

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

***С.В.ШВЕЦЬ, Л.М.СЄДІНКІН***

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

**ШТАМПИ ТА ПРЕС-ФОРМИ, КОНСТРУЮВАННЯ ТА  
ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ**

*для студентів спеціальностей 7/8.090204, 6.090202, 6.090203  
денної форми навчання*

**СУМИ ВИД-ВО СУМДУ 2005**

## ***ПЕРЕДМОВА***

Проектування штампів, їхнє виготовлення і розроблення технологічних процесів штампування нерозривно пов'язані між собою. До речі, як і технологічний процес на базі обробки різанням. Але штампи - це дуже складне і дороге обладнання. І якщо необхідні невеликі зміни у конструкції виробу або у технологічному процесі, то старий штамп стає повністю непридатним або необхідно міняти основні його вузли.

Тому технолог повинен добре знати конструкцію штампів, а конструктор повинен мати необхідні знання зі штампування.

Процес штампування має ряд переваг:

- можна одержувати деталі складної форми, виготовляти які іншим методом складно чи неможливо;
- створювати міцні і жорсткі, але легкі деталі;
- одержувати деталі без подальшої механічної обробки;
- скоротити витрати металу;
- застосовувати механізацію й автоматизацію;
- підвищити продуктивність і знизити собівартість деталі.

Розрізняють процеси холодного листового штампування і гарячого об'ємного штампування. У цьому посібнику розглядаються процес та обладнання при холодному штампуванні.

# **РОЗДІЛ 1 КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ОПЕРАЦІЙ ХОЛОДНОГО ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ**

## **1.1 Холодне листове штампування**

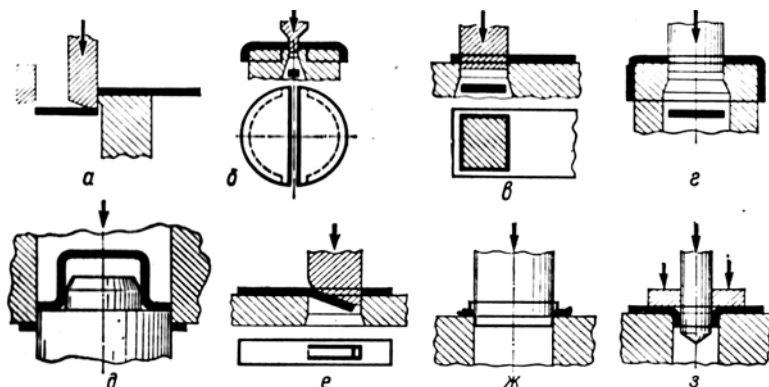
За характером деформацій розрізняють дві основні групи штампувальних операцій:

- деформації з розділенням металу ( рис.1.1);
- формозмінювальні операції (рис.1.2).

Роз'єднувальна операція - це обробка тиском, у результаті якої одна частина заготовки відділяється від іншої за заданим контуром. Формозмінювальна операція - обробка тиском, у результаті чого заготовці шляхом пластичної деформації матеріалу надається задана форма.

До роз'єднувальних операцій належать штампувальні операції, в основу яких покладено процес зсуву матеріалу:

- відрізання (рис.1.2а) - повне відділення частини заготовки по незамкнутому контуру; розрізування (рис.1.1б) - розділення заготовки на частини по незамкнутому контуру;
- вирубування (рис.1.1в)- повне відділення заготовки або деталі від листової заготовки або профільного матеріалу по замкнутому контуру;
- пробивання (рис.1.1г) - утворення у заготовці наскрізних отворів і пазів з видаленням матеріалу у відхід;
- обрізання (рис.1.1д) – видалення припуску;
- надрізання (рис.1.1е) – неповне відділення частини заготовки;
- зачищення (рис.1.1ж) – видалення припуску шляхом зняття стружки для отримання підвищених класів шорсткості поверхні і точності деталі;
- проколювання, (рис.1.1з) – утворення наскрізних отворів у листовій заготовці без видалення матеріалу у відхід (хоча вона і містить елементи змінення форми).

