

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри

машинобудування, мехатроніки і
робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

30 червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Технологія та оснащення для виготовлення
деталі «Шпилька»**

Виконав здобувач вищої освіти

4 курсу групи ПМ-21ПЗ-2

ОПП «Прикладна механіка»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Рома БІДНИК

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент

_____ Олег СІСА

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент
_____ Андрій ГРЕЧКА
18 червня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
за першим (бакалаврським) рівням вищої освіти
Біднику Роману Васильовичу**

Тема роботи:

Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Шпилька»

Керівник роботи:

канд. техн. наук, доцент Олег СІСА

Затверджено наказом ЦНТУ від 18 червня 2025 року № 316-02.

Строк подання роботи до захисту:

30 червня 2025 р.

Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета: розробка конструкції штампку і технологічного процесу висаджування деталі «Шпилька» на ХВА.

Завдання: розробити креслення деталі «Шпилька», що штампкується, визначити розміри вихідної заготовки, виконати конструкторсько-технологічний аналіз виробу, що висаджується, розрахувати зусилля деформування за переходами штампкування, вибрати типорозмір штампкувального обладнання, сконструювати інструмент, розрахувати інструмент на міцність, зробити моніторинг технології виготовлення виробу, спроектувати загальний кресленик оснащення та розробити кресленики на його робочі деталі.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	19.06.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	20.05.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	21.05.2025 р.	
4	Виконання конструкторської частини	23.06.2025 р.	
5	Розробка креслеників	25.06.2025 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	26.06.2025 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	29.06.2025 р.	
8	Рецензування роботи	30.06.2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	30.06.2025 р.	

Дата видачі завдання
18 червня 2025 р.

Здобувач вищої освіти _____ Роман БІДНИК

Керівник роботи _____ Олег СІСА

АНОТАЦІЯ

Бідник Р. В. Технологія та оснащення для виготовлення деталі «Шпилька»: кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. Ф.Сіса; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 41 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка конструкції штампу і технологічного процесу висаджування деталі «Шпилька» на ХВА.

Актуальність роботи полягає в отриманні високої якості розмірів і доброї якості поверхні деталі «Шпилька» при підвищеній продуктивності штампування на холодно-висаджувальному автоматі (ХВА).

В роботі зроблено аналіз способу отримання вихідної заготовки, розраховано, вибрано та спроектовано технологічні переходи, розраховано виконавчі розміри інструмента, виконано розрахунок зусилля відрізування, зусилля осаджування, зусилля зворотнього видавлювання, зроблено розрахунок пуансону, матриці, виштовхувала та конструювання пуансонотримача та опори, спроектовано загальний кресленик оснащення та розроблено робочі кресленики на його деталі.

технологічний процес, холодне штампування, ХВА, переходи штампування, інструмент

ANNOTATION

Roman BIDNYK. Technology and equipment for the manufacture of the "Pin" part: qualifying bachelor's thesis: spec. 131 Applied mechanics / scientific director O. F. Sisa; Central Ukrainian National Technical University – Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 41 p.

Drawings – a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop a die design and a technological process for planting the “ Pin ” part on a cold stamping machine (CSM).

The relevance of the work lies in obtaining high-quality dimensions and good surface quality of the “ Pin” part with increased stamping productivity on a cold stamping machine (CSM).

The work analyzes the method of obtaining the initial workpiece, calculates, selects and designs technological transitions, calculates the working dimensions of the tool, calculates the cutting force, the planting force, the back extrusion force, calculates the punch, matrix, ejector and constructs the punch holder and support, designs a general drawing of the equipment and develops working drawings for its parts.

technological process, cold stamping, CSM, stamping transitions, tool

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**Технологія та оснащення для виготовлення
деталі «Шпилька»**

КРБ.ПМ.25.03.12.00.00

Виконав здобувач вищої освіти
4 курсу групи ПМ-21ПЗ-2
ОПП «Прикладна механіка»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Роман БІДНИК

Керівник роботи:
канд. техн. наук, доцент
_____ Олег СІСА

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Розробка креслення деталі «Шпилька»	8
2. Визначення розмірів вихідної заготовки	10
3. Конструктивно-технологічний аналіз виробу, що висаджується	13
4. Визначення зусиль деформування за переходами штампування	15
5. Вибір типорозміру обладнання	20
6. Конструювання інструменту	21
6.1. Ролики, що подають	21
6.2. Відрізний ніж	22
6.3. Відрізна матриця	23
6.4. Пуансон першої позиції, що висаджує	23
6.5. Пуансон другої позиції, що висаджує	25
6.6. Пуансон третьої позиції, що висаджує	26
6.7. Пуансон четвертої позиції	27
6.8. Матриці	28
7. Розрахунки інструменту на міцність	31
8. Моніторинг технології виготовлення виробу	33
Висновки.....	37
Список літератури	38
Додатки	39
Додаток А Специфікація «Комплект інструменту для холодного висаджування».....	40
А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик.....	40
А.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик.....	41

ВСТУП

Холодно-штампувальні автомати (ХВА) призначені для застосуванні в масовому або багатосерійному виробництві для виготовлення однотипних виробів на протязі всього терміну служби. Штампувальні автомати ХВА призначені на послідовне багато перехідне штампування з допустимою зміни форми заготовки за один перехід.

Висаджування виконується на ХВА, де штампування відбувається від прутка і дроту. При цьому дріт подається до упора, відрізається заготовка відрізним ножом і послідовно переноситься за допомогою спеціального механізму на позицію штампування, де і відбувається штампування та отримання готового виробу. На ХВА штамкуються заготовки діаметром від 0,5-40 мм, а також деталі з потовщенням і з отворами. Сам процес штампування забезпечує високу точність розмірів і добру якість поверхні. Деякі вироби в подальшому не потребують механічну обробку різанням. Тому, штампування на ХВА деталей «Шпилька» є доцільним так, як забезпечує високу продуктивність до 400 деталей в хвилину і при цьому має високій коефіцієнт використання металу 95%, а тільки 5% металу йде у відхід.

1. РОЗРОБКА КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ «ШПИЛЬКА»

Відповідно до вимог щодо точності та якості виробу і технологічних можливостей процесу холодного висаджування, креслення готової деталі матиме вигляд, що показано на рис. 1.1.

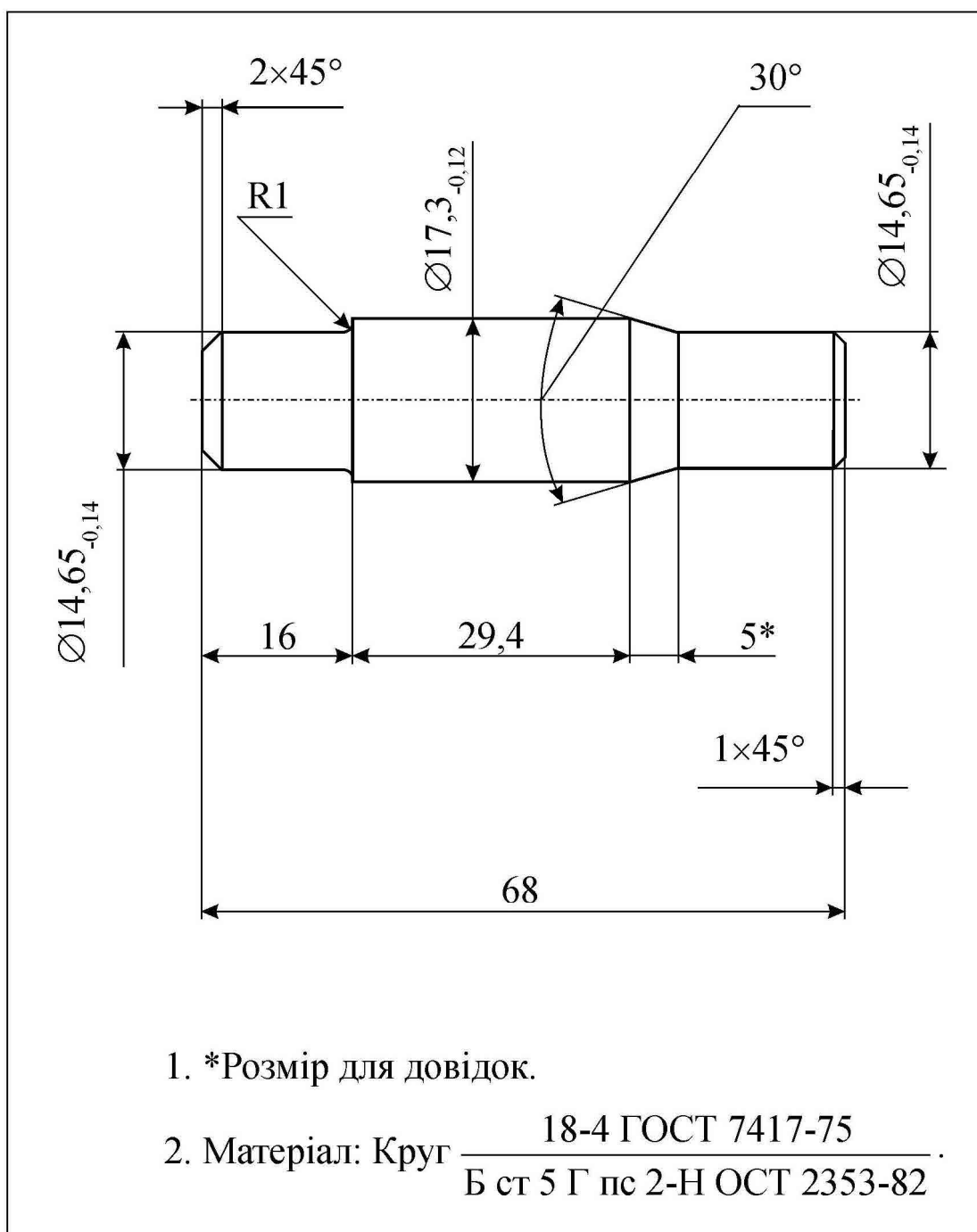


Рис. 1.1 – Креслення деталі «Шпилька»

Технічні вимоги на деталь «Шпилька»:

- різьба – метрична, за ГОСТ 6111;
- покриття – Хім. Окс. прм. ГОСТ 9.306;
- незазначені граничні відхилення розмірів – H12, h12, \pm IT12/2;
- ексцентричність частини, що висаджується – не більше 0,1;
- задирка по периметру не допускається.

2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Передбачаємо безвідходне висаджування, тому об'єм заготовка має відповідати об'єму готового виробу.

