

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 1

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 1 /Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 38с.

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

ВСТУП	4
1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	5
1.1 Мета викладання дисципліни.....	5
1.2 Завдання вивчення дисципліни.....	5
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни	6
2 РОЗДІЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ	6
2.1 Коротка теоретична інформація по темі роздільні операції листового штампування.....	6
2.1.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу... 11	11
2.1.2 Контрольні питання по темі — відрізування, вирубання та пробивання	12
2.2 Теоретичні знання по темі — розкрій листа, стрічки	16
2.2.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу... 19	19
2.3 Теоретичні знання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць.....	22
2.3.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу... 24	24
2.3.2 Контрольні питання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць №3	25
2.4 Теоретичні знання по темі – гнуття.....	27
2.4.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу... 31	31
2.4.2 Контрольні питання, задачі та вправи по даному розділі ... 33	33
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	37
Основна література	37
Додаткова література	37
Навчально-методична література	38

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 виноситься 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 РОЗДІЛЬНІ ОПЕРАЦІЇ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

2.1 Коротка теоретична інформація по темі роздільні операції листового штампування

Відрізування. Вирубання. Пробивання

Теоретичне зусилля відрізування матеріалу на ножицях з паралельно розташованими ножами (див. рис. 2.1а) визначається за формулою (2.1):

$$P = F\sigma_{зр} = LS\sigma_{зр} \quad (2.1)$$

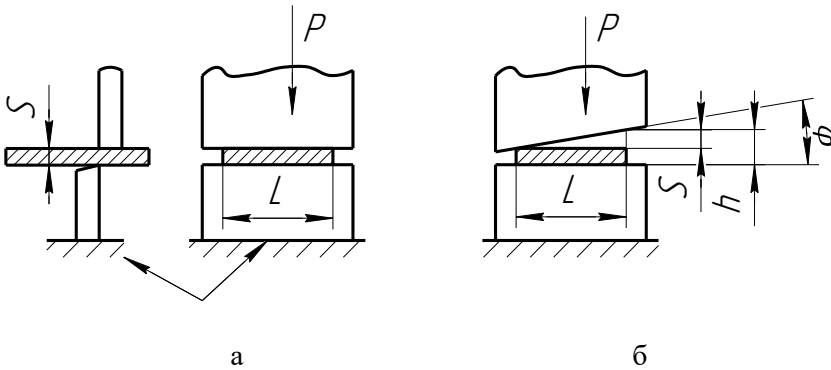
де F — площа зрізу, мм^2

$\sigma_{зр}$ — межа міцності на зріз $\left(\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}\right)$ або $\left(\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}\right)$;

визначаємо по табл. 2.1

L — довжина відрізуємого матеріалу, мм

S — товщина матеріалу, мм .



а) з паралельними ножами; б) з верхнім похилим ножом (гільйотинні)
Рисунок 2.1 - Схеми відрізування матеріалів на ножицях

Практичне зусилля відрізки матеріалу на ножицях з паралельними ножами визначається за формулою (2.2):

$$P_{\partial} = kP = kLS\sigma_{sp} \quad (2.2)$$

де k — поправочний коефіцієнт, враховуючий затуплення ріжучих кромek ножів, зміну зазору між ножами і. т.ін., $k=1,2\dots 1,3$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на ножицях з паралельними ножами, визначається за формулою (2.3)

$$A = \frac{cP_{\partial}S}{1000} \quad (2.3)$$

де c — коефіцієнт представляє собою відношення середнього зусилля відрізування до максимального, приймають c в залежності від товщини матеріалу:

S , мм.....	<2	2-4	>4
c	0,55-075	0,45-0,55	0,3-0,45

Таблиця 2.1 - Межа міцності на зріз $\sigma_{зр}$ різних матеріалів

Матеріал	$\sigma_{зр} \frac{\text{КГС}}{\text{ММ}^2}$ (Мпа)		Матеріал	$\sigma_{зр} \frac{\text{КГС}}{\text{ММ}^2}$ (Мпа)	
	М'якого (відпаленого)	Твердого (невідпаленого)		М'якого (відпаленого)	Твердого (невідпаленого)
Ст1	26 (254)	32 (314)	Латуні:		
Ст2	27 (264)	34 (333)	Л62	21(206)	30 (294)
Ст3	31 (304)	40 (392)	Л68	21 (206)	28 (274)
Ст4	34 (333)	42 (412)	Мідь	20 (196)	28 (274)
0,8кп	22 (216)	31 (304)	Цинк	12 (118)	20 (196)
10кп;10	25 (245)	32 (314)	Нейзільбер	32 (314)	50 (490)
15	28 (274)	36 (352)	Алюміній	10 (98)	15 (147)
20	32 (314)	40 (392)	Дюралюмін	22 (216)	38 (372)
25	34 (333)	44 (430)	Бронзи		
30	36 (352)	48 (491)	Олово-цинкова	-	48 (491)
35	40 (392)	52 (510)	Алюмінієва	52 (510)	-
40	45 (440)	56 (550)	Картон		3 (29,4)
Леговані сталі	52 (510)	56 (550)	Целулоїд		5 (49)
40Х	60 (588)	66 (645)	Текстоліт		9 (88)
15ХГ	44 (430)	-	Пресшпан		7 (68,5)
20ХГС	57 (558)	66 (645)	Міканіт		10 (98)
30ХГСА	63 (615)	70 (685)	Фібра		17 (166,5)
25Н	40 (430)	-			
25НЗ	60 (588)	70 (685)			
50Г	63 (615)	70 (685)			

Потрібна потужність електродвигуна для ножиць визначається за формулою (2.4):

$$N_{\partial} = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta \cdot \eta_{пер}} \quad (2.4)$$

де n — число ходів повзуна ножиць (преса) в одну хвилину;

η — КПД ножиць (преса), $\eta = 0,5-0,7$; $\eta_{пер}$ — КПД

передачі, $\eta_{пер} = 0,8-0,9$

Теоретичне зусилля відрізування матеріалу на ножицях з похилим верхнім ножом (на гільйотинних ножицях) визначається за формулою (2.5)

$$P = \frac{0,5S^2 \cdot \sigma_{зр}}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (2.5)$$

де φ — це кут нахилу верхнього ножа, $\varphi = 4-9^\circ$.

Практичне зусилля відрізування матеріалу на гільйотинних ножицях визначається за формулою (2.6):

$$P_{\partial} = \kappa P = \frac{\kappa \cdot 0,5S^2 \cdot \sigma_{зр}}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (2.6)$$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на гільйотинних ножицях визначається за формулою (2.7):

$$A = \frac{P_{\partial} h}{1000} = \frac{P_{\partial} L \operatorname{tg} \varphi}{1000} [\text{кГс} \cdot \text{м}] \quad (2.7)$$

де h — шлях, пройдений ножом при відрізуванні матеріалу.
 $h = L \cdot \operatorname{tg} \varphi$

Зусилля відрізування матеріалу на дискових ножицях (рис. 2.2) визначається за формулою (2.8):

$$P_{\partial} = 0,5 \frac{h_g S \sigma_{зр}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2.8)$$

де h_g — глибина занурення ножа металу до моменту відколювання в залежності від твердості та пластичності матеріалу, $h_g = (0,2-0,5)S$;

α^o — кут захвату ножиць:

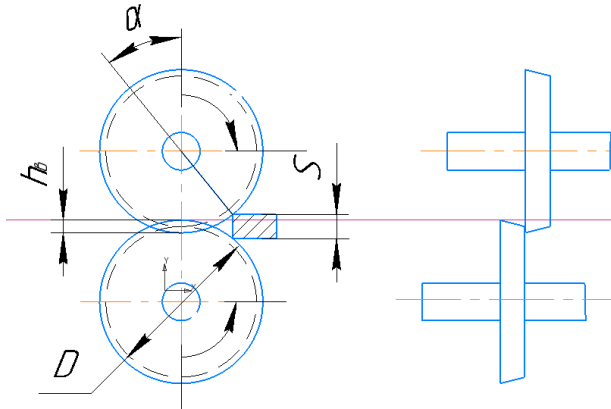


Рисунок 2.2 - Схема дискових ножиць

$\frac{D-S}{D}$	0,995	0,990	0,980	0,975	0,970
α°	6	8	10	13	14

Діаметр дискових ножів, мм: $D \geq 25S$ для матеріалів великої товщини ($S > 4$ мм) і $D = 60S$ для матеріалів малої товщини ($S < 4$ мм).

