

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
**Кафедра «Обробки металів тиском»**

**Методичні вказівки**

до практичних занять з курсу  
«Технологія холодного штампування»  
для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка,  
освітня програма «Обладнання та технології пластичного  
формування конструкцій машинобудування»  
всіх форм навчання  
Частина 2

**2024**

Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологія холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання. Частина 2 /Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 28с.

Укладач:	В.В. Широкобоков, доц., к.т.н. С.І. Стрижак, зав.лаб. каф ОМТ
Рецензент:	А.Ю. Матюхін, доц., к.т.н.
Відповідальний за випуск:	В.В. Широкобоков, доц., к.т.н.

Затверджено  
на засіданні кафедри ОМТ  
протокол № 8 від 26.06.2024

Рекомендовано до видання  
НМК машинобудівного факультету  
протокол № 1 від 27.08.2024

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ</b> .....	5
1.1 Мета викладання дисципліни.....	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни.....	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни .....	6
<b>2 ФОРМОЗМІНЮЮЧІ ОПЕРАЦІЇ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ</b> .....	7
2.1 Коротка теоретична інформація по темі – витягування .....	7
2.1.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу... 15	
2.1.2 Контрольні питання по темі – витягування.....	19
<b>3 РОЗРОБКА ТА ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ</b> .....	21
3.1 Теоретичні знання по темі – розробка та оформлення технологічної документації по холодному штампуванню .....	21
3.1.1 Приклад самостійної розробки технологічного процесу виготовлення порожнистої деталі та оформлення її технологічної документації .....	22
3.1.2 Контрольні питання по темі – технологічна документація. 22	
<b>4 НОРМУВАННЯ ШТАМПУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ</b> .....	22
4.1 Приклади розрахунку норми штучного часу.....	23
<b>РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА</b> .....	27
Основна література .....	27
Додаткова література .....	27
Навчально-методична література .....	28

## ВСТУП

Дисципліна “Технологія холодного штампування” є однією з вузлових дисциплін спеціальності 131 Прикладна механіка, освітньої програми «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування», що забезпечує якісну технологічну підготовку фахівця.

Термін, що передбачений робочим навчальним планом на аудиторні заняття з дисципліни, не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому частина робочої навчальної програми дисципліни може взагалі не викладатися на аудиторних заняттях, що передбачає її самостійне вивчення. Матеріал дисципліни, що викладається в аудиторії повинен бути закріпленим шляхом самостійної роботи студента.

Згідно діючого навчального плану викладання дисципліни здійснюється у VI семестрі загальною кількістю годин 120 (чотири кредити), в тому числі лекції – 30 годин, лабораторні 14 годин та практичні заняття – 14, індивідуальна самостійна робота студента – 64 години. Наприкінці семестру передбачено іспит з дисципліни.

Мета цих методичних рекомендацій полягає в:

- ознайомленні студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тією його частиною, яка повністю виносить на самостійне вивчення;
- наданні вказівок та контрольних питань для самоперевірки знань;
- ознайомленні студента з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу під час організації навчального процесу;
- наданні методичних вказівок до практичних занять та контрольних питань для самостійної роботи по кожній тематиці дисципліни.

## **1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

### **1.1 Мета викладання дисципліни**

Мета викладання дисципліни “Технологія холодного штампування” полягає у вивченні та засвоєнні основ теоретичного рішення технологічних завдань холодного штампування, в умінні їх практичного застосування.

### **1.2 Завдання вивчення дисципліни**

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати та уміти:

- особливості та умови вибору вихідних матеріалів для листового штампування;
- технологічні характеристики матеріалів;
- основні технологічні операції листового штампування;
- розробляти, планувати, організовувати технологічні процеси листового штампування при умові забезпечення отримання продукції з заданими геометричними параметрами та характеристиками якості і точності, оцінювати технологічність конструкцій деталей, що штамуються;
- вибирати оптимальні умови реалізації процесів листового штампування і керувати ними: здійснювати силові розрахунки технологічних процесів та вибирати ковальсько-пресове обладнання, нормувати роботи по холодному штампуванню;
- пропонувати, економічно обґрунтовувати пропозиції щодо удосконалення існуючих та впровадження нових прогресивних технологічних процесів холодного штампування у виробництво, оформляти технологічну документацію по холодному штампуванню згідно ЕСТД;
- користуватись сучасними методами контролю технологічних процесів, якості матеріалів та готової продукції.