Об'єм деталі розраховуємо як суму об'ємів елементарних геометричних тіл $V_1 \dots V_7$, з яких складається готовий виріб «Шпилька» (рис. 2.1):

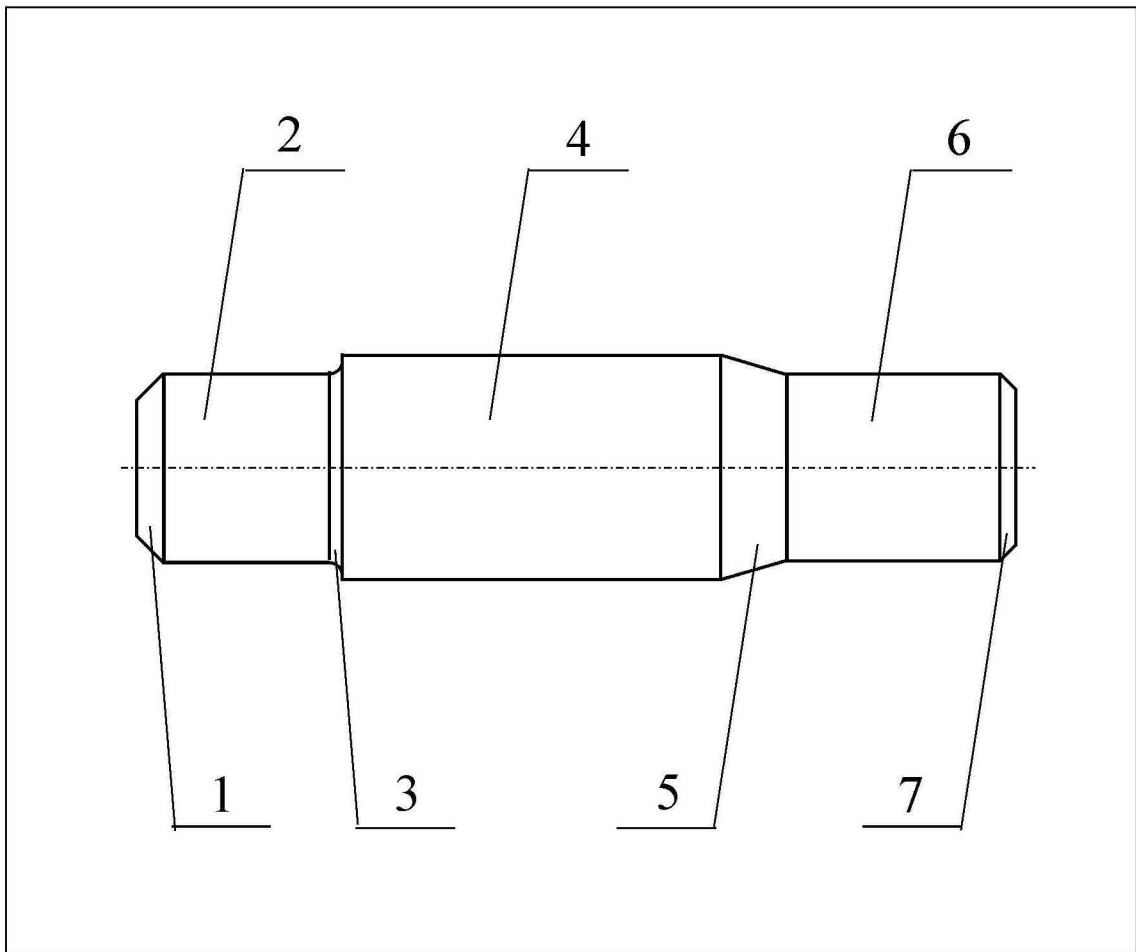


Рисунок 2.1 – Елементарні геометричні тіла, з яких складається виріб «Шпилька»

Об'єми на першому переході висаджування:

$$V_3 = \frac{\pi d_2^2 h}{4} = \frac{3,14 \cdot 17,3^2}{4} \cdot 57,4 = 13485,7 \text{ мм}^3;$$

$$V_I = \frac{3,14 \cdot 17,3^2}{4} \cdot 51,9 = 12193 \text{ мм}^3;$$

$$V_1 = \pi \left[\left(\frac{25}{2} \right)^2 + \left(\frac{17,3}{2} \right)^2 + \frac{17,3 \cdot 15}{4} \right] = 615,2 \text{ мм}^3.$$

Об'єми на другому переході висаджування:

$$V_{II} = V_{заг}; \quad (2.1)$$

$$V_{II} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4; \quad (2.2)$$

$$V_4 = \frac{\pi x^3}{3} \left[\left(\frac{15}{2} \right)^2 + \left(\frac{17,3}{2} \right)^2 + \frac{17,3 \cdot 15}{4} \right] = 615,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot 14,65}{4} = 2864 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 5}{3} \left[\left(\frac{14,65}{2} \right)^2 + \left(\frac{17,3}{2} \right)^2 + \frac{17,3 \cdot 14,65}{4} \right] = 1054,7 \text{ мм}^3;$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 17,3^2}{4} \cdot h = 235h;$$

$$V_{заг} = 4533 + 235h;$$

$$13485,7 = 4533 + 235h;$$

$$h = \frac{13485,7 - 4533}{235} = 38 \text{ мм}.$$

Таким чином, після другого переходу об'єм напівфабрикату та його довжина визначені. Аналогічно визначаємо і об'єми на третьому переході:

$$V_{III} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6; \quad (2.3)$$

$$V_{III} = \frac{2\pi}{3} \left[\left(\frac{12}{2} \right)^2 + \left(\frac{14,65}{2} \right)^2 + \frac{14,65 \cdot 12}{4} \right] + \frac{3,14 \cdot 17,3^2}{4} \cdot h + \frac{3,14 \cdot 14,65^2}{4} \cdot h + \frac{3,14 \cdot 14,3}{4} \cdot h$$

$$8927,8 = 267 + 2358 + 234h;$$

$$h = 26,4 \text{ мм.}$$

За результатами розрахунків приймаємо для висаджування деталі «Шпилька» заготовку з круглого металопрокату діаметром 17,3 мм та висотою (з урахуванням допусків на точність відрізання в холодно-висаджувальному автоматі) 57,4 мм.

3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБУ, ЩО ВИСАДЖУЄТЬСЯ

Згідно вихідних даних, деталь виготовляється із сталі Ст 5 Г пс. Це сталь звичайної якості, яка постачається згідно вимог ГОСТ 380. Вона має такі механічні властивості[1, 2, 3]:

- межа міцності 450 – 600 МПа;
- межа плинності 290 МПа;
- відносне подовження 20 %.

Рекомендовані ГОСТ домішки у хімічному складі сталі:

- C = 0,22... 0,30 %;
- Mn = 0,8... 1,2 5;
- Si = < 0,25 %.

Будуємо графік зміцнення сталі Ст 5 Г пс під час холодного висаджування (рис. 3.1).

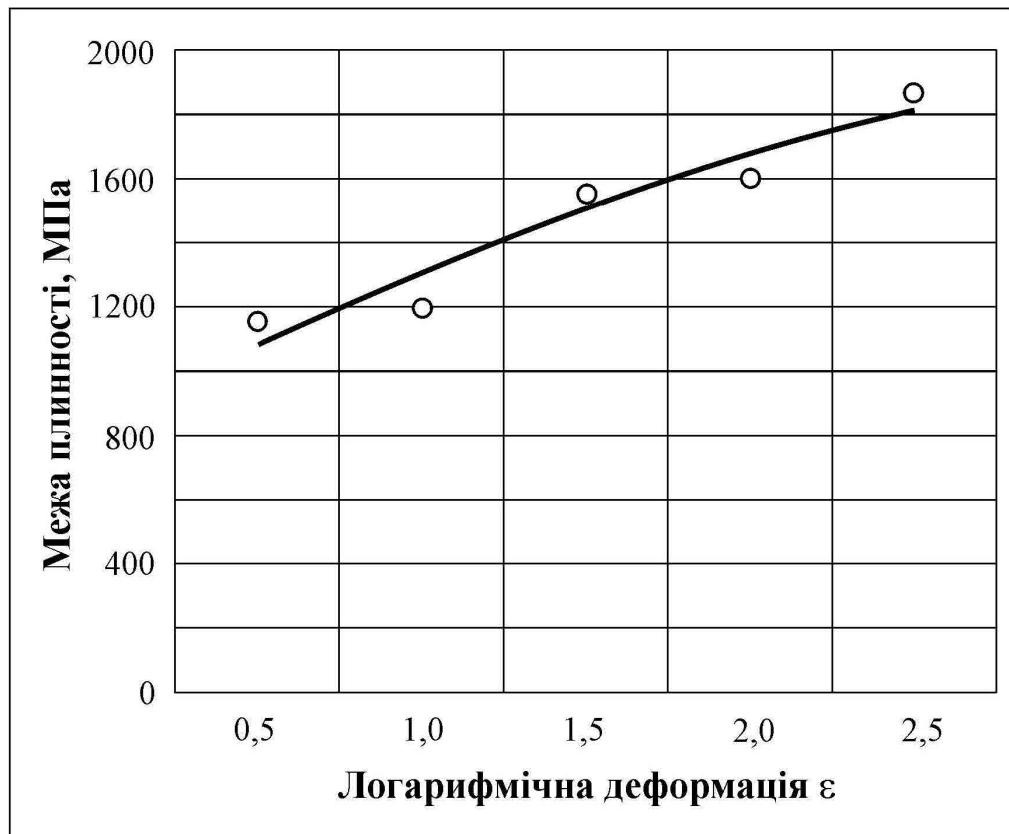


Рисунок 3.1 – Графік зміцнення сталі при висаджуванні

Далі визначаємо деформації на всіх попередньо обраних переходах висаджування[6, 7]. На першому та другому переходах обмежуючими деформаціями будуть радіальні, а на останньому – висотні. Таким чином:

$$\varepsilon_I = \frac{d_3^2 - d_0^2}{d_3^2} = \frac{17,3^2 - 17,3^2}{17,3^2} = 0;$$

$$\varepsilon_{II} = \frac{17,3^2 - 14,65^2}{17,3^2} = 0,1532 = 15,32\%;$$

$$\varepsilon_{III} = \varepsilon_{II}; \tag{3.1}$$

$$\varepsilon_{IV} = \frac{h_3 - h_0}{h_3} = \frac{43 - 38}{43} = 0,111 = 11,1\%.$$

Порівнюючі ці дані із даними рис. 3.1, робимо висновок, що деформації менші за граничні, які допускає вищезазначена сталь.

4. ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ ДЕФОРМУВАННЯ ЗА ПЕРЕХОДАМИ ШТАМПУВАННЯ

Зусилля відрізування.

Ескіз переходу наведено на рис. 4.1.