Величина занурення ножів, мм: $h_g = (0,2-0,3)S$ для сталі і латуні; $h_g = (0,3-0,5)$ для міді.

Крутний момент дискового ножа, h_g (Дж), визначається за формулою (2.9):

$$M_k = 0,125\kappa S^2 D (\cos \alpha) \sigma_{3P} \quad (2.9)$$

Зусилля відрізування матеріалу на вібраційних ножицях визначається за формулою (2.10):

$$P_{\partial} = \frac{S^2 \sigma_{3P}}{4tg\gamma} \quad (2.10)$$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на вібраційних ножицях, визначається за формулою (2.11):

$$A = \frac{P_{\partial} h \operatorname{tg} \gamma}{1000} \quad (2.11)$$

де h — хід ножа, $h=2-3$ мм; γ — кут створу ножів, $\gamma = 24-30^{\circ}$.

2.1.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу, необхідно визначити потужність електродвигуна при відрізання заготовки від листа зі сталі 30ХГСА, якщо товщина листа $S=2$ мм, довжина різу $L=1000$ мм. Обладнанням служать гільйотинні ножиці. Кут похилу верхнього ножа $\varphi = 9^{\circ}$; число ходів повзуна в хвилину $n=20$; КПД передачі $\eta_{пер}=0,8$; $\eta = 0,7$;

$$k=1,3; \sigma_{3P} = 70 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} (700\text{МПА});$$

Вирішення.

Практичне зусилля відрізування матеріалу

$$P_{\partial} = \frac{k \cdot 0,5 S^2 \cdot \sigma_{3P}}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{1,3 \cdot 0,5 \cdot 2^2 \cdot 70}{0,158} = 1152 \text{ кгс} (12 \text{ кН})$$

Робота відрізування

$$A = \frac{P_{\partial} L \operatorname{tg} \varphi}{1000} = \frac{1152 \cdot 1000 \cdot 0,158}{1000} = 182 \text{ кгм} (182 \text{ Дж})$$

Необхідна потужність електродвигуна

$$N_{\partial} = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta \cdot \eta_{пер}} = \frac{182 \cdot 20}{60 \cdot 102 \cdot 0,7 \cdot 0,8} = 1,06 \text{ кВт}$$

2.1.2 Контрольні питання по темі — відрізування, вирубання та пробивання

1. Знайти теоретичне зусилля, яке необхідне для відрізування штаби із картонного листа, якщо товщина листа 1,5 мм, довжина різку 800 мм. Ножиці, які використовуються для відрізування мають паралельно розташовані ножі.

2. Розрахувати теоретичне зусилля, необхідне для відрізування мідної пластини від листа, якщо товщина листа 4 мм. Обладнання — гільйотинні ножиці. Кут похилу верхнього ножа ножиць 6° .

3. Визначити зусилля, необхідне для одночасного розрізування м'якого латунного листа на 5 полос. Марка латуні Л68, товщина листа 0,8 мм. Обладнанням служать дискові ножиці з кутом захвату $\alpha = 10^\circ$. Глибина втиснення ножів до моменту сколювання металу $h_g = 0,4S$.

4. Розрахувати середню роботу, яку витратили при практичному зусиллі розрізування сталюї штаби на заготовки (матеріал — сталь 20), якщо товщина штаби 5 мм, довжина різання 500 мм. Обладнанням служать ножиці з паралельними ножами.

5. Знайти потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки від листа з алюмінію марки АМц, якщо товщина 4 мм, довжина різку 1200 мм. Обладнанням служать гільйотинні ножиці. Кут похилу верхнього ножа ножиць $\varphi = 7^\circ$, число ходів ножа в хвилину $n = 15 \text{ хв}^{-1}$; $\eta_{\text{пер}} = 0,85$; $\eta = 0,8$.

6. Розрахувати потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки із листа міді марки М1, якщо товщина листа 2,5 мм, довжина розрізування 1420 мм. Обладнанням служать ножиці з паралельними ножами. Коефіцієнт, який враховує повноту заповнення графіка зусилля деформації $C = 0,65$; $\eta_{\text{пер}} = 0,83$; $\eta = 0,8$, число ходів ножа в хвилину $n = 30 \text{ хв}^{-1}$.

7. Визначити зусилля, необхідне для відрізування відходів з м'якого алюмінієвого листа товщиною 2 мм на вібраційних ножицях.

8. Визначити роботу, затрачену на відрізування матеріалу ст.20 товщиною $S = 1,5$ мм на вібраційних ножицях.

9. Розрахувати потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки із листа сталь 08кп, якщо товщина листа $S=1$ мм. Обладнанням служать вібраційні ножиці, які мають $n=10000$ ходів/хв., $\eta_{пер}=0,8$; $\eta=0,9$.

10. Визначити крутячий момент, необхідний для одночасного розрізування сталюого листа на 3 штаби. Марка сталі 25, товщина листа 1,5 мм. Обладнанням служать дискові ножиці.

11. Знайти потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки на дискових ножицях від листа із ст.30, товщина листа $S=0,75$, $\eta_{пер}=0,85$. Кут захвату α° знайти самостійно, діаметри дискових ножів $D=60S$.

12. Знайти потрібну потужність електродвигуна, яка необхідна для відрізування штаби із сталюого листа ст.15 ХГ, якщо товщина листа $S=3$ мм, довжина різі $L=750$ мм. Ножиці, призначені для відрізування, мають паралельно розташовані ножі, які мають $n=120$ ходів в хвилину, $\eta_{пер}=0,9$; $\eta=0,85$.

13. Розрахувати практичне зусилля, яке необхідне для виготовлення восьмигранної шайби (рис. 2.3). Матеріал шайби — ст.08кп. Вирубання та пробивання деталі проводиться штампом одночасно. Притискувач рухомий, товщина заготовки $S=2$ мм.

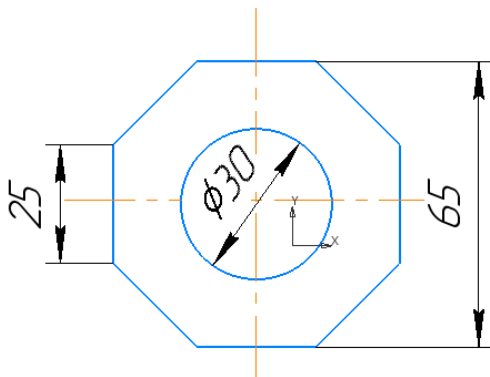


Рисунок 2.3 - Деталь - восьмигранна шайба

14. В деталі пробивають три отвори: два прямокутного перерізу із сторонами 15 і 30 мм, а третій — круглий діаметром 15 мм. Матеріал

— текстоліт товщиною 2 мм. Визначити роботу, затрачену на деформацію металу.

15. Розрахувати практичне зусилля, яке необхідне для виготовлення шайби. Діаметри шайби, мм: зовнішній — 40, внутрішній — 20. Товщина заготовки $S=1$ мм. Матеріал — алюміній АМц. Штамп послідовної дії.

