

**Міністерство освіти і науки,
молоді та спорту України
Донбаська державна машинобудівна академія**

**ТЕХНОЛОГІЯ
КОВАЛЬСЬКО-ШТАМПУВАЛЬНОГО
ВИРОБНИЦТВА: ЛИСТОВЕ ШТАМПУВАННЯ**

**Методичні вказівки
до лабораторних робіт**

**(для студентів за напрямком 6.050401
заочної форми навчання)**

ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні секції
методичної ради кафедри ОМТ
Протокол № 1 від 22.08.2012 р.
ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні методичної ради
факультету
Протокол № від

Краматорськ 2011

Технологія ковальсько-штампувального виробництва: листове штампування : методичні вказівки до лабораторних робіт (для студентів за напрямком 6.050401 очної форми навчання) / укл. : О. А. Носаков. – Краматорськ : ДДМА, 2011. - 24 с.

Містять короткий виклад теоретичного матеріалу по окремих лабораторних роботах, методику їх проведення із вказівкою контрольних питань на самостійну роботу та літературу, а також сприяють розвитку у студентів навичок самостійної постановки експерименту, обробки експериментальних даних, зіставлення результатів з теоретичними залежностями, виробляють уміння сформулювати висновки.

Укладач: О. А. Носаков, ст. викл.

Відп. за випуск І. С. Алієв, проф.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

- 1.1 Організація лабораторного практикуму4
- 1.2 Основні вимоги техніки безпеки5

2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

- 2.1 Лабораторна робота №1. Дослідження процесу вирубки.....6
- 2.2 Лабораторна робота №2. Дослідження процесу витяжки
циліндричних виробів.....10

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....15

ДОДАТОК А – Механічні властивості листових матеріалів,
застосовуваних у листовому штампуванні16

ДОДАТОК Б – Значення коефіцієнтів k_1 для першої витяжки
циліндричних деталей19

ДОДАТОК В – Коефіцієнти витяжки циліндричних деталей
без фланця.....19

ДОДАТОК Г – Математичні формули19

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Організація лабораторного практикуму

Лабораторні заняття за курсом «Технологія ковальсько-штампувального виробництва: листове штампування» закріплюють і поглиблюють теоретичні знання студентів, дають поняття про реальне протікання процесів листового штампування, закріплюють знання про методику розрахунків цих процесів, отримані на практичних заняттях, а також сприяють розвитку в них навичок самостійної постановки експерименту, обробки експериментальних даних, зіставлення результатів з теоретичними залежностями, виробляють уміння сформулювати висновки.

Під час лабораторних занять студенти знайомляться з конструкціями та принципом дії штампів, способами їх накладки та встановлення на пресах, спостерігають закономірності плину металу при листовому штампуванні, одержують уяву про силовий режим різних штампувальних операцій, про особливості деформування і технологічні можливості процесів листового штампування.

Виконанню лабораторної роботи передуює самостійна підготовка, у ході якої студенти вивчають основні теоретичні положення по темі даної роботи, використовуючи рекомендовану в посібнику літературу.

Лабораторна робота починається з вивчення мети та методики виконання роботи.

Студенти повинні ознайомитися зі складом і принципом дії устаткування, приладів, штампового оснащення, інструментів, підготувати їх і самостійно в присутності викладача або лаборанта провести експерименти і спостереження, а також зареєструвати результати.

Отримані результати, їх зіставлення та обробка, графічне представлення виявлених залежностей і висновки викладаються в лабораторному зошиті у вигляді звіту про виконану роботу.

У звіті необхідно також дати характеристику устаткування, приладів, пристосувань і інструментів, за допомогою яких виконується лабораторна робота, привести схему та опис експериментального оснащення і представити ескізи зразків, що штампують, до і після деформації.

Методика контролю знань по лабораторних заняттях базується на рейтинговій системі, впровадженій в ДДМА.

Критерії оцінки знань наступні: «відмінно» – 90...100 балів; «добре» – 75...89 балів; «задовільно» – 55...74 бала; «незадовільно» – 0...54 бала за кожну лабораторну роботу.

1.2 Основні вимоги техніки безпеки

Студенти допускаються до лабораторних робіт після проходження інструктажу, який оформляється у встановленому порядку.

Особливу увагу слід звернути на наступне:

- 1) Устаткування, прилади, інструменти, призначені для проведення робіт, повинні бути справними.
- 2) Включення встаткування і приладів проводиться тільки з дозволу відповідального лаборанта.
- 3) Технологічний інструмент повинен бути надійно закріплений, вихідна заготовка встановлена відповідно до вказівок по роботі.
- 4) Робочий хід повзуна преса не повинен перевищувати величини, необхідної для виконання операції.
- 5) Забороняється вводити руки в небезпечну робочу зону працюючого встаткування.
- 6) Установка вихідної заготовки і видалення деталі виконується за допомогою пінцета або кліщів.
- 7) Переналагодження штампа проводиться тільки після вимикання преса.