1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни

Для глибокого та всебічного розуміння технології холодного штампування необхідно вивчення та знання таких дисциплін:

- Технологія конструкційних матеріалів;
- Матеріалознавство;
- Взаємозмінювання, стандарти та технічні вимірювання;
- Вища математика;
- Фізика;
- Хімія;
- Теорія обробки металів тиском;
- Проектування та розрахунок штампового оснащення для холодного штампування;
- Опір матеріалів;

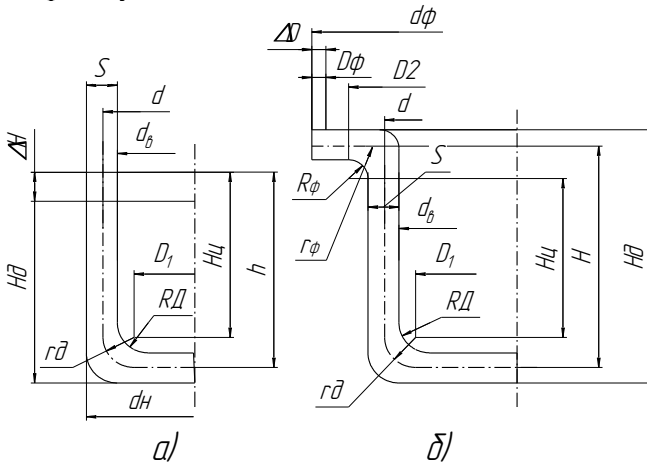
## 2 ФОРМОЗМІНЮЮЧІ ОПЕРАЦІЇ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

### 2.1 Коротка теоретична інформація по темі – витягування

Витяжкою в штампах одержують порожнисті вироби із плоскої чи порожнистої заготовки. При цьому заготовка витягується в матрицю пуансоном, який діє на дно виробу. В більшості випадків витяжкою виготовляють напівфабрикати, із яких одержують готові вироби після виконання додаткових операцій: пробивання отворів, калібрування радіусів, формування. Плоска заготовка для витяжки виготовляється вирубкою чи різанням з листа чи стрічки.

Найчастіше вироби, що витягуються, мають форму циліндра з фланцем чи без нього. Основні розміри таких виробів показані на рис.2.1.

Витяжку виконують за один чи декілька переходів з притисканням чи без нього. Тому розробка технології витяжки включає вибір форми та розрахунок розмірів плоскої заготовки, визначення кількості переходів витяжки, вибір способу витяжки на кожному переході, визначення розмірів напівфабрикату після кожного переходу, вибір технологічного переходу, визначення економічних показників процесу.



а - без фланця; б - з фланцем

Рисунок 2.1 - Напівфабрикат перед обрізанням циліндричної деталі

Формозмінення при витяжці циліндричних виробів без стоншення оцінюють коефіцієнтом витяжки або ступенем витяжки.

Коефіцієнт витяжки:

$$m = \frac{d}{D_0} \quad (2.1)$$

де  $d$  - діаметр середньої поверхні циліндричної частини виробу, яка ділить його стінку на рівні частини;

$D_0$  - діаметр плоскої заготовки.

Коефіцієнт витяжки в переході:

$$m_i = \frac{d_i}{d_{i-1}} \quad (2.2)$$

де  $i$  – номер переходу витяжки;

$d_i, d_{i-1}$  - діаметр середньої поверхні циліндричної частини виробу після виконання даного переходу витяжки та заготовки відповідно.

Коефіцієнт витяжки в першому переході:

$$m_1 = \frac{d_1}{D_0} \quad (2.3)$$

Ступені витяжки визначають за формулами:

$$K = \frac{D_0}{d}; K_1 = \frac{D_0}{d_1}; K_i = \frac{d_{i-1}}{d_i}$$

При визначенні кількості переходів та виборі розмірів напівфабрикату після кожного переходу використовують допустимий коефіцієнт витяжки в цьому переході. Це найменше значення останнього, яке виключає обрив заготовки при деформуванні. Визначається допустимий коефіцієнт витяжки в кожному переході для відповідного матеріалу у відповідних умовах експериментально. Його орієнтовне значення наводиться в довідковій літературі.

Орієнтовні значення допустимих коефіцієнтів витяжки сталі 08, м'якої латуні та аналогічних їм за властивостями матеріалів наведено в таблицях 2.1, 2.2. Ці дані стосуються витяжки циліндричних виробів без стоншення, коли глибина ямки в пробі Еріксена  $h=10-11$  мм, радіус округлення матриці  $r_M=(4-8)S$  [1].

Таблиця 2.1. – Допустимі коефіцієнти витяжки циліндричних виробів без фланця з притисканням

Коефіцієнт витяжки	Значення коефіцієнтів при відносній товщині заготовки $(S/D_0) \cdot 100\%$				
	2,0-1,5	1,5-1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,06
$m_1$	0,46-0,50	0,50-0,53	0,53-0,56	0,56-0,58	0,58-0,60
$m_2$	0,70-0,72	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80
$m_3$	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82
$m_4$	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82	0,82-0,84
$m_5$	0,76-0,82	0,78-0,84	0,80-0,85	0,82-0,86	0,84-0,88

Таблиця 2.2. – Допустимі коефіцієнти витяжки з притисканням у першому переході ( $m_1$ ) виробів з фланцем

Відносний діаметр фланця $d_\phi / d_1$	Значення $m_1$ при відносній товщині заготовки $(S/D_0) \cdot 100\%$				
	2,0-1,5	1,5-1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,06
До 1,1	0,5	0,53	0,55	0,57	0,59
1,3	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55
1,5	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52
1,8	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48
2,0	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45
2,2	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42
2,5	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38
2,8	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35

В подальших переходах витяжки циліндричних виробів з фланцем допустимі коефіцієнти витяжки такі ж, як і при виготовленні виробів без фланця. У відповідному переході їх вибирають за таблицею 2.1.