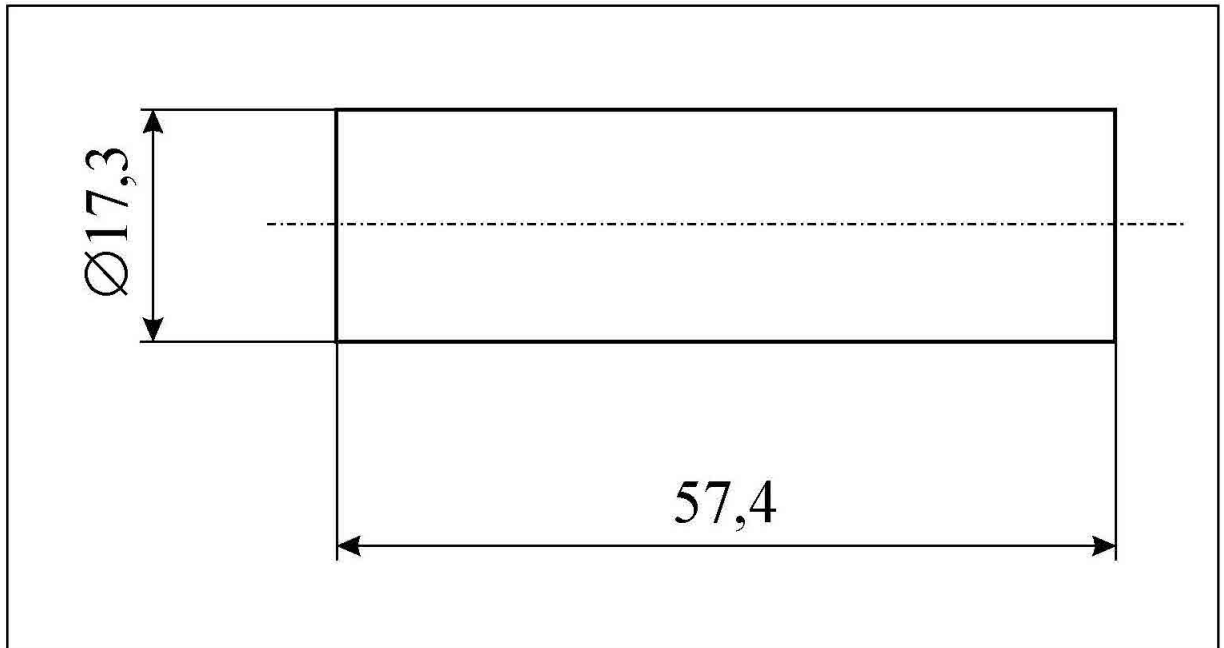


Рисунок 4.1 – Ескіз переходу відрізування

Зусилля розраховуємо за формулою:

$$P_{\epsilon} = v\tau F_0; \quad (4.1)$$

$$P_{\epsilon} = \frac{3,14 \cdot 17,3^2 \cdot 1,3 \cdot 0,6 \cdot 500}{4} = 91 \text{ кН.}$$

Зусилля калібрування.

Ескіз переходу наведено на рис. 4.2.

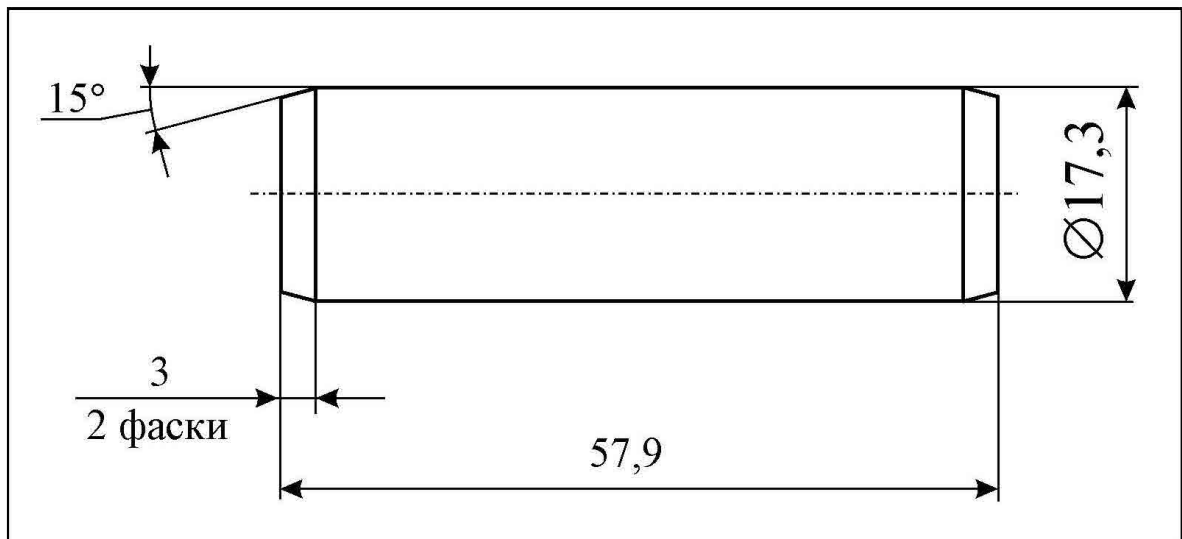


Рисунок 4.2 – Ескіз переходу калібрування

Оскільки в даному випадку калібрування фактично являє собою закриті осаджування заготовки, то

$$P_k = \sigma_s \left(1 + \frac{\mu d_0}{3h_0} \right) F_{oc}, \quad (4.2)$$

$$P_k = 600 \cdot \left(1 + \frac{0,15 \cdot 17,3}{3 \cdot 57,4} \right) = 143 \text{ кН},$$

де: $\sigma_s = 600$ МПа – істинний опір деформуванню сталі Ст 5 Г пс – встановлюємо за кривою зміцнення;

$\mu = 0,15$ – коефіцієнт тертя.

Зусилля однобічного редукування.

Ескіз переходу наведено на рис. 4.3.

Застосовуємо формулу Діордієва. Питомий тиск процесу редукування визначається за формулою:

$$p = \frac{\sigma_s q}{q-1} \left[\left(\frac{F}{f} \right)^{q-1} - 1 \right] + \frac{4\sigma_s \mu l}{d} \left(\frac{F}{f} \right)^{q-1}, \quad (4.3)$$

де

$$q = \frac{\mu + \operatorname{tg}\alpha}{(1 + \mu \operatorname{tg}\alpha) \cdot \operatorname{tg}\alpha} = \frac{0,15 + \operatorname{tg}30^\circ}{(1 + 0,15 \operatorname{tg}30^\circ) \cdot \operatorname{tg}30^\circ} = 1,2.$$

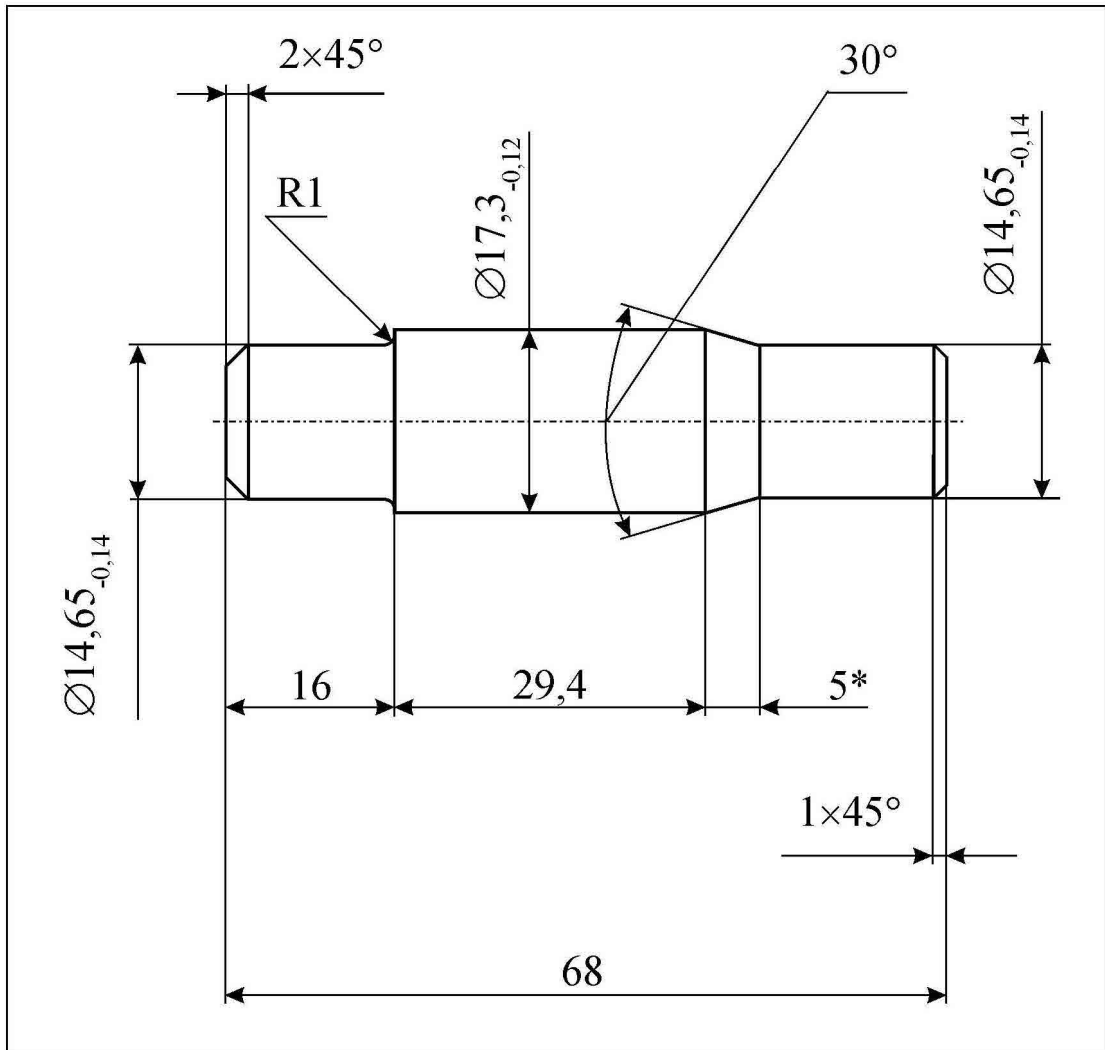


Рисунок 4.3 – Ескіз переходу однобічного редукування

Враховуючи степінь деформації, на даному переході $\sigma_s = 760$ МПа (див. рис. 3.1).

Тоді

$$p = 4560 \cdot (1,39^{0,2} - 1) + 529 \cdot 1,39^{0,2} = 2397 \text{ МПа.}$$

Відповідно, зусилля дорівнює:

$$P = pF = 2397 \cdot \frac{3,14 \cdot 14,65^2}{4} = 387,5 \text{ кН.}$$

З протилежного торця напівфабрикат також піддається редукуванню (див. рис. 1.1). Відповідні зусилля розраховуємо так само:

$$q = \frac{0,15 + \operatorname{tg} 60^\circ}{(1 + 0,15 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ) \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 387,5;$$

$$p = -9545 \cdot (1,39 \cdot 10^{-2}) - 0,08 - 1 + 544 \cdot (1,39 \cdot 10^{-2}) - 0,08 = 3056 \text{ МПа;}$$

$$P = pF = \frac{3,14 \cdot 14,65^2}{4} \cdot 3056 = 510 \text{ кН.}$$

Зусилля на кінцевій стадії визначаємо як зусилля висаджування бурта на шпильці

$$P_{um} = \sigma_s z_\phi v \left(1 + \frac{\mu D}{3h} \right), \quad (4.5)$$

де $z_\phi = 1,1$ та $v = 1$ – коефіцієнти.