2 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

2.1 Лабораторна робота №1. Дослідження процесу вирубки

Мета роботи

Вивчити процес вирубки-пробивання деталей з листового матеріалу; установити залежність зусилля вирубки від властивостей і товщини матеріалу; визначити залежність зусиль і якості вирубки від величини зазору.

Основні відомості

Одним з основних факторів, що впливають на силові параметри вирубки-пробивання, є опір матеріалу зрізу. Величина його залежить від роду та стану матеріалу, зазору між матрицею і пуансоном, геометрії та стану ріжучих кромek інструмента, швидкості деформування.

Експериментально встановлено, що залежність опору зрізу від тимчасового опору розриву досить наближена. Так, зв'язок умовного опору зрізу та умовного тимчасового опору розриву виражається залежністю:

$$\sigma_{\text{ср}} = (0,7 \dots 0,9) \cdot \sigma_{\text{в}}, [\text{МПа}]. \quad (2.1)$$

Теоретичне зусилля вирубки-пробивання визначається за формулою:

$$P_{\text{в}}^{\text{T}} = k \cdot L_k \cdot S \cdot \sigma_{\text{ср}}, [\text{Н}], \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт, що враховує стан ріжучих кромek, нерівномірність зазору і товщини матеріалу, $k = 1,2$;

L_k – периметр деталі, що вирубуеться, мм;

S – товщина листового матеріалу, мм;

$\sigma_{\text{ср}}$ – умовний опір зрізу, МПа.

Процес різання штампами складається із трьох стадій: пружної, пластичної та сколювання.

На першій стадії відбувається пружний вигин матеріалу з легким видавлюванням його в отвір матриці. При цьому напруження в матеріалі не перевершують межі пружності.

На пластичній стадії відбуваються вдавнення пуансона в матеріал і видавлювання його в отвір матриці. Безпосередньо під ріжучою кромкою пуансона створюється напружений стан об'ємного стискання, а над ріжучою кромкою матриці — напружений стан з напруженнями радіального розтягання. Перше більш сприятливе для пластичного плину

матеріалу, а друге — менш сприятливе і сприяє виникненню мікротріщин у зоні різання.

До кінця другої стадії напруження поблизу ріжучих кромek досягають максимальної величини, відповідної до опору зрізу.

На третій стадії процесу в ріжучих кромek матриці утворюються тріщини, що сколюють. Після подальшого входження пуансона і вичерпання місцевої пластичності тріщини, що сколюють, виникають і у ріжучих кромek пуансона.

Тріщини, що сколюють, спрямовані по лініях найбільших деформацій зсуву (поверхням ковзання), швидко поширюються на внутрішні шари і викликають відділення частин матеріалу.

При розділових операціях на величину потрібних зусиль, якість поверхні зрізу, точність одержуваної деталі значний вплив має величина технологічного зазору.

При нормальному зазорі між пуансоном і матрицею поверхні зсуву (лінії ковзання), що виникають у ріжучих кромek пуансона, збігаються з поверхнями зсуву та тріщинами, що виникли у ріжучих кромek матриці, і утворюють загальну криволінійну поверхню сколювання (рис. 2.1, а).

При малому зазорі і великій товщині матеріалу поверхні зсуву, що йдуть від кромek пуансона, не збігаються з поверхнями зсуву, що виникли у кромek матриці. Кільцева перемичка, що залишилася, перерізується при подальшому входженні пуансона з виникненням нових тріщин, що сколюють, причому на деталі утворюються надрив і подвійний зріз з задиркою (рис. 2.1, б). Поверхня отвору виходить порівняно гладкою, лише в нижній частині утворюється невеликий шорсткуватий відкол. Тому, якщо потрібно одержати отвір із гладкими рівними стінками, слід робити пробивання з малим зазором. У випадку великого зазору на поверхні утворюються рвані задирки від затягування та обриву матеріалу в зазорі (рис. 2.1, в). Таким чином, мінімальний зазор, що забезпечує збіг тріщин називається оптимальним (нормальним) технологічним зазором.