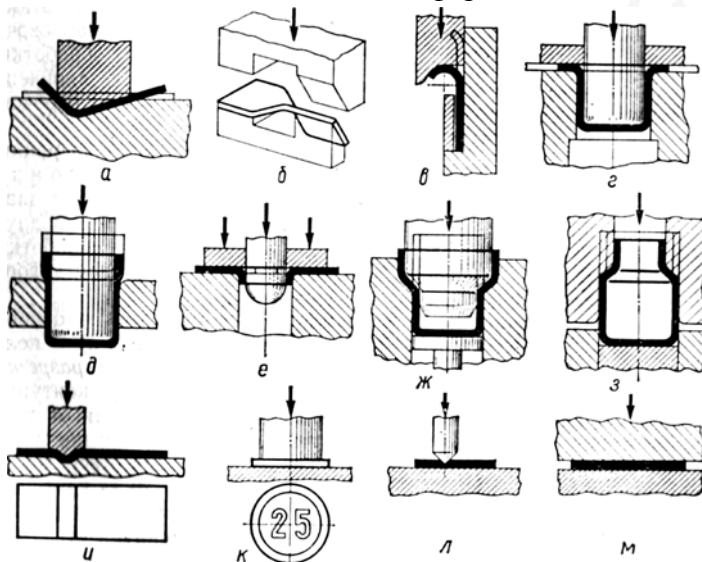


**Рисунок 1.1 - Роз'єднувальні операції холодного штампування**

До формотвірних операцій належать:

- вигин (рис.1.2а) - утворення або зміна рогів між частинами заготовки або надання їй криволінійної форми;
- скручування (рис.1.2,б) - повертання частини заготовки навкруги подовжньої осі;
- загортання (рис.1.2в) - утворення заокруглених бортів на краях плоскої або порожнистої заготовки;
- витягування (рис.1.2г) - утворення порожнистої заготовки або деталі з плоскої або порожнистої листової заготовки;
- витягування із потоншенням (рис.1.2д) - витягування із заданим потоншенням стінок;
- відборткування (рис.1.2е) - утворення борту по внутрішньому або зовнішньому контуру листової заготовки;
- роздавання (рис.1.2ж) - збільшення периметра порожнистої заготовки;
- обтискання (рис.1.2з) - зменшення периметра порожнистої заготовки;
- рельєфне формування (рис.1.2и) - утворення рельєфу у листовій заготовці з її місцевою деформацією;

- рельєфне чеканення (рис.1.2к) – утворення рельєфних зображень на матеріалі, який деформується;
- кернування (рис.1.2л) - рельєфне чеканення точкових заглиблень;
- виправлення (рис.1.2м) – усунення спотворень форми заготовки шляхом пластичної деформації.



**Рисунок 1.2 - Формозмінювальні операції холодного листового штампування**

У результаті виконання штампувальних операцій на заготовці утворюються різні штамповані елементи, поєднання яких забезпечує отримання заданих деталей. У практиці листового штампування найбільш часто використовуються такі штамповані елементи:

- прямий внутрішній кут (рис.1.3а);
- прямолінійна фаска (рис.1.3б);
- внутрішній прямокутний паз (рис.1.3в);
- круглий отвір (рис.1.4а);
- прямокутний або фігурний отвір (рис.1.4б);

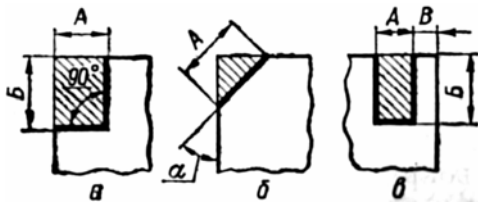


Рисунок 1.3 - Кут

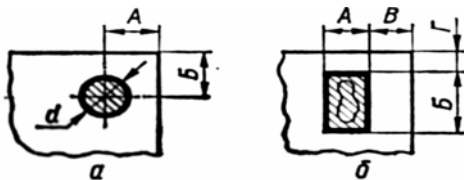


Рисунок 1.4 - Отвір

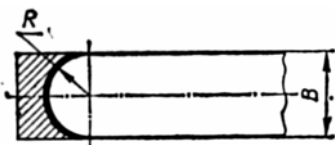


Рисунок 1.5 - Дуга 180°

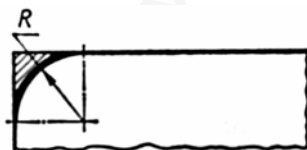


Рисунок 1.6 - Дуга 90°

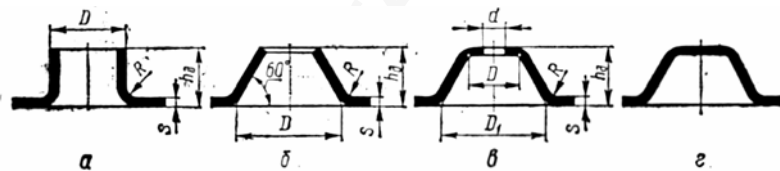


Рисунок 1.7 - Відбортування

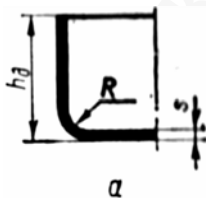


Рисунок 1.8 - Борт

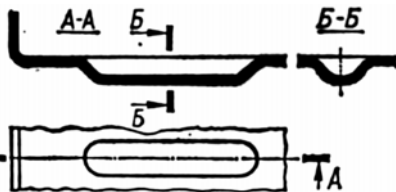
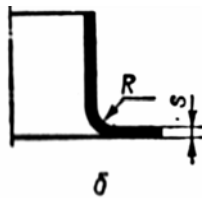


Рисунок 1.9 - Рифлення

- дуга  $180^{\circ}$  (рис.1.5);
- дуга  $90^{\circ}$  (рис1.6);
- відбортування (рис.1.7 *a* - нормальне; *б* – кутове; *в* - тарілчасте; *г* - глухе);
- борт (рис.1.8) *a* –випуклий; *б* – ввігнутий;
- рифлення (рис.1.9);
- вигин (рис.1.10).