Тоді:

$$P_{um} = 100 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0,15 \cdot 17,3}{3 \cdot 16,9} \right) = 335 \text{ кН.}$$

Зусилля виштовхування:

- після калібрування

$$P_{um} = p_1 \mu \pi l_p = 0,7 \cdot 290 \cdot 0,15 \cdot 0,173 \cdot 0,574 = 0,9 \text{ кН;}$$

- після першого редукування

$$P_{\text{вн}} = \frac{4b_n \mu \sigma_s}{d_1} \cdot F_1 = \frac{4 \cdot 12,65 \cdot 0,15 \cdot 100}{14,65} \cdot \frac{3,14 \cdot 14,65^2}{4} = 0,873 \text{ кН.}$$

Зусилля після другого редукування матиме теж значення.

Тоді, сумарне зусилля процесу холодного висаджування деталі «Шпилька» становитиме:

$$\sum P = P_{\text{в}} + P_{\text{к}} + \sum P_{\text{ред}} + P_{\text{шт}} = 91 + 143 + 387,5 + 510 + 335 + 0,9 + 8,7 = 1,494 \text{ МН.}$$

5. ВИБІР ТИПОРОЗМІРУ ОБЛАДНАННЯ

За результатами розрахунків попереднього розділу встановлюємо, що для виготовлення деталі «Шпилька» придатний багато позиційний холодновисаджувальний автомат із суцільними матрицями моделі А1922 (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика автомата А1922

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Найбільший діаметр стрижня виробу, що висаджується	мм	16
Номінальне зусилля	МН	2
Довжина стрижню виробу	мм	30-150
Найбільший діаметр заготовки (для $\sigma_s = 600$ МПа)	мм	18
Найбільша довжина заготовки	мм	160
Число ходів повзуна у хвилину	хв. ⁻¹	105-200
Потужність двигуна головного приводу	кВт	55,5
Габаритні розміри:		
- довжина	мм	6480
- ширина	мм	3380
- висота	мм	2260
Маса	т	39,6

Холодновисаджувальний автомат обладнано чотирма позиціями штампування, а також пристроями для підрізання торця, знімання фаски та накатування різьби.

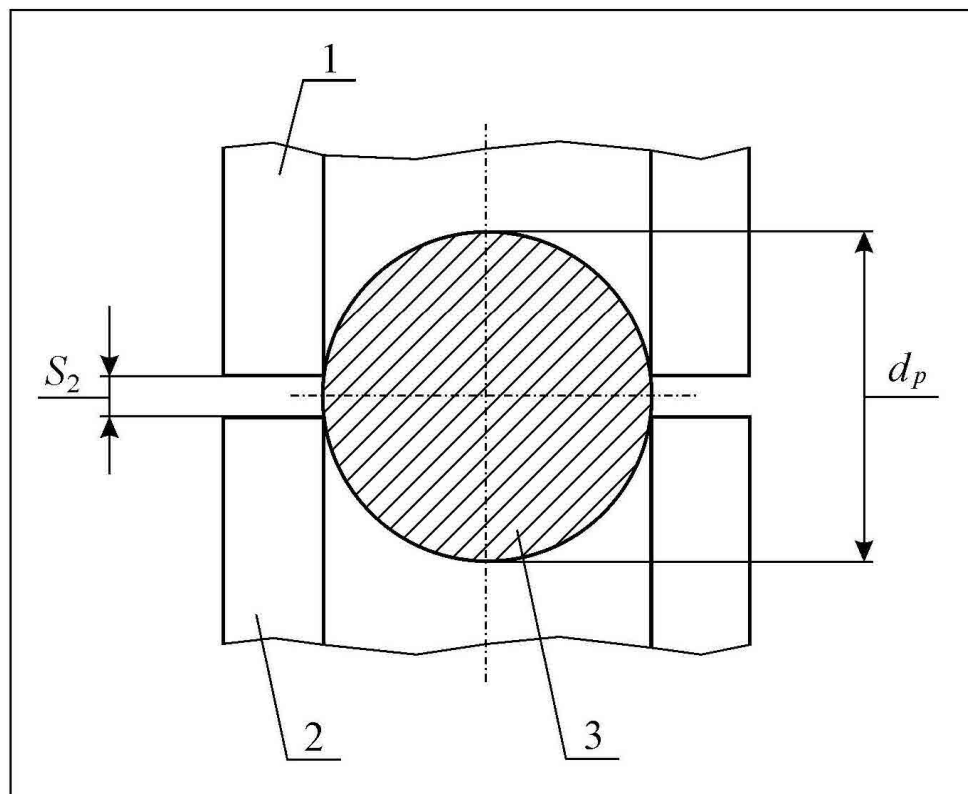
6. КОНСТРУЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТУ

6.1. Ролики, що подають.

Фрагменти роликів, що правлять та подають, представлено на рис. 6.1. Їх розрахунок зводиться до обчислення діаметру канавки обох роликів та визначення зазору між ними:

$$d_p = d_{3_{\max}} = 17,3 \text{ мм};$$

$$S_2 = (0,8 \dots 0,9) d_{3_{\max}} = 0,85 \cdot 17,3 = 14,7 \text{ мм}.$$



1 – верхній ролик;

2 – нижній ролик;

3 – заготовка (стрижень)

Рисунок 6.1 – До визначення параметрів роликів:

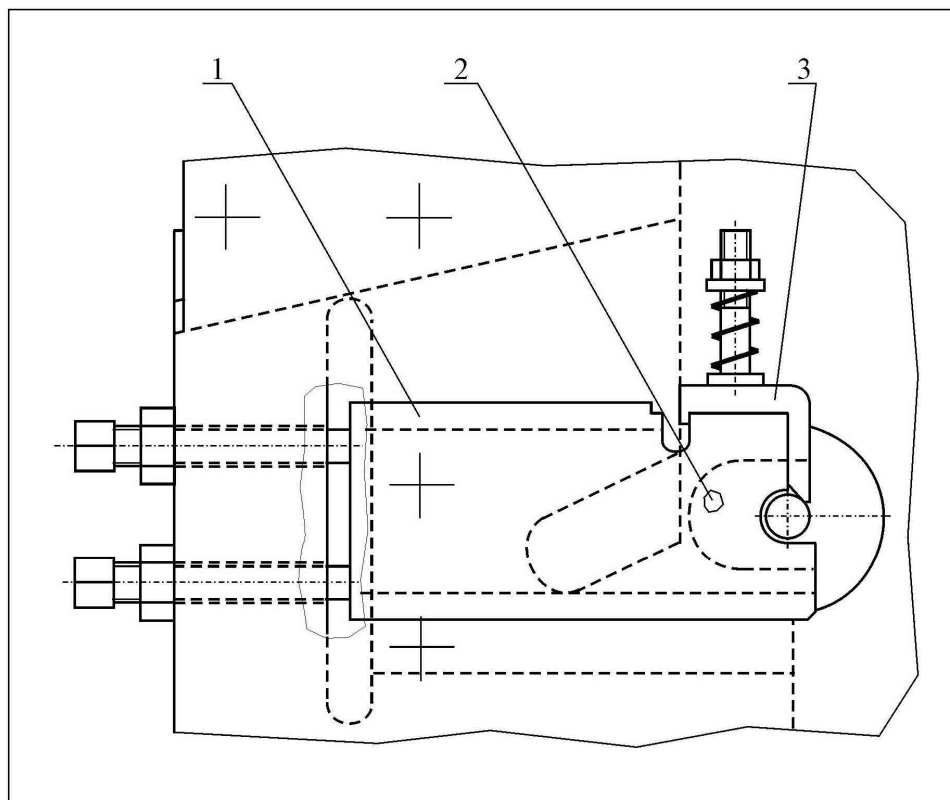
6.2. Відрізний ніж.

З метою забезпечення якісного відрізування та подальшого транспортування відрізаної заготовки шпильки до першої позиції висаджування приймаємо конструкцію відрізного ножа із пружною лапкою. Високу стійкість ножа буде забезпечено, якщо його армуватимемо твердосплавною відрізною вставкою.

Робочий діаметр відкритого отвору в матриці d_n визначаємо за формулою:

$$d_n = d_o + 0,2 = 17,3 + 0,2 = 14,5 \text{ мм.}$$

Конструкцію відрізного ножа представлено на рис. 6.2.

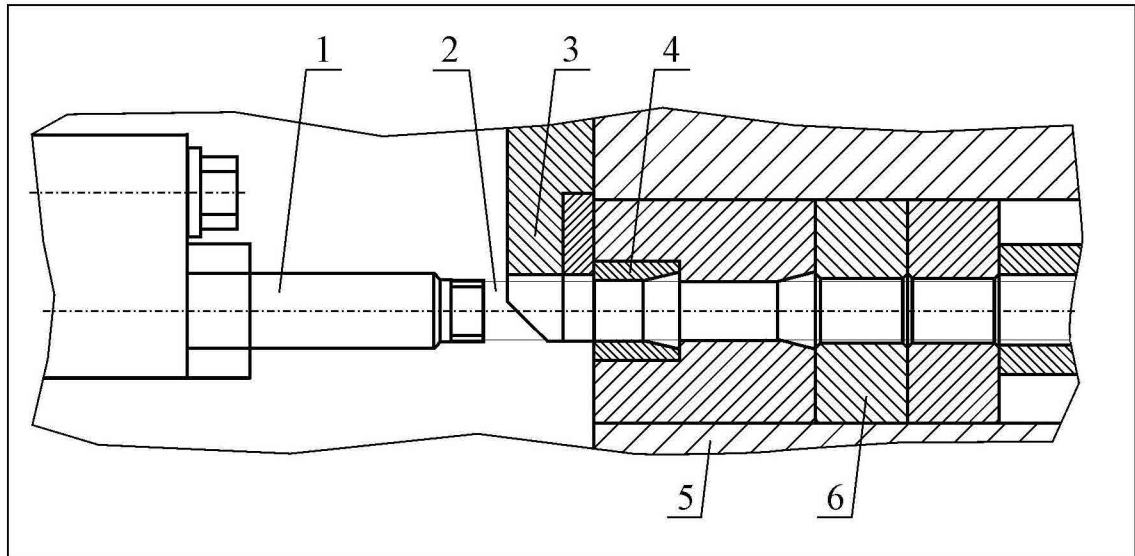


- 1 – корпус ножа;
- 2 – твердосплавна вставка;
- 3 – притискна лапка

Рисунок 6.2 – Конструкція відрізного ножа:

6.3. Відрізна матриця.

Відрізну матрицю (рис. 6.3) передбачаємо складеною: корпус – із сталі 30ХГСА ГОСТ 4534, вставка – з твердого сплаву марки ВК20 КС. Така конструкція забезпечить задовільну стійкість відрізної матриці холодно-висаджувального автомату.