У більшості випадків деталі, отримані витягуванням, мають нерівну хвилясту кромку („фестони”), яка утворюється внаслідок анізотропії механічних якостей металу.

Оскільки фестони видаляються після витягування шляхом обрізки, при визначенні діаметра заготовки необхідно передбачити деякий припуск, величина якого залежить від діаметру та висоти виробу, що одержується витягуванням.

В таблицях 2.3, 2.4 наведені рекомендовані припуски на обрізку в залежності від абсолютної та відносної висоти деталі.

Таблиця 2.3 – Припуски по висоті на обрізку циліндричних деталей без фланця, мм

Повна висота деталі, мм	Припуск при відносній висоті деталі h/d			
	0,5-0,8	0,8-1,6	1,6-2,5	2,5-4,0
10	1,0	1,2	1,5	2,0
20	1,2	1,6	2,0	2,5
50	2,0	2,5	3,3	4,0
100	3,0	3,8	5,0	6,0
150	4,0	5,0	6,5	8,0
200	5,0	6,3	8,0	10,0
250	6,0	7,5	9,0	11,0
300	7,0	8,5	10,0	12,0

Таблиця 2.4 - Припуски по висоті на обрізку деталей з широким фланцем, мм.

Діаметр фланця $d_f$ , мм	Припуск на сторону при відносному діаметру фланця $d_f/d$			
	До 1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-2,8
25	1,6	1,4	1,2	1,0
50	2,5	2,0	1,8	1,6
100	3,5	3,0	2,5	2,2
150	4,3	3,6	3,0	2,5
200	5,0	4,2	3,5	2,7
250	5,5	4,6	3,8	2,8
300	6,0	5,0	4,0	3,0
350	6,5	5,5	4,5	3,5

Найчастіше заготовка, із якої штамнують циліндричну деталь, має форму круга постійної товщини  $S$ . Діаметр заготовки  $D_0$  визначають із умови, що площа поверхні геометричної фігури дорівнює площі заготовки. Площу поверхні деталі  $F_d$  розраховують шляхом складання поверхонь геометрично простих елементів, із яких складається деталь рис. 2.1., тому діаметр заготовки можна визначити, застосовуючи наступну формулу:

$$D_0 = 1,13\sqrt{F} = 1,13\sqrt{\sum f_i} \quad (2.4)$$

де  $F$  – площа середньої поверхні, при тонколистовому металу  $S < 1,5$  мм допускається розрахунки площі деталі вести по зовнішнім розмірам (поверхням).

Існує чотири способи знаходження діаметра заготовки  $D_0$ :

1. Аналітичний;
2. Графічний;
3. Графо-аналітичний;
4. Ваговий.

Частіше всього використовують аналітичний спосіб, формули якого наводяться в довідковій літературі.

Діаметр заготовки циліндричної деталі без фланця (див. рис. 2.1 а):

$$D_0 = \sqrt{D_1^2 + 4dH_{\text{ц}} + 2\pi r_d D_1 + 8r_d^2} \quad (2.5)$$

а для деталі з фланцем (рис. 2.1 б)

$$D_0 = \sqrt{D_1^2 + 2\pi r_d D_1 + 8r_d^2 + 4dH_{\text{ц}} + 2\pi r_f D_2 - 8r_f^2 + d_f^2 - D_2^2} \quad (2.6)$$

Щоб визначити кількість переходів витяжки виробів без фланця, вибирають спочатку допустимі коефіцієнти витяжки в усіх можливих переходах ( $m_i$ ) за таблицями 2.1, 2.2 або за іншими джерелами, в яких наводяться відповідні дані. А потім за формулою:

$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg(m_1 D_0)}{\lg m_2} \quad (2.7)$$

Допустимі діаметри на кожному переході визначаються за формулами:

$$d_1 = m_1 D_0; \quad d_2 = m_2 d_1; \quad d_3 = m_3 d_2;$$

$$d_i = m_i d_{i-1} \quad (2.8)$$

Висоти напівфабрикатів за переходами визначаються з умови постійності поверхні заготовки та напівфабриката на будь-якому переході. Якщо не врахувати округлення дна, то висоти напівфабрикатів знаходять за формулами:

