

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

17 червня 2025 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Технологія та оснащення для виготовлення  
деталі гайка накидна**

Виконав здобувач вищої освіти

4 курсу групи ПТ(ОТ)-21

ОПП «Прикладна механіка»

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

\_\_\_\_\_ Катерина Лаврінова

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

31 січня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
Лавріновій Катерині Олександрівні**

**Тема роботи:**

Технологія та оснащення для виготовлення деталі гайка накидна

**Керівник роботи:**

канд. техн. наук, доцент Олег СІСА

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

**Строк подання роботи до захисту:**

18 червня 2025 р.

**Мета та завдання кваліфікаційної роботи:**

Мета: розробка технологічного процесу та оснащення для холодного штампування деталі гайка накидна.

Завдання: виконати аналіз деталі та розрахувати розміри вихідної заготовки, розрахувати технологічні переходи штампування, розрахувати силовий режим за операціями штампування та вибрати обладнання, розрахувати інструмент на міцність, розробити схему організації робочого місця оператора ХВА, спроектувати оснащення про для холодного штампування деталі гайка накидна, розробити робочі кресленики на деталі оснащення.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури по тематиці роботи	21.04.2025 р.	
2	Виконання загальної частини	02.05.2025 р.	
3	Виконання технологічної частини	09.05.2025 р.	
4	Виконання конструкторської частини	16.05.2025 р.	
5	Розробка креслеників	30.05.2025 р.	
6	Усунення недоліків після перевірки керівником роботи	10.06.2025 р.	
7	Перевірка роботи на академічний плагіат	16.06.2025 р.	
8	Рецензування роботи	17.06.2025 р.	
9	Захист кваліфікаційної роботи	18.06.2025 р.	

Дата видачі завдання  
03 лютого 2025 р.

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Катерина ЛАВРІНОВА

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Олег СІСА

## АНОТАЦІЯ

Лаврінова К. О. Технологія та оснащення для виготовлення деталі гайка накидна: кваліфікаційна бакалаврська робота: спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. О. Ф. Сіса; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький: ЦНТУ, 2025. 45 с.

Креслеників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою роботи є розробка технологічного процесу та оснащення для холодного штампування деталі гайка накидна.

Актуальність роботи полягає в підвищенні продуктивності та зменшенні собівартості виготовлення деталі за рахунок використання прогресивної маловідхідної технології штампування на холодно-висадочному автоматі (ХВА).

В роботі виконано аналіз деталі та розраховано розміри вихідної заготовки; розраховано технологічні переходи штампування; розраховано силовий режим за операціями штампування та вибрано обладнання; розраховано інструмент на міцність; розроблено схему організації робочого місця оператора ХВА, спроектовано оснащення для холодного штампування деталі гайка накидна; розроблено робочі кресленики на деталі оснащення.

**технологічний процес, холодне штампування, силовий режим, оснащення для ХВА**

## ANNOTATION

Kateryna LAVRINOVA. Technology and equipment for manufacturing union nut parts: qualifying bachelor's thesis: spec. 131 Applied mechanics / scientific director O. F. Sisa; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2025. 45 p.

Drawings – a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop a technological process and equipment for cold stamping of the union nut part.

The relevance of the work lies in increasing productivity and reducing the cost of manufacturing parts through the use of progressive low-waste stamping technology on a cold-forming machine (CMA).

The work includes an analysis of the part and calculation of the dimensions of the initial workpiece; calculation of the technological transitions of stamping; calculation of the power regime for stamping operations and selection of equipment; calculation of the tool for strength; development of a scheme for organizing the workplace of the CMA operator, design of equipment for cold stamping of the union nut part; development of working drawings for the equipment parts.

**technological process, cold stamping, power mode, equipment for CMA**

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

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи н тему:

**Технологія та оснащення для виготовлення  
деталі гайка накидна**

**КРБ.ПМ.25.09.12.00.00**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу групи ПТ(ОТ)-21  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Катерина Лаврінова

Керівник роботи:  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Олег СІСА

## ЗМІСТ

Перелік позначень і скорочень	7
Вступ	8
1 Аналіз деталі та розрахунок розмірів вихідної заготовки	9
2 Розрахунок технологічних переходів штампування	14
3 Розрахунок силового режиму за операціями штампування та вибір обладнання	23
3.1 Зусилля 0-переходу	23
3.2 Зусилля першого переходу	23
3.3 Зусилля другого переходу	24
3.4 Зусилля третього переходу	25
3.5 Зусилля четвертого переходу	25
3.6 Зусилля п'ятого переходу	26
3.7 Вибір обладнання	26
4 Розрахунок інструмента на міцність	28
4.1 Розрахунок інструмента для відрізування	28
4.2 Розрахунок інструменту для другого – п'ятого переходів	29
4.3 Обґрунтування необхідності бандажування матриць	36
5 Розробка схеми організації робочого місця оператора ХВА	38
Висновки	40
Список використаних джерел	41
Додатки	42
Додаток А Специфікація «Інструмент для холодного штампування гайки накидної»	43
А.1 Перший аркуш специфікації на складальний кресленик	43
А.2 Другий аркуш специфікації на складальний кресленик	44
Додаток В Специфікація «Матриця 3»	45
Б.1 Перший аркуш специфікації складальної одиниці	45

**ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ**

- $\delta$  - відносне подовження при розриві, %;  
 $E$  – логарифмічний ступінь деформації;  
 $e$  – відносний ступінь деформації;  
 $\sigma_e$  – тимчасовий опір матеріалу, МПа;  
 $\sigma_s$  – істинний опір матеріалу, МПа;  
 $\sigma_m$  – межа текучості для залишкової деформації, МПа;  
 $P$  – зусилля деформації, Н;  
 $F$  – площа поперечного перерізу інструменту, мм<sup>2</sup>;  
 $p$  – тиск на інструмент, МПа;  
 $h$  – значення висоти вогнища деформації, мм;  
 $\mu$  - коефіцієнт тертя;  
 $T$  – зусилля тертя, Н;  
 $\beta$  - коефіцієнт впливу способу механічної обробки.

## ВСТУП

Холодне об'ємне штампування є одним з найбільш прогресивних способів виготовлення деталей, так як одночасно зі зниженням трудомісткості дає велику економію металу, дозволяючи отримувати деталі практично, або зовсім без відходів, не рахуючи невеликих кінцевих залишків від прутків чи бунтів, або з незначними відходами у вигляді пробивання тонких перемичок або дна, а також при фінішних механічних операціях.

Міцність деталей, отриманих холодним об'ємним штампуванням, вище ніж деталей, отриманих обробкою різанням, так як волокна матеріалу не перерізаються паралельно поверхні деталі, а також вище міцності вихідного матеріалу внаслідок зміцнення, викликаного пластичною деформацією.

Холодне об'ємне штампування забезпечує також одержання деталей з порівняно високою точністю розмірів і якістю поверхні. Це зменшує обсяг обробки різанням або навіть виключає її. Проте, враховуючи, що виготовлення інструменту для холодного об'ємного штампування трудомістке і дороге інструменту для обробки металів різанням, холодне штампування слід застосовувати лише при достатньо великій серійності виробництва.

Застосування для виробництва невеликих та середніх деталей холодного об'ємного штампування дозволить скоротити в цілому по країні технологічні відходи металу на сотні тисяч тон, значно скоротити трудомісткість та собівартість багатьох виробів машинобудування.

## 1 АНАЛІЗ ДЕАЛІ ТА РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ

Деталь «Гайка накидна» – кріпильна деталь (рис. 1.1). Вона має форму склянки, у середині якої нарізано різьблення. Форма гайки зручна для з'єднання деталей у важкодоступних місцях.