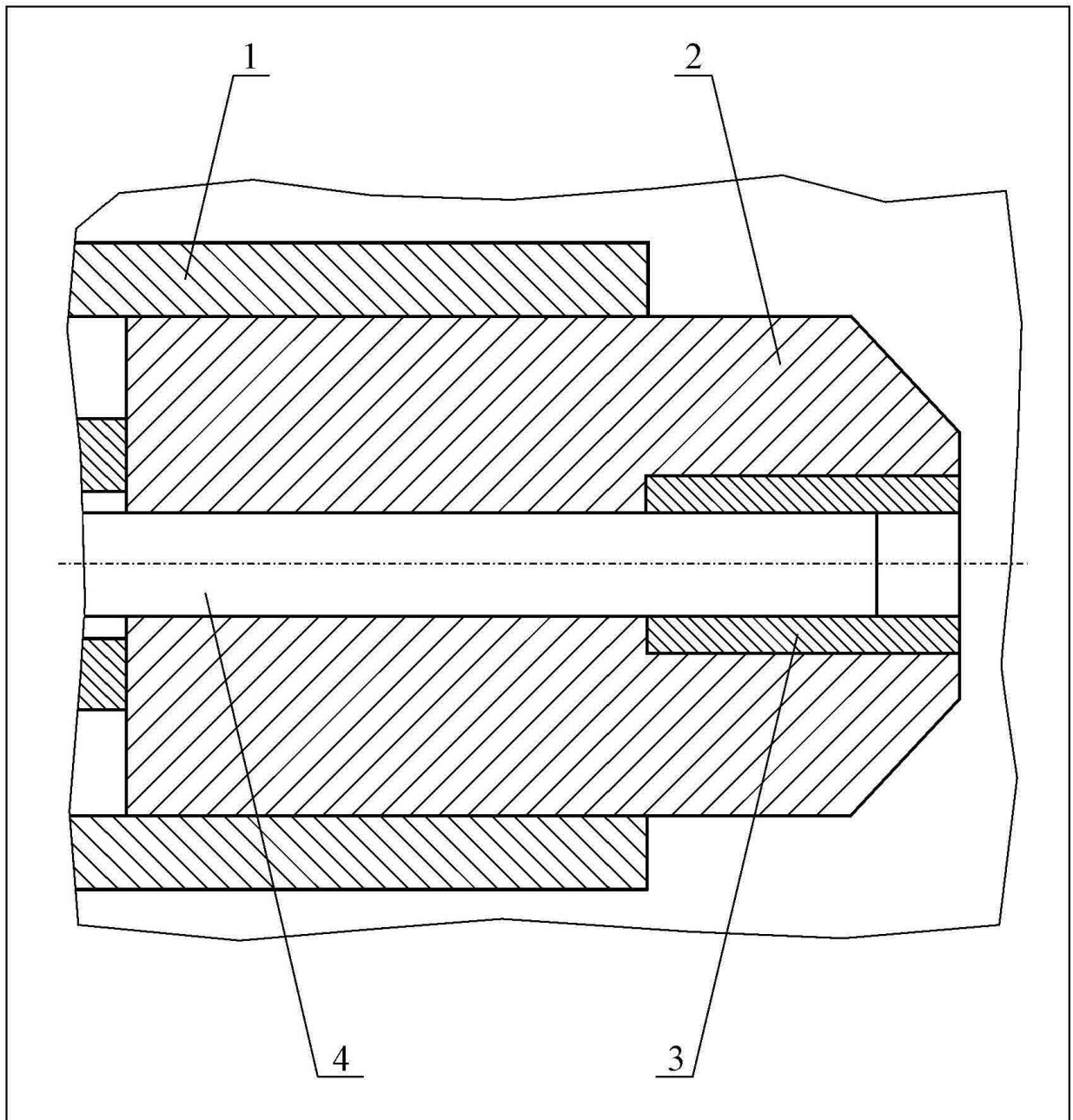
- 1 – упор;
- 2 – заготовка (стрижень);
- 3 – відрізний ніж;
- 4 – відрізна матриця;
- 5 – корпус;
- 6 – шайба спеціальна

Рис. 6.3 – Компоновка відрізної матриці:

6.4. Пуансон першої позиції, що висаджує.

Приймаємо суцільну конструкцію пуансона першої позиції, що висаджує, але з твердосплавною вставкою, яка запресована в корпус (рис. 6.4). Торець пуансона робимо скошеним під кутом 45° , з метою запобігання удару ножа по корпусу в момент відведення в момент підведення заготовки

до першої позиції. Матеріал корпусу – сталь 30 ХГСА, вставки – твердий сплав ВК20 КС.

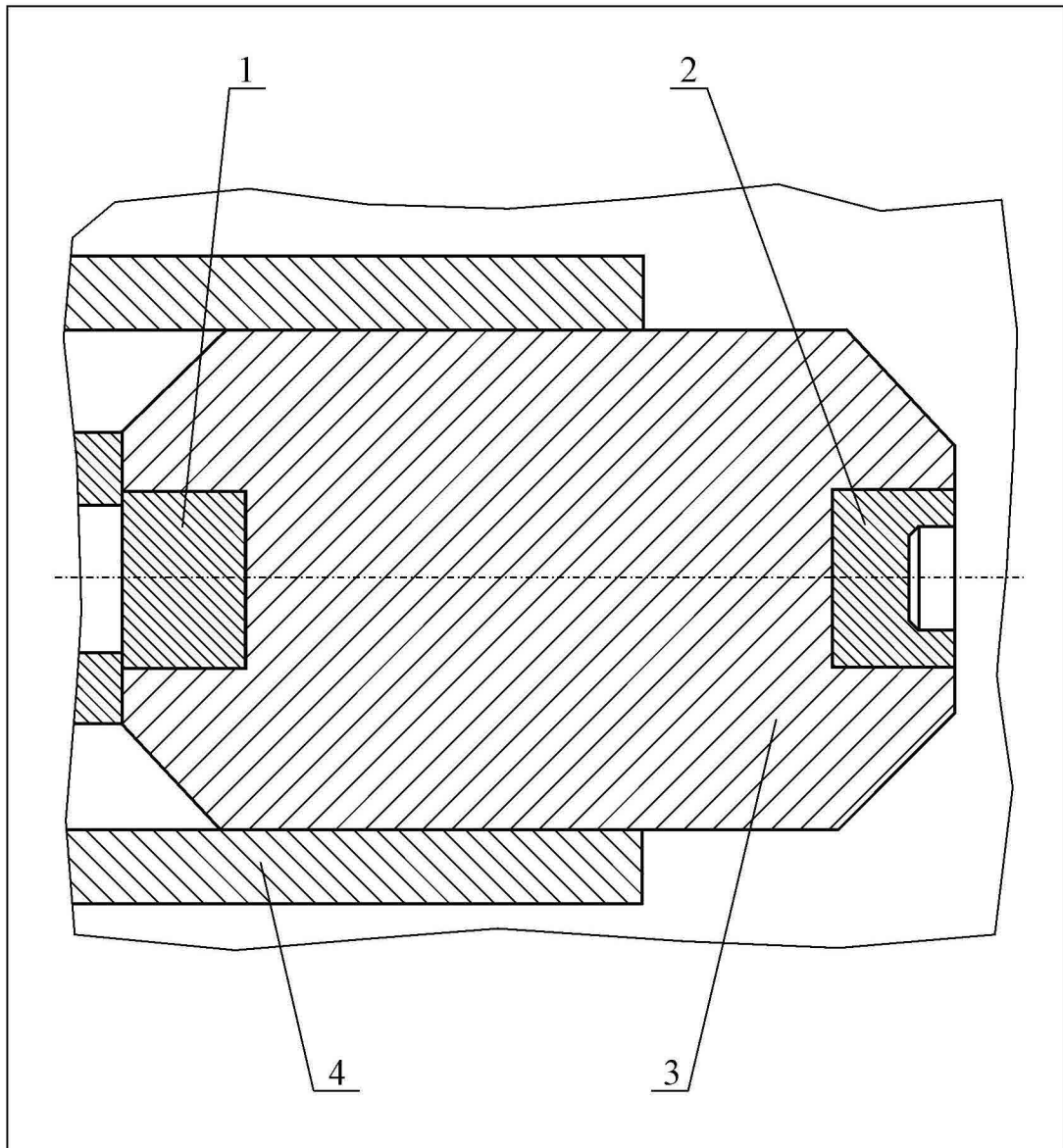


- 1 – пуансотримач;
- 2 – пуансон;
- 3 – твердосплавна вставка;
- 4 - виштовхувач

Рисунок 6.4 – Конструкція пуансона першої позиції, що висаджує:

6.5. Пуансон другої позиції, що висаджує.

Конструкція вузла, а також матеріали, аналогічні таким, як для пуансона першої позиції (рис. 6.5). З метою підвищення стійкості, пуансон конструктивно виконано двобічним: з протилежного боку робочу порожнину заглушено.