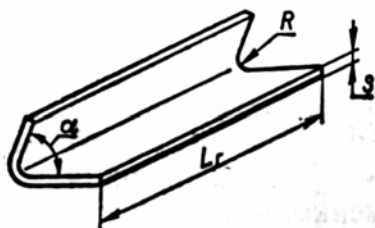


Рисунок 1.10 - Вигин

У зв'язку з цим виділяється така класифікація основних операцій холодного листового штампування (табл. 1.1).

Таблиця 1.1-Класифікація операцій

Комбіновані операції		
Роз'єднувальні операції	Формозмінювальні операції	
Відрізання	Вигин	Розтягування
Вирубання	Звивання	Рельєфне формування
Пробивання	Закручування	Відбортування отворів
Надрізування	Витягування	Відбортування контура
Обрізування	Протягування	Обтискання
Зачищення	Обтягування	Виправлення
Просічення	Закачування	Видавлювання

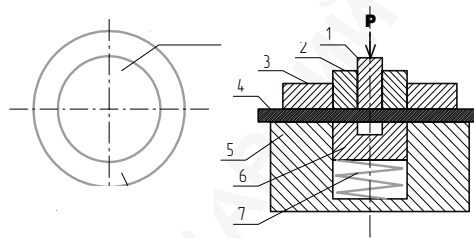
Прості, елементарні операції застосовуються рідко, тому що це економічно не вигідно.

Звичайно застосовують методи комбінованого штампування, що об'єднують кілька таких операцій. Отже, повинна бути спеціальна конструкція штампа, що дозволяє їх об'єднувати.

За способом виконання комбіноване штампування поділяється на три групи:

- поєднане;
- послідовне;
- поєднано – послідовне.

При поєднаному штампуванні (рис.1.11) з однієї установки заготовки і за один хід преса виконується кілька різних операцій.

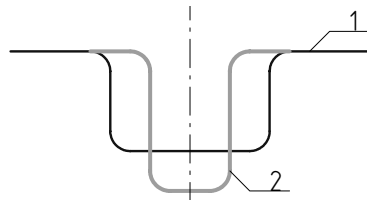


**Рисунок 1.11 - Схема процесу поєднаного штампування:**

**1-пробивальний пуансон; 2-вирубувальний пуансон; 3-знімач; 4-оброблюваний матеріал (смуга); 5-вирубна матриця; 6-пробивальна матриця; 7-пружина**

Послідовне штампування складається із кількох різних операцій (переходів). Вони здійснюються послідовно окремими пуансонами при переміщенні заготовки між ними. Кожен пуансон вимагає свого ходу преса (рис.1.12).

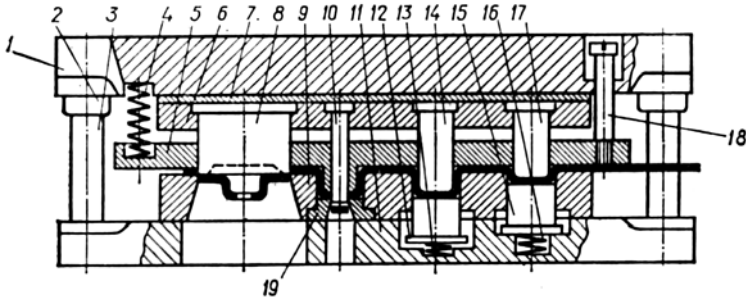
Послідовний штамп для виготовлення чаші показаний на рис.1.13. До верхньої плити 1 прикріплений пуансоноутри-мувач 6, у



**Рисунок 1.12-Схема послідовного витягування**



якому запресовані пуансони: першого витягування 17, другого 14, пробивання 10, вирубання 8. Усі пуансони спираються на загартовану опорну плиту 7. По пуансонах ковзає плита притискання 5, що підтримується гвинтами 18 і

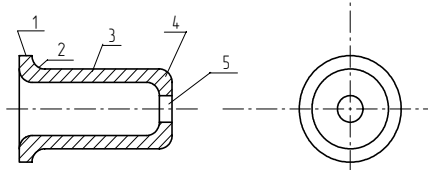


**Рисунок 1.13 – Штмп для послдовного витягування і вирубання чаші**

здійснює притискання (і знімання з пуансонів) стрічки під дією пружин 4. На нижній плиті 11 закрплена матриця 9, в якій запресована матриця-вставка 19 і розміщені виштовхувачі 15 і 12, які прагнуть зайняти крайнє верхнє положення під дією пружин 16 і 13.