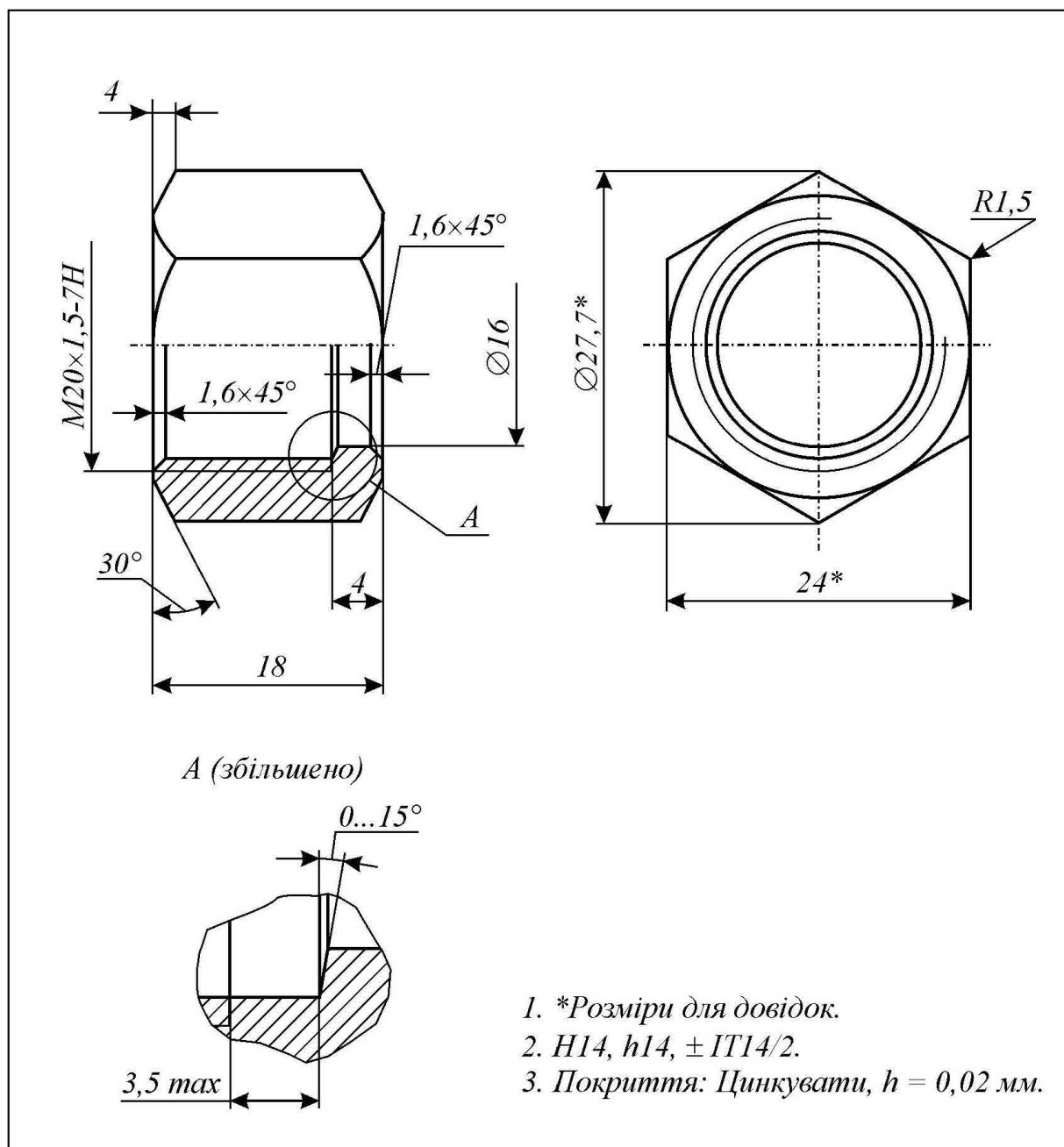


Рисунок 1.1 – Фрагмент кресленика деталі «Гайка накидна»  
після механічної обробки.

Деталь «Гайка накидна» виготовляється із сталі 15 ДСТУ 1050-05, що постачається у вигляді круглого прокату. Хімічний склад та механічні властивості сталі 15 показано, відповідно, в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 15

Складові елементи	Відсотковий вміст
Вуглець	0,12 – 0,19
Кремній	0,17 – 0,37
Марганець	0,35 – 0,65
Нікель	до 0,25
Сіра	до 0,04
Фосфор	до 0,035
Хром	до 0,25
Мідь	до 0,25
Миш'як	до 0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 15

Параметр	Характеристика	Розмірність
Спосіб поставки	Круглий прокат, діаметром до 80	мм
Тимчасовий опір	$\sigma_e = 370$	МПа
Межа текучості	$\sigma_m = 225$	МПа
Відносне подовження	$\delta = 27$	%

Технологія холодного штампування деталі «Гайка накидна» починається з отримання вихідної заготовки для її виготовлення.

Так як штампування здійснюється з відходом, то об'єм заготовки визначиться формулою, мм<sup>3</sup>:

$$V_z = V_{ш} - V_{ч} - V_{зн1} - V_{зн2} + V_{пер}, \quad (1.1)$$

де  $V_{ш}$  – об'єм шестигранника

$$V_{ш} = 3,464 \cdot \left(\frac{S}{2}\right)^2 \cdot H = 3,464 \cdot \left(\frac{24}{2}\right)^2 \cdot 18 = 8978,681 \text{ мм}^3;$$

$V_{ц}$  – об'єм циліндра

$$V_{ц} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 9^2 \cdot 13,2 = 3357,28 \text{ мм}^3.$$

Об'єм зрізаного конуса:

$$V_{зк1} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 0,3}{12} \cdot (18^2 + 18 \cdot 16 + 16^2) = 68,138 \text{ мм}^3;$$

$$V_{зк2} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 1,6}{12} \cdot (16^2 + 19,2 \cdot 16 + 19,2^2) = 390,13 \text{ мм}^3.$$

Об'єм перетинки під пробивання:

$$V_{пер} = \pi \cdot r^2 \cdot [h_{ед}] = 3,14 \cdot 8^2 \cdot 2,9 = 582,78 \text{ мм}^3.$$

Тоді, об'єм заготовки:

$$V_3 = 8978,681 - 3357,28 - 68,138 - 390,13 + 582,78 = 4580,353 \text{ мм}^3.$$

Оскільки штампування деталі «Гайка накладна» передбачається на п'ятипозиційному ХВА, то для такого процесу звичайно приймають співвідношення:

$$\frac{d_3}{L} = 0,9 \dots 0,95 \quad \text{та} \quad \frac{h_3}{d_3} = 0,57 \dots 0,63.$$

Приймаємо наступний п'ятиперехідний технологічний процес штампування деталі «Гайка накидна»:

- **0-перехід.** Відрізування;
- **Перший перехід.** Закрите осаджування-калібрування;
- **Другий перехід.** Попереднє формоутворення шестигранника;
- **Третій перехід.** Остаточне зворотне видавлювання порожнини;
- **Четвертий перехід.** Остаточне формоутворення шестигранника;
- **П'ятий перехід.** Пробивання.

Слід відмітити, що формування шестигранника займає дві позиції (див. другий та четвертий переходи). Після другого переходу спеціальним пристроєм ХВА здійснюється кантування заготовки на  $180^\circ$ . Завдяки цьому необхідні формозміни відбуваються при менших значеннях степенів деформації та, відповідно, в умовах більш «м'якої» схеми напруженого стану матеріалу виробу.

Крім того, така послідовність переходів штампування забезпечує мінімальний перекидний момент на повзуні ХВА, тому що найбільші деформації відбуваються на середніх переходах (другому та третьому).

Враховуючи те, що із зменшенням висоти заготовки якість торця при відрізуванні погіршується, задаємося діаметром вихідної заготовки (діаметром прокату)  $d_3 = 18,5$  мм. Тоді висота вихідної заготовки  $h_3$  визначиться за формулою:

$$h_3 = \frac{V_3}{\pi \cdot r_3^2} = \frac{4580,353}{3,14 \cdot 9,25^2} = 17,2 \text{ мм.}$$

У зв'язку з тим, що конструкція відрізного ножа у п'ятипозиційних ХВА передбачає тільки неповне відкрите відрізування, то повинно виконуватися наступне співвідношення:

$$\frac{h_3}{d_3} > 0,8 \dots 1,0.$$

В даному випадку:

$$\frac{h_3}{d_3} = \frac{17,2}{18,5} = 0,93.$$

Як бачимо, таке значення співвідношення припустимо. Тому остаточно приймаємо:

$$h_3 = 17,2 \text{ мм, а } d_3 = 18,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо реальний об'єм вихідної заготовки:

$$V_3 = \pi \cdot r_3^2 \cdot h_3 = 3,14 \cdot 9,25^2 \cdot 17,2 = 4621 \text{ мм}^3.$$

## 2 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПЕРЕХОДІВ ШТАМПУВАННЯ

Нижче наведено кресленики технологічних переходів штампування (рис. 2.1 – 2.6) та їх розрахунок.