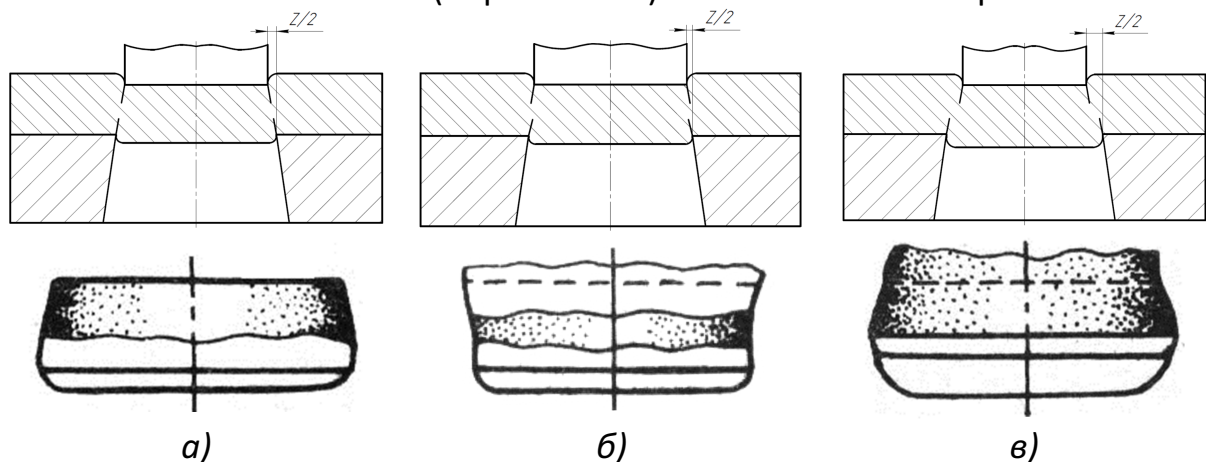
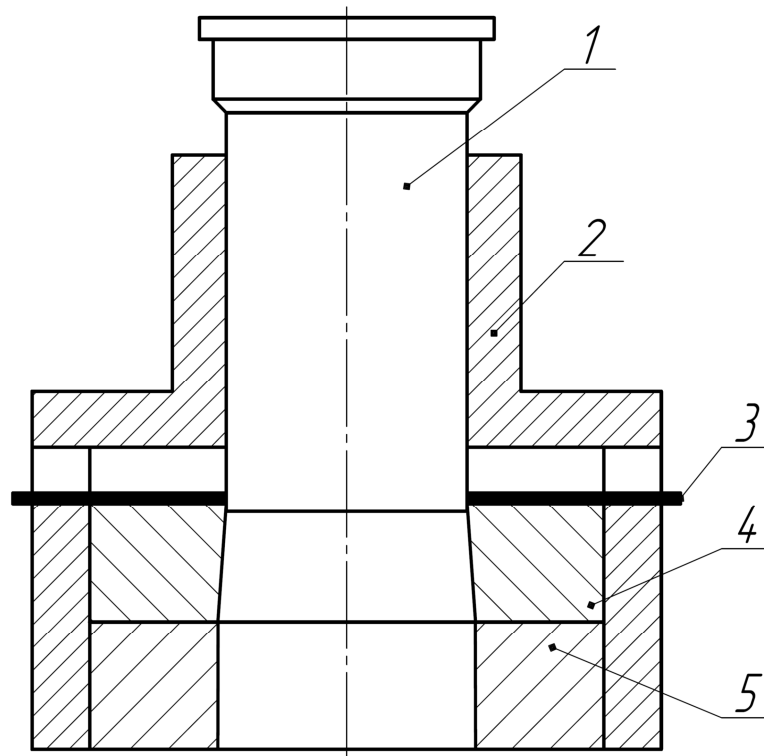


Рисунок 2.1 – Напрямок тріщин, що сколюють, і вид поверхні зрізу вирубаної деталі при нормальному (а), малому (б) і великому (в) зазорах



1 – пуансон, 2 – контейнер, 3 – матеріал, 4 – матриця, 5 – кільце.

Рисунок 2.2 – Схема експериментального штампа

Матеріальне забезпечення

- 1 Кривошипний або гідравлічний прес.
- 2 Експериментальний штамп (рис. 2.2).
- 3 Штаби зі сталей і кольорових сплавів різної товщини.
- 4 Мікрометр, штангенциркуль.

Порядок виконання

- 1 Виміряти товщину штаб у декількох точках.
- 2 Виміряти робочі розміри технологічного інструмента.
- 3 Вирубати заготовки з кожної штаби з реєстрацією експериментального зусилля деформування і діаметра отриманої заготовки.
- 4 Зміна технологічного зазору здійснювати зміною інструмента.
- 5 Однобічний технологічний зазор визначити за формулою:

$$Z/2 = \frac{D_M - D_{\Pi}}{2}, [\text{мм}], \quad (2.3)$$

де D_M – робочий розмір отвору матриці, мм;

D_{Π} – робочий розмір пуансона, мм.

- 6 Виміряти товщину вирубаних заготовок (із задиркою) у декількох точках і визначити величину задирки ΔS за формулою:

$$\Delta S = S' - S, [\text{мм}], \quad (2.4)$$

де S' – товщина краю заготовки після проведення процесу, мм.

7 Розрахувати периметр круглої заготовки за формулою:

$$L_k = \pi \cdot D, [\text{мм}], \quad (2.5)$$

де D – діаметр заготовки, мм.