16. Знайти потужність електродвигуна преса, яка необхідна для виготовлення деталі (рис. 2.4). Матеріал — ст.35 товщиною $S=3$ мм, число ходів преса за хвилину $n=60$. Коефіцієнт при визначенні потужності $c=0,7$; $\eta_{пер}=0,86$; $\eta=0,8$.

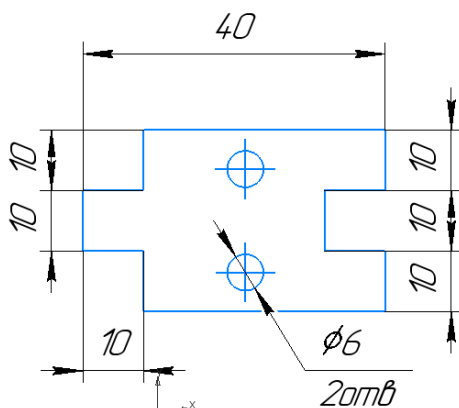


Рисунок 2.4 - Деталь - пластина

17. На заводі встановлений прес зусиллям $P_n=2500$ кН. Визначити, чи досить цього зусилля для одночасного пробивання 10 отворів діаметром $d = 40$ мм; в металевій планці товщиною $S=4$ мм, якщо $\sigma_{зр}=600$ МПа. Якщо зусилля преса буде не достатньо для одночасного пробивання десяти отворів, то яку геометрію інструменту Ви пропонуєте?

18. На пресі штамнують деталь з міді марки М1 (рис. 2.5). Розрахувати роботу, яка витрачається на виготовлення деталі, якщо вирубання зовнішнього контуру та пробивання отворів проводиться одночасно. Коефіцієнт при визначенні роботи $\lambda=0,5$.

19. Деталь, яка має отвір розмірами 50×150 мм, виготовляється із сталі 15ХГ, товщиною 3 мм за допомогою штампу із скривленою

ріжучою кромкою на пуансоні. Висота скосу пуансона дорівнює товщині пробиваємого отвору. Розрахувати практичне зусилля та роботу деформації.

20. Знайти потрібну потужність електродигуна преса для пробивання прямокутного отвору розмірами 20x60 в пластині з розмірами 50x100 мм, товщиною $S = 2$ мм, матеріал ст. 10. Висота скосу пуансона дорівнює двом товщинам деталі. Деталь пробивається на кривошипному пресі з номінальним зусиллям $P_n = 400$ кН; число ходів преса за хвилину $n=60$; ККД передачі $\eta_{пер} = 0,85$; $\eta = 0,5$.

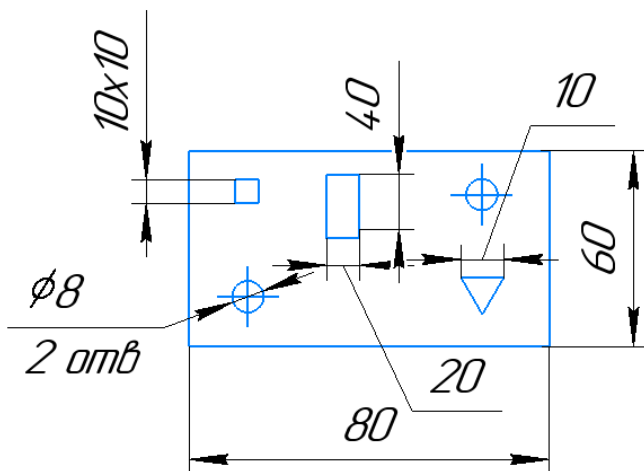


Рисунок 2.5 - Деталь - пластина

21. Визначити геометрію пуансонів для вирубання контуру розмірами 80x140 мм, пробивання 20 отворів $d=10$ мм, матеріал ст.15, товщина $S=3$ мм. Деталь виготовляється в штампі послідовної дії, на пресі зусиллям $P_n = 630$ кН.

22. Розрахувати зусилля проштовхування вирубаної круглої деталі через матрицю. Деталь штампують із змащенням матеріалу з відпаленої міді М1 товщиною $S = 4$ мм. Висота циліндричного пояса матриці 20 мм. Діаметр деталі 20 мм.

23. Знайти зусилля вирубання деталей пуансоном повнішим матриці товщиною 4 мм. Периметр вирубаної деталі 400 мм.

24. Визначити зусилля, необхідне для зачистки вирубленої деталі із латуні товщиною 4 мм. Периметр вирубаної деталі 400 мм.

25. Визначити зусилля вирубання деталей за допомогою гуми. Матеріал дюралюміній марки Д16 товщиною 0,8 мм. Площа деталі, на яку тисне гума, дорівнює 125 см^2 .

2.2 Теоретичні знання по темі — розкрій листа, стрічки

Розкром називається найбільш вигідне (з технологічної та економічної точки зору) розміщення контурів, що вирубаються на штабі або стрічці матеріалу.

Перемичками називають найменшу відстань від краю штаби до вирубаемого контуру «в» та найменшу відстань між сусідніми контурами «а» рис. 2.6

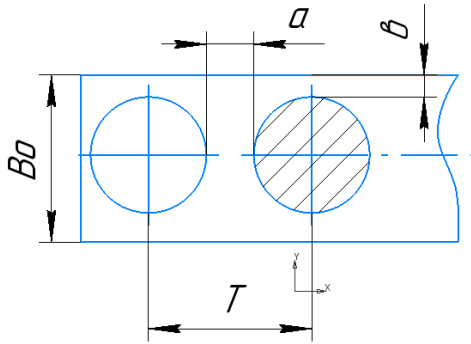


Рисунок 2.6 - Зразок розкрою деталі

Перемичка «в» повинна бути на 15-20% більше перемички «а». Величини перемичок істотно впливають на процес вирубання та якість виробів. Перемички є непродуктивною витратою матеріалу, тому їх величини повинні бути мінімальними.

Показником, який характеризує економічність та раціональність розкрою є коефіцієнт використання матеріалу:

$$KBM = \eta = \frac{F_0}{F_3} \cdot 100 \quad (2.12)$$

де F_0 — корисна поверхня деталі, мм^2 ;

F_3 — поверхня заготовки, мм^2 .

Розкрій може бути з відходами (рис.2.7. а, б, в, г, ж, з, і) і безвідходний (рис. 2.7. д, е). Коефіцієнт використання матеріалу при безвідходному розкрою близький до 100%.

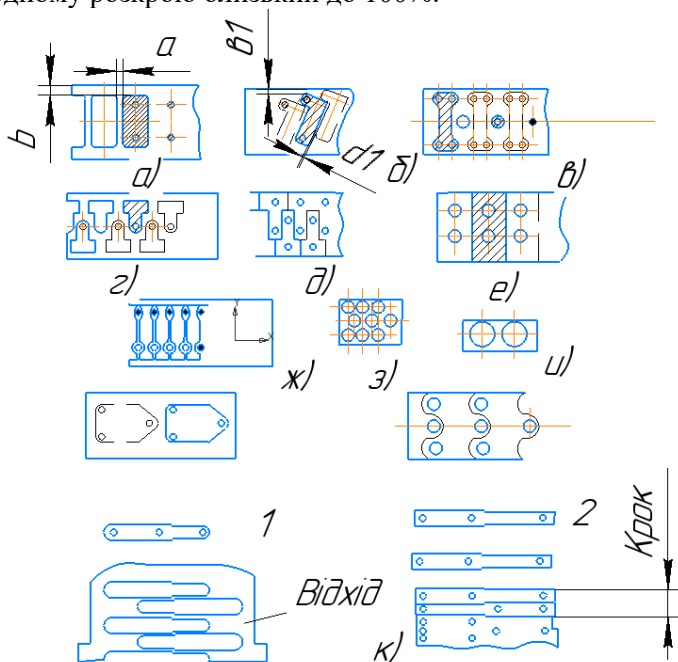


Рисунок 2.7 - Розкрій матеріалу

В результаті конструктивної зміни деталі можливо значно скоротити відходи.