Напрямок верхньої плити забезпечується колонками 3 і втулками 2. Стрічка послдовно рухається вперед, і у ній виконується перше і друге витягування, потім у дні витягнутої деталі пробивається отвір і на останній операції вирубуеться готова деталь.

При поєднано-послдовному штампуванні в одному штампі об'єднуються поєднаний і послдовний процеси (рис.1.14). Конструкція штамп ускладнюється. Холодне листове штампування застосовується у масовому, серййному та одиничному виробництві.



**Рисунок 1.14-Схема послідовно - послідовного штампування:  
1,5-поєднана; 2,3,4- послідовна**

Характеристикою типу виробництва є кількість операцій, закріплених за пресом (табл.1.2).

Таблиця 1.2- Тип виробництва

Тип виробництва	Масове	Велико-серійне	Серійне	Дрібно-серійне	Одиничне
Кількість операцій	1-3	4-10	11-30	31-100	< 100

## 1.2 Операція відрізання

Різання тонкого металу вважається заготівельною операцією.

Процес складається з трьох послідовних стадій:

- пружної;
- пластичної;
- сколювання.

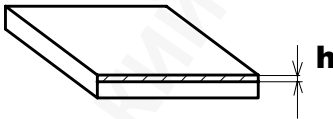


Рисунок 1.15- Розподілення зрізу на зони

На зрізаній країці листа(рис.1.15) виділяються дві зони: вузька блискуча смужка - відповідає пластичній стадії, і більш широка матова - зона сколювання. Чим більша

швидкість руху штампа, тим тонша смужка  $h$ .

## **РОЗДІЛ 2 РІЗАННЯ ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ**

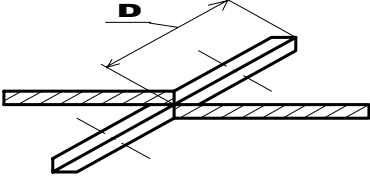
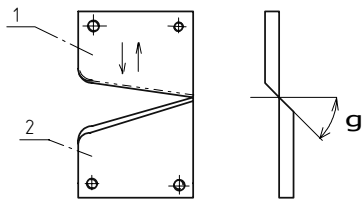
### **2.1 Типи ножиць і схеми різання**

Схематично різні конструкції ножиць та їх застосування наведено у табл. 2.1

Таблиця 2.1- Різновиди ножиць для розрізання листового матеріалу

	<p><i>Гільйотинні та важільні</i>  <math>\varphi = 1-12</math>.            Кут різання <math>\delta = 75-85</math>.            Задній кут <math>\alpha = 2-3</math>.            Зазор між ножами від 0,05 до 0,2 мм.            Товщина заготовки до 40 мм,            різання смуг</p>
	<p><i>Дискові з паралельними осями</i>            Товщина до 30 мм.  <math>D = (25-30) S</math>.  <math>\omega</math> = кут захоплення.            Різання смуг, круглих заготовок</p>
	<p><i>Дискові з похилим нижнім ножем</i>            Товщина до 30 мм.            Різання смуг і круглих заготовок.  <math>D = 20 S</math></p>

Продовження табл.2.1

	<p><b>Дискові з похилими ножами</b>                  Різання круглих криволінійних заготовок.                  Товщина до 20 мм .  <math>D \approx 12 S</math></p>
	<p><b>Вібруючі</b>                  Число ходів 2000-25000 за хвилину.                  Хід ножа 2-3 мм.  <math>\gamma = 6^\circ - 7^\circ</math>.                  Різання криволінійних заготовок.                  Товщина до 10 мм</p>

## 2.2 Розрахунки зусилля різання

### Гільйотинними ножицями

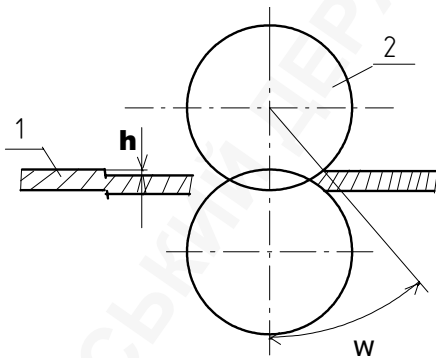


Рисунок 2.1-Схема різання дисковими ножицями

- 1-матеріал , що розрізується;
- 2-дисковий ніж

$$P = 0.5 \frac{S^2}{tg\gamma} \cdot \sigma_{зр}$$

де  $\sigma_{зр}$  – напруження зрізу;  
 $\sigma_{зр} = (0,6-0,8) \sigma_y$ .  
 Якщо  $\varphi = 0$ , то  $P = L \cdot S \cdot \sigma_{зр}$ ,  
 де  $L$  – довжина різця.