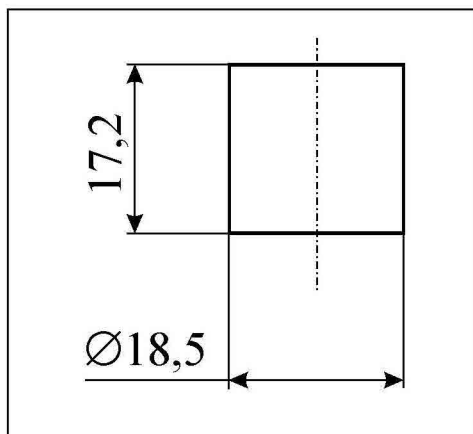


Рисунок 2.1 – 0-перехід: відрізування (вихідна заготовка)

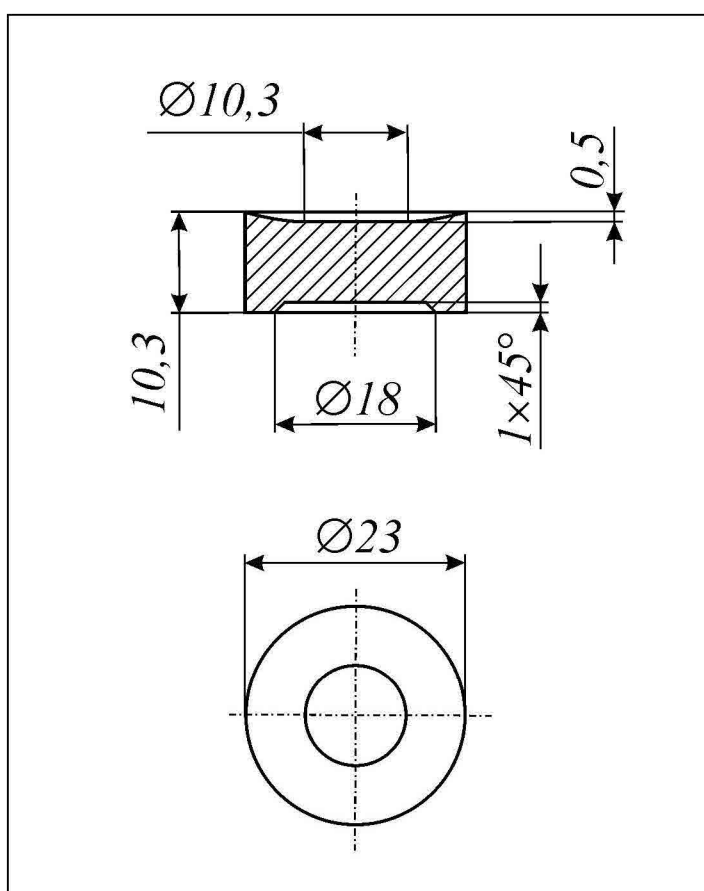


Рисунок 2.2 – Перший перехід: закрите осаджування-калібрування

Розрахунок висоти заготовки  $H_1$  на першому переході здійснюємо із урахуванням закону постійності об'єму:

$$V_{зк1} = \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 8,5^2 \cdot 1 = 227 \text{ мм}^3;$$

$$V_{зк2} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 0,5}{12} \cdot (10,3^2 + 23 \cdot 10,3 + 23^2) = 114,08 \text{ мм}^3;$$

Із рівняння

$$V_з = \pi \cdot r^2 \cdot H_1 - V_{зк1} - V_{зк2} = 3,14 \cdot 11,5^2 \cdot H_1 - 227 - 114,08 = 4621 \text{ мм}^3$$

знаходимо висоту заготовки  $H_1$ :

$$415,27 \cdot H_1 = 4621 - 227 - 114,08;$$

$$H_1 = \frac{4621 - 227 - 114,08}{415,27} = 10,31 \text{ мм.}$$

Розрахунок висотної деформації:

$$\varepsilon_h = \left( \frac{h_n - h_k}{h_n} \right) \cdot 100 = \frac{17,2 - 10,3}{17,2} \cdot 100 = 40,1 \text{ \%}.$$

Розрахунок радіальної деформації:

$$\varepsilon_d = \left( \frac{d_n^2 - d_k^2}{d_n^2} \right) \cdot 100 = \frac{23^2 - 18,5^2}{23^2} \cdot 100 = 35,3 \text{ \%}.$$

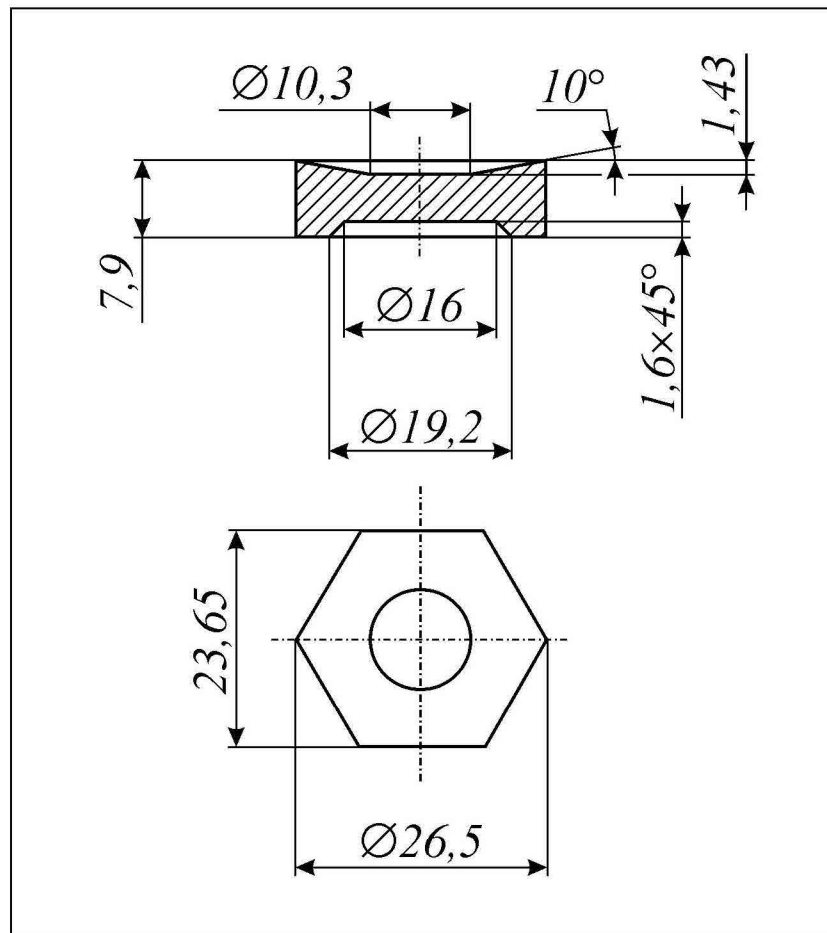


Рисунок 2.3 – Другий перехід: поперечне формоутворення шестигранника

Розрахунок висоти заготовки  $H_2$  на другому переході:

$$V_{зк1} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 1,43}{12} \cdot (10,3^2 + 26,5 \cdot 10,3 + 26,5^2) = 404,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{зк2} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 1,6}{12} \cdot (16^2 + 19,2 \cdot 16 + 19,2^2) = 390,13 \text{ мм}^3.$$

Із рівняння

$$V_3 = 3,465 \cdot \left(\frac{S}{2}\right)^2 \cdot H_2 - V_{зк1} - V_{зк2} = 3,465 \cdot \left(\frac{23,65}{2}\right)^2 \cdot H_2 - 404,6 - 390,13 = 4621 \text{ мм}^3$$

знаходимо висоту заготовки  $H_2$ :

$$484,373 \cdot H_2 = 4621 - 404,6 - 390,13;$$

$$H_2 = \frac{4621 - 404,6 - 390,13}{415,27} = 7,9 \text{ мм.}$$

Розрахунок висотної деформації:

$$\varepsilon_h = \left( \frac{h_n - h_k}{h_n} \right) \cdot 100 = \frac{10,3 - 7,9}{10,3} \cdot 100 = 23,3 \text{ \%}.$$

Розрахунок радіальної деформації:

$$\varepsilon_d = \left( \frac{d_n^2 - d_k^2}{d_n^2} \right) \cdot 100 = \frac{23^2 - 18,5^2}{23^2} \cdot 100 = 35,3 \text{ \%}.$$

Висотна логарифмічна деформація після другого переходу [1, с. 160-163]:  $e_h = 0,264$ .

Діаметральна логарифмічна деформація після другого переходу [1, с. 160-163]:  $e_d = 0,435$ .