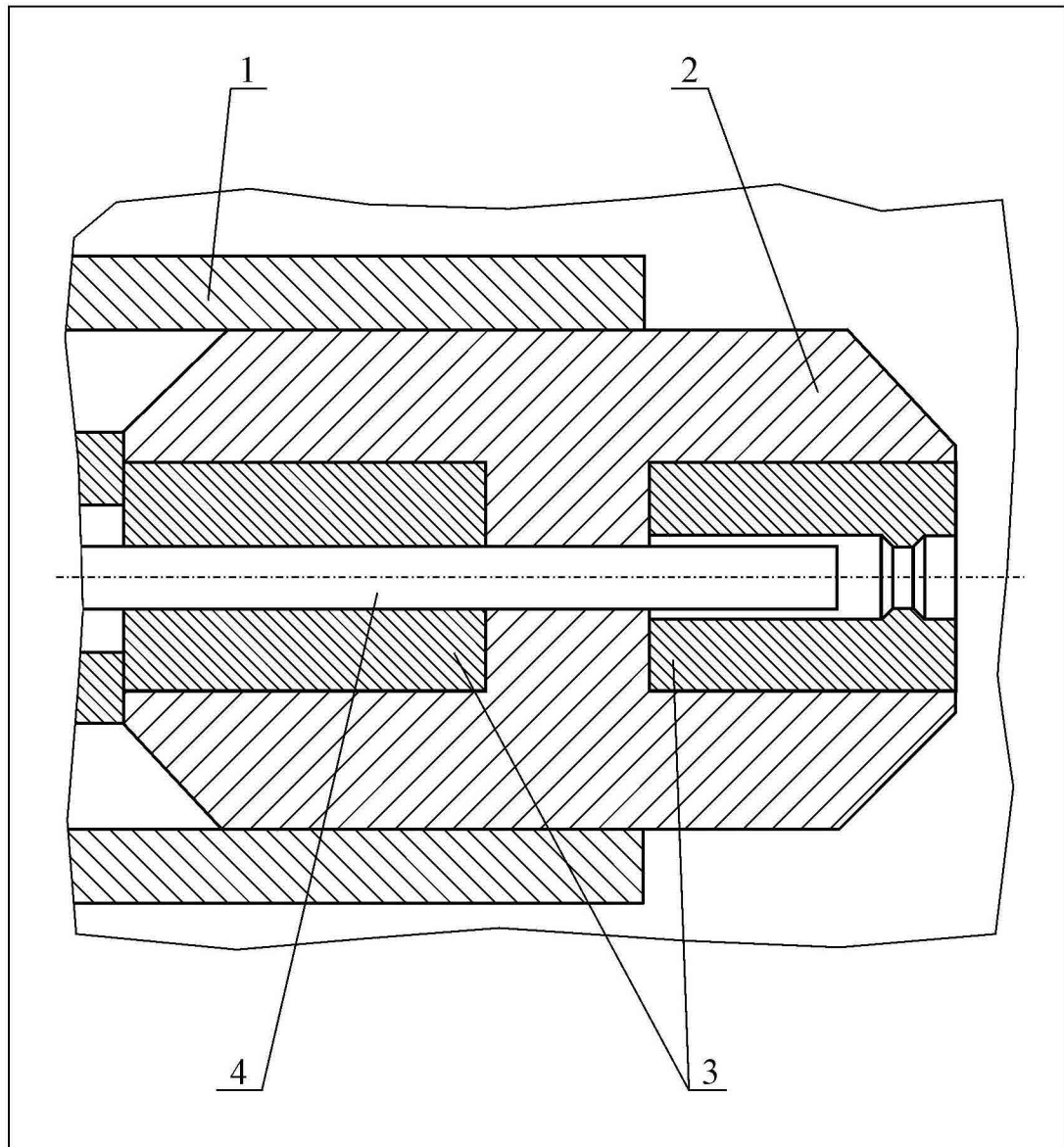


- 1 – заглушка;
- 2 – твердосплавна вставка;
- 3 – корпус;
- 4 – пуансонотримач

Рисунок 6.5 – Конструкція пуансона другої позиції, що висаджує:

6.6. Пуансон третьої позиції, що висаджує.

В конструкції пуансона третьої позиції, що висаджує, передбачена наявність двох вставок для редукування (рис. 6.6), що дає можливість підвищити стійкість інструменту на даній позиції. Матеріал вставок та корпусу – той же, що й на попередніх позиціях висаджування.

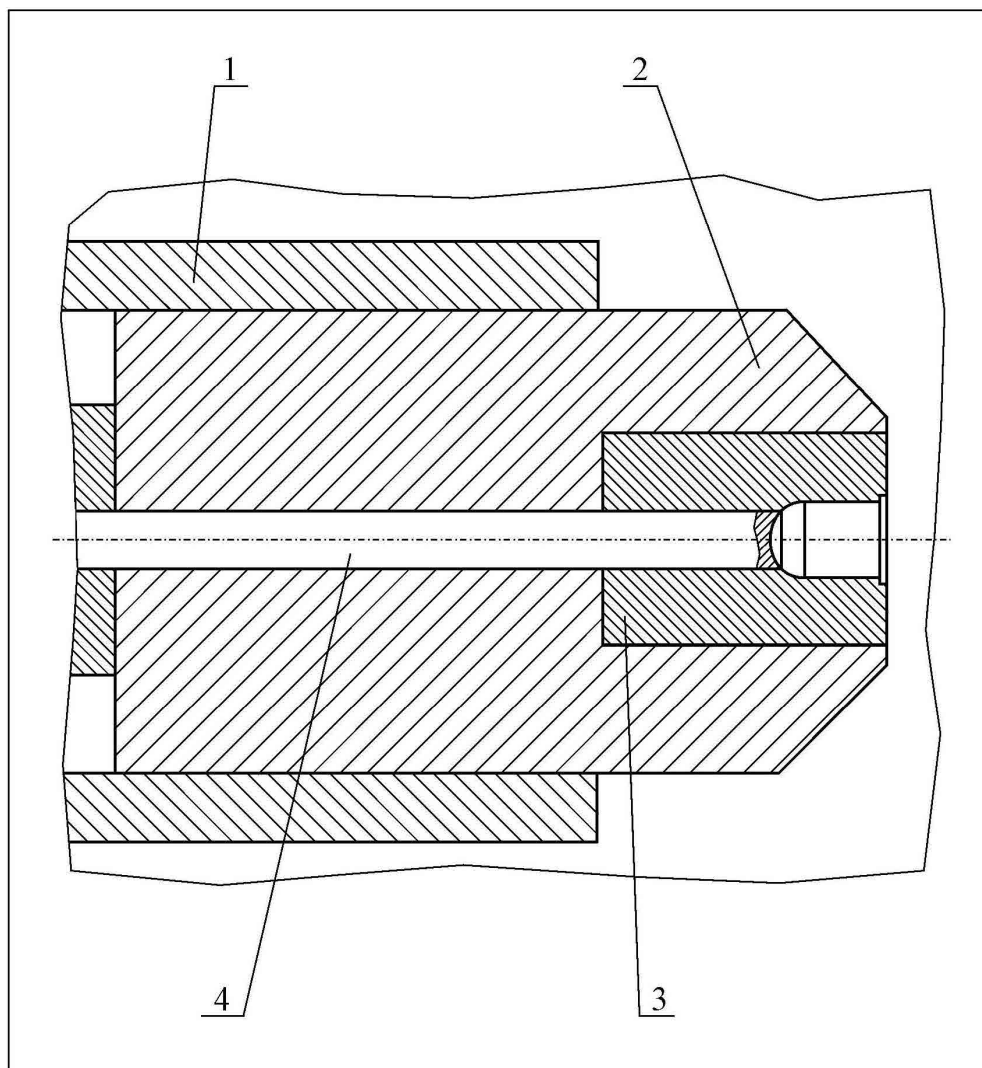


- 1 – пуансонотримач;
- 2 – корпус;
- 3 – твердосплавні вставки;
- 4 – виштовшувач

Рисунок 6.6 – Конструкція пуансона третьої позиції, що висаджує:

6.7. Пуансон четвертої позиції.

У зв'язку з тим, що питомі навантаження на даному переході відносно невеликі (фактично тут відбувається лише калібрування готового виробу із незначним перерозподілом матеріалу), то у складеній конструкції пуансону (рис. 6.7) передбачено посадкове місце лише для однієї твердосплавної вставки. Решта конструктивних рішень, а також матеріали – ті ж самі, що на попередніх переходах.

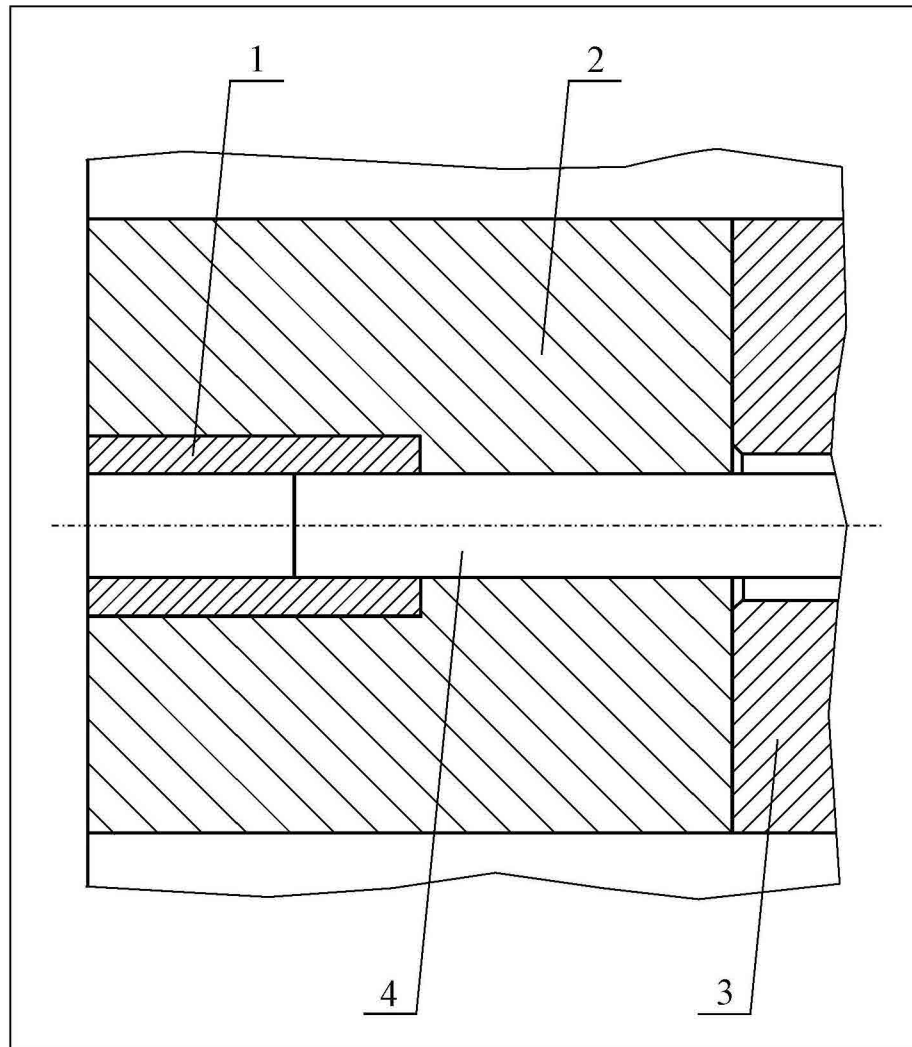


- 1 – пуансонотримач;
- 2 – корпус;
- 3 – твердосплавна вставка;
- 4 – виштовшувач

Рисунок 6.7 – Конструкція пуансона четвертої позиції:

6.8. Матриці.

Конструктивно матриці всіх переходів виконані однаково: вони складної конструкції, мають твердосплавну вставку, що запресована у корпус. Матеріали корпусу та вставок на всіх переходах – відповідно сталь 30ХНСА та твердий сплав ВК20 КС (рис. 6.8).



1 – твердосплавна вставка;

2 – корпус;

3 – виштовшувач;

4 – шайба спеціальна

Рисунок 6.8 – Конструкція матриці першої позиції:

Посадкові місця матриць на всіх переходах регламентуються відповідними розмірами матричного блоку холодновисаджувального автомату АА1922.

Конструктивний розрахунок габаритних розмірів виконано стосовно матриці для подвійного редукування. Попередньо визначаємо можливість проведення такої операції.

