

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра «Матеріали і технологія виготовлення виробів
транспортного призначення»**

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ПІД ЧАС ВИТЯГУВАННЯ ВИРОБІВ З ЛИСТОВОЇ
ЗАГОТОВКИ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з дисципліни

***“МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ”***

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до
друку на засіданні кафедри “Матеріали та технологія

виготовлення виробів транспортного призначення”
11 жовтня 2010 р., протокол № 4.

Методичні вказівки призначено для студентів спеціальностей 090510 “Теплоенергетика”, 100501 “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомотиви. Вагони)” і 090214 “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання” денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

професори Л.А. Тимофєєва, Е.С. Геворкян,
асист. В.П. Нерубацький

Рецензент

проф. Є.А. Фролов

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІД ЧАС
ВИТЯГУВАННЯ ВИРОБІВ З ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з дисципліни

*“МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ”*

Відповідальний за випуск Геворкян Е.С.

Редактор Решетилова В.В.

Підписано до друку 18.11.10 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту
61050, Харків - 50, майдан Фейербаха, 7
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра “Матеріали та технологія виготовлення виробів
транспортного призначення”

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІД ЧАС
ВИТЯГУВАННЯ ВИРОБІВ З ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторної роботи з дисципліни

*“МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ”*

Харків 2012

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри “Матеріали та технологія виготовлення виробів транспортного призначення” 11 жовтня 2010 р., протокол № 4.

Методичні вказівки призначено для студентів спеціальностей 090510 “Теплоенергетика”, 100501 “Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту (Локомотиви. Вагони)” і 090214 “Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання” денної та заочної форм навчання.

Укладачі:

професори Л.А. Тимофєєва,
Е.С. Геворкян,
асист. В.П. Нерубацький

Рецензент

проф. Є.А. Фролов

ЗМІСТ

Мета роботи.....	4
1 Теоретичні відомості.....	4
2 Устаткування, інструмент та матеріали.....	7
3 Будова і робота штампа для витягування.....	7
4 Основні технологічні параметри витягування.....	9
5 Порядок виконання роботи.....	12
6 Зміст звіту.....	14
Контрольні питання.....	14
Список літератури.....	15
Додаток А.....	16

МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення з технологічним процесом витягування, штамповою оснасткою та методикою розрахунку основних технологічних параметрів процесу.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Витягування – це процес виготовлення порожнистого виробу з плоскої листової заготовки (рисунок 1.1) за допомогою штампа.

Операція витягування є однією з операцій листового штампування. Як вихідні матеріали використовують метали та їхні сплави або неметалеві матеріали, що здатні сприйняти пластичну деформацію у холодному та гарячому стані. Вихідна заготовка не повинна мати зайвого матеріалу, тому її попередньо вирубують з листа у вигляді кружка або ж іншої форми.

Виходячи з технологічних можливостей витягування, отримувані порожнисті деталі можна поділити на декілька основних груп:

- деталі, які мають форму тіла обертання;
- деталі коробчатої форми;
- деталі складної форми.

Деталі, що мають форму тіла обертання, можуть бути з фланцем або без фланця, з плоским або фасонним дном (рисунок 1.2,а-д). Деталі коробчатої форми можуть мати прямокутні, криволінійні бокові стінки з фланцем або без фланця, їхнє дно може бути плоским або фасонним (рисунок 1.2,е-ж). Деталі складної форми можуть бути напівсиметричними, мати лише одну площину симетрії (корпус і дах автомобіля, рисунок 1.2,з) та несиметричними (рисунок 1.2,и).

В залежності від форми деталі заготовка підлягає витягуванню в чистому вигляді або витягуванню у поєднанні з іншими операціями листового штампування – формуванням, гнуттям, обтисканням або розбортуванням.

За характером і ступенем деформації розрізняють:

- витягування без потоншення стінок;
- витягування з потоншенням стінок;
- комбіноване витягування.

У першому випадку витягування здійснюється без зміння товщини матеріалу стінки виробу, але із значним зменшенням діаметра заготовки; у другому – витягування здійснюється за рахунок заздалегідь передбаченого зменшення товщини стінки виробу, що витягується, з незначним зменшенням його діаметра. Комбіноване витягування характеризується одночасним значним зменшенням діаметра та товщини стінки виробу.

При виготовленні виробів без потоншення стінок кільцевий проміжок між пуансоном і матрицею становить $z = (1,1 \dots 1,3) \cdot S$, де S – товщина вихідної заготовки. У випадку витягування з потоншенням проміжок між пуансоном і матрицею вибирають меншим за товщину заготовки.