Накопичені деформації після другого переходу:

$$e_h^{\text{II}} = 0,513 + 0,264 = 0,777; \quad e_h^{\text{II}} = 54 \text{ \%};$$

$$e_d^{\text{II}} = 0,434 + 0,435 = 0,869; \quad e_d^{\text{II}} = 58,1 \text{ \%}.$$

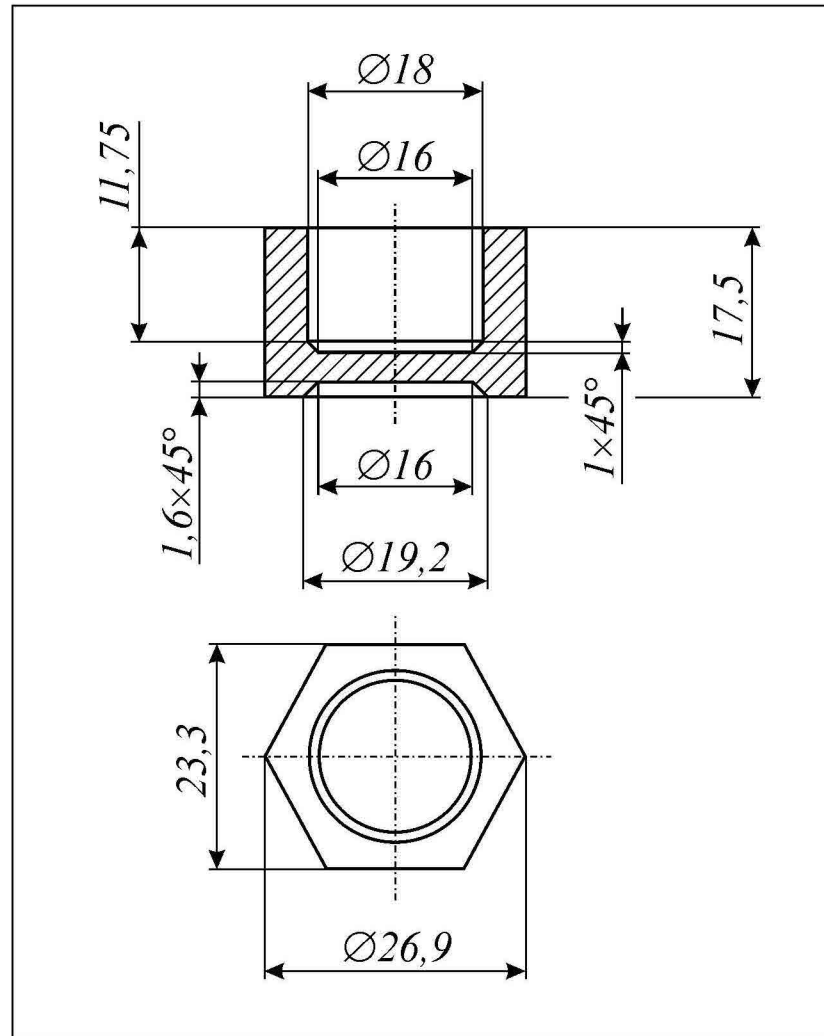


Рисунок 2.4 – Третій перехід: остаточне зворотне видавлювання порожнини

Розрахунок глибини порожнини  $h_3$  на третьому переході:

$$V_o = 3,464 \cdot \left(\frac{S}{2}\right)^2 \cdot H_3 = 3,464 \cdot \left(\frac{23,3}{2}\right)^2 \cdot 17,5 = 8227,451 \text{ мм}^3;$$

$$V_{зк1} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 1,6}{12} \cdot (16^2 + 18 \cdot 16 + 18^2) = 227,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{зк2} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 1,6}{12} \cdot (16^2 + 19,2 \cdot 16 + 19,2^2) = 390,13 \text{ мм}^3.$$

Із рівняння

$$V_3 = V_o - \pi \cdot r^2 \cdot h_3 - V_{зк1} - V_{зк2} = 8227,451 - 254,34 \cdot h_3 - 227,2 - 390,13 = 4621 \text{ мм}^3$$

знаходимо глибину порожнини  $h_3$  на третьому переході:

$$254,34 \cdot h_3 = 8227,451 - 4621 - 227,2 - 390,13$$

$$h_3 = \frac{2989,17}{254,34} = 11,75 \text{ мм.}$$

Розрахунок висотної деформації:

$$\varepsilon_h = \left( \frac{h_n - h_k}{h_n} \right) \cdot 100 = \frac{17,5 - 7,9}{17,5} \cdot 100 = 54,8 \text{ \%}.$$

Розрахунок радіальної деформації:

$$\varepsilon_d = \left( \frac{d_n^2 - d_k^2}{d_n^2} \right) \cdot 100 = \frac{26,9^2 - 26,5^2}{26,9^2} \cdot 100 = 2,95 \text{ \%}.$$

Висотна логарифмічна деформація після другого переходу [1, с. 160-163]:  $e_h = 0,789$ .

Діаметральна логарифмічна деформація після другого переходу [1, с. 160-163]:  $e_d = 0,031$ .

Накопичені деформації після третього переходу:

$$e_h^{\text{II}} = 0,777 + 0,879 = 1,656; \quad e_h^{\text{II}} = 80,5 \text{ \%};$$

$$e_d^{\text{II}} = 0,869 + 0,031 = 0,9; \quad e_d^{\text{II}} = 59,5 \text{ \%}.$$

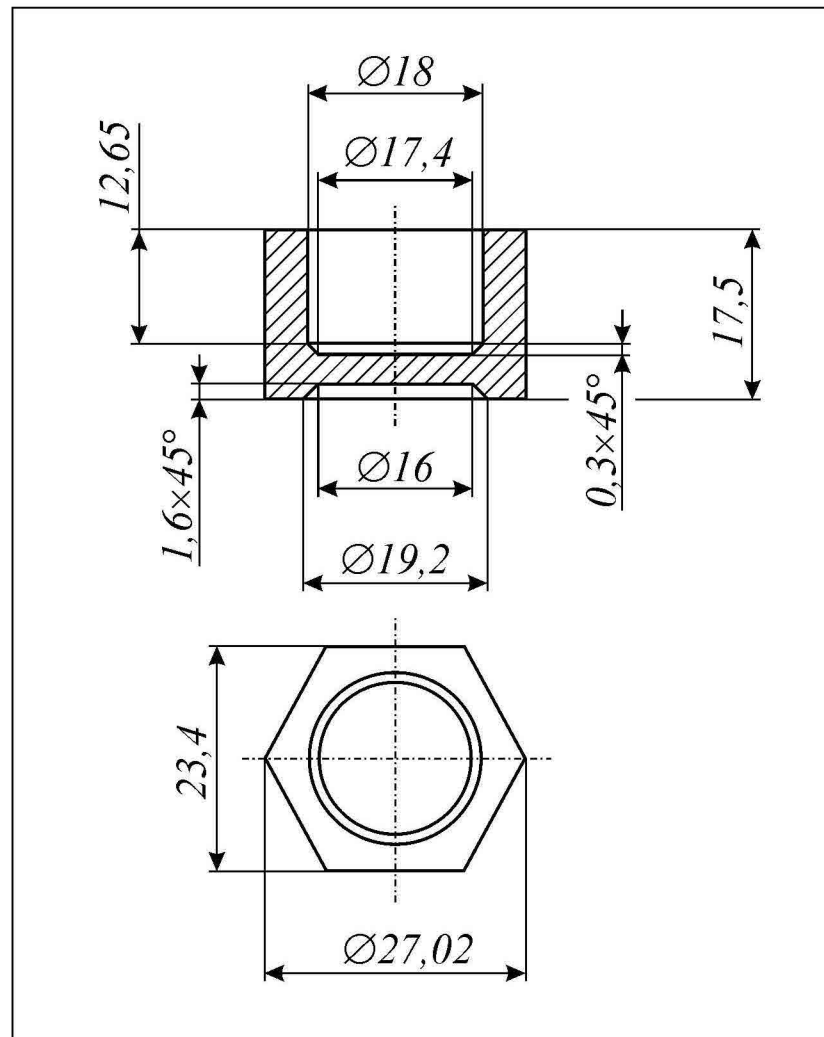


Рисунок 2.5 – Четвертий перехід: остаточне формоутворення шестигранника

Розрахунок глибини порожнини  $h_4$  на четвертому переході:

$$V_o = 3,464 \cdot \left(\frac{S}{2}\right)^2 \cdot H_3 = 3,464 \cdot \left(\frac{23,4}{2}\right)^2 \cdot 17,5 = 8298,271 \text{ мм}^3;$$

$$V_{зк1} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 0,3}{12} \cdot (18^2 + 18 \cdot 16 + 15^2) = 68,138 \text{ мм}^3;$$

$$V_{зк2} = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + D \cdot d + d^2) = \frac{3,14 \cdot 1,6}{12} \cdot (16^2 + 19,2 \cdot 16 + 19,2^2) = 390,13 \text{ мм}^3.$$

Із рівняння

$$V_3 = V_o - \pi \cdot r^2 \cdot h_3 - V_{зк1} - V_{зк2} = 8298,271 - 254,34 \cdot h_4 - 68,138 - 390,13 = 4621 \text{ мм}^3$$

знаходимо глибину порожнини  $h_4$  на четвертому переході:

$$254,34 \cdot h_4 = 8298,271 - 4621 - 227,2 - 390,13$$

$$h_4 = \frac{3219}{254,34} = 12,65 \text{ мм.}$$

Розрахунок висотної деформації:

$$\varepsilon_h = \left( \frac{h_n - h_k}{h_n} \right) \cdot 100 = \frac{17,5 - 17,5}{17,5} \cdot 100 = 0 \text{ \%}.$$

Розрахунок радіальної деформації:

$$\varepsilon_d = \left( \frac{d_n^2 - d_k^2}{d_n^2} \right) \cdot 100 = \frac{27,02^2 - 26,9^2}{22,02^2} \cdot 100 = 0,9 \text{ \%}.$$

Діаметральна логарифмічна деформація після другого переходу [1, с. 160-163]:  $e_d = 0,031$ .