8 Розрахувати теоретичне зусилля процесу за формулою (2.2).

9 Розрахувати експериментальний умовний опір зрізу за формулою:

$$\sigma_{\text{ср}}^{\text{э}} = \frac{P_{\text{в}}^{\text{э}}}{L_k \cdot S}, [\text{МПа}]. \quad (2.6)$$

Теоретичне значення умовного опору зрізу $\sigma_{\text{ср}}^{\text{т}}$ визначається за додатком А. Зрівняти значення $\sigma_{\text{ср}}$ і зробити висновки.

10 Результати вимірів і розрахунків занести в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Експериментальні та розрахункові дані

№ під-групи	Вид матеріалу	Дм, мм	Дп, мм	Z/2, мм	D, мм	S, мм	ΔS , мм	$P_{\text{в}}^{\text{э}}$, кН	$P_{\text{в}}^{\text{т}}$, кН	$\sigma_{\text{ср}}^{\text{э}}$, МПа	$\sigma_{\text{ср}}^{\text{т}}$, МПа
-------------	---------------	--------	--------	---------	-------	-------	-----------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

Самостійна робота

11 Відібрати три різні диски, вирубані при оптимальному, малому і великому зазорах, і зарисувати форму поверхні зрізу.

12 Побудувати графіки залежності:

$$P_{\text{в}}^{\text{т}}, P_{\text{в}}^{\text{э}} = f(S), P_{\text{в}}^{\text{т}}, P_{\text{в}}^{\text{э}} = f(D), P_{\text{в}}^{\text{э}} = f(Z/2), \sigma_{\text{ср}}^{\text{э}} = f(Z/2), \Delta S = f(Z/2).$$

13 Зробити висновки по роботі.

Питання для самоконтролю

- 1 Яка послідовність поділу матеріалу при вирубці?
- 2 Які фактори впливають на опір зрізу?
- 3 Як впливає зміна величини зазору на якість поверхні зрізу?
- 4 Вплив технологічного зазору на зусилля процесу.
- 5 Вплив технологічного зазору на величину задирки, опір зрізу.
- 6 Вплив технологічного зазору на опір зрізу.
- 7 Поняття технологічного зазору.
- 8 Утворення і поширення тріщин, що сколюють.
- 9 Вплив товщини матеріалу і розмірів заготовки на величину зусилля процесу.

2.2 Лабораторна робота №2. Дослідження процесу витяжки циліндричних виробів

Мета роботи

Визначити граничний коефіцієнт витяжки експериментальним шляхом, експериментальним і аналітичним шляхом розрахувати зусилля витяжки та оцінити вплив коефіцієнта витяжки на зусилля витяжки, встановити вплив змашення на величину граничного коефіцієнта витяжки і зусилля деформування.

Основні відомості

Витяжка – це процес листового штампування, при якому із плоскої заготовки отримують просторову порожню деталь, а для наступних операцій – це зміна розмірів попередньо витягнутого напівфабрикату (зменшення діаметра і збільшення висоти).

Для витяжки характерний складний напружено-деформований стан. У фланці заготовки діють радіальні розтягувальні та тангенціальні напруження. Деформований стан у цій зоні об'ємний. На радіусі матриці заготовка також зазнає об'ємної деформації, викликані вигином навколо радіуса матриці, радіальним розтяганням та тангенціальним стисканням. У циліндричній стінці виробу діють тільки розтягувальні напруження. Дно деталі зазнає двохосьового розтягання.

Найбільше стоншення при витяжці спостерігається біля радіуса закруглення пуансона, найбільше стовщення – біля краю фланця. У зоні найбільшого стоншення може виникнути дефект у вигляді обриву дна.

Деформація при витяжці найчастіше характеризується коефіцієнтом витяжки m , який дорівнює відношенню периметрів напівфабрикатів після деформації (отриманий) і до деформації (початковий).

Так,

– при витяжці циліндричних виробів із круглої заготовки:

$$m = \frac{\pi \cdot d}{\pi \cdot D} = \frac{d}{D}, \quad (2.7)$$

де d і D – відповідно діаметр напівфабрикату і діаметр плоскої заготовки;

– при витяжці циліндричних виробів із прямокутної заготовки:

$$m = \frac{\pi \cdot d}{2 \cdot (a+b)} = 1,57 \cdot \frac{d}{a+b}, \quad (2.8)$$

де a і b – відповідно ширина і довжина плоскої заготовки.

При цьому ступінь деформації при витяжці можна розрахувати за формулою:

$$\varepsilon = 1 - m. \quad (2.9)$$

Таким чином, чим менше значення m , тим інтенсивніше проходить процес витяжки.

Основним способом витяжки є витяжка із притиском, який використовується для запобігання утворення складок (гофрів).