Круглі деталі вирубують в один чи декілька рядів (рис. 2.7, з, и).

Найбільш вигідний розкрій для круглих деталей — багаторядний, шаховий. Коефіцієнт використання металу при однорядному паралельному розташуванні круглих контурів на штабі (див. рис 2.6), визначають за залежністю:

$$KBM = \eta = \frac{F_o}{F_3} = \frac{0,785D^2}{B_o \cdot T} = \frac{0,785D^2}{(D + 2b)(D + a)} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

Аналогічно можна визначити $KBM = \eta$ при двох та n – рядному розкрої. Чим більша кількість рядів, тим більший коефіцієнт використання металу.

При вирубанні фігурних деталей, знаходження раціонального способу їх розташування на штабі аналітичним шляхом, вельми затруднено, в деяких випадках неможливо. Тому потрібно користуватися графічним методом, який полягає у наступному.

Із паперу, або кальки вирізають декілька шаблонів фігур, які вирубуються. Потім, надаючи шаблоном різне взаємне розташування (утримуючи перемички), визначають площу заготовки, яка витрачається на одну деталь. Розташування фігур при якому отримуються найменші витрати матеріалу на один виріб і визначає найкориснішу схему розкрою.

Розрізняють наступні основні види розкрою при вирубанні фігурних деталей: прямий розкрій (рис. 2.7, а, е), похилий (рис. 2.7, б), зустрічний (рис. 2.7, г, д), комбінований (рис. 2.7, в), багаторядний (рис. 2.7, з), з вирізанням перемички (рис. 2.7, ж). Прямий розкрій застосовують для деталей простої форми — прямокутний або квадратний, похилий — для деталей F образної форми, зустрічний прямий та зустрічний похилий для деталей T -, $П$ - і $Ш$ - образної форми.

Листи розрізають на штаби в поперечному і повздовжньому напрямках. Лист гарячекатаний і холоднокатаний зі сталі вуглецевої якісної і загального призначення по технічним вимогам ГОСТ16523-70 (СТ СЭВ2212-80, СТ СЭВ3919-82) виготовляються з сталей марок по ГОСТ1050-80. Приклад позначення [4]:

Лист $\frac{B - ПН - НО - 1,0 \times 1000 \times 2000 \text{ ГОСТ} - 19904 - 74}{3 - Ш - Н - 20 \text{ ГОСТ} 16523 - 70}$ – лист холоднокатаний.

Звичайна точність (В), нормальна плоскостність (ПН), необрізаний (НО), товщина 1,0 мм, габарити 1000x2000 мм, з сталі категорії 3 по контролюємим властивостям, якість поверхні по групі (Ш), для нормальної витяжки (Н), марка сталі 20, властивість матеріалу і якість поверхні — по ГОСТ16253-70.

Стрічка 08кп-ОМ-ВПШ-1-К-А 03х60 ГОСТ503-81 — стрічка з маловуглецевої сталі марки 08кп, особливо м'яка (ОМ), висока точність по товщині і підвищена по ширині (ВПШ), з обрізаною кромкою, група оброблення поверхні 1, з контролем мікроструктури (к), по серповидності клас А, товщина 0,3 мм, ширина 60 мм.

При виборі розкрою листа розраховують як величину відходів, так і можливість їх використання для виготовлення других заготовок.

Кафедра ОМТ має програмний продукт «РОМ», який дозволяє з допомогою ЭОМ знаходити оптимальний розкрій листа включаючи шахматний.

Величини перемичок таблиця 2.2 залежать від товщини і твердості матеріалу, розмірів і форми вирубаних деталей, типа упора і других факторів.

Таблиця 2.2 - Найменші значення перемичок

Товщина матеріалу, мм	Ширина перемичок, мм		Товщина матеріалу, мм	Ширина перемичок, мм	
	a і b	a ₁ і b ₁		a і b	a ₁ і b ₁
0,3	1,4	2,3	2,5	1,8	2,8
0,5	1,0	1,8	3,0	2,0	3,0
1,0	1,2	2,0	3,5	2,2	3,2
1,5	1,4	2,2	4,0	2,5	3,5
2,0	1,6	2,5			

2.2.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу, визначимо оптимальний коефіцієнт використання металу, при вирубанні заготовки Ø100 зі сталі ст.08кп, товщиною S=2 мм

Вирішення.

Згідно рис. 2.6 і табл. 2.2 знайдемо ширину штаби — Во

$$V_0 = (D+2b) = 100 + 2 \cdot 1,6 = 103,2 \text{ мм.}$$

Візьмемо лист розміром 2х1000х2000 зі сталі ст.08кп.

Визначимо коефіцієнт використання металу при повздовжньому розрізі листа див рис. 2.8а.

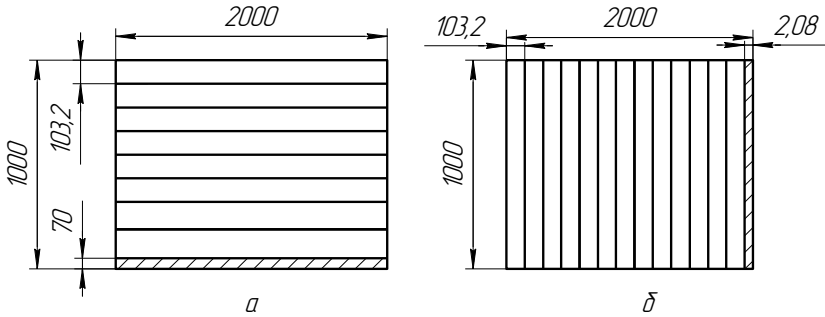


Рисунок 2.8 – Варіанти розкрій матеріалу

$$\eta_{нов} = \frac{F_{\partial} \cdot n_1 \cdot n_2}{F_{л}} = \frac{0,785 \cdot 100^2 \cdot 9 \cdot 19}{1000 \times 2000} = 0,67$$

$$n_1 = \frac{1000}{103,2} = 9,68 \text{ приймаю } n=9$$

$$n_2 = \frac{2000}{101,6} = 19,68 \text{ приймаю } n=19$$

$$\eta_{non} = \frac{F_{\partial} \cdot n_3 \cdot n_4}{F_{л}} = \frac{0,785 \cdot 100^2 \cdot 9 \cdot 19}{1000 \times 2000} = 0,67$$

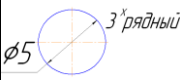

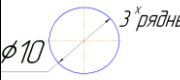

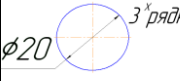



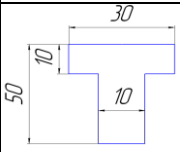
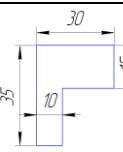
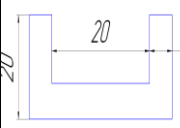
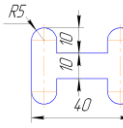
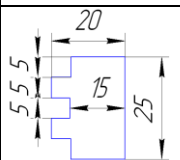
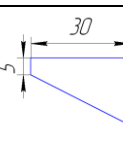
$$n_1 = \frac{2000}{103,2} = 19,37 \text{ приймаю } n=19$$