Накопичені деформації після третього переходу:

$$e_h^{IV} = 80,5 \text{ \%};$$

$$e_d^{IV} = 0,9 + 0,01 = 0,91; \quad e_d^{IV} = 59,6 \text{ \%}.$$

Як бачимо, переважаючою деформацією матеріалу є висотна.

У відповідності з роботою [3, табл. 1.6] гранична деформація для сталі 15 становить 75 %, тому перед холодним штампуванням вихідний матеріал необхідно піддати відпалу. Режим відпалу: нагрівання до температури 1050 °С, витримка 1 година, охолодження з піччю. За таких умов пластичність матеріалу підвищується на 13,64 % [3, 6, 8]. Таким чином показник граничної деформації становитиме 85 %, отже руйнування матеріалу в процесі холодного штампування не очікується.

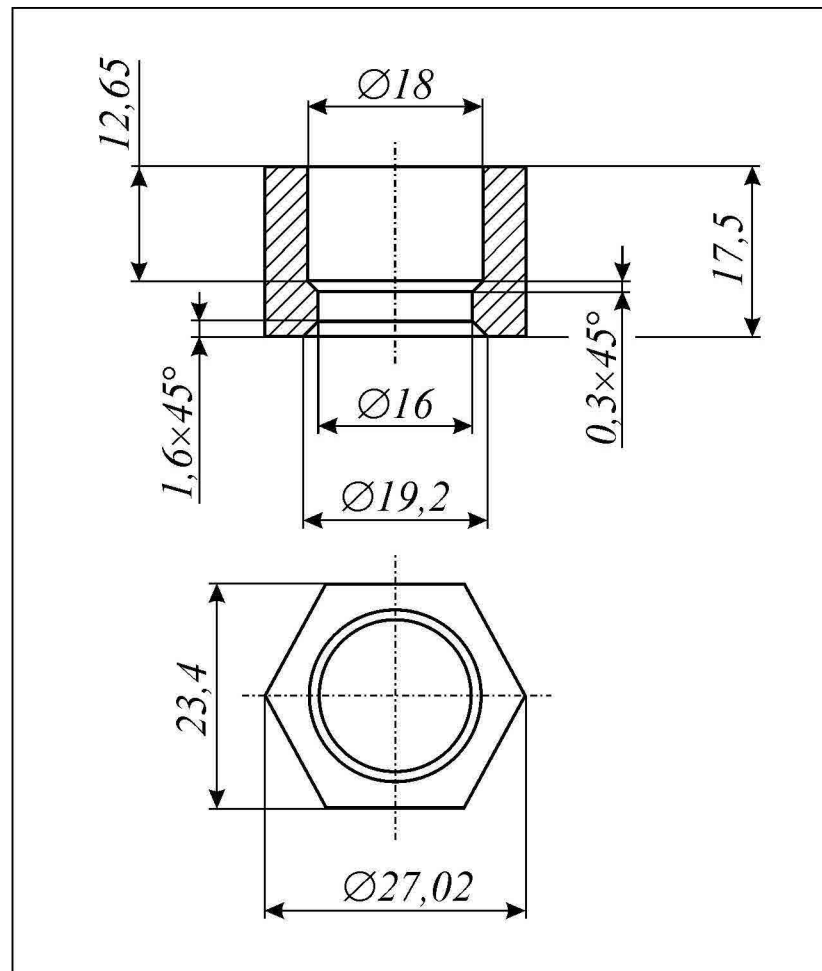


Рисунок 2.6 – П'ятий перехід: пробивання

Геометричні параметри виробу на даному переході залишаємо без змін.

### 3 РОЗРАХУНОК СИЛОВОГО РЕЖИМУ ЗА ОПЕРАЦІЯМИ ШТАМПУВАННЯ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

#### 3.1 Зусилля 0-переходу

Для визначення технологічного зусилля відрізування вихідної заготовки від круглого прокату скористуємося наступною формулою:

$$P_e = \frac{\pi \cdot k \cdot \sigma_s \cdot d_3^2}{4}. \quad (3.1)$$

Приймаючи коефіцієнт притушення різучих кромek  $k = 1,25$ , маємо:

$$P_e = \frac{3,14 \cdot 1,25 \cdot 210 \cdot 18,5^2}{4} = 70524,89 \text{ Н.}$$

#### 3.2 Зусилля першого переходу

Питоме зусилля закритого осаджування-калібрування визначаємо за формулою:

$$p_1 = \sigma_s \cdot k \cdot \left(1 + \frac{\mu \cdot D}{3h}\right), \quad (3.2)$$

де:  $\sigma_s$  – істинний опір матеріалу деформуванню (визначається за кривими зміцнення.  $\sigma_s = 598,64$  МПа [1, с. 68, рис. 46];

$\mu$  - коефіцієнт тертя [5, табл. 1.12];  $\mu = 0,12$ ;

$D$  – діаметр заготовки після даного переходу.  $D = 23$  мм;

$h$  – висота заготовки після осаджування.  $h = 10,3$  мм;

$k$  – коефіцієнт, що враховує особливості проведення процесу осаджування і приймається за даними роботи [3, табл. 1.27].  $k = 1,5$  (осаджування здійснюється пуансоном з плоским торцем).

Тоді:

$$p_1 = 598,64 \cdot 1,5 \cdot \left(1 + \frac{0,12 \cdot 23}{3 \cdot 10,3}\right) = 978,24 \text{ МПа,}$$

а зусилля на першому переході

$$P_1 = p_1 \cdot \pi \cdot r^2 = 978,24 \cdot 3,14 \cdot 11,5^2 = 406228,83 \text{ Н.}$$

### 3.3 Зусилля другого переходу

Питоме зусилля попереднього формоутворення шестигранника визначаємо із застосуванням тієї ж формули, що і для першого переходу.

Вихідні дані:

$$\sigma_s = 598,64 \text{ МПа;}$$

$$k = 1,5;$$

$$\mu = 0,15;$$

$$D = 26,5 \text{ мм;}$$

$$h = 7,9 \text{ мм.}$$

Тоді:

$$p_2 = 668,77 \cdot 1,5 \cdot \left(1 + \frac{0,15 \cdot 26,5}{3 \cdot 7,0}\right) = 1171,4 \text{ МПа,}$$

а зусилля на другому переході

$$P_2 = p_2 \cdot F_{\text{ш}} = 1171,4 \cdot 484,79 = 56788,006 \text{ Н.}$$

### 3.4 Зусилля третього переходу

Питоме зусилля зворотного видавлювання порожнини визначаємо за формулою [5, с. 39]:

$$p_3 = \sigma_s \cdot \left( \frac{D_M^2}{D_n^2} \cdot \ln \frac{D_M^2}{D_M^2 - D_n^2} + \frac{h}{D_n} \cdot \frac{D_M^2}{D_M^2 - D_n^2} \right) \cdot \left( 1 + \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \frac{D_n}{h} \right), \quad (3.3)$$

де:  $\sigma_s = 712,78$  МПа;

$k = 1,5$ ;

$\mu = 0,15$ ;

$D_M = 25,9$  мм;

$D_n = 18$  мм;

$h = 12,75$  мм.

Тоді:

$$p_3 = 712,78 \cdot \left( \frac{26,9^2}{18^2} \cdot \ln \frac{26,9^2}{26,9^2 - 18^2} + \frac{12,75}{18} \cdot \frac{26,9^2}{26,9^2 - 18^2} \right) \cdot \left( 1 + \frac{2}{3} \cdot 0,15 \cdot \frac{18}{12,75} \right) = 2224,4 \text{ МПа}$$

а зусилля на третьому переході

$$P_3 = p_3 \cdot \pi \cdot r_3^2 = 2224,4 \cdot 3,14 \cdot 9^2 = 565766,104 \text{ Н.}$$

### 3.5 Зусилля четвертого переходу

Питоме зусилля остаточного формоутворення шестигранника визначаємо за формулою:

$$p_4 = \sigma_s \cdot z_\phi \cdot v \cdot \left( 1 + \frac{\mu \cdot D}{3h} \right) = 717,17 \cdot 1,15 \cdot 1,7 \cdot \left( 1 + \frac{0,15 \cdot 18}{3 \cdot 13} \right) = 1498,77 \text{ МПа.}$$

Тоді зусилля на четвертому переході буде складати

$$P_4 = p_4 \cdot \pi \cdot r_3^2 = 1298,77 \cdot 3,14 \cdot 9^2 = 381197,16 \text{ Н.}$$

### 3.6 Зусилля п'ятого переходу

Зусилля пробивання перетинки визначиться формулою:

$$P_n = k \cdot \sigma_s \cdot \pi \cdot D_n \cdot t = 1,25 \cdot 717,17 \cdot 3,14 \cdot 18 \cdot 2,95 = 149470,78 \text{ Н.}$$

### 3.7 Вибір обладнання

Визначаємо мінімальне сумарне зусилля холодного штампування деталі «Гайка накидна» за наступною формулою, Н:

$$\begin{aligned} P &= P_e + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_n = \\ &= 70525 + 406229 + 567883 + 565766 + 381197 + 149471 = 2141070. \end{aligned}$$

З урахуванням гарантованого 25-відсоткового запасу, сумарне зусилля штампування  $P_2$  підвищиться до наступного рівня:

$$P_2 = 1,25 \cdot P = 1,25 \cdot 2141 = 2876 \text{ кН.}$$

За сумарним зусиллям  $P_2$  вибираємо холодно-висадочний автомат типу АВ1822 з номінальним зусиллям штампування 3200 кН.