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_1^2}{4d_1} \quad (2.9)$$

$$h_2 = \frac{D_0^2 - d_2^2}{4d_2} \quad (2.10)$$

$$h_i = \frac{D_0^2 - d_i^2}{4d_i} \quad (2.11)$$

Якщо врахувати округлення дна, то висоти напівфабрикатів знайдемо за формулами:

$$h_1 = 0,25 \left( \frac{D_0}{m_1} - d_1 \right) + 0,43 \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0,32 r_1) \quad (2.12)$$

$$h_2 = 0,25 \left( \frac{D_0}{m_1 m_2} - d_2 \right) + 0,43 \frac{r_2}{d_2} (d_2 + 0,32 r_2) \quad (2.13)$$

$$h_i = 0,25 \left( \frac{D_0}{m_1 m_2 \dots m_i} - d_i \right) + 0,43 \frac{r_i}{d_i} (d_i + 0,32 r_i) \quad (2.14)$$

Технологія витягування деталей з широким фланцем має деякі особливості, одна з яких міститься в тому, що після першого переходу витягування, отримують діаметр фланця, передбачений кресленням деталі (з рахунком припуску на обрізування), після чого цей діаметр на всіх наступних переходах витягування залишається незмінюваним, а деформація проходить за рахунок зменшення діаметра циліндричної частини напівфабрикату (рис. 2.2.). При цьому ширина фланця та висота напівфабрикату збільшується.

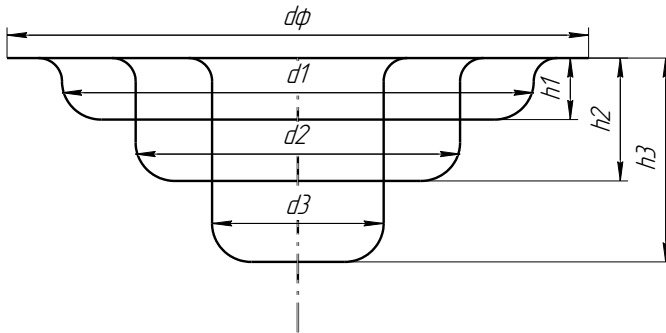


Рисунок 2.2 - Витягування виробів з фланцем

Розміри заготовки знаходимо за формулою (2.4), кількість переходів – за формулою (2.5), діаметри напівфабрикатів за формулами (34). На першому переході коефіцієнт витяжки знаходимо по табл. 2.2, а не 2.1. Висоти напівфабрикатів знаходимо за формулами:

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_\phi^2}{4d_1} + 0,86r_1$$

$$h_2 = \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_2} + 0,86r_2 \quad (2.15)$$

$$h_n = \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_n} + 0,86r_n$$

Для визначення витягування з притисканням чи без, необхідно знайти відносну товщину  $\frac{S}{D_0} \cdot 100\%$  і якщо  $\frac{S}{D_0} \cdot 100\% < 1,5$ , то витягування виконуємо з притиском, а якщо  $\frac{S}{D_0} \cdot 100\% > 2$ , то без притиску.

Силу, яка необхідна для витяжки без стоншення, визначають за формулою

$$P_i = \pi d_i S \sigma_B C_i \quad (2.16)$$

де  $\sigma_B$  - межа міцності матеріалу, МПа;

$d_i$  - діаметр напівфабрикату, мм;

$C$  - коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта витяжки в переході, і приймається  $C=0,15 \div 1,15$ . При розрахунках будемо приймати  $C=1,0$ .

Сила притискання фланця в переході

$$Q = F_i q \quad (2.17)$$

де  $F_i$  – площа заготовки, на яку діє притискач;

$q$  – тиск, який виключає утворення гофр, визначається експериментально. В розрахунках можна приймати  $q = (0,8 \div 3,0)$  МПа.

Необхідне зусилля преса простої дії в переході

$$P_{np} = 1,25(P_i + Q_i) \quad (2.18)$$

Робота на витяжку в переході

$$A = (0,6 \div 0,8) P_{np} H_{gi} \quad (2.19)$$

При виборі преса подвійної дії окремо враховують силу внутрішнього повзуна, який витягує циліндричну частину, та зовнішнього, який притискує заготовку.

### 2.1.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу, розробимо технологічний процес виготовлення деталі рис.1.3. Відомо, що матеріал деталі – листова сталь марки ст.08Ю товщиною 1 мм з межею міцності  $\sigma_B = 340$  МПа та рівномірним відносним звуженням при розтягуванні  $\psi = 0,25$ .

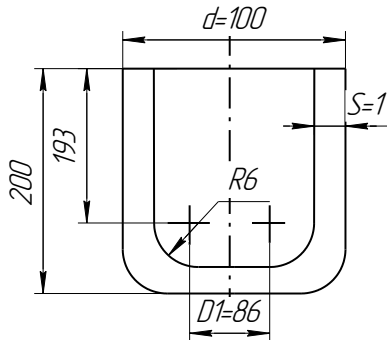


Рисунок 2.3 – Деталь «стакан»

### Вирішення:

1. Діаметр заготовки визначаємо з умови постійності поверхні з рахунком припуску на обрізування краю за формулою (1.3):

$$D_0 = \sqrt{86^2 + 6,28 \cdot 7 \cdot 86 + 8 \cdot 7^2 + 4 \cdot 100(193 + 9)} = 306 \text{ мм}$$