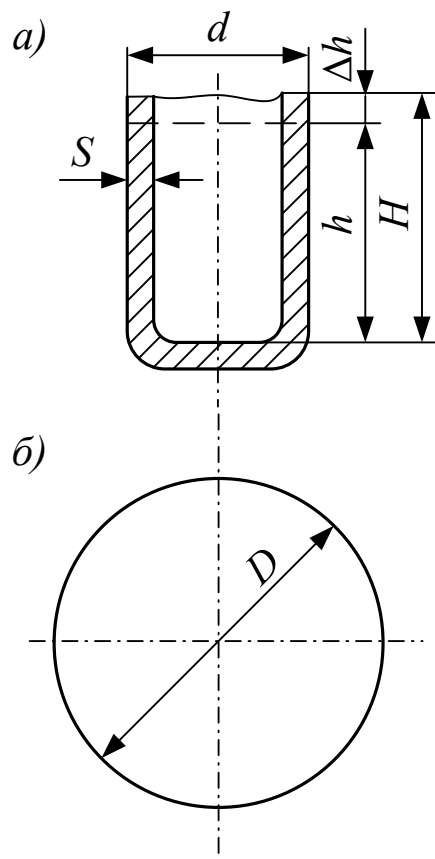


Рисунок 1.1 – Деталь, виготовлена витягуванням, (а) та вихідна заготовка (б)

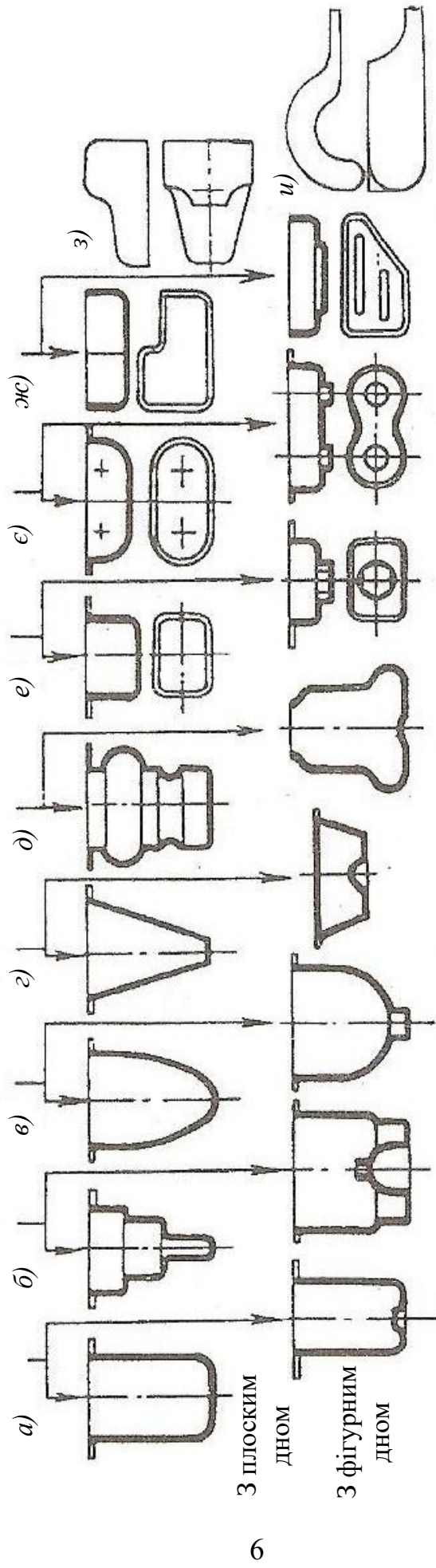


Рисунок 1.2 – Порожністі деталі різної форми, виготовлені витягуванням

2 УСТАТКУВАННЯ, ІНСТРУМЕНТ ТА МАТЕРІАЛИ

При проведенні лабораторної роботи використовують таке обладнання та матеріали:

- а) механічний прес Р5;
- б) штамп для витягування;
- в) вихідні заготовки з вуглецевої сталі;
- г) штангенциркуль.

3 БУДОВА І РОБОТА ШТАМПА ДЛЯ ВИТЯГУВАННЯ

Процес штампування – витягування здійснюється у штампі, схема якого наведена на рисунку 3.1.