Максимально можливу довжину заготовки встановлюємо за залежністю:

$$l_{\max} = \frac{\pi D}{4c} \sqrt{\frac{E}{\sigma_y}} = \frac{3,14 \cdot 17,3}{4 \cdot 2} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4}{290}} = 57,4 \text{ мм.}$$

Встановлюємо габаритні розміри матриці:

$$h_1 = (0,3 \dots 0,5)D = 0,4 \cdot 17,3 = 6,92 \text{ мм;}$$

$$d_m = D + (0,15 \dots 0,2) = 17,3 + 0,18 = 17,48 \text{ мм;}$$

$$\alpha = 30^\circ;$$

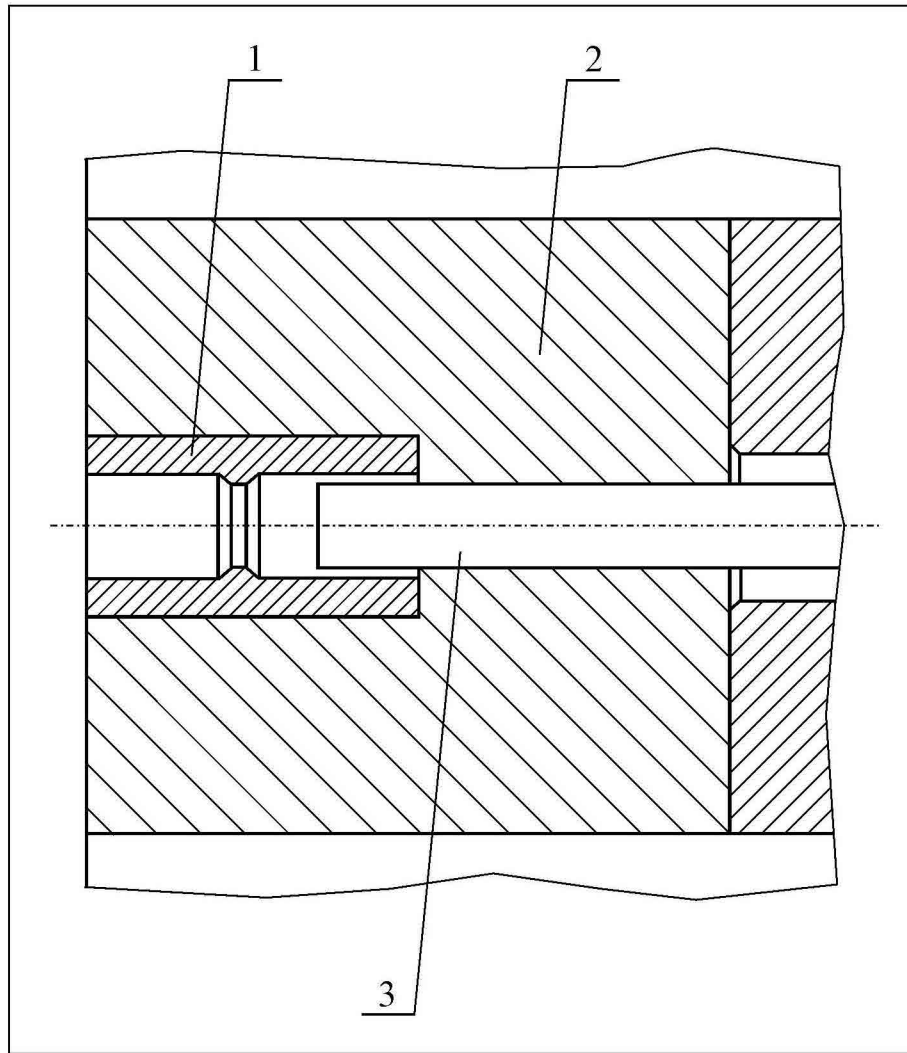
$$h_2 = (0,3 \dots 0,7)d = 0,45 \cdot 14,65 = 6,59 \text{ мм;}$$

$$n_3 = (2 \dots 3)d = 2,5 \cdot 14,65 = 36,6 \text{ мм;}$$

$$d_k = d + (0,15 \dots 0,2) = 14,65 + 0,2 = 14,85 \text{ мм;}$$

$$D_2 = 2D_1 = 2 \cdot 50 = 100 \text{ мм.}$$

Конструкція матриці третьої позиції представлена на рис. 6.9.



1 – твердосплавна вставка;

2 – корпус;

3 – виштовшувач

Рисунок 6.9 – Конструкція матриці третьої позиції:

7. РОЗРАХУНКИ ІНСТРУМЕНТУ НА МІЦНІСТЬ

Пуансони перевіряємо на міцність по напруженням стискування[8, 9, 10]. Найбільш навантаженим є третій перехід:

$$\sigma_3 = \frac{P_3}{F_3} = \frac{33596}{3,14 \frac{(50-17,3)^2}{4}} = 267,4 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження на стискування для матеріалу пуансона становить 2000 МПа, отже міцність забезпечується.

Перевірка по напруженням вигину:

$$\sigma_{\text{виг}} = \frac{3,14}{164} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4 \cdot 33536}{0,66}} = 610 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на вигин для матеріалу пуансона становить 1200 МПа, отже міцність забезпечується.

Аналогічним чином перевіряємо матрицю. Матриця під час виконанням технологічної операції працює на розтяг. Напруження в даній деталі, що розпирає:

$$\sigma_{\ominus} = R_{\ominus} p_0 = 0,42 \cdot 289 = 121 \text{ МПа.}$$

Фактичне напруження:

$$p_{\phi} = 289 \cdot \frac{15^2 + 7,3^2}{215^2} - \frac{15^2 - 7,3^2}{215^2} = 132,5 \text{ МПа.}$$

Тоді фактичне значення тиску на внутрішню поверхню матриці становитиме:

$$p_0 = \frac{P}{2\pi h + \pi R(R+1)} = \frac{33596}{3,14 \cdot 2 \cdot 7,3 \cdot 16 + 3,14 \cdot 8,7 \cdot (8,7 + 7)} = 289 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження на розтяг для матеріалу матриці становить 600 МПа, отже міцність забезпечується.

8. МОНІТОРИНГ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ

За сучасною технологією виготовлення деталі «Шпилька» здійснюється методами механічної обробки. Зазначений виріб у кількості 24 штук на машину використовується при осевих сівалок. Для переходу на технологію холодного висаджування необхідно попередньо виконати моніторинг якості та доцільності проектування процесу багатопозиційного пластичного деформування деталі із сталі Ст 5Г пс.

Інженерний моніторинг переходів висаджування проводимо за наступною методикою. Спочатку згідно отриманих параметрів всіх переходів – послідовного редукування (за два переходи) та калібрування-осаджування визначаємо логарифмічні деформації у небезпечних перерізах. Для першого та другого переходів – це деформації в об'ємі зрізаного конусу.

Результати моніторингу переходів зведені до таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Результати моніторингу переходів висаджування

№ перерізу	ε_1	ε_2	ε_3	ε_i	m	$\varepsilon_{i(xp)}$	η
1	-0,149	-0,122	0,253	0,255	0,889	0,683	0,391
2	-0,045	-0,104	0,167	0,216	0,734	0,567	0,381
3	-0,006	0,018	0,012	0,027	0,500	0,462	0,058

Дані таблиці 8.1 дозволяють зробити наступні висновки:

- в зоні 1 переважає двохвісний розтяг (показник напруженого стану у цьому перерізі $m > 0,5$);
- в зоні 2 також переважає двохвісний розтяг (показник напруженого стану у цьому перерізі $m > 0,5$), хоча і меншої інтенсивності;
- в зоні 3 має місце плоский напружений стан (показник напруженого стану у цьому перерізі $m = 0,5$). Таким чином, $0,5 \leq m \leq 1$, а по деформованому об'єму спостерігається нерівномірний двохвісний розтяг.

Оскільки напруження розтягу, в принципі, погіршують деформованість, потрібні додаткові дослідження.

Розподіл деформацій в перерізах наведено на рис. 8.1 та 8.2.

Очевидно, що деформації, хоча й є нерівномірно розподіленими по діаметру напівфабрикату, не досягають своїх критичних значінь. Щоб остаточно пересвідчитися у цьому, потрібно встановити інтенсивність зміцнення матеріалу, тим більше, що сталь Ст 5Г пс не рекомендується для операцій холодного об'ємного штампування.

Показник зміцнення n зазначеної сталі визначаємо так. До експериментальної кривої зміцнення сталі будуюмо дотичну, тангенс куту нахилу якої до осі абсцис буде характеризувати інтенсивність зміцнення матеріалу. У нашому випадку встановлюємо, що $tg\alpha = 0,4$ при $\alpha = 21,8^\circ$ (див. рис. 8.2).