Теоретична величина зусилля притиску розраховується за формулою:

$$Q^T = F \cdot q, [\text{H}], \quad (2.10)$$

де F – площа заготовки, яка притиснута до матриці притиском, мм^2 ;

q – тиск притиску, прийняте за досвідченим даними, МПа.

Так, для сталі $q = 2,5 \dots 3,0$; для алюмінію $q = 0,8 \dots 1,4$; для міді $q = 1,0 \dots 1,5$.

Виходячи із залежності (2.10) можна записати остаточні формули для розрахунків зусилля притиску:

– при витяжці циліндричних виробів із круглої заготовки:

$$Q^T = 0,785 \cdot [D^2 - (D_M + 2 \cdot r_M)^2] \cdot q, [\text{H}], \quad (2.11)$$

де D_M і r_M – відповідно робочий діаметр матриці і радіус кромки матриці, мм;

– при витяжці циліндричних виробів із прямокутної заготовки:

$$Q^T = [a \cdot b - 0,785 \cdot (D_M + 2 \cdot r_M)^2] \cdot q, [\text{H}]. \quad (2.12)$$

Теоретична величина технологічного зусилля витяжки циліндричних виробів визначається за формулою:

$$P^T = L_k \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k_1 = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_B \cdot k_1, [\text{H}], \quad (2.13)$$

де L_k – периметр контуру виробу, мм;

k – коефіцієнт, що враховує величину радіальних напружень у процесі витяжки, що залежить від відносної товщини заготовки, коефіцієнта витяжки і радіуса кромки матриці. Величину даного коефіцієнта прийняти за додатком Б.

Повне зусилля штампування завжди складається з технологічного зусилля процесу і зусиль опірних елементів у конструкції штампа, наприклад, активних притисків, виштовхувачів.

Тому,

$$P_{\Sigma}^T = P^T + Q^T, [H]. \quad (2.14)$$

Схема штампа для витяжки циліндричних виробів із притиском заготовки представлена на рис. 2.2. Штмп складається з верхньої плити 1, нижньої плити 2, напрямних колонок 3, матриці 4, кільця 5, що центрує, притиску 6, пуансона 7, виштовхувача 8, пуансонотримача 9, прокладки 10, напрямних 11 і 12, прокладок 13, 14, 15 і 16, гвинтів 17, 18, 19 і 20, напрямних втулок 21, хвостовика 22, штифтів 23 і 24, поліуретанових буферів 25 і 26.

Матеріальне забезпечення

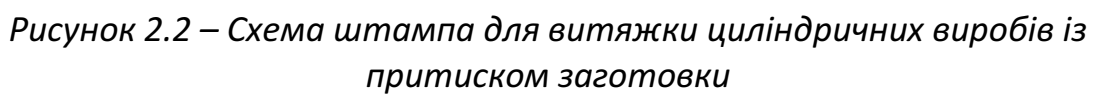
- 1 Механічний або гідравлічний іспитовий прес.
- 2 Універсальний експериментальний штмп для витяжки (рис. 2.2) з комплектом витяжного інструмента.
- 3 Плоскі заготовки зі сталі та кольорових сплавів товщиною до 1,5 мм різного розміру.
- 4 Вимірювальний інструмент: радіусомір, штангенциркуль, мікрометр.

Порядок виконання

- 1 Виміряти товщину матеріалу в декількох точках.
- 2 Виміряти робочі розміри технологічного інструмента і заготовок.
- 3 Робити витяжку, послідовно збільшуючи розмір заготовки до випадку обриву дна. Фіксувати експериментальне зусилля деформування. Визначити граничний коефіцієнт витяжки, що відповідає случаю руйнування.
- 4 Виміряти розміри деталей після витяжки.
- 5 Досліджувати деталі на наявність дефектів. Указати їхні причини.
- 6 Повторити експерименти при зміні одного з наступних параметрів: виду матеріалу, товщини матеріалу, радіусів закруглень пуансона і матриці, умов тертя (зробити витяжку без змащення).
- 7 Розрахувати теоретичні та експериментальні показники процесу за формулами (2.7 - 2.14). Теоретичне значення умовного опору розриву σ_B визначається за додатком А. Рекомендоване теоретичне значення коефіцієнта витяжки визначається за додатком В. Однобічний зазор між інструментом визначається за формулою (2.3).
- 8 Результати вимірів і розрахунків занести в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Експериментальні та розрахункові дані

№ підгрупи	Вид матеріалу	σ_B , МПа	S , мм	D_M , мм	$D_{П}$, мм	$Z/2$, мм	r_M , мм	$r_{П}$, мм	a , мм	b , мм	D , мм	d , мм	h , мм	m^3	m^T	ε^3	ε^T	P_{Σ}^3 , кН	P_{Σ}^T , кН	Характер дефектів	Наявність змащення
---------------	------------------	------------------	----------	------------	--------------	------------	------------	--------------	----------	----------	----------	----------	----------	-------	-------	-----------------	-----------------	---------------------	---------------------	----------------------	-----------------------



Самостійна робота

9 Побудувати графіки залежності:

$$P_{\Sigma}^{\text{з}}, P_{\Sigma}^{\text{т}} = f(S), P_{\Sigma}^{\text{з}} = f(m^{\text{з}}).$$

10 Зробити висновки по роботі.