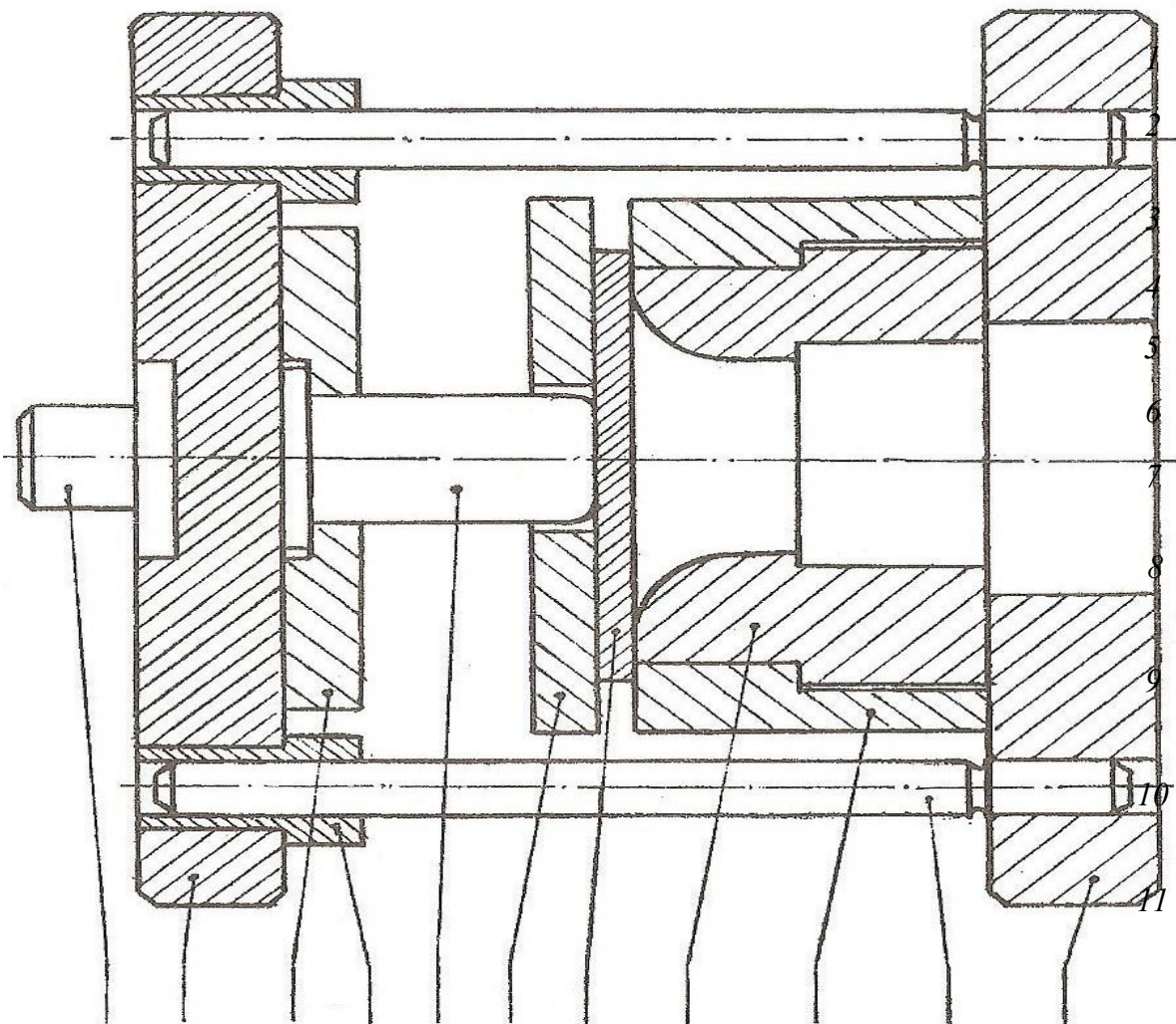


Рисунок 3.1 – Схема штампа

Вихідна листова заготовка 7 розміщується на торцевій частині матриці 8, яка має отвір відповідно до форми майбутнього виробу. За допомогою матрицетримача 9 матриця прикріплена до нижньої плити штампа 11, закріпленої до столу преса. Пуансон 5 за допомогою пуансонотримача 3 закріплений у верхній плиті штампа 2, що, у свою чергу, за допомогою хвостовика 1 кріпиться до повзуна преса, натискує з певним зусиллям P на середню частину заготовки.