Витягування проектуємо з притиском заготовки, оскільки відносна висота деталі  $\frac{h}{d}$  велика (більше 1), а відносна товщина

$\frac{S}{D_0} \cdot 100$  - мала (0,32). Визначаємо допустимі коефіцієнти

витягування за переходами в залежності від відносної товщини заготовки та величини радіуса заокруглення дна [2]. При

$$\frac{S}{D_0} \cdot 100 = 0,32$$

$$m_1 = 0,58; \quad m_2 = 0,78; \quad m_3 = 0,80; \quad m_4 = 0,82$$

1. Визначаємо кількість переходів витяжки:

$$n = 1 + \frac{\lg 100 - \lg(0,58 \cdot 306)}{\lg 0,78} = 3,5 \quad n = 4$$

2. Визначаємо розрахункові діаметри напівфабрикатів за переходами витягування:

$$d_1 = 0,58 \cdot 306 = 178 \text{ мм}; \quad d_2 = 0,78 \cdot 178 = 138 \text{ мм};$$

$$d_3 = 0,80 \cdot 138 = 110 \text{ мм}; \quad d_4 = 0,82 \cdot 110 = 90 \text{ мм}.$$

При потрібному зовнішньому  $d=100\text{мм}$  – фактичний коефіцієнт витягування на четвертому переході  $m_\phi = \frac{100}{110} = 0,91$ . В зв'язку з

цим, не змінюючи підсумкового ступеня деформації за переходами витягування з ціллю зменшення її та заокруглення розмірів напівфабрикатів. Для перших трьох переходів приймаємо наступні більш високі коефіцієнти витяжки:

$m_1 = 0,59; \quad m_2 = 0,79; \quad m_3 = 0,86;$  а для четвертого, останнього переходу, коефіцієнт витягування  $m_4 = 0,83$ , оскільки, при цьому отримується потрібний діаметр деталі. Відносні діаметри напівфабрикатів за переходами витягування будуть рівними:

$$d_1 = 0,59 \cdot 306 = 180 \text{ мм}; \quad d_2 = 0,79 \cdot 180 = 140 \text{ мм};$$

$$d_3 = 0,80 \cdot 140 = 120 \text{ мм}; \quad d_4 = 0,82 \cdot 120 = 100 \text{ мм}.$$

3. Визначаємо висоти напівфабрикатів за переходами витягування за формулами (1.7, 1.8):

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_1^2}{4d_1} = \frac{306^2 - 180^2}{4 \cdot 180} = 85 \text{ мм}; \quad h_2 = \frac{306^2 - 140^2}{4 \cdot 140} = 132 \text{ мм};$$

$$h_3 = \frac{306^2 - 120^2}{4 \cdot 120} = 165 \text{ мм}; \quad h_4 = \frac{306^2 - 100^2}{4 \cdot 100} = 208 \text{ мм}.$$

4. Визначаємо силові умови витягування: технологічне зусилля витягування та зусилля притиску:

А) Технологічне зусилля за переходами витягування:

$$P_1 = (0,85 - 0,95) \pi d_1 S \sigma_B (K_1 - 1) = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 180 \cdot 340 \cdot \left( \frac{1}{0,59} - 1 \right) =$$

$$= 128000 \cdot H$$

$$P_1 = 3,14 \cdot 180 \cdot 340 \cdot 0,68 = 130000H;$$

$$P_2 = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 140 \cdot 1 \cdot 340 \cdot \left( \frac{1}{0,79} - 1 \right) = 38000 H;$$

$$P_3 = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 120 \cdot 1 \cdot 340 \cdot \left( \frac{1}{0,86} - 1 \right) = 20000 H;$$

$$P_4 = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 340 \cdot \left( \frac{1}{0,83} - 1 \right) = 21000 H;$$

Б) Зусилля притиску на першому переході витягування визначаємо за формулою:

$$Q_1 = 0,1 \left[ 1 - \frac{18K_1}{K_1 - 1} \cdot \frac{S}{D_0} \right] K_1^2 \cdot P_1 = 0,1 \left[ 1 - \frac{18 \cdot \frac{1}{0,59}}{\frac{1}{0,59} - 1} \cdot \frac{1}{306} \right] \times$$

$$\times \left( \frac{1}{0,59} \right)^2 \cdot 128000 = 32400 \text{ Н}$$

$$Q_1 = 0,8 \cdot 0,785 \left[ 306^2 - (180 + 2 \cdot 6^2) \right] = 35600 \text{ Н};$$

$$Q_2 = 0,8 \cdot 0,785 \left[ 180^2 - (140 + 2 \cdot 6^2) \right] = 5900 \text{ Н};$$

$$Q_3 = 0,8 \cdot 0,785 \left[ 140^2 - (120 + 2 \cdot 6^2) \right] = 1400 \text{ Н};$$

$$Q_4 = 0,8 \cdot 0,785 \left[ 120^2 - (100 + 2 \cdot 6^2) \right] = 1200 \text{ Н};$$

5. Вибір обладнання. Витягування можливо провести на пресі простої або подвійної дії.