### Дисковими ножицями (рис.2.1)

$$P = 0.5 \cdot \frac{h \cdot S}{tg\omega} \cdot \sigma_{зр}$$

де  $h$  - глибина вдавлення перед сколюванням;  
 $\omega$  - кут захоплення.

### 2.3 Зазори між матрицею і пуансоном

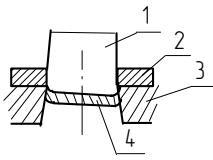


Рисунок 2.2-  
Затуплений

задирки і дефекти.

Якщо затупився пуансон, то задирки утворюються на деталі, яка вирізується (рис.2.2).

Якщо затупилася матриця, то з'являються задирки навколо утвореного отвору (рис.2.3).

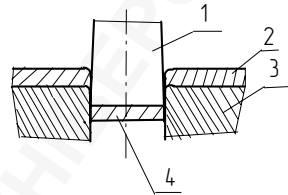


Рисунок 2.3-Затуплена

А якщо затупилися матриця і пуансон, то задирки і на деталі, і на отворі (рис.2.4).

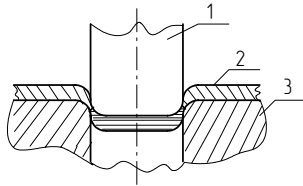


Рисунок 2.4-Затуплені

Різноманіття виробничих умов і різні вимоги до деталей не дозволяють надати єдиного значення зазору для усіх випадків штампування. При проектуванні штампа зазор визначають залежно від операції та товщини металу за таблицею (табл.2.1) або за емпіричною формулою.

При вирубіванні зовнішнього контура зазор утворюють за рахунок зменшення розмірів пуансона. Розмір матриці дорівнює найменшому граничному розміру деталі.

При пробиванні отворів зазор утворюють за рахунок збільшення розмірів матриці. Розмір пуансона дорівнює найбільшому граничному розміру отвору.

Значення початкових зазорів (діаметральні двобічні у мм) можна розрахувати за формулами у залежності від товщини металу  $S$ :

$$\Delta_{\min} = \exp(1,4548 \ln S - 2,7613), \quad (2.1)$$

$$\Delta_{\max} = \exp(1,3388 \ln S - 2,3163). \quad (2.2)$$

Таблиця 2.1-Приблизні значення однобічних зазорів

Сфера застосування	$S$ , мм	Зазор, % від $S$
Звичайне вирубування і пробивання сталі	до 0,2	0
	0,3-3,0	5-8
	3-10	8-10
	10-20	10-12
Пробивання отворів із гладкими стінками	до 3	2-4
	3-10	4-6
	10-20	6-8
Вирубування і пробивання алюмінію	до 3	2-4
	3-10	4-6
Вирубування і пробивання з нержавіючої сталі	до 3	0,02-0,03
	3-10	0,04-0,05
Вирубування і пробивання електротехнічної сталі	0,5	5-8
Штампування на швидкохідних пресах	до 3	6-10
Вирубування великих деталей з тонкого листа	до 2	8-10
Чистове вирубування	понад 6	1

## 2.4 Чистове вирубування, пробивання і відрізання

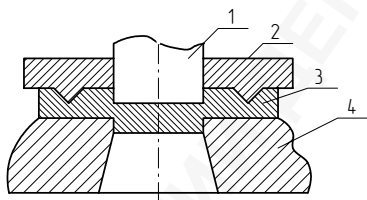


Рисунок 2.5-Місцеве вдавлювання ребра

Звичайне вирубування дає нерівну, злегка криволінійну поверхню.

Щоб домогтися перпендикулярності поверхні, створюють високий тиск на заготовку і змінюють напружений стан у зоні різання.

Створюють стан об'ємного стиску. Для цього здійснюється місцеве вдавнення притискача 2, що має клиноподібне ребро, спрямоване уздовж зовнішньої конфігурації пуансона (рис.2.5).

Конструктивні параметри ребер (рис.2.6) залежно від товщини заготовки  $S$  можна знайти за допомогою формул

$$a = \frac{1}{\frac{1,3278}{S} + 0,0035S},$$

$$h = 0,004S^2 + 0,438 - \frac{0,393}{\exp(S)},$$

$$b = 0,004S^2 + 0,488 - \frac{0,393}{\exp(S)}.$$

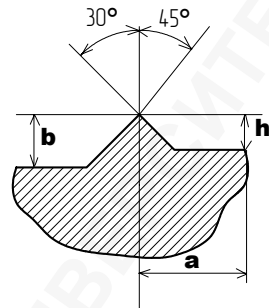


Рисунок 2.6 -  
Клиноподібне ребро

Вдавлення ребра створює підвищену інтенсивність напружень по контуру вирубання. Після цього пуансон 1 вирізує деталь із гладкою та перпендикулярною поверхнею.