#### Технічна характеристика ХВА АА1822

Найбільший діаметр різьби, мм .....	16
Номінальне зусилля, кН .....	3200

	27
Розмір гайки «під ключ», мм .....	24
Найбільша висота гайки, мм .....	19
Найбільший діаметр заготовки, мм .....	24
Найбільше число ходів повзуна в хвилину .....	125
Потужність електродвигуна головного привода, кВт .....	42
Габаритні розміри, мм:	
- довжина .....	4500
- ширина .....	2900
- висота .....	2500
Маса автомата, т .....	40

## 4 РОЗРАХУНОК ІНСТРУМЕНТА НА МІЦНІСТЬ

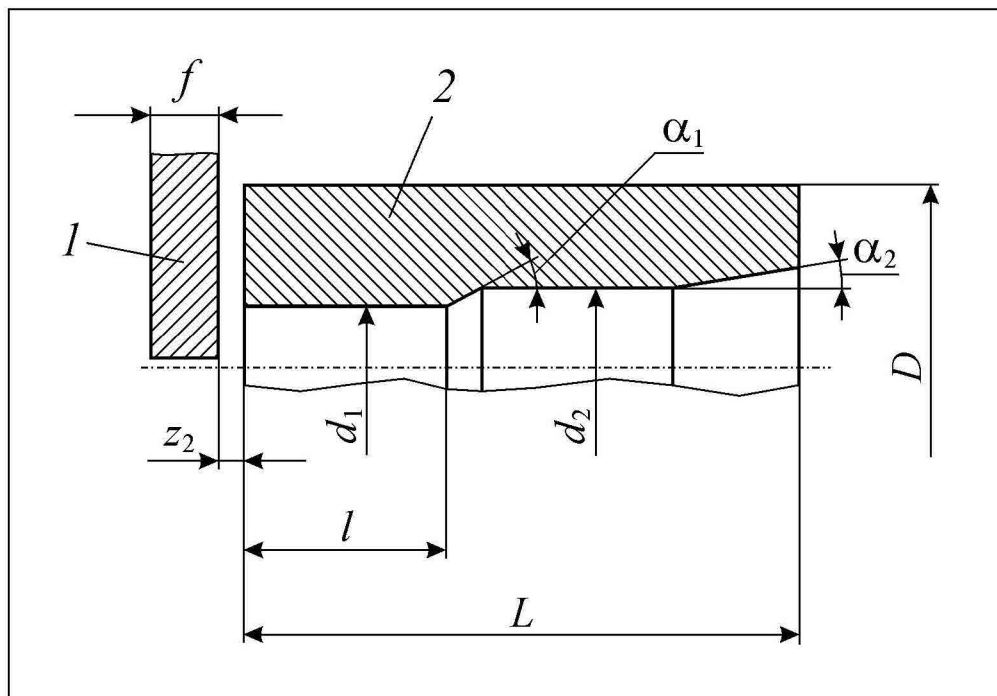
### 4.1 Розрахунок інструмента для відрізування

Відрізні матриці виготовляють суцільними із сталі, скороченими (із прийнятною втулкою) та з твёрдосплавною вставкою. Вибір типу матриці визначається контактними напруженнями на інструмент. Приймаємо суцільну матрицю. Геометричні параметри інструменту (рис. 4.1) встановлюються за емпіричними співвідношеннями:

$$d_1 = d_0 + 0,1 = 18,5 + 0,1 = 18,6 \text{ мм};$$

$$l = (2,5 \dots 3) \cdot d_1 = 2,5 \cdot 18,6 = 46,5 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1,2 \cdot d_1 = 1,2 \cdot 18,6 = 22,3 \text{ мм}.$$



1 – відрізний ніж; 2 – відрізна матриця

Рисунок 4.1 – До розрахунку інструмента для відрізування

Якщо матриця армується твердосплавною вставкою, то мінімальний зовнішній діаметр вставки визначиться формулою:

$$d_{me} = \frac{D}{2} = \frac{44}{2} = 22 \text{ мм.}$$

Виходячи з умови забезпечення найбільшої стійкості вставки, приймаємо її зовнішній діаметр 32 мм.

Остаточні розміри (тут і далі) підлягають корегуванню в процесі розробки робочих креслень.

Вставка запресовується у корпус із натягом 0,08...0,1 мм.

Відрізні ножі, з метою підвищення їх стійкості, оснащують твердосплавними пластинами або вставками з твердого сплаву ВК8. Товщина ножа  $f$ , яка визначає довжину заготовки, що відрізається, становить 17,2 мм.

Якість зрізу залежить від зазорів:

$$- z_1 = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{18,6 - 18,5}{2} = 0,05 \text{ мм} - \text{між матрицею та матеріалом;}$$

-  $z_2$  – між матрицею та ножем.

Рекомендовані величини зазорів наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення зазорів  $z_1$  та  $z_2$

Зазори, мм	Діаметр вихідної заготовки $d_0$ , мм			
	< 8	8 – 14	14 – 19	> 19
$z_1$	0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 0,15	0,15 – 0,2
$z_2$	0,03	0,05	0,08	0,1

## 4.2 Розрахунок інструменту для другого – п'ятого переходів

Інструмент для другого переходу розрахунку на міцність не підлягає, оскільки на нього діють незначні зусилля.

Інструмент для третього переходу розраховуємо на міцність, відповідно з методикою роботи [5, с. 57-66] та кафедральною комп'ютерною програмою.

Вихідні данні для розрахунку зусиль тертя: на торці пуансона  $T_m$ , на пояску, що калібрує,  $T_k$  та плеча моменту, що вигинає, на пуансоні  $E$ :

$$R_n^2 = 81 \text{ мм}^2;$$

$$\sigma_s = 712,76 \text{ МПа};$$

$$\delta = 0,15;$$

$$R_m = 13,45 \text{ мм};$$

$$l_k = 3,8 \text{ мм};$$

$$p = 2224,448 \text{ МПа};$$

$$P_\delta = 565766,104 \text{ Н};$$

$$\mu = 0,15.$$

Результати розрахунку:

$E = -4,167 \cdot 10^{-5}$  мм. Негативне значення відповідає умові, коли система намагається зайняти такий стан, при якому подальші негативні наслідки можуть бути зведені до мінімуму;

$$T_k = 0,0865 \text{ Н};$$

$$T_m = 8184,8 \text{ Н}.$$

Вихідні данні для розрахунку зусиль витягання  $P_e$ , напружень стискування  $\sigma_c$ , розтягу  $\sigma_p$ , витягання  $\sigma_e$ , амплітудного напруження за цикл  $\sigma_a$  та коефіцієнту запасу міцності  $n$ :

$$l_p = 26 \text{ мм};$$

$$l_k/2 = 1,9 \text{ мм};$$

$$T_k = 0,0865 \text{ Н};$$

$$T_m = 8184,8 \text{ Н};$$

$$\pi \cdot R_p^3 = 2213,61 \text{ мм}^3;$$

$$P_\delta = 565766,104 \text{ Н};$$

$$E = -4,167 \cdot 10^{-5} \text{ мм};$$

$$R_n = 9 \text{ мм};$$

$$R_m = 13,45 \text{ мм};$$

$$\Delta r = 0,08 \text{ мм};$$

$$2\sigma_s = 1425,52 \text{ МПа};$$

$$\alpha = 1,71;$$

$$\beta = 0,86;$$

$$\sigma_{.1} = 2900 \text{ МПа}.$$

Результати розрахунку:

$$P_g = 3791,6 \text{ Н};$$

$$\sigma_c = 2223,32 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p = 15,41 \text{ МПа};$$

$$\sigma_g = 73,9 \text{ МПа};$$

$$\sigma_a = 1140,9 \text{ МПа};$$

$$n = 1,205.$$

Виходячи із коефіцієнту запасу міцності  $n \geq 1,2$ , матеріалом пуансона може бути сталь Х12М, для якої  $\sigma_{.1} = 2200 \text{ МПа}$  при 60...62 HRCe.