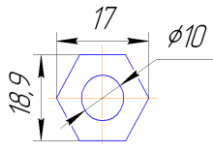
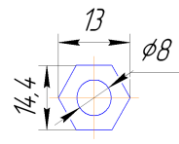
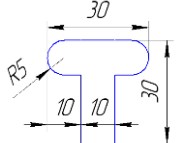
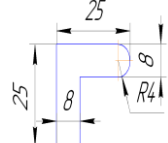
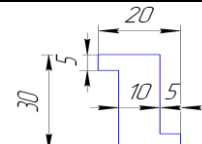
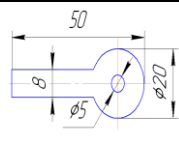
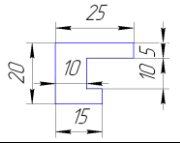
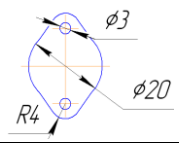
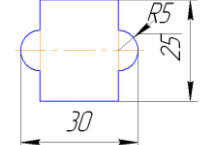
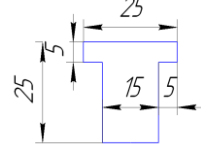
$$n_4 = \frac{1000}{T} = \frac{1000}{101,6} = 9,84 \text{ приймаю } n=9$$

При рівних значеннях $\eta_{нов} \approx \eta_{non}$, приймаємо за оптимальний повздовжній розкрій, так як він дозволяє одержати більшу продуктивність.

2.2.2 Контрольні питання по темі — розкрій листа №2

Таблиця 2.3 - Завдання. Визначити оптимальний розкрій листа для деталей

№	Матеріал	S, мм	Ескіз	№	Матеріал	S, мм	Ескіз
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Л.62	1.5		13	Ст. 10	1.0	
2	Ст. 15	2.0		14	Л.62	2.5	
3	Ст. 20	2.5		15	М1	4.0	
4	Ст.30	3.0		16	АМц	3.0	
5	АМц	1.0		17	Ст.10	4.0	
6	АМц	0.5		18	Ст.10	1.5	
7	М1	1.0		19	Ст.20	3.5	

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Ст.10	5.0		20	Ст.10	6.0	
9	Ст.15	4.0		21	АМЦ	4.0	
10	Ст.20	0.8		22	Ст.10	1.5	
11	АМЦ	1.0		23	М1	3.0	
12	М1	2.0		24	Ст.10	2.0	

2.3 Теоретичні знання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць

Виконавчі розміри матриць і пуансонів обумовлені розмірами штампуемого виробу і заданою точністю їх виконання. Крім того, при розрахунках виконавчих розмірів враховуються:

- розміри зовнішнього контура виробу (визначається матрицею) і отвору (визначається пуансоном);
- розмір зазору та його напрямок;
- характер зносу матриці і пуансона.

При вирубанні круглих виробів або пробиванні круглих отворів, робоче вікно матриці по мірі зносу збільшується; пуансон коли зношується, зменшується. При штампуванні не круглого контуру методика встановлення виконавчих розмірів матриць і пуансонів та же, що і для круглих заготовок. Оскільки інструмент зношується «в тіло», розміри окремих елементів контуру інструмента (виступи і впадини) в процесі штампування змінюються по різному, одні розміри — збільшуються, другі — зменшуються, треті — залишаються незмінними. Точність штампування вирубанням — пробиванням може бути забезпечена по 10-14-му квалітету.

В машинобудуванні прийнята система отвору.

Розрахунок виконавчих розмірів матриць і пуансонів при вирубанні (рис. 2.9а) і пробиванні (рис. 2.9б) проводиться відповідно схемам розміщення допусків на деталь.

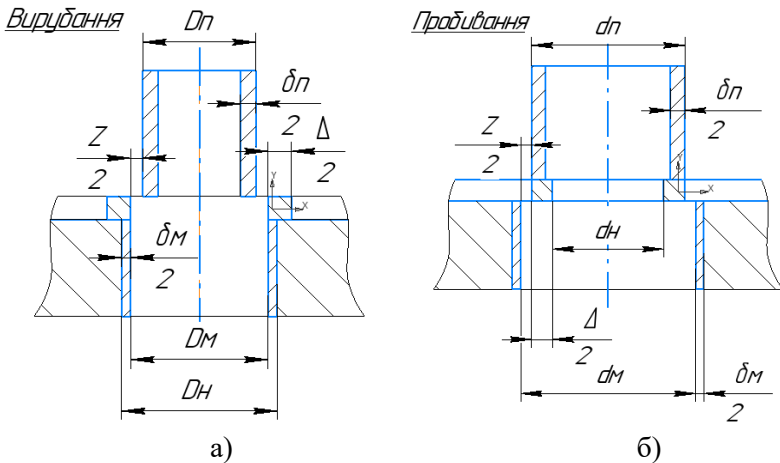


Рисунок 2.9 – Схеми розрахунку виконавчих розмірів

$$D_M = (D_H - \Delta) + \delta_M$$

$$d_p = (d_H + \Delta) - \delta_p$$

$$D_p = (D_M - z) = (D_H - \Delta - z) - \delta_p \quad d_M = (d_p + z) = (d_H + \Delta + z) + \delta_M$$

$$\delta_M = H7; \delta_p = h7$$

При вирубанні матеріала $S > 2\text{мм}$ допускається приймати $\Delta' = (0,6 - 0,8)\Delta$.

У випадку відсутності даних по « Δ » допуску на виріб, його можна приймати по H14 чи h14. Зазори при вирубанні можна приймати $z = (0,05-0,1)S$

2.3.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу, знайдемо виконавчі розміри пуансонів та матриць при вирубанні шайби рис. 2.10, матеріал ст. 08кп.

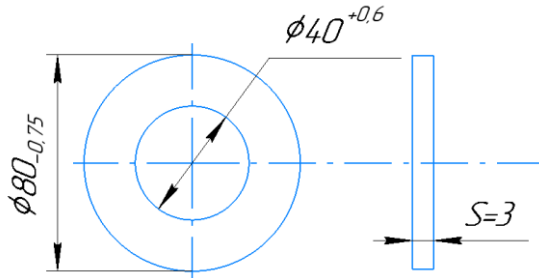


Рисунок 2.10 – Вихідна деталь - шайба

Знайдемо виконавчі розміри вирубної матриці та пуансона для вирубання контура $\text{Ø}80_{-0,75}$

$$D_M = (80 - 0,8\Delta) = (80 - 0,8 \cdot 0,75)^{+0,03} = 79,4^{+0,03}$$

$$D_{\Pi} = (D_M - z) = (79,4 - 0,1 \cdot 3)_{-0,03} = 79,1_{-0,03}$$

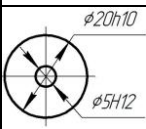
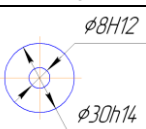
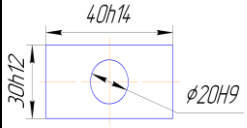
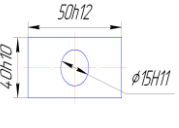

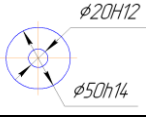
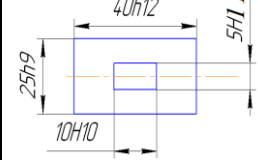
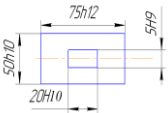
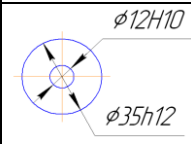
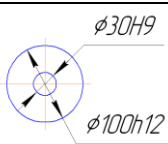
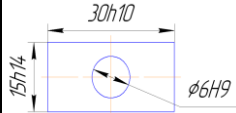
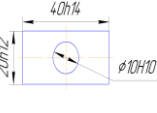
Знайдемо виконавчі розміри матриці та пуансона для пробивання отвору $\text{Ø}40^{+0,6}$

$$d_{\Pi} = (40 + 0,7 \cdot 0,6) = 40,42_{-0,025}$$

$$d_M = (d_{\Pi} + z) = (40,42 + 0,1 \cdot 3) = 40,72^{+0,025}$$

2.3.2 Контрольні питання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць №3