Питання для самоконтролю

1 Поняття процесу витяжки.

2 Яка схема напружено-деформованого стану при витяжці із плоскої заготовки.

3 Що таке коефіцієнт витяжки?

4 Де небезпечний переріз, по якому може відбутися розрив матеріалу при витяжці? Чому розрив відбувається в цій зоні?

5 Яке призначення притиску?

6 Як змінюється товщина вихідного матеріалу при витяжці?

7 Яка роль змащення при витяжці?

8 Як визначити зусилля витяжки і зусилля притиску?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 **Романовский В. П.** Справочник по холодной штамповке / В. П. Романовский. – Л. : Машиностроение, 1979. – 520 с.
- 2 **Зубцов М. Е.** Листовая штамповка / М. Е. Зубцов. – Л. : Машиностроение, 1980. – 432 с.
- 3 **Мещерин В. Т.** Листовая штамповка: атлас схем / В. Т. Мещерин. – М. : Машиностроение, 1975. – 226 с.

ДОДАТОК А

Механічні властивості листових матеріалів, застосовуваних у листовому штампуванні

Найменування	Марка	Опір зрізу $\sigma_{\text{ср}}$, МПа	Межа міцності $\sigma_{\text{в}}$, МПа	Відносне подовження δ , % (не менш)	
				δ_5	δ_{10}
1	2	3	4	5	6
Тонколистова вуглецева звичайної якості (ГОСТ 380-71, група А) S = 0,5...4 мм	Ст1	280...340	320...400	33	28
	Ст2	290...360	340...420	31	26
	Ст3	330...400	380...470	25	21
	Ст4	360...450	420...520	23	19
	Ст5	430...530	500...620	19	15
	Ст6	520...620	600...720	14	11
	Ст7	≥600	≥700	10	8
Тонколистова вуглецева якісна конструкційна (ГОСТ 1050-74, група І; ТУ за ГОСТ 16523-70) S = 0,2...4 мм	08кп	250	≥300	35	-
	08	280	330	33	-
	10кп	270	320	33	-
	10	290	340	31	-
	15кп	310	360	29	-
	15	320	380	27	-
	20кп	330	390	27	-
	20	360	420	25	-
	25	390	460	23	-
	30	430	500	21	-
	35	460	540	20	-
	40	490	580	19	-
	45	520	610	16	-
	50	540	640	14	-
Тонколистова якісна низьковуглецева для автомобільних кузовів (ГОСТ 9045-70) S = 0,8...1,5 мм	08кп, 08фкп, 08ю	220...280	260...330	-	44
	ОСВ, СВ	220...290	260...340	-	42
Листова низьколегована конструкційна (ГОСТ 19282-73) S = 4...10 мм	14ХГС, 12ХГС, 16ГС, 15ХСНД	430	500	-	18
	10ХСНД 14Х2Ф 10ГНД і ін.	470	540	-	16
Тонколистова легована конструкційна загального призначення (ГОСТ 1542-71) S = 0,5...4 мм	60Г	470...680	550...800	-	14
	65Г	510...720	600...850	-	12
	70Г	550...760	650...900	-	10
	10Г2А	340...490	400...580	-	22
	25ХГСА	420...600	500...700	-	18
	39ХГСА	450...640	550...750	-	16
	12Г2А	420...550	500...650	-	18