**Варіант 1.** Усі переходи витягування виконуються на пресі подвійної дії. Виходячи з зусилля витягування та зусилля притиску, вибираються зусилля на зовнішньому та внутрішньому повзуні.  $P_{вн} > 128 \text{ кН}$ ,  $P_{зов} > 32,4 \text{ кН}$  - для першого переходу нас задовольняє

прес  $P_n = \frac{630}{400}$  моделі К5528 з ходом  $S_{\max} = 420 \text{ мм}$ .

**Варіант 2.** Усі переходи витягування здійснюються на пресах простої дії. Зусилля для вибору обладнання розраховується як сума зусилля витягування та притиску:

$$\Sigma P = P_e + Q$$

Перший перехід:

$$\sum P = 128 + 32,4 = 160 \text{кН}; S_1 = 2,1 \cdot 85 = 178 \text{мм}.$$

По зусиллю нас задовольняє прес моделі K2124  $P_H = 250 \text{кН}$ , але за ходом він не влаштовує, має хід 65 мм, а нам потрібно 178 мм. Виходячи з цього вибираємо прес моделі K2534  $P_H = 2500 \text{кН}$  і хід 180 мм.

Другий перехід  $\sum P = 38 + 5,9 = 43,9 \text{кН}$ ; хід  $S_2 = 270 \text{мм}$ .  
Вибираємо прес моделі K2535  $P_H = 400 \text{мм}$  і хід 400 мм і т.д.

### 2.1.2 Контрольні питання по темі – витягування

Знайти технологічні та силові параметри процесу. Вибрати обладнання з його технічною характеристикою. Технологічний процес розробити на деталі, схеми яких показані на рис. 2.4, 2.5, 2.6, а розміри їх приведені в таблицях 2.5, 2.6, 2.7.

Таблиця 2.5 - Завдання для деталі на рис. 2.4, 2.5, 2.6

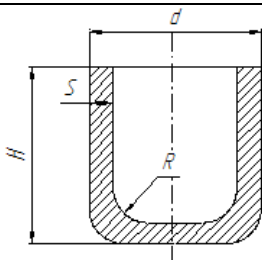


Рисунок 2.4 – Деталь «стакан»

Завдання для деталі на рис. 2.4

№ варіанта	H мм	d мм	S мм	R мм	Матеріал
1	60	20	10	30	ст08в
2	150	45	15	50	ст08в
3	300	80	20	60	ст08кп
4	120	30	0,6	20	АМц
5	105	25	0,5	20	АМц
6	75	15	0,4	15	/62
7	140	35	0,8	2,5	/62
8	180	40	0,9	30	М1
9	200	50	10	40	М1
10	250	65	12	50	ст10

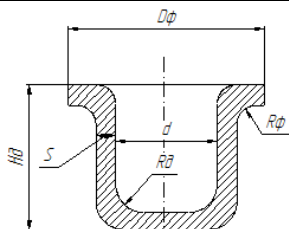


Рисунок 2.5 – Деталь «стакан з фланцем»

Завдання для деталі на рис. 2.5

№	Hφ мм	dφ мм	Dφ мм	Rφ мм	Sφ мм	Матеріал
11	60	20	40	2	5	ст08кп
12	80	40	60	4	5	ст08кп
13	120	60	80	5	6	ст15кп
14	60	15	30	2	5	ст08в
15	90	30	50	3	7	/1-62
16	125	50	75	4	7	/1-62
17	75	25	40	3	5	АМц
18	210	70	100	4	7	АМц
19	180	80	100	5	6	ст08в
20	200	90	125	6	8	ст08кп

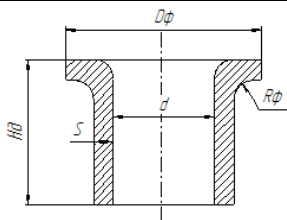


Рисунок 2.5 – Деталь «патрубок»

Завдання для деталі на рис. 2.6

№	Hφ мм	dφ мм	Dφ мм	Rφ мм	Sφ мм	Матеріал
21	50	20	40	5	0,6	ст08кп
22	70	40	60	5	1,2	ст10кп
23	110	60	80	6	1,5	/1-62
24	50	25	50	5	0,4	/1-62
25	80	30	50	5	0,5	АМц
26	110	50	70	6	10	АМц
27	70	30	45	5	0,7	ст08в
28	60	35	55	4	0,8	ст15
29	200	75	90	4	12	ст10
30	150	50	75	5	15	ст08в

### 3 РОЗРОБКА ТА ОФОРМЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

3.1 Теоретичні знання по темі – розробка та оформлення технологічної документації по холодному штампуванню

Розробка технологічних процесів холодного листового штампування є основою всієї підготовки виробництва.

Порівняльна складність та тривала підготовка виробництва, а також відносно висока вартість штамсів потребує ретельної розробки технологічних процесів і обґрунтованого вибору технічно-раціонального і економічно найбільш ефективного варіанту технологічного процесу, відповідно до даного масштабу виробництва.