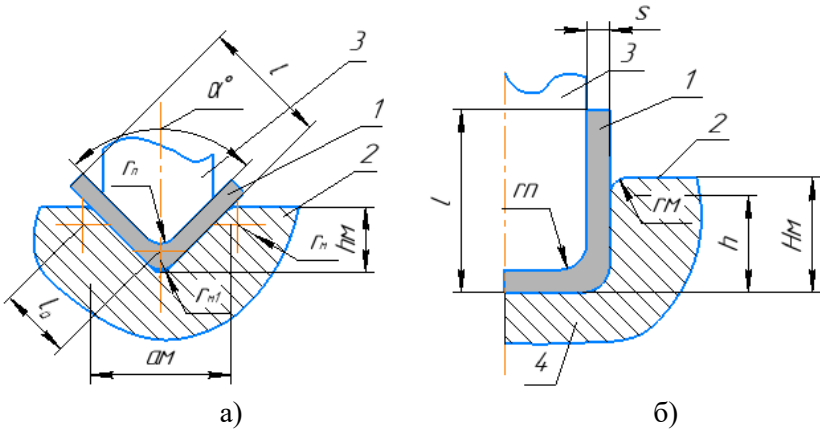
Таблиця 2.4 Завдання. Знайти виконавчі розміри пуансонів і матриць при пробиванні отвору та вирубанні контура для деталей(табл.3)

№	Матер.	S, мм	Ескіз	№	Матер.	S, мм	Ескіз
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ст.10	0,5		13	Ст. 25	1,5	
2	Ст. 15	0,75		14	Ст.30	2,0	
3	Ст. 20	1,0		15	АМц	2,5	
4	Ст.25	1,5		16	Л62	3,0	
5	Ст.30	2,0		17	М1	3,5	
6	Ст.0.8	2,5		18	Ст.0.8	4,0	

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Л62	3,0	<p>$\phi 50H12$ $\phi 100h14$</p>	19	Ст.10	4,5	<p>$\phi 8H10$ $\phi 25h12$</p>
8	М1	3,5	<p>$100h12$ $50h14$ $10H10$ $5H8$</p>	20	Ст.15	5,0	<p>$45h10$ $30h12$ $15H10$ $8H10$</p>
9	АМц	4,0	<p>$\phi 3H11$ $\phi 28h12$</p>	21	Ст.20	1,0	<p>$\phi 5H9$ $\phi 4.5h12$</p>
10	Ст.10	5,0	<p>$35h14$ $\phi 9H12$ $20h12$</p>	22	Ст.25	1,5	<p>$35h12$ $\phi 6H10$ $20h9$</p>
11	Ст.15	0,75	<p>$\phi 4.5H10$ $\phi 90h14$</p>	23	Ст.30	2,0	<p>$\phi 2H11$ $\phi 15h12$</p>
12	Ст.20	1,25	<p>$25h12$ $\phi 4H12$ $15h10$</p>	24	Ст.10	2,5	<p>$40h10$ $\phi 5H12$ $20h10$</p>

2.4 Теоретичні знання по темі – гнуття

Гнуті деталі на одно-, дво- та багато кутові. Однокутові деталі з кутом α між полицями можна гнути в V – подібному штампі (рис. 2.11 а), П-подібне гнуття в штампі (рис. 2.11 б)



а – V-подібне гнуття, б – П- подібне гнуття

Рисунок 2.11 - Схема штампів

Двокутові деталі чи напівфабрикати одержують одночасним гнуттям обох кутів чи кожного окремо за однією із наведених вище схем. Для визначення розмірів заготовки перетин гнутої деталі, перпендикулярний лінії гнуття, розділяють на прямолінійні та криволінійні частини. Для цього з центра закруглення кожного кута R_i (рис. 2.12) опускають перпендикуляри на прямолінійні сторони перетину.

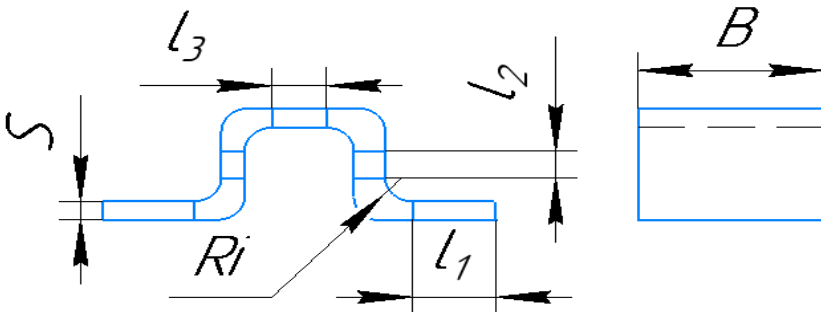


Рисунок 2.12 - Схема розрахунку центра закруглення кута

Відстані між основами двох перпендикулярів до однієї сторони або від основи перпендикуляра до краю деталі дають довжину прямолінійних частин. Довжина їх при гнутті не змінюється.

Довжину частин заготовки із якої утворюється кожна криволінійна частина деталі, визначається за формулою [2, с.60]

$$l_i = \frac{\pi \alpha i}{180} (r_i + x s) \quad (2.14)$$

де x — відстань в долях товщини заготовки від внутрішньої поверхні криволінійної частини до нейтрального за деформаціями шару металу. Ця величина залежить від умов деформування та відносного радіуса r/s . Для сталей 10, 20 при $\alpha=90^\circ$ коефіцієнт « x » має наступні значення в залежності від відносного радіуса величину:

$\frac{r}{s}$	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10
x	0,36	0,38	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,5

Загальну довжину плоскої заготовки в перетині, який розглядався вище, можна знайти за формулою:

$$L_{заг} = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{i=1}^m l_i \quad (2.15)$$

Довжина заготовки для гнуття деталі кільця з товстолистового металу $\frac{D_e}{S} > 10$

$$L_{заг} = \pi(D_e + S) + 2L_{np} \quad (2.16)$$

де D_e - внутрішній діаметр кільця;

L_{np} - припуск на підрізку краю для одержання рівного стиску.

Пружність при гнутті, яка призводить до зміни кута між полицями деталі порівняно з відповідним кутом штампу, оцінюють величиною:

$$\beta = \alpha_{\partial} - \alpha_{ш} \quad (2.17)$$

де α_{∂} - кут між полицями деталі після гнуття;

$\alpha_{ш}$ - відповідний кут робочих частин штампу.

При вільному гнутті V-подібних деталей [2]

$$tg\beta = 0,75 \frac{\sigma_S}{E} \cdot \frac{a_M}{(1-x)S} \quad (2.18)$$

де σ_S - межа текучості;

E - модуль пружності металу, що підлягає гнуттю;

a_M - відстань між центрами округлень матриці рис. 2.11, числові значення приведені [1].

При вільному гнутті П-подібних деталей

$$tg\beta = 0,75 \frac{\sigma_S}{E} \cdot \frac{r_M + r_n + 1,25S}{(1-x)S} \quad (2.19)$$

де r_M, r_n - радіуси скруглення матриці і пуансона.

