
A3	20		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.20	Плансон для II висаджування	1	
	21		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.21	Матриця для II висаджування	1	
A3	22		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.22	Виштовхувач	1	
A3	23		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.23	Матрицетримач	3	
A3	24		KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.24	Втулка	1	
				KPБ.ПМ.24.33.100.00.00.00		
Зм	Арк	№ док-т	Підпис	Дата	Комплект інструменту для виготовлення деталі «Палець шаровий»	
Розроб		Саболєв		24.06.24		
Перевірив		Сіса		24.06.24		
Н.контр.						
Затв.		Гречка		27.06.24	Лист	
					Аркуш	
					Аркушів	
					1	
					ЦНТУ	
					гр. ПМІОТІ-20	
					Формат А4	