Вихідні данні для розрахунку максимального тиску на бічну поверхню матриці при холодному об'ємному штампуванню:

$$R_m = 13,45 \text{ мм};$$

$$\mu = 0,15;$$

$$\sigma_s = 712,76 \text{ МПа};$$

$$[\sigma_c] = 1200 \text{ МПа}.$$

Результати розрахунку:

Максимальний тиск на бічну поверхню матриці при штампуванні на 335,12 МПа менше допустимого.

За матеріал матриці приймаємо інструментальну сталь Х6ВФ.

Визначаємо напруження у пуансоні:

- напруження стискування

$$\sigma_c^n = \frac{P_n}{F_{n \min}} = \frac{223168}{3,14 \cdot 16,6^2} = 257,79 \text{ МПа};$$

- напруження вигину

$$\sigma_e = \frac{P_n}{\varphi \cdot \pi \cdot R_n^2} = \frac{223168}{0,96 \cdot 3,14 \cdot 16,6^2} = 268,53 \text{ МПа},$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт повздожнього вигину, який визначається за даними таблиці 4.2 в залежності від гнучкості пуансона.

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнта повздожнього вигину  $\varphi$

Гнучкість пуансона $\lambda$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$[\varphi]$	0,97	0,95	0,91	0,87	0,83	0,79	0,72	0,65	0,55	0,43

Попередньо знаходимо вільну довжину пуансона за конструкцією робочої зони ХВА АА1822 та встановлюємо його гнучкість за формулою:

$$\lambda = \frac{2 \cdot L_n}{R_{n \min}}, \quad (4.1)$$

де  $L_n$  – вільна довжина пуансона;

$R_{n \min}$  - мінімальний радіус поперечного перерізу пуансона.

Далі за таблицею 4.2 приймаємо коефіцієнт  $\varphi$ .

Аналогічні розрахунки проводимо і для пуансона першого переходу:

- напруження стискування

$$\sigma_c = \frac{P_1}{F_{n \min}} = \frac{978,24}{3,14 \cdot 5,15^2} = 11,746 \text{ МПа};$$

- гнучкість пуансона

$$\lambda = \frac{2 \cdot L_1}{R_{1 \min}} = \frac{2 \cdot 24}{5,15} = 9,32.$$

Приймаємо  $\varphi = 0,97$ .

- напруження вигину

$$\sigma_\epsilon = \frac{P_1}{\varphi \cdot \pi \cdot R_{1 \min}^2} = \frac{978,24}{0,97 \cdot 3,14 \cdot 5,15^2} = 12,109 \text{ МПа}.$$

Пуансон для другого переходу:

- напруження стискування

$$\sigma_c = \frac{P_2}{F_{2 \min}} = \frac{1171,4}{3,14 \cdot 5,15^2} = 72,438 \text{ МПа};$$

- гнучкість пуансона

$$\lambda = \frac{2 \cdot L_2}{R_{2 \min}} = \frac{2 \cdot 25}{5,15} = 9,7.$$

Приймаємо  $\varphi = 0,97$ ;

- напруження вигину

$$\sigma_\epsilon = \frac{P_2}{\varphi \cdot \pi \cdot R_{2 \min}^2} = \frac{1171,4}{0,97 \cdot 3,14 \cdot 5,15^2} = 14,5 \text{ МПа}.$$

Пуансон для третього переходу:

- напруження стискування

$$\sigma_c = \frac{P_2}{F_{3 \min}} = \frac{565766,104}{3,14 \cdot 8^2} = 2815,316 \text{ МПа};$$

- гнучкість пуансона

$$\lambda = \frac{2 \cdot L_3}{R_{3 \min}} = \frac{2 \cdot 30}{8} = 7,5.$$

Приймаємо  $\varphi = 0,97$ ;

- напруження вигину

$$\sigma_\sigma = \frac{P_3}{\varphi \cdot \pi \cdot R_{3 \min}^2} = \frac{565766,104}{0,97 \cdot 3,14 \cdot 8^2} = 2902,388 \text{ МПа}.$$

Пуансон для четвертого переходу:

- напруження стискування

$$\sigma_c = \frac{P_4}{F_{4 \min}} = \frac{1498,77}{3,14 \cdot 8^2} = 7,45 \text{ МПа};$$

- гнучкість пуансона

$$\lambda = \frac{2 \cdot L_4}{R_{4 \min}} = \frac{2 \cdot 30}{8} = 7,5.$$

Приймаємо  $\varphi = 0,97$ ;

- напруження вигину

$$\sigma_e = \frac{P_4}{\varphi \cdot \pi \cdot R_{4\min}^2} = \frac{1498,77}{0,97 \cdot 3,14 \cdot 8^2} = 7,688 \text{ МПа.}$$

Пуансон для п'ятого переходу:

- напруження стискування

$$\sigma_e = \frac{P_5}{F_{5\min}} = \frac{149870,78}{3,14 \cdot 8^2} = 745,77 \text{ МПа;}$$

- гнучкість пуансона

$$\lambda = \frac{2 \cdot L_5}{R_{5\min}} = \frac{2 \cdot 20}{8} = 5,25.$$

Приймаємо  $\varphi = 0,98$ ;

- напруження вигину

$$\sigma_e = \frac{P_5}{\varphi \cdot \pi \cdot R_{5\min}^2} = \frac{149870,78}{0,98 \cdot 3,14 \cdot 8^2} = 760,994 \text{ МПа.}$$

Оскільки найбільш навантаженим є пуансон третього переходу, то обчислюємо зростання фактичного напруження внаслідок динамічного характеру навантаження. Для швидкісного деформування фактичне значення істинного опору матеріалу деформації зростає із збільшенням швидкості зустрічі інструмента із заготовкою:

$$\sigma_s = \sigma_s^{\text{дин}} \cdot k_v = 712,78 \cdot 2,593 = 1848,24 \text{ МПа,}$$

де  $k_v$  – швидкісний коефіцієнт, який обчислюється за емпіричною залежністю:

$$k_v = 2,553 \cdot V_{\max}^{0,3522} = 2,553 \cdot 1,046^{0,3522} = 2,593 :$$

$V_{\max}$  - максимальна швидкість інструмента

$$V_{\max} = \omega \cdot R = 13,083 \cdot 0,08 = 1,046 \text{ м/с,}$$

де  $\omega$  - кутова частота обертання кривошипа ХВА

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 125}{30} = 13,083 \text{ с}^{-1},$$

$n$  – кількість ходів повзуна в хвилину.

Оскільки рівень динамічних напружень в інструменті менший за розраховані вище напруження стискування та вигину, при виборі матеріалу пуансона будемо керуватися даними роботи [5, 7, 9, 10].

Більш небезпечними є напруження вигину.

Остаточно приймаємо в якості матеріалу пуансона для третього переходу сталь Х6Ф4М, яка загартовується до твердості 60...62 HRCe.

### 4.3 Обґрунтування необхідності бандажування матриць

Внутрішній тиск на робочу поверхню матриці першого переходу:

$$\sigma_n = p - \sigma_s = 978,24 - 598,64 = 379,6 \text{ МПа.}$$

У зв'язку з тим, що  $\sigma_n < [\sigma] = 1400$  МПа, бандажування матриці першого переходу не потрібне. Приймаємо для її виготовлення сталь Х8ВФ (твердість 59...61 HRCe).

Внутрішній тиск на робочу поверхню матриці **другого переходу**:

$$\sigma_n = p - \sigma_s = 1171,4 - 668,77 = 502,63 \text{ МПа.}$$

У зв'язку з тим, що  $\sigma_n < [\sigma] = 1400$  МПа, бандажування матриці другого переходу не потрібне. Приймаємо для її виготовлення сталь Х8ВФ (твердість 59...61 HRCe).

Внутрішній тиск на робочу поверхню матриці **третього переходу**:

$$\sigma_n = p - \sigma_s = 2224,448 - 712,78 = 1511,668 \text{ МПа.}$$

У зв'язку з тим, що внутрішній тиск менший 2000 МПа, за рекомендаціями роботи [5] приймаємо кількість бандажів два.

Для виготовлення бандажів вибираємо такі сталі:

- внутрішні бандажі – ШХ15, твердість 58...60 HRCe;
- зовнішні бандажі – 30ХГСА, твердість 38...40 HRCe.

Конструкція складеної матриці з двома бандажами показана на рис. 4.2.

Кути  $\gamma$  для запресування бандажів за рекомендацією роботи [5] приймаємо  $1^\circ 30' \pm 5'$ .