Розміри робочої частини матриці при П- подібному гнутті наведені в таблицях 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 - Розміри профілю матриці для гнуття П- подібних деталей з неповним опусканням полиць в матрицю [1]

l, мм	Товщина матеріалу S, мм									
	до 0,5		0,5-2,0		2-4		4-5		5-6	
	r_M	h_M	r_M	h_M	r_M	h_M	r_M	h_M	r_M	h_M
до 10	2	6	3	10	4	10	-	-	-	-
10-20	2	8	4	12	5	15	5	20	-	-
20-35	2	12	4	15	5	20	5	25	-	-
35-50	3	15	4	20	6	25	5	30	-	-
50-75	3	20	5	25	6	30	5	35	6	35
75-100	-	-	5	30	8	35	5	40	6	40
100-150	-	-	5	35	8	40	5	50	6	50
150-200	-	-	5	45	8	50	5	60	6	65

Таблиця 2.6 - Розміри профілю матриці для гнуття П- подібних деталей з повним опусканням полиць в матрицю [1]

S, мм	r_M , мм	h_M , мм	S, мм	r_M , мм	h_M , мм
До 1	3	1+6	3-4	9	1+15
1-2	5	1+9	4-5	10	1+18
2-3	7	1+12	5-7	12	1+25

Зусилля вільного гнуття можна визначити за формулою [1]

$$P_{\Gamma} = B_{\Gamma} S K_{\Gamma} \sigma_B \quad (2.20)$$

де B_{Γ} - сумарна довжина всіх ліній гнуття в даній операції.

K_{Γ} - коефіцієнт, який враховує відносний радіус гнутої деталі r/S , значення якого наведені в таблиці 2.7.

σ_B - межа міцності матеріалу деталі.

Таблиця 2.7 - Коефіцієнт K_{Γ}

r/S	K_{Γ}	r/S	K_{Γ}
Понад 0,1 до 0,2	0,70	1,5-2,0	0,31
0,2-0,25	0,66	2,0-3,0	0,25
0,25-0,30	0,60	3-4	0,20
0,30-0,40	0,56	4-5	0,15
0,40-0,50	0,54	5-6	0,13
0,50-0,60	0,50	6-7	0,11
0,60-0,70	0,48	7-8	0,10
0,70-1,0	0,43	8-9	0,09
1,0-1,2	0,38	9-10	0,08
1,2-1,5	0,34	>10	0,08

Якщо зусилля здійснюється з притисканням, то зусилля притискання [1]

$$P_{III} = (0,25 - 0,30) P_{\Gamma} \quad (2.21)$$

Зусилля штампування при вільному гнутті

$$P_{III\Gamma} = P_{\Gamma} + P_{III\Gamma} \quad (2.22)$$

Якщо гнуття виконують з калібруванням, то зусилля [1]

$$P_{III\Gamma} = Fq \quad (2.23)$$

де F- площа проєкції поверхні деталі, яка контактує з пуансоном, на площину, перпендикулярну напрямку дії зусилля;

q- тиск калібрування, який визначають за даними експериментів, q=80-120 МПа- для сталі; q=30-60 МПа- для алюмінію; q=60-100 МПа- для латуні.

Зусилля преса для штампування гнутих деталей

$$P_{III\Gamma} = K_{III} P_{III\Gamma} \quad (2.24)$$

де $K_{III}=1,1-1,15$ при вільному гнутті;

$K_{III}=1,5$ при гнутті з калібруванням на кривошипних пресах.

Роботу гнуття можна визначити за формулою

$$A_{\Gamma} = (0,33...0,5) P h_p \quad (2.25)$$

де h_p - робочий хід пуансона, який приймають рівним глибині матриці.

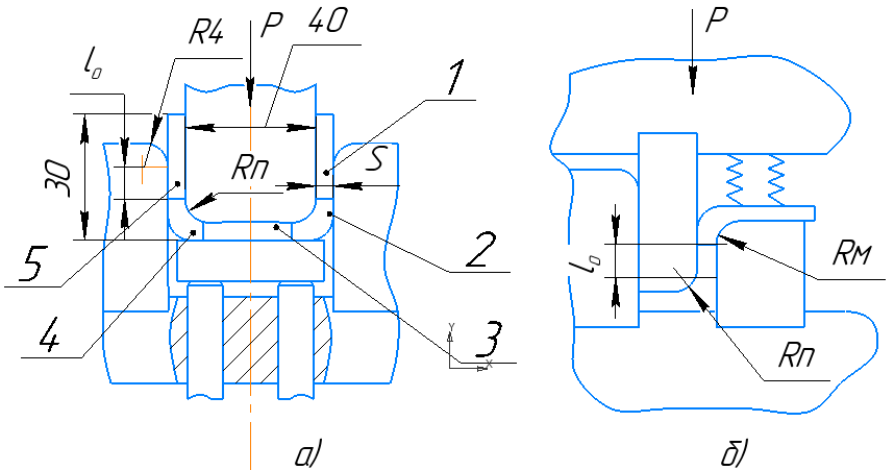
Ці дані використовують для вибору штампувального обладнання при гнутті деталей в кожній операції.

Потужність електродвигуна визначається:

$$N = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta_{nep} \eta_{ц}} \quad (2.26)$$

2.4.1 Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу, знайдемо довжину плоскої заготовки в перетині див. рис. 2.13а, потужність електродвигуна, а також кут пружності. Матеріал заготовки ст.10, товщина S=2 мм, радіус пуансона $R_{II}=5$ мм, межа міцності -300 МПа, межа текучості – 250 МПа, ширина полиці B=30 мм.



а- при П-образному гнутті; б- при Г-образному гнутті
Рисунок 2.13 - Схема переміщення пуансонів в матрицю

Згідно рис. 2.1 За виріб розбиваємо на 5 ділянок.

Загальну довжину заготовки знайдемо за формулою (2.15)

$$L_{3A\Gamma} = 2l_1 + 2l_2 + l_3$$

де $l_1 = 30 - 5 - 2 = 23 \text{ мм}$;

$$l_2 = 2,75(5 + 0,45 \cdot 2) = 9,26 \text{ мм};$$

$$l_3 = 40 - 2 \cdot 5 = 30 \text{ мм}.$$

$$L_{3A\Gamma} = 2 \cdot 23 + 2 \cdot 9,26 + 30 = 94,5 \text{ мм}.$$

Знайдемо зусилля гнуття за формулою (2.20)

$$P_{\Gamma} = 2BSK_{\Gamma}\sigma_B = 20 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 300 = 9000 \text{ Н}$$

У нашому випадку гнуття виконується з притисканням, то зусилля притискання знайдемо за формулою (2.21)

$$P_{III} = (0,25 - 0,30)P_{\Gamma} = 0,3 \cdot 9000 = 2700 \text{ Н}$$

Загальне зусилля штампування складає

$$P_{III\Gamma} = P_{\Gamma} + P_{II\Gamma} = 9000 + 2700 = 11700H$$

Зусилля преса для штампування знайдемо за формулою (2.24)

$$P_{III\Gamma} = K_{III}P_{III\Gamma} = 1,5 \cdot 11700 = 17550H$$

Роботу гнуття визначаємо за формулою (2.25)

$$A_{\Gamma} = (0,33 \dots 0,5)Ph_p = 0,4 \cdot 17550 \cdot 20 = 140400 H \cdot мм = 140,4Hм = 140,4Дж$$

$$h_p = h_M = 20мм \text{ згідно таблиці 2.5}$$

Згідно зусилля гнуття вибираємо кривошипний прес моделі

$$K2114 P_H = 25кН, n = 200 \text{ мин}^{-1}.$$

Потужність електродвигуна, визначимо за формулою (2.26)

$$N = \frac{140,4 \cdot 200}{60 \cdot 1020 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 0,81кВт.$$

Знайдемо кут пружності за формулою (2.19)

$$\text{tg} \beta = 0,75 \frac{250}{2,2 \cdot 10^5} \cdot \frac{5 + 5 + 1,252}{(1 - 0,45)^2} = 0,00968 \quad \beta = 0^{\circ}32'.$$

2.4.2 Контрольні питання, задачі та вправи по даному розділі

1. Знайти довжину штабової заготовки, яка необхідна для виготовлення скоби (рис.1), якщо прямолінійні ділянки цієї деталі довжиною $L_1=120$ мм, $L_2=130$ мм, $L_3=600$ мм, внутрішні радіуси вигину $R_1=40$ мм, $R_2=60$ мм, товщина заготовки $S=40$ мм, а кути вигину 90° .