Вирізування гумою і поліуретаном виконується (рис.2.7) при товщині листа до 2 мм.

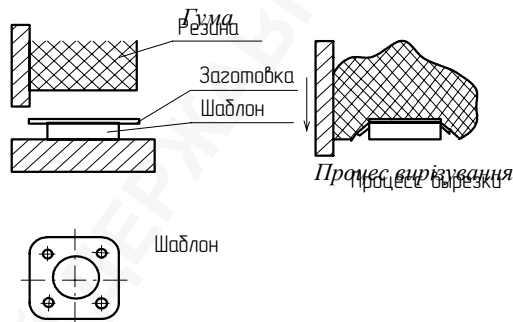


Рисунок 2.7-Процес вирізування  
гумою

## РОЗДІЛ 3 УТВОРЕННЯ НОВИХ ФОРМ

### 3.1 Вигин

Вигин здійснюється у результаті пружно-пластичної деформації. Шари металу усередині кута вигину стискаються у подовжньому напрямку (рис.3.1) і розтягуються у поперечному. Зовнішні шари розтягуються у подовжньому і стискаються у поперечному напрямках.

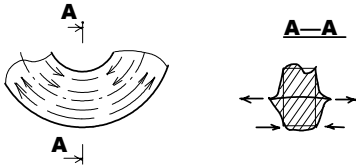


Рисунок 3.1-Пластична деформація при вигині

Загальні технологічні правила до заготовки, яка підлягає вигину.

1 Вирубубання заготовок, що підлягають вигину з малим радіусом, виконують при такому розміщенні на смузі, щоб лінія вигину проходила поперек чи під кутом до напрямку волокон прокату. Інакше можливі тріщини. При великих радіусах напрямок волокон може бути будь-яким (для м'якої сталі малий радіус  $r < (0,5 - 1)$  мм).

2 Вирубубання заготовок несиметричного контура роблять у такому напрямку, щоб при вигині задирки були спрямовані усередину кута вигину. Інакше утворюються тріщини.

3 Заготовку бажано піддавати віброгалтуванню для видалення задирок або видаляти їх іншим способом.

### 3.2 Визначення розмірів заготовки при вигині

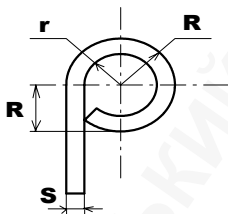


Рисунок 3.5-Розміри деталі

Розміри визначаються з урахуванням пластичних деформацій за спеціальними емпіричними формулами.

Наприклад, при торцевому закручуванні (рис.3.5)

$$L = 1,5\pi r + 2R - S,$$

$$\rho = R - yS,$$

де  $x$  – коефіцієнт стоншення (за таблицею довідника);

$y$  – коефіцієнт зміни радіуса нейтрального шару (за таблицею довідника);

$\rho$  - радіус нейтрального шару.



### 3.3 Пружинення

Вигин відбувається у результаті пластичної деформації. Процес проходить через зону пружинності (рис.3.6).

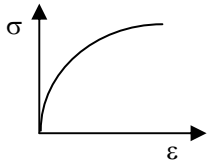


Рисунок 3.6-Залежність між  $\sigma$  та  $\epsilon$

Тому після зняття навантаження відбувається кутова зміна у

бік збільшення кута (рис.3.8). Кут пружинення  $\beta = \alpha_0 - \alpha$  визначається аналітично чи (в основному) за допомогою іспитів та вимірювання.

Для V - подібного вигину

$$\operatorname{tg} \beta = 0.375 \cdot \frac{l \cdot \sigma_T}{R \cdot S \cdot E},$$

де  $R = l-x$ ;

$l$  – відстані між губками матриці.

Найпростіше визначити кут пружинення за дослідом (він різний залежно від матеріалу, від настроювання преса і т. ін.). Для компенсації кута пружинення, необхідно зменшити кут пуансона на  $\beta$  (рис.3.8). Схема вигину кутового профілю показана на рис.3.9.