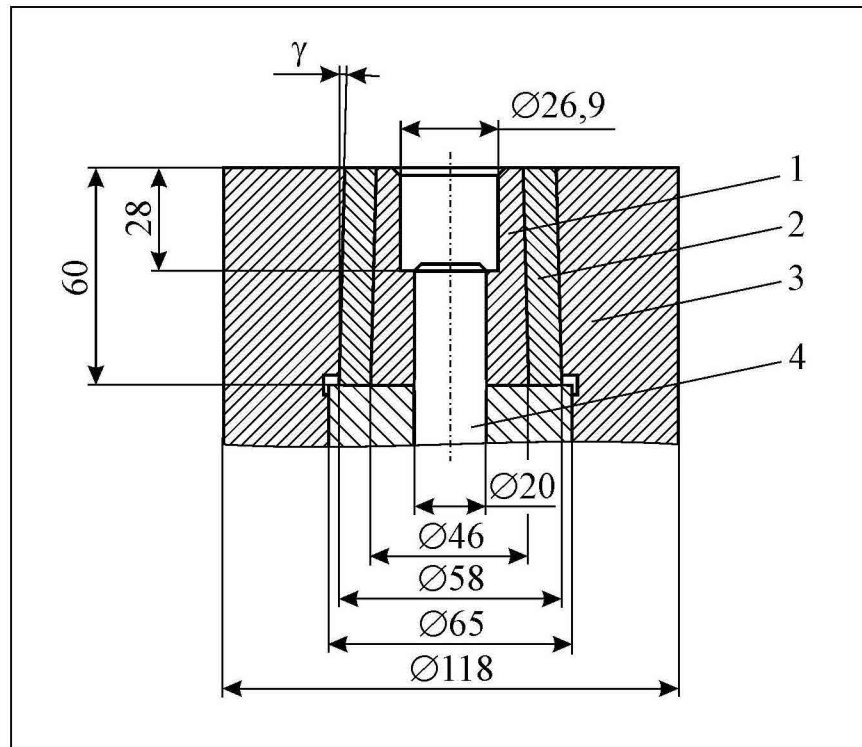
Натяги при бандажуванні встановлюють за емпіричними співвідношеннями:

- для першого бандажа

$$\Delta_1 = (0,025 \dots 0,005) \cdot D_1 = 0,025 \cdot 56 = 1,4 \text{ мм;}$$

- для другого бандажа

$$\Delta_2 = (0,008 \dots 0,0045) \cdot D_2 = 0,008 \cdot 118 = 0,94 \text{ мм.}$$



1 – матриця; 2 – перший бандаж; 3 – другий бандаж-матрицетримач; 4 - виштовхувач

Рисунок 4.2 – Конструктивне виконання матриці третього переходу для зворотного видавлювання деталі «Гайка накидна»

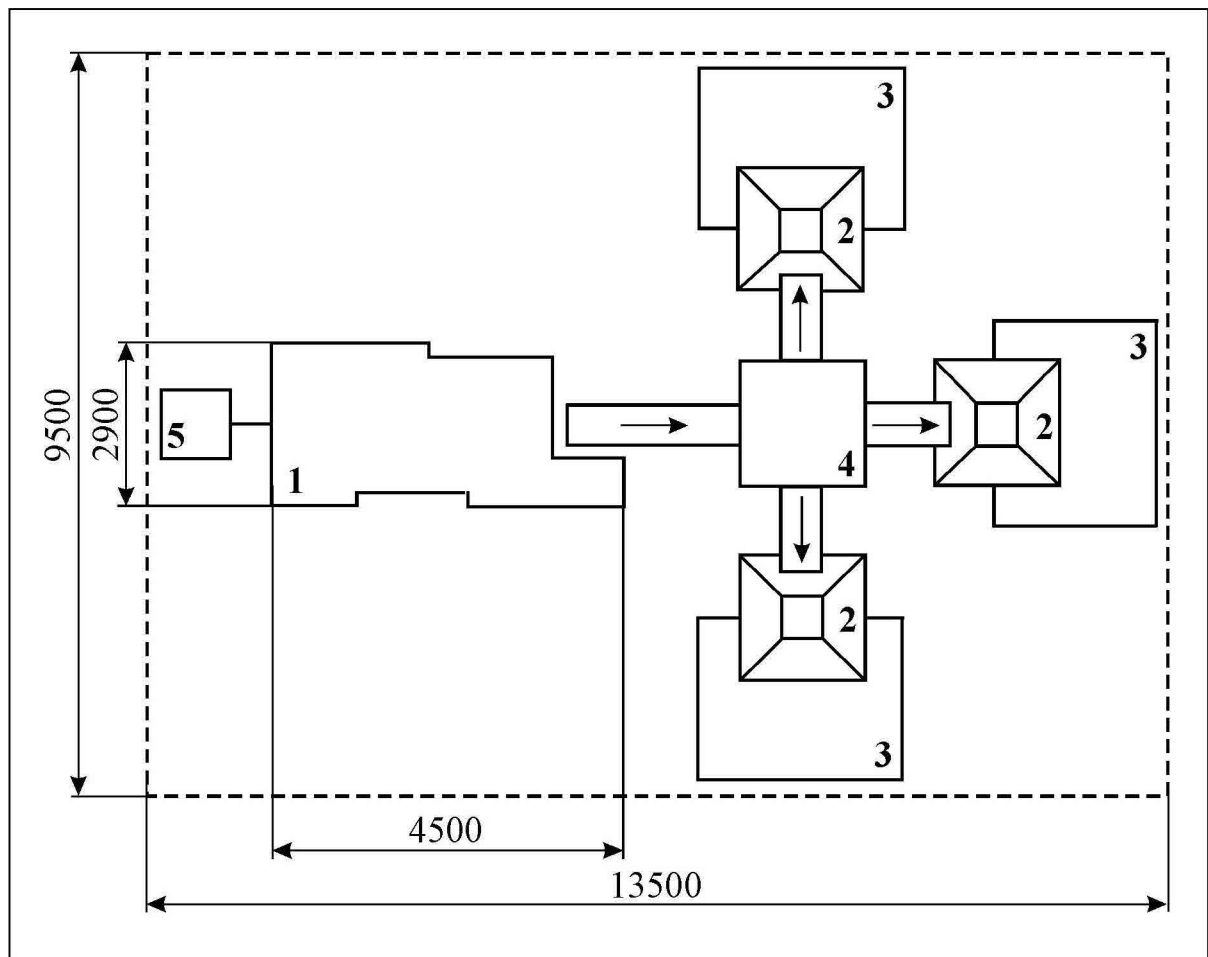
Внутрішній тиск на робочу поверхню матриці **четвертого переходу:**

$$\sigma_n = p - \sigma_s = 1498,77 - 717,17 = 781,6 \text{ МПа.}$$

У зв'язку з тим, що  $\sigma_n < [\sigma] = 1400 \text{ МПа}$ , бандажування матриці дчетвертого переходу не потрібне. Приймаємо для її виготовлення сталь Х8ВФ (твердість 59...61 HRCe).

## 5 РОЗРОБКА СХЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО МІСЦЯ ОПЕРАТОРА ХВА

Типова схема організації робочого місця оператора ХВА для виготовлення деталі «Гайка накидна» наведена на рис. 5.1.



1 – ХВА; 2 – різьбонарізний автомат; 3 – тара;  
4 – розподільвач потоку; 5 – бухта дроту

Рисунок 5.1 – Схема організації робочого місця оператора ХВА типу АА1822 для виготовлення деталі «Гайка накидна»

## ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз деталі «Гайка накидна» та запропоновано прогресивну технологію її виготовлення способом холодного зворотного видавлювання, який одночасно зі зниженням трудомісткості дає велику економію металу.
2. Запропоновано виготовляти деталь «Гайка накидна» на п'яти-позиційному ХВА та розраховано технологічні переходи штампування.
3. Розраховано силовий режим за переходами штампування та вибрано обладнання для холодного штампування.
4. Розраховано інструмент на міцність та вибрано матеріал для його виготовлення. Обґрунтовано застосування бандажованих матриць.
5. Розроблена схема організації робочого місця оператора ХВА.
6. Спроектовано інструмент для холодного п'ятиперехідного штампування деталі «Гайка накидна», розроблено робочі кресленики на його деталі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Холодная объемная штамповка: Справочник / Под ред. Г. А. Навроцкого . – М.: Машиностроение, 1973. – 496 с.
2. 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.
3. Анурьев В. П. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.1. – М.: Машиностроение, 1980. – 723 с.
4. Ковка и штамповка. Справочник в 4-х т. / Под ред. Е. И. Семенова. – Т. 3. – Холодная объемная штамповка. – М.: Машиностроение Ю 1987. – 383 с.
5. Кришкін Б. Б. Холодне об'ємне штампування. Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 120 с.
6. 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.
7. Петриков В.Г., Власов А.П. Прогрессивные крепежные изделия. – М.: Машиностроение, 1991. – 256 с.: ил.
8. РТМ 37.002.0208-81. Объемная штамповка крепежных деталей. Конструктивные и технологические расчеты. - Горький, 1983.
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