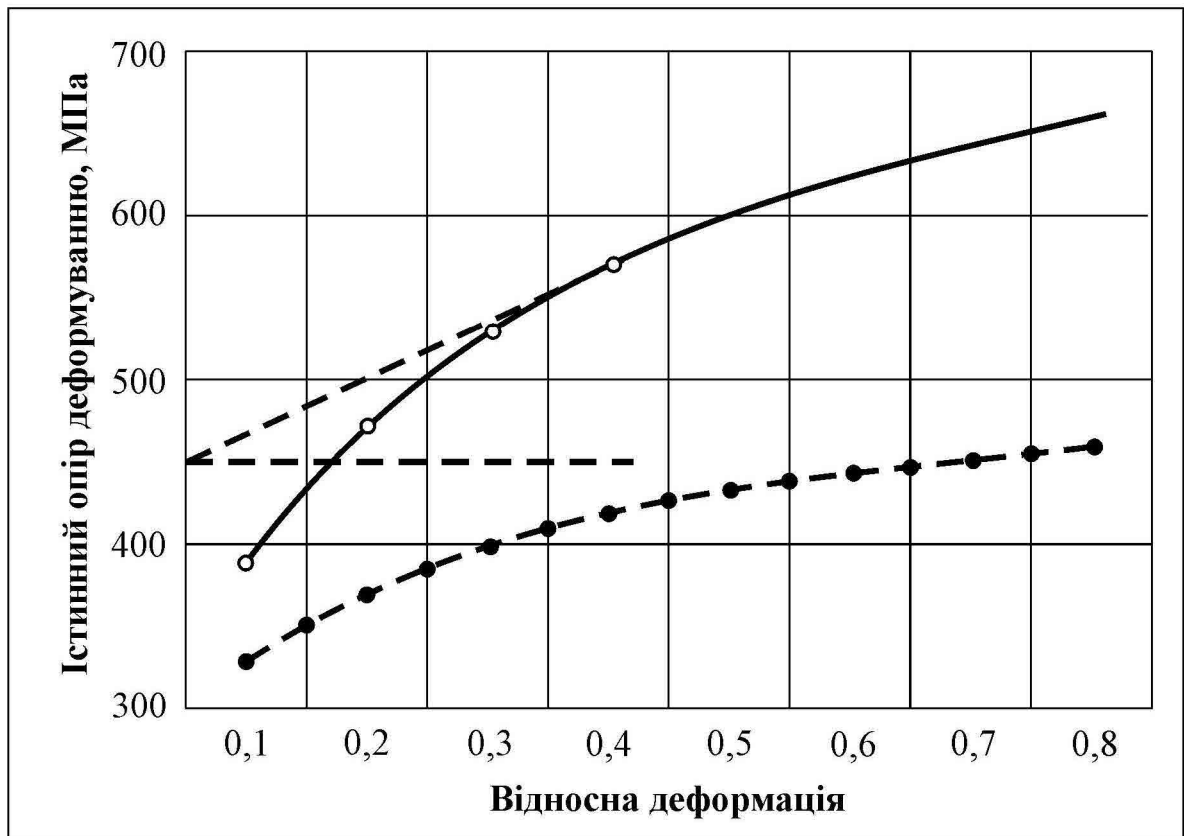


Рисунок 8.1 – Залежність істинного опору деформування від відносної деформації

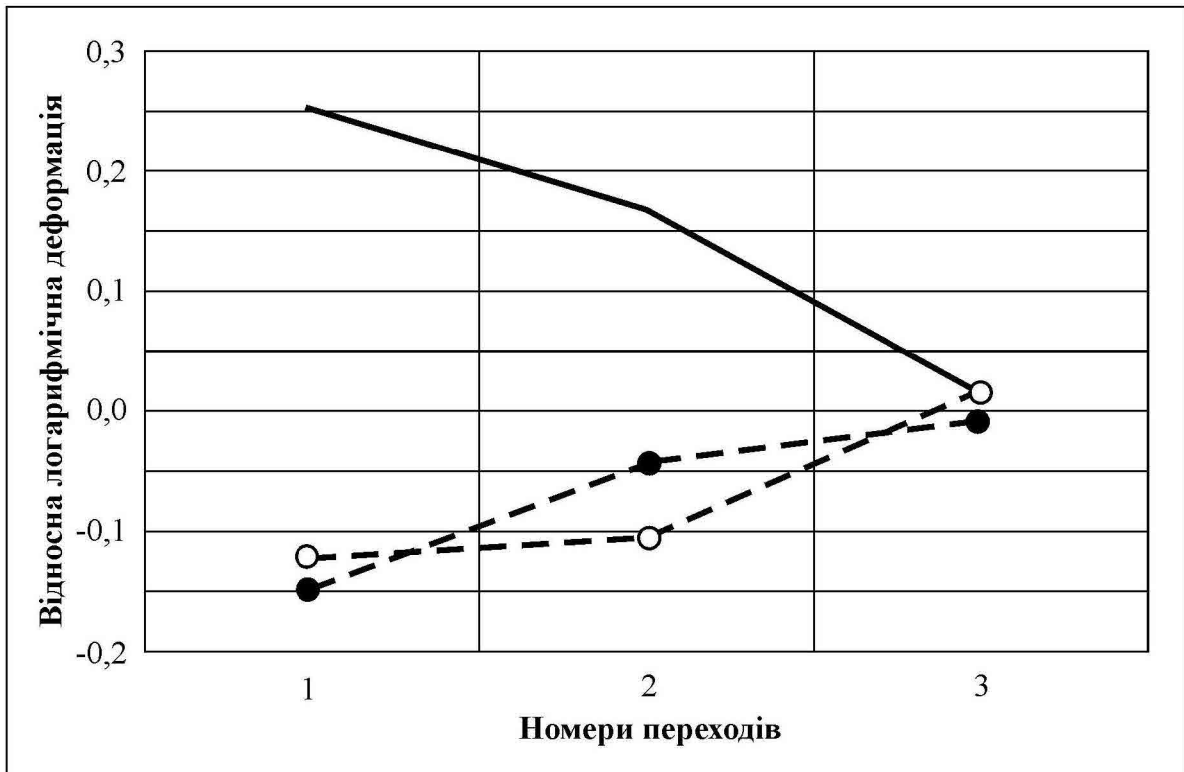


Рисунок 8.2 – Залежність відносної логарифмічної деформації від номеру переходу

Таким чином, запас пластичності матеріалу на перших двох переходах не використано.

Моніторинг третього переходу проводимо за аналогічною методикою, враховуючи, що зміна у показниках деформації тут відбувається лише у середній частині виробу. Тоді:

$$e_{ui} = \ln \frac{14,65}{17,3} = -0,149;$$

$$\varepsilon_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(-0,149)^2 + 2 \cdot 0,149^2} = 0,298;$$

$$m = 1;$$

$$\varepsilon_{кр} = \frac{2}{1} \cdot 0,4 = 0,8;$$

$$\eta = \frac{0,298}{0,8} = 0,375.$$

Отримані результати додаємо до даних моніторингових розрахунків попередніх переходів. Тоді, показник запасу пластичності виробу після висаджування η_{III} становить:

$$\eta_{III} = 0,116 + 0,375 = 0,491.$$

На рис. 8.3 наведено експериментальний графік динаміки залежності показника η_{III} від номера переходу висаджування. З нього видно, що розриву металу після висаджування не очікується тобто запасу пластичності сталі Ст 5Г пс достатньо для якісного штампування деталі «Шпилька».

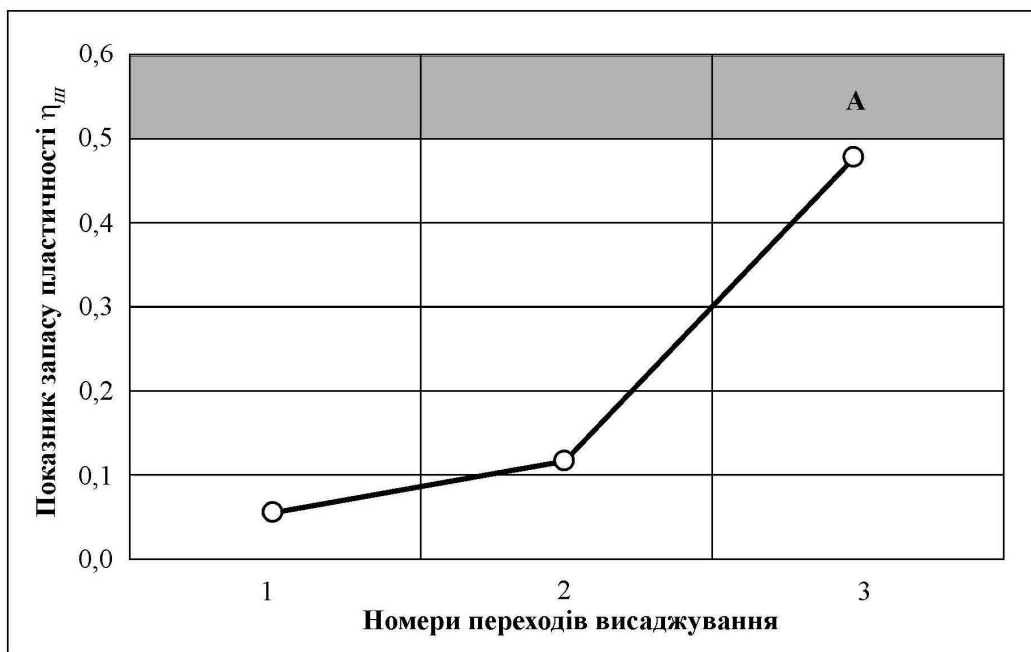


Рисунок 8.3 – Залежність показника запасу пластичності виробу після висаджування η_{III} від номеру переходу: А – зона вірогідного руйнування виробу

ВИСНОВКИ

1. Зроблено вибір способу отримання вихідної заготовки для деталі «Шпилька».
2. Розраховано, вибрано та спроектовано переходи штампування.
4. Розраховано виконавчі розміри інструменту.
5. Розраховано силовий режим для зусилля відрізування, зусилля осаджування.
6. Зроблено розрахунок робочих деталей штампа на міцність.
7. Описано конструктивні особливості інструменту.
8. Спроектовано загальний кресленик оснащення та розроблено робочі кресленики на його деталі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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. П. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.1. – М.: Машиностроение, 1980. – 723 с.
3. Холодная объёмная 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 объёмная штамповка. – М.: Машиностроение, 1987. – 384 с.
6. Анурьев В. П. 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-штамповачное производство, 1977. – № 5.
8. Кришкін Б. Б. Холодне об'ємне штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 120 с.
9. Auslegung der Werkzeuge und Entwicklung der Formteile für MehrmatrizenKaltumformer. National Machinery Co. Tiffin, Ohio, 1996. – 320 s.
10. Бунатян Г.В., Скуднов В.А., Хыбемяги А.И. Холодное выдавливание деталей формующей технологической оснастки. – М.: Машиностроение, 1998. – 182 с.: ил.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

**Специфікація «Комплект інструменту для холодного
висаджування»**

А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик

Поз	Позначка	Найменування	Кіл	Посилання	Матеріал
		<u>Документація</u>			
	КРБ.ПМ.25.03.12.10.00	Складальний кресленик	1		
		<u>Деталі</u>			
1	КРБ.ПМ.25.03.12.10.01	Корпус	1		
2	КРБ.ПМ.25.03.12.10.02	Вставка ножа	1		
3	КРБ.ПМ.25.03.12.10.03	Притискна лопка	1		
4	КРБ.ПМ.25.03.12.10.04	Корпус	1		
5	КРБ.ПМ.25.03.12.10.05	Вставка	1		
6	КРБ.ПМ.25.03.12.10.06	Фіксатор	2		
7	КРБ.ПМ.25.03.12.10.07	Фіксатор	1		
8	КРБ.ПМ.25.03.12.10.08	Фіксатор	2		
9	КРБ.ПМ.25.03.12.10.09	Фіксатор	1		
10	КРБ.ПМ.25.03.12.10.10	Корпус	1		
11	КРБ.ПМ.25.03.12.10.11	Корпус	1		
12	КРБ.ПМ.25.03.12.10.12	Корпус	1		
13	КРБ.ПМ.25.03.12.10.13	Корпус	1		
14	КРБ.ПМ.25.03.12.10.14	Вставка	1		
15	КРБ.ПМ.25.03.12.10.15	Вставка	1		
16	КРБ.ПМ.25.03.12.10.16	Вставка	1		
17	КРБ.ПМ.25.03.12.10.17	Вставка	1		
18	КРБ.ПМ.25.03.12.10.18	Виштовхувач	1		
19	КРБ.ПМ.25.03.12.10.19	Виштовхувач	1		
20	КРБ.ПМ.25.03.12.10.20	Виштовхувач	1		
21	КРБ.ПМ.25.03.12.10.21	Виштовхувач	1		
22	КРБ.ПМ.25.03.12.10.22	Корпус	1		
23	КРБ.ПМ.25.03.12.10.23	Корпус	1		
Відповідаюча організація Кафедра ММР		Технічне узгодження Андрій ГРЕЧКА	Розробник документа Роман БІДНИК	Документ затверджено Олег СІСА	Листовий 1-1
Власник документа Центральноукраїнський національний технічний університет		Вид документа Специфікація		Статус документа Навчальний	
		на зва Комплект інструменту для холодного висаджування		Ю значення КРБ.ПМ.25.03.12.10.00	
				нд. змін А	Дата видання 2025-23-06
				Мова uk	Аркуш 1/2