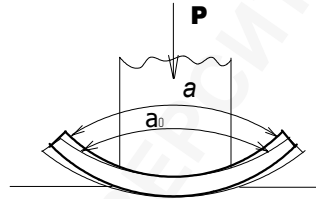


Рисунок 3.8-Збільшення кута після зняття навантаження

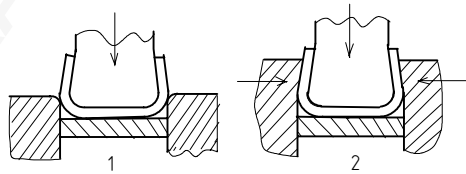
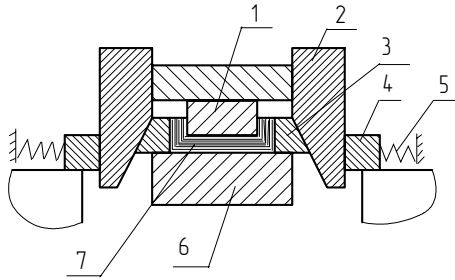


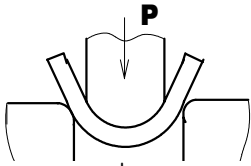
Рисунок 3.8-Компенсація кута пружинення



**Рисунок 3.9-Схема штампа для вигину кутового профілю: 1-пуансон; 2-клин; 3-повзунки для бокового пригинання полиць; 4-упор; 5-пружини; 6-плита опорна; 7- деталь**

При виготовленні деталей з малою кривизною звичайний метод застосувати не можна. Деталі будуть розпрямлятися. Тому використовується вигин з розтягуванням.

### 3.4 Згинальні моменти і зусилля вигину



**Рисунок 3.10-Вільний вигин**

Моменти і зусилля в основному визначаються за емпіричними формулами залежно від схеми вигину. Наприклад (рис.3.10), *однокутовий вільний вигин*

$$P = \beta \cdot S \cdot \sigma_y \cdot k_l,$$

$$M = Pl/4 \quad l = 2(r + S),$$

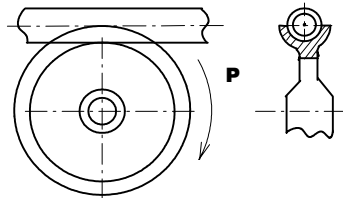
де  $k_l$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і співвідношення  $l/S$ ;

$\beta$  - ширина смуги;

$l$  – відстань між опорами.

Вигин труб виконують на трубозгинальних машинах з нерухомою оправкою ложкоподібної форми (рис.3.11).

При вигині з наповнювачем труби залишаються круглими, але різностінними. При вигині без наповнювача труби сплющуються і набувають овальної форми.



**Рисунок 3.11-Ложкоподібна оправка**

Труби вигинають також у пристосуванні між двома роликми (рис.3.12).

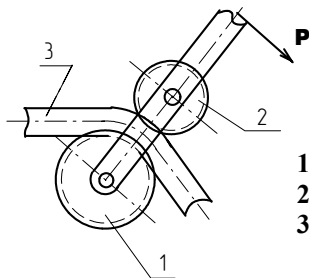


Рисунок 3.12-Схема вигину труби у пристосуванні з двома роликми:

- 1- ролик нерухомий;
- 2- ролик рухомий;
- 3- труба

### 3.5 Закочування

При холодному штампуванні широко застосовується операція закочування, яка виконується при торцевому тисненні пуансона, що має напівкруглу виїмку (рис.3.2).

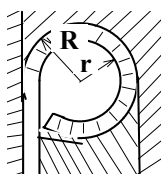


Рисунок 3.2-Схема закочування

Закочування виконується при співвідношенні  $R = (2 - 3,2) S$ . Якщо  $R$  більше, то застосовують оправку радіуса  $r$ .

При торцевому закочуванні край петлі залишиться

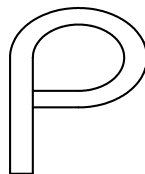


Рисунок 3.3-Край петлі

(рис.3.3).

Для усунення цього недоліку заготовка повинна мати попередньо підігнуті краї (рис.3.4). Закочування відбувається за два чи за три переходи.

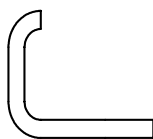


Рисунок 3.4-Попередньо підігнуті краї



## РОЗДІЛ 4 ОБ'ЄМНІ ЗМІНИ ФОРМИ

### 4.1 Витягування листових металів

Витягування - це процес перетворення плоскої заготовки у порожнисту деталь будь-якої форми. Виконується у витягувальних штампах. Розглянемо схему витягування циліндричної деталі з плоскої заготовки і послідовність переміщення металу у процесі витягування (рис.4.1). Нехай процес здійснюється за 4 етапи. У результаті відбувається поступове зменшення зовнішнього діаметра фланця.