Робочі кромки пуансона і матриці заокруглені (з радіусами r_n та r_m відповідно, рисунок 3.2) для зменшення місцевого тиску на кромках матриці і пуансона, а також для зниження концентрації напруг у заготовці, а, отже, для зменшення вірогідності розриву заготовки.

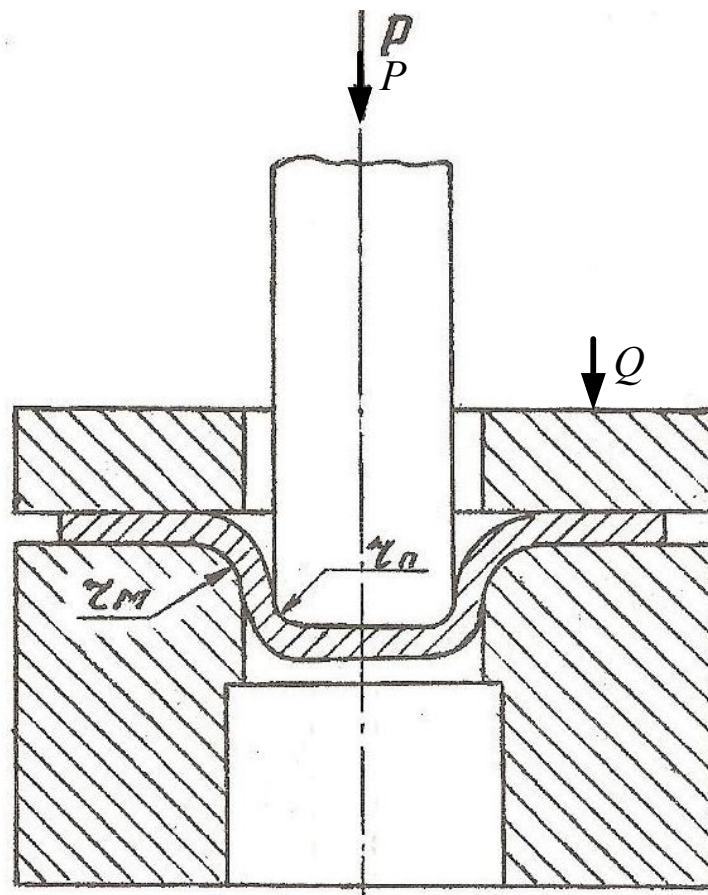


Рисунок 3.2 – Схема витягування

При робочому ході преса та опусканні пуансона заготовка прощтовхується пуансоном через матрицю і перетворюється на

порожнистий ковпачок (рисунок 3.2); нижня площина матриці знімає його з пуансона.

Точність напрямку руху пуансона відносно отвору матриці забезпечується напрямними втулками 4 та колонками 10, які запресовані у верхню або нижню плиту штампа.

Особливий напружений і деформований стан заготовки, що формується в процесі витягування (зокрема, виникнення стискальних напруг на периферійній частині заготовки у кільцевому напрямі), є причиною втрати стійкості заготовки і появи складок за рахунок наявності надлишкового матеріалу. Це явище є негативним і призводить до підвищення витрат матеріалу. Для запобігання складкоутворенню в процесі витягування використовують кільцевий притискач – складкотримач 6 (рисунок 3.1), що притискає фланець заготовки до торця матриці. Зусилля притискуючого кільця створюється пружинами, гумовими вкладками або стисненим повітрям.

В залежності від матеріалу заготовки та глибини порожнистого виробу процес витягування може виконуватись за одну або декілька операцій у послідовному ряді штампів з поступовим зменшенням діаметра заготовки.

4 ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ВИТЯГУВАННЯ

До основних параметрів процесу витягування належать: коефіцієнт витягування m (або ступінь витягування k_e), зусилля витягування P , зусилля притискання Q , напруга витягування σ_{em} , витрачена робота A та швидкість витягування V .

Коефіцієнтом витягування m називається відношення зовнішнього діаметра виготовленої деталі d до діаметра заготовки D (рисунок 1.1,а,б)

$$m = \frac{d}{D}. \quad (4.1)$$

Ступінь витягування k_e – це величина, обернена коефіцієнту витягування

$$k_e = \frac{l}{m}. \quad (4.2)$$

Вибір величини m (або k_e) є відповідальним моментом при розробленні технологічного процесу витягування. Величина m (k_e) визначає число та послідовність операцій витягування. Чим нижчий коефіцієнт витягування m , тим краще використовуються пластичні властивості матеріалу, тим меншою буде кількість потрібних операцій витягування. Величини найменшого можливого для даних умов коефіцієнта витягування залежать від багатьох факторів: способу витягування (з притискачем чи без нього); структури та якості поверхні матеріалу, його механічних властивостей; діаметра, товщини і форми виробу; радіусів скруглення кромки матриці та пуансона – r_m і r_n ; проміжка між матрицею та пуансоном Z ; швидкості витягування; матеріалу витяжного штампа; стану його робочих поверхонь та ін.