Продовження додатка А

1		2	3	4	5	6
Тонколистова високолегована, корозійностійка і жаростійка (ГОСТ 5632-72; ТУ за ГОСТ 5582-75) S = 0,8...4 мм	Відпалена	12X13	340	400	21	-
		20X13	430	500	20	-
		30X13	430	500	15	-
		40X13	480	560	15	-
		12X17	430	500	18	-
		15X25T,15X28	460	540	17	-
Тонколистова високолегована, корозійностійка і жаростійка (ГОСТ 5632-72; ТУ за ГОСТ 5582-75) S = 0,8...4 мм	Загартована	08X18H9	460	540	45	-
		12X18H9	470	550	35	-
		12X18H10T	460	540	40	-
		17X18H9	510	600	35	-
		08X18H12Б	460	540	40	-
		20X23H18	470	550	40	-
		20X25H20C2	470	550	35	-
		14X17H2	940	1100	10	-
		20X13H4Г9	560	650	40	-
Тонколистова електротехнічна кремениста (ГОСТ 214270-75) S = 0,2...0,5 мм		Э1100,Э1200	350	400	-	-
		Э3100,Э3200				
		Э2100,Э2200	430	500	-	-
Тонколистова електротехнічна низьковуглецева типу Армко (ГОСТ 38336-73) S = 0,2...4 мм		Э, ЭА, ЭАА	250	300	-	40
Латунь: м'яка холоднокатана		Л68	260	300		40
		Л62	260	300	-	35
		ЛС59-1	300	350		25
Латунь: напівтверда холоднокатана		Л68	300	350		25
		Л62	330	380	-	20
Латунь: тверда холоднокатана		Л68	340	400		15
		Л62	360	420	-	10
		ЛС59-1	400	450		5
Латунь марганцевиста: м'яка напівтверда тверда		ЛМц58-2	340	390		30
			400	450	-	25
			520	600		3
Бронза олов'яно- фосфориста та олов'яно-цинкова: м'яка тверда особливо тверда		БрОФ6,5-0,25 БрОЦ4-3	260	300		38
			480	550	-	5
			500	650		2
Бронза алюмінієва: відпалена невипалена		БрА7	520	600		10
			560	650	-	5

Продовження додатка А

1	2	3	4	5	6
Бронза олов'янно-цинково-свинцева: м'яка напівтверда	БрОЦС4-4-2,5	240 340...430	300 400...500	-	35 10
Бронза берилієва: м'яка тверда	БрБ2	340...500 550	400...600 650	-	30 2
Мідь: м'яка тверда	М1, М2, М3	180 260	210 300	-	30 3
Алюміній: м'який твердий	А2, А3, АД, АД1	70 110	75...110 120...150	-	30...20 9...6
Дуралюмін: відпалений загартований	Д16 А-М, Д16 А-Т	150...200 270...300	180...250 340...880	-	12 15
Магнієві сплави: холодний підігрітий до 300°C	МА1 МА8	120...140 150...180 30...50 50...70	170...190 270...240 55...60 65...80	- -	3...5 14...15 50...52 58...60
Нікель: м'який твердий	Н1, Н2, Н3	350 470	400 550	-	35 2
Нейзильбер: м'який твердий особливо твердий	МНЦ-15-20	300 480 560	350 550 650	-	35 1 1
Мельхіор: м'який твердий	МН19	260 340	300 400	-	30 3
Цинк	Ц1, Ц2, Ц3, Ц4	120...200	140...230	-	40...36
Свинець	С1, С2, С3, С4	20...30	25...40	-	50...40
Титанові сплави: відпалені	BT1-1 BT1-2 BT5	360...480 440...600 640...680	450...600 550...750 800...850	-	≥25...30 ≥20...25 ≥15
Ковар: м'який	Н30К18	380...520	450...600	-	35...50
Пермалой: м'який	Н78	550...600	650...700	-	30...35
Ніхром: м'який	Х20Н80	640...700	750...800	-	35...45
Феронікель: м'який	Н-52	520...640	600...750	-	30...35

Примітки: опір зрізу є технологічною величиною, а не механічною характеристикою. При вирубці сталей, яких немає в таблиці, прийняти $\sigma_{\text{ср}} = 0,8 \cdot \sigma_{\text{в}}$.

ДОДАТОК Б

Значення коефіцієнтів k_1 для першої витяжки циліндричних деталей

Відносна товщина заготовки $(S/D) \cdot 100$	Значення k_1 при коефіцієнтах першої витяжки m_1								
	0,45	0,48	0,50	0,52	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
5,0	0,95	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50	0,43	0,35	0,30
2,0	1,10	1,00	0,90	0,80	0,75	0,60	0,50	0,42	0,35
1,2	-	1,10	1,00	0,90	0,80	0,68	0,56	0,47	0,37
0,8	-	-	1,10	1,00	0,90	0,75	0,60	0,50	0,40
0,5	-	-	-	1,10	1,00	0,82	0,67	0,55	0,45
0,2	-	-	-	-	1,10	0,90	0,75	0,60	0,50
0,1	-	-	-	-	-	1,10	0,90	0,75	0,60

Примітки: при малих радіусах закруглень $r = (4 \dots 6) \cdot S$ коефіцієнт k_1 береться на 5% більше зазначеного, а зона обривів трохи збільшується. Коефіцієнт k_1 являє собою відношення $k_1 = \sigma_r / \sigma_b$, де σ_r – радіальне напруження витяжки залежно від m та $(S/D) \cdot 100$.