Розробка технологічних процесів холодного штампування складається з наступних етапів:

1. аналізу технологічної форми або конструктивних елементів деталі;

2. визначення форми і розмірів заготовки, а також розходу матеріалу при найкращому його використанні;

3. розробки найбільш раціонального технологічного процесу, який забезпечить виготовлення потрібних деталей;

4. встановлення типу, потужності і габаритів потрібного обладнання;

5. визначення типу і технологічної схеми штампа;

6. визначення трудомісткості виготовлення штампованих деталей, а також кількості і розряду виробничих робітників;

7. визначення кількості обладнання і його загрузку на річну програму.

При розробці технологічних процесів холодного штампування повинні бути вирішені наступні технологічні питання:

1. визначення найвигіднішого розкрою матеріалу і найменших розмірів заготовки;

2. встановлення характеру, кількості і послідовності операцій;

3. вибір ступені складності (суміщеності) операцій;

4. визначення кількості одночасно штампованих деталей;

5. визначення операційних розмірів і встановлення операційних допусків.

Звичайно, зазначені питання можуть бути вирішені декількома варіантами, при цьому основним завданням технолога є вибір найбільш раціонального і ефективного варіанта для даного конкретного випадку, характеризує його рядом технічних і економічних ознак.

Основними технічними ознаками, які впливають на вибір варіанта технологічного процесу, є: механічні якості і товщина матеріалу, ступінь складності конфігурації деталі і її габарити, потрібна точність деталі і т.п.

Основною економічною ознакою, від якої залежить рішення питання економічної доцільності того чи іншого варіанту, є серійність виробництва (масове, крупно або дрібносерійне).

3.1.1 Приклад самостійної розробки технологічного процесу виготовлення порожнистої деталі та оформлення її технологічної документації

Наступні технологічні документи на оформлення технологічних процесів:

1. Титульний лист - комплект документів технологічного процесу штампування;
2. Карта розкрою металу;
3. Карта технологічного процесу;
4. Карта ескізів;
5. Карта вимірювання.

3.1.2 Контрольні питання по темі – технологічна документація

Оформити технологічну документацію на деталі, схеми (ескізи), які показані на рис. 2.4, 2.5, 2.6.

## **4 НОРМУВАННЯ ШТАМПУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ**

Час затрачений на виготовлення деталі визначається штучним часом по формулі (4.1):

$$T_{ум} = (T_0 + T_D) \left( 1 + \frac{a_{обс} + a_{від}}{100} \right) \quad (4.1)$$

або по формулі (4.2):

$$T_{ум} = T_{он} \cdot K \quad (4.2)$$

де  $T_{он}$  - оперативний час,  $T_{он} = T_0 + T_D$  ;

$$K = 1 + \frac{a_{обс} + a_{від}}{100} ;$$

$T_{ум}$  - штучний час в хвилинах;

$T_0$  - основний (машинний) час в хвилинах;

$T_D$  - допоміжний час в хвилинах;

$a_{обс}$  - час на обслуговування робочого місця в відсотках від оперативного часу;

$a_{від}$  - час на відпочинок і особисті потреби в відсотках від оперативного часу.

$K$  - коефіцієнт, враховуючий затрати часу на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і особисті потреби.

Значення  $a_{обс}$ ,  $a_{від}$  і  $K$  приведені в картах 26, 49, 62, 73, 83, 90.

#### 4.1 Приклади розрахунку норми штучного часу

**Приклад №1.** Розрахунок норми штучного часу на різку заготовок з листа на гільйотинних ножицях (масове виробництво).

Вихідні дані:

Розмір листа – 2000x1000x2 мм; Площа листа – 2 м<sup>2</sup>;

Розмір заготовки – 200x1000x2 мм; Кількість заготовок з листа – 10;

Число подвійних ходів ножиць за хвилину – 22;

Тип муфти включення – двухкулачкова;

Включення ножиць – педаль ножна, стоячи.

Таблиця 2.8 – Розрахунок норми штучного часу на різку заготовок з листа на гільйотинних ножицях

№ картки	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Враховуючий фактор	Час на 1 шт. в хв.		
				$T_0$	Допоміжний $T_D$	
					перекриваєме	неперекриваєме
65	1e	Взяти лист з стопи, встановити по задньому упору, відложити чи протокнути заготовку за ножиці	Площа листа $2m^2$	-	$t_2$	0,1
66	4в	Просунути лист до упору	$t = 200 \text{ мм}$	-	$t_3$	0,013
1	2а	Включити ножиці	Педаль ножна	-	$t_1$	0,015
2	18g	Відрізати заготовку	$n=22$	0,057	-	-

$$T_{шт} = \left[ T_0 + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1)}{n} \right] K$$

де  $n$  – кількість заготовок з листа;

$K=1,11$  (див. карту 73);

$$T_{шт} = \left[ 0,057 + 0,015 + \frac{0,1 + 0,013(10-1)}{10} \right] \cdot 1,11 = 0,104 \text{ хв.}$$

**Приклад №2.** Розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з штаби (дрібносерійне виробництво).

Вихідні дані

Вирубання деталі по контуру з штаби; Розмір штаби –  $2 \times 200 \times 1000 \text{ мм}$ ;

Крок просування штаби –  $50 \text{ мм}$ ; Кількість деталей з штаби –  $20 \text{ шт}$ ;

Прес зусиллям –  $1000 \text{ кН}$ ; Штмп відкритий з упором;

Тип муфти включення – трьохкулачкова;

Робота проводиться на провал.