Зусилля витягування P (рисунок 3.2) визначається як зусилля, що передається через пуансон на заготовку, що деформується. Зусилля витягування P залежить від фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, геометричних параметрів, форми деталі, визначеного коефіцієнта витягування. На практиці P , кг, знаходять згідно з залежністю

$$P = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_e \cdot (k_e - 1), \quad (4.3)$$

де d – зовнішній діаметр деталі, мм;

S – товщина матеріалу заготовки, мм;

σ_e – границя міцності матеріалу заготовки, кг/мм²;

k_e – ступінь витягування.

Зусилля притискання Q – це зусилля, з яким притискач притискує заготовку до торця матриці (рисунок 3.2). Тиск притискача має великий вплив на процес витягування; чим він більший, тим скоріше досягається максимальне зусилля витягування, тим менший ступінь деформації може бути допущений. Якщо тиск недостатній, можливе перенапруження може призвести до розриву металу заготовки.

Зусилля притискання Q , кг, визначають за формулою

$$Q = F \cdot q, \quad (4.4)$$

де F – площа заготовки, що знаходиться під притискачем, мм²;
 q – тиск притискача, кг/мм².

Під час витягування циліндричної деталі з плоскої заготовки площа F є площею кільця:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot (d + 2 \cdot r_m)^2}{4}, \quad (4.5)$$

де D – діаметр заготовки, мм;
 d – зовнішній діаметр деталі, мм;
 r_m – радіус заокруглення матриці, мм.

На практиці r_m вибирають залежно від товщини заготовки:
 $r_m = (5 \dots 10) \cdot S$.

Тиск притискача q визначають теоретично або з експериментальних даних в залежності від роду та товщини вихідного матеріалу, коефіцієнта витягування та інших даних.

Під час витягування в матеріалі заготовки виникає складний напружений стан. Напруги, що виникають в деформованій заготовці, пов'язані з опором деформації матеріалу заготовки, тертям заготовки на кромці матриці, тертям між заготовкою, притискачем та матрицею. Суму усіх цих напруг називають **загальним опором (напругою) витягування** заготовки в отвір матриці σ_{ad} .

При розробленні технологічної схеми витягування та виборі преса для проведення витягування необхідно також знати величину **роботи витягування**, тобто витрати енергії на деформування. На практиці для визначення витраченої роботи A , Дж, користуються спрощеною залежністю

$$A = \frac{\lambda \cdot P \cdot H}{100}, \quad (4.6)$$

де λ – емпіричний коефіцієнт, що залежить від коефіцієнта витягування;

P – зусилля витягування, кг;

H – глибина витягування, мм (рисунок 1.1,а).

До основних параметрів процесу витягування належить також **швидкість витягування** V . Швидкість витягування в значній мірі залежить від фізичних характеристик металу заготовки, геометричних розмірів деталі. Середня швидкість витягування без потоншення становить: для алюмінію – 0,50-0,87 м/с; для латуні – 0,50-0,87 м/с; для міді – 0,43-0,45 м/с; для низьковуглецевої сталі – 0,17-0,27 м/с; для нержавіючої сталі – 0,10-0,15 м/с.

5 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Визначити суть та призначення процесу витягування, ознайомитись з типовими виробами, виготовленими витягуванням.

Розглянути будову та принцип дії штампової оснастки.

Під керівництвом викладача виконати практичну роботу з витягування порожнистої деталі з плоскої листової заготовки.

Виконати розрахунки з визначення основних технологічних параметрів витягування згідно з наведеним нижче порядком:

5.1 Відповідно до рисунка 1.1,а за допомогою штангенциркуля виміряти основні геометричні параметри виробу (порожнистого циліндра), виготовленого витягуванням:

- зовнішній діаметр деталі d , мм;
- глибину витягування H , мм, що складається з внутрішньої висоти циліндра h та припуску на обрізку Δh : $H = h + \Delta h$; як правило, $\Delta h = (0,3 \dots 0,5) \cdot h$;
- товщину стінки деталі S , мм (або товщину вихідної заготовки для даного процесу витягування без потоншення стінок).