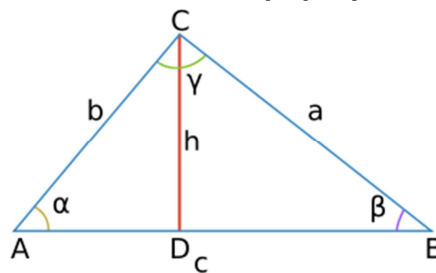
ДОДАТОК В

Коефіцієнти витяжки циліндричних деталей без фланця

Коефіцієнти витяжки	Значення коефіцієнтів витяжки при відносній товщині заготовки $(S/D) \cdot 100$				
	2,00...1,50	1,50...1,00	1,00...0,50	0,50...0,20	0,20...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

ДОДАТОК Г

Математичні формули

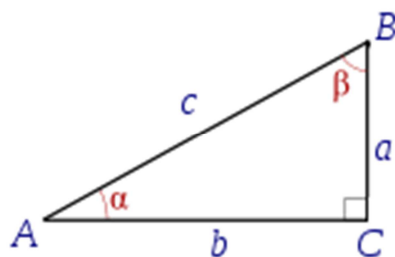


$$\sin \alpha = \frac{a}{c}, \quad \cos \alpha = \frac{b}{c}, \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}, \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}, \quad \sec \alpha = \frac{c}{b}, \quad \operatorname{cosec} \alpha = \frac{c}{a}.$$

Продовження додатка Г

α	$0^\circ (0 \text{ рад})$	$30^\circ (\pi/6)$	$45^\circ (\pi/4)$	$60^\circ (\pi/3)$	$90^\circ (\pi/2)$	$180^\circ (\pi)$	$270^\circ (3\pi/2)$	$360^\circ (2\pi)$
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	N/A	0	N/A	0
$\operatorname{ctg} \alpha$	N/A	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0	N/A	0	N/A
$\sec \alpha$	1	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	$\sqrt{2}$	2	N/A	-1	N/A	1
$\operatorname{cosec} \alpha$	N/A	2	$\sqrt{2}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}$	1	N/A	-1	N/A

α	$\frac{\pi}{12} = 15^\circ$	$\frac{\pi}{10} = 18^\circ$	$\frac{\pi}{8} = 22.5^\circ$	$\frac{\pi}{5} = 36^\circ$	$\frac{3\pi}{10} = 54^\circ$	$\frac{3\pi}{8} = 67.5^\circ$	$\frac{2\pi}{5} = 72^\circ$
$\sin \alpha$	$\frac{\sqrt{3}-1}{2\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{4}$	$\frac{\sqrt{2}-\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{5}-\sqrt{5}}{2\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{5}+1}{4}$	$\frac{\sqrt{2}+\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{5}+\sqrt{5}}{2\sqrt{2}}$
$\cos \alpha$	$\frac{\sqrt{3}+1}{2\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{5}+\sqrt{5}}{2\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{2}+\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{5}+1}{4}$	$\frac{\sqrt{5}-\sqrt{5}}{2\sqrt{2}}$	$\frac{\sqrt{2}-\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{5}-1}{4}$
$\operatorname{tg} \alpha$	$2-\sqrt{3}$	$\sqrt{1-\frac{2}{\sqrt{5}}}$	$\sqrt{\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1}}$	$\sqrt{5-2\sqrt{5}}$	$\sqrt{1+\frac{2}{\sqrt{5}}}$	$\sqrt{\frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}-1}}$	$\sqrt{5+2\sqrt{5}}$
$\operatorname{ctg} \alpha$	$2+\sqrt{3}$	$\sqrt{5+2\sqrt{5}}$	$\sqrt{\frac{\sqrt{2}+1}{\sqrt{2}-1}}$	$\sqrt{1+\frac{2}{\sqrt{5}}}$	$\sqrt{5-2\sqrt{5}}$	$\sqrt{\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1}}$	$\sqrt{1-\frac{2}{\sqrt{5}}}$



$$\alpha = \arcsin (a/c) = \arccos (b/c) = \operatorname{arctg} (a/b) = \\ = \operatorname{arccosec} (c/a) = \operatorname{arcsec} (c/b) = \operatorname{arcctg} (b/a)$$

Теорема синусів

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R,$$

Продовження додатка Г

Теорема косинусів

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos \alpha,$$

де a, b, c — сторони трикутника;

α, β, γ — відповідно протилежні їм кути;

R — радіус описаної близько трикутника окружності.

Навчальне видання

**ТЕХНОЛОГІЯ
КОВАЛЬСЬКО-ШТАМПУВАЛЬНОГО
ВИРОБНИЦТВА:
ЛИСТОВЕ ШТАМПУВАННЯ**

**Методичні вказівки
до лабораторних робіт**

**(для студентів за напрямком 6.050401
заочної форми навчання)**

Укладач: **НОСАКОВ Олександр Анатолійович**

За авторською редакцією
Комп'ютерна верстка **О. С. Орда**

78/2011. Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.
Папір офсетний. Розум. друк. арк. . Обл.-вид. арк. .
Тираж прим. Зам. №

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру
серія ДК №1633 від 24.12.2003.