Число подвійних ходів преса за хвилину - 50

Таблиця 2.9 – розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з штаби (дрібносерійне виробництво)

№ картки	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Враховуючий фактор	Час на 1 шт. в хв.		
				$T_0$	Допоміжний $T_D$	
					перекривасме	Неперекривасме
52	1в	Взяти штабу, піднести і встановити в штамп	Довжина і ширина штаби 200x1000мм	-	$t_2$	0,08
1	2а	Включити прес	Ножна педаль стоячи	-	$t_1$	0,015
53	3в	Просунути штабу на крок	$t=50$ мм, $B_0=200$ мм	-	$t_3$	0,013
60	3и	Відкинути відхід з столу преса в тару	Площа відходу 0,20м <sup>2</sup>	-	$t_4$	0,039
2	3Г	Штампувати	$n=50$	0,023	-	-

$$T_{ум} = \left[ T_0 + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1) + t_4}{n} \right] K$$

де  $n$  – кількість деталей, одержаних з штаби;  
 $K=1,14$  (див. карту 62);

$$T_{ум} = \left[ 0,023 + 0,015 + \frac{0,08 + 0,013(20-1) + 0,039}{20} \right] \cdot 1,14 = 0,064 \text{ хв.}$$

**Приклад №3.** Розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з заготовки (серійне виробництво).

Вихідні дані

Штампувати заготовку. Розмір заготовки 1188x586x2мм;

Площа заготовки – 0,69м<sup>2</sup>; Подача заготовки в штамп – ручна;

Прес зусиллям – 1000 кН; Число дв.ходів за хвилину – 40;

Тип муфти включення – фрикційна; Положення робітника – стоячи.

Таблиця 2.10 – Розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з заготовки (серійне виробництво)

№ картки	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Враховуючий фактор	Час на 1 шт. в хв..		
				$T_0$	Допоміжний $T_D$	
					перекривасме	неперекривасме
40	7п	Взяти заготовку і встановити в штамп по шпилькам	Площа заготовки $0,69\text{м}^2$	-	$t_2$	0,125
1	2а	Включити прес	Ножна педаль		$t_1$	0,15
2	27 б	Штампувати	Число подв. ходів за хвилину - 40	0,026	-	-
44	3ш	Взяти деталь, заготовку і скинути в тару	Площа деталі $0,5\text{м}^2$	-		0,051
45	1ф	Виштовхнути відхід з штампа	Площа відходу $0,69\text{м}^2$		-	0,041
Разом				0,026	-	0,232

$$T_{шт} = (0,026 + 0,232) \cdot 1,13 = 0,292 \text{ хв.}$$

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни “Технологія холодного штампування”, але слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

### Основна література

1. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування: навчально-методичний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / укладачі: В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянець. – Харків: НТУ «ХП», 2021. – 76 с.

2. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування: навчально-методичний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / укладачі: В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянець. – Харків: НТУ «ХП», 2021. – 76 с. Основи технології металообробки : посібник для студентів спеціальності 136 «Металургія» денної та заочної форм навчання / Л. І. Алієва, О. В. Чучин, П. Абхарі, Н. С. Грудкіна. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 87 с., ISBN 978-966-379-906-3.

3. Спеціальні види обробки металів тиском : посібник для студентів спеціальності 136 «Металургія» денної та заочної форм навчання / Л. І. Алієва, П. Абхарі, Х. В. Малій, О. А. Кузенко. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 95 с., ISBN 978-966-379-907-0444.

### Інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua> – Національна бібліотека імені В.І. Вернадського.

2. <https://books.google.com.ua> – Сервіс повнотекстового пошуку по книгам, що оцифровані компанією Google.

### Додаткова література

1. Шепельський М.В. Теорія та проектування процесів холодного штампування. Навчальний посібник.– Кіровоград:КНТУ, 2005.– 262 с.

## Навчально-методична література

1. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія холодного штампування» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технологія холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, спеціалізації «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання / Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 62 с.

3. Методичні рекомендації з дисципліни «Технологія холодного штампування» до лабораторних робіт / Укл. В. М. Боков. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019, – 64 с.

<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/cad1d593-6a11-43fc-9f31-4c02a0c1bc82/content>

4. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологія холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання. Частина 1 /Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 39с.

5. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологія холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання. Частина 2 /Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 30с.