5.2 Згідно з (4.1) та (4.2) визначити коефіцієнт витягування m та ступінь витягування k_s .

Для розрахунку діаметра вихідної плоскої заготовки (рисунок 1.1,б) використовують аналітичний метод рівності поверхонь заготовки (кружка) та деталі (порожнистого циліндра):

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} + \pi \cdot d \cdot H, \quad (5.1)$$

звідки

$$D = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot H}. \quad (5.2)$$

5.3 Вибрати спосіб витягування – з притискачем чи без нього. Основним критерієм для вибору способу витягування є відносна товщина заготовки

$$\Delta = \frac{S}{D} \cdot 100\%, \quad (5.3)$$

де S – товщина заготовки, мм;

D – діаметр заготовки, мм.

Якщо $\Delta < 1,5$, треба використовувати витягування з притискачем; якщо $\Delta > 2,0$ – без притискача. При $\Delta = 1,5 \dots 2,0$ можливі обидва варіанти.

5.4 Згідно з (4.3) визначити зусилля витягування P , кг. Необхідні для розрахунку значення границі міцності вихідного матеріалу (вуглецевої сталі) – σ_s , кг/мм² наведені у таблиці А.1 Додатка (в залежності від номера варіанта та марки сталі).

5.5 Використовуючи залежність (4.4), визначити зусилля притискання Q , кг.

Значення тиску притискача q в залежності від матеріалу заготовки наведені у таблиці А.2 додатка А. Значення радіуса заокруглення матриці r_m залежно від коефіцієнта витягування m та відносної товщини заготовки $\Delta = S/D$ наведені у таблиці А.3 додатка А.

5.6 Підрахувати роботу, витрачену при витягуванні даної деталі, згідно з (4.6). Дані емпіричного коефіцієнта λ в залежності від коефіцієнта витягування m наведені в таблиці А.4 додатка А.

6 ЗМІСТ ЗВІТУ

- 1 Назва та мета роботи.
- 2 Сутність процесу витягування.
- 3 Схема процесу витягування.
- 4 Розрахунок основних технологічних параметрів витягування.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- 1 У чому полягає сутність витягування?
- 2 Яку форму можуть мати деталі, виготовлені витягуванням?
- 3 Як влаштований і працює витягувальний штамп?
- 4 Яке призначення заокруглення робочих кромek матриці і пуансона?
- 5 Як вибирають радіус заокруглення матриці?
- 6 Які причини складкоутворення та заходи його запобігання?
- 7 Як вибирається спосіб витягування – з притискачем чи без нього?
- 8 Які ви знаєте основні технологічні параметри витягування?
- 9 Що таке коефіцієнт витягування і яке його призначення?
- 10 Що таке напруга витягування?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Технология конструкционных материалов: Учеб. пособие для вузов / А.М. Дальский, В.С. Гаврилюк, Л.Н. Бухаркин и др. – М.: Машиностроение, 1990. – С. 68-74.
- 2 Суворов И.К. Обработка металлов давлением: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 1980. – С. 345-349.
- 3 Зубцов М.Е. Листовая штамповка: Учеб. для вузов. – Л.: Машиностроение, 1980. – С. 148-207.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Матеріал вихідної заготовки та його границя міцності

Варіант	Марка вуглецевої сталі	Границя міцності (тимчасовий опір) σ_s , кг/мм ²
1-5	08	32
6-11	10	34
12-17	15	37

17-22	Ст.2	39
22-27	20	42
28-33	25	45

Таблиця А.2 – Тиск притискача для різних марок вуглецевої сталі

Марка вуглецевої сталі	Тиск притискача q , кг/мм ²
08	0,20
10	0,22
15	0,24
Ст.2	0,25
20	0,27
25	0,29

Таблиця А.3 – Радіус заокруглення матриці в залежності від коефіцієнта витягування та відносної товщини заготовки

Коефіцієнт витягування m	Радіус заокруглення матриці r_i , мм, при відносній товщині $(S/D) \cdot 100\%$					
	3,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0,25
0,40-0,50	4	5	6	7	9	10
0,51-0,62	3	4	5	6	8	9

Таблиця А.4 – Значення емпіричного коефіцієнта λ в залежності від коефіцієнта витягування

Коефіцієнт витягування m	Емпіричний коефіцієнт λ
0,40-0,45	0,90
0,46-0,50	0,85
0,51-0,55	0,80
0,56-0,60	0,75
0,61-0,65	0,70