2. Визначити довжину заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі типу скоба з двома кутами 90° . Довжина прямолінійних бічних полук $L_1=200$ мм, а центральної – 500 мм, товщина полоси $S=30$ мм, внутрішній радіус вигину $R=60$ мм.

3. Розрахувати зусилля гнуття П-образної деталі з притиском матеріалу, якщо розмір заготовки впродовж лінії вигину $B=150$ мм, товщина заготовки $S=20$ мм.

4. Розрахувати довжину плоскої заготовки для гнуття кільцеобразної деталі, якщо внутрішній діаметр кільця 20 мм, а товщина $S=2$ мм.

5. Деталь з двома вигинами під кутом 90° і трьома полками довжиною $60, 80, 125$ мм штамнують з під чеканкою матеріалу в кутах. Товщина заготовки $S=4$ мм. Знайти її довжину.

6. Розрахувати довжину плоскої заготовки для гнуття кільця образної деталі, якщо внутрішній діаметр кільця 30 мм, а товщина $S=3$ мм.

7. Симетричну деталь товщиною 5 мм штамнують з двома вигинами під кутом 45° . Дві бічні прямолінійні полки цієї деталі довжиною по 50 мм, а з'єднує їх полка - 150 мм. Визначити довжину заготовки.

8. Цеху доручено виготовити партію деталей з двома вигинами під кутом 180° . Довжина малих полк деталі по 30 мм, а більшої 225 мм. Товщина заготовки 3 мм. Розрахувати її довжину.

9. Розрахувати кут пруження деталі при гнутті V-образної форми із алюмінію, якщо внутрішній радіус гнуття 10 мм, товщина матеріалу 2 мм, кут гнуття деталі 60° .

10. V-образну (однокутову) деталь вигинають під кутом 90° . Визначити кут пуансона і матриці гнуттєвого штампа, при якому деталь одержується з потрібним прямим кутом. Внутрішній радіус гнуття 3 мм, товщина матеріалу $1,5$ мм. Матеріал – ст. 08 КП.

11. Визначити зусилля гнуття сталеві П-образної деталі з притиском матеріалу, якщо радіуси, мм: матриці - 25 , пуансона - 15 , товщина матеріалу 6 мм, розмір заготовки впродовж лінії вигину 500 мм, межа міцності матеріалу 400 МПа.

12. Знайти зусилля, яке необхідне для одночасного гнуття та калібрування латунної V-образної деталі з розмірами полки 40×20 . питоме зусилля калібрування 100 МПа.

13. Розрахувати повне переміщення пуансона в матрицю і роботу, яку витрачаємо при гнутті сталеві деталі, якщо радіуси, мм:

$R_M=15$, $R_{II}=5$, відстань між їх центрами (див. рис. 2.13) $l_0=80$,

зусилля, яке витрачаємо при гнутті, складає $P=100$ КН. коефіцієнт $\lambda=0,5$ при визначенні роботи.

14. Розрахувати потужність електродвигуна преса, яка необхідна для гнуття деталі (рис.14), матеріал деталі – алюміній АМц, число ходів преса за хвилину $n=40$; ККД передачі $\eta_n=0,8$; ККД циклу $\eta_{ц}=0,5$.

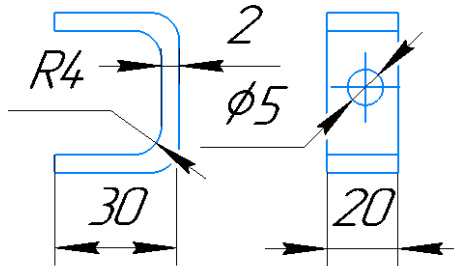


Рисунок 2.14 - Деталь - скоба

15. Визначити геометрію пуансона і матриці гнуттєвого штампа, який гарантує якісні розміри деталі, яка зображена на рис. 2.14.

16. Розрахувати потужність електродвигуна преса, яка необхідна для гнуття деталі, якщо робота, яку витрачаємо при гнутті $A=180$ кгс·м (1800 Дж), число ходів преса за хвилину $n=30$, ККД передачі $\eta_{пер}=0,8$; $\eta=0,5$.

17. Знайти довжину заготовки для гнуття деталі (рис. 2.15).

18. Розрахувати довжину плоскої заготовки для гнуття кільцеобразної деталі, якщо внутрішній діаметр кільця 25 мм, а товщина $S=3$ мм.

19. Симетричну деталь товщиною 4 мм штамнують з двома вигинами під кутом 30° . Дві бічні прямолінійні полки цієї деталі довжиною по 60 мм, а з'єднує їх полка - 200 мм. Радіус гнуття 4 мм. Визначити довжину заготовки.

20. Знайти довжину плоскої заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі з двома шарнірними петлями, якщо довжина прямолінійної полки деталі 100 мм, внутрішній радіус закруглення петель 8 мм, кут закруглення їх 330° , а товщина матеріалу 2 мм.

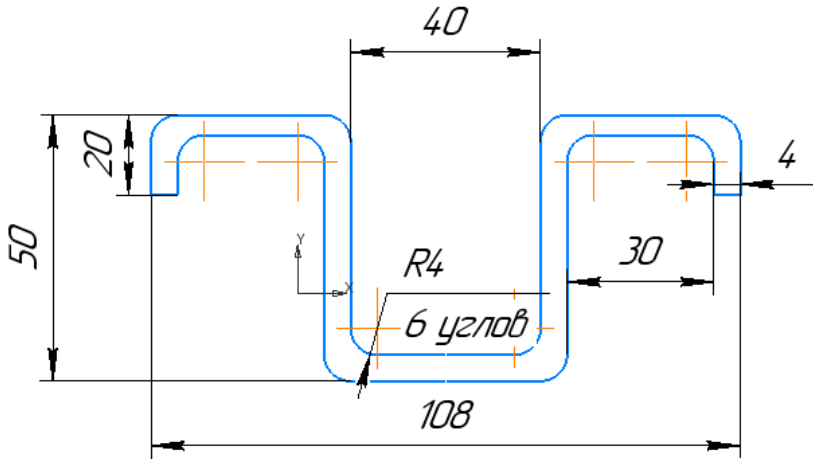


Рисунок 2.15 - Деталь - скоба

21. Деталь з двома вигинами під кутом 90° і трьома полками довжиною 30, 40, 100 мм штампують з під чеканкою матеріалу в кутах. Товщина заготовки $S=2$ мм. Знайти її довжину.

22. Як знайти довжину і ширину сталевих заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі типу кільця з листової сталі товщиною $S=50$ мм? Внутрішній діаметр кільця 600 мм, а ширина 250 мм. Припуск на підрізування заготовки з двох сторін по довжині і деталі по торцям прийняти відповідно 20 і 10 мм.

23. Знайти зусилля гнуття V-образної деталі на кут 90° , якщо розмір штабної заготовки впродовж лінії гнуття дорівнює 120 мм, товщина заготовки 40 мм, межа міцності матеріалу 400 МПа, а відношення відстані між опорами матриці до товщини матеріалу дорівнює 20. Гнуття виконують з притиском матеріалу.

24. Як знайти зусилля гнуття П-образної деталі з притиском матеріалу, якщо розмір заготовки впродовж лінії гнуття 150 мм, товщина заготовки 20 мм, межа міцності матеріалу 200 МПа. Радіус матриці штамп 100 мм, а пуансона - 40 мм?

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. Шепельский М.В. Теория 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.