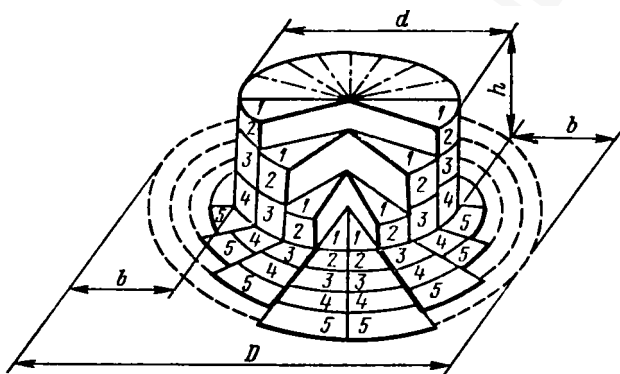


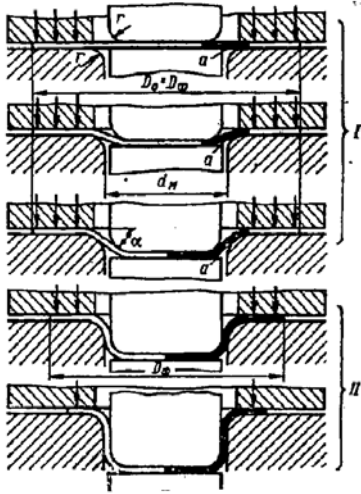
Рисунок 4.1- Послідовність переміщення металу у процесі витягування

При витягуванні кільцева частина заготовки ( $D - d$ ) перетворюється у циліндр діаметром  $d$  і висотою  $h$ . Об'єм металу при витягуванні не змінюється, тому висота деталі

$$h = b \frac{D+d}{2d},$$

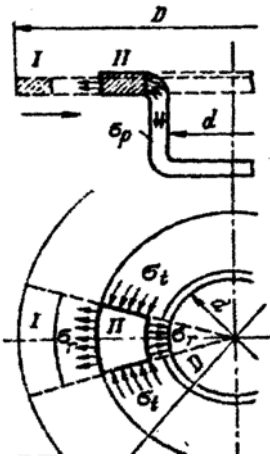
$$h = b \frac{k+1}{2},$$

де  $k = \frac{D}{d}$  - ступінь витягування (при  $k = 2$ ,  $h = 1,5 b$ ).



**Рисунок 4.2-Послідовність процесу глибокого витягування з притискуванням заготовки**

силою затискання фланця і починається рух - витягування фланця.



**Рисунок 4.3-Деформація елемента фланця при витягуванні**

Витягування відбувається за рахунок пластичної деформації. При невеликій товщині матеріалу зміщений об'єм є причиною утворення гофрів (хвиль) на деталі. Для запобігання утворенню гофрів застосовується притискання заготовки складкоутримувачем. Глибоке витягування виконується за 2 стадії (рис.4.2). На верхніх схемах I початкова стадія витягування, що складається з локальної деформації кільцевої ділянки  $a$  при затиснутому фланці. На цій стадії відбувається розтягування кільцевої ділянки  $a$ .

Потім починається II стадія. Тягнуче зусилля переважає над

За технологією методи витягування розрізняються за видом напруженого стану деформованої частини заготовки.

Існують три основних методи витягування.

1 Витягування порожнистих деталей шляхом перетворення плоского фланця у циліндричну чи коробчасту форму при створенні у фланці плоского напруженого стану за схемою стиск-розтягнення (рис.4.3). Сюди належить

витягування циліндричних, овальних, коробчастих та інших деталей з вертикальними чи злегка похилими стінками. Такий метод застосовується до металу підвищеної пластичності і низької міцності (сталь 08 –10 у відпаленому стані).

2 Витягування сферичних, криволінійних і складної форми деталей у штампах з витягувальними (гальмовими) ребрами (нерівномірне напруження). У цьому випадку під притискачем переважають розтягувальні напруження і деформації, а в іншій частині заготовки виникає напружений стан двобічного розтягування. Другий метод – висока пластичність і підвищена міцність матеріалу (X18H9T).

3 Витягування еластичною матрицею. При цьому знижуються розтягувальні напруження у вогнищі деформації і процес витягування полегшується. Третій метод застосовується до металу без підвищених механічних властивостей.

## 4.2 Дійсні деформації при витягуванні

При витягуванні у результаті пластичної деформації відбувається стоншення листа товщиною  $S$ ; подовження у радіальному напрямку,  $r$ ; стиснення у діаметральному напрямку.

Дійсні деформації

$$\varepsilon_r = l_n \left( \frac{r}{r_0} \right); \quad \varepsilon_s = l_n \left( \frac{S}{S_0} \right); \quad \varepsilon_d = l_u \left( \frac{d}{d_0} \right)$$

за умови не стискання

$$\varepsilon_r + \varepsilon_s + \varepsilon_d = 0,$$

або

$$\ln \frac{r}{r_0} + \ln \frac{S}{S_0} + \ln \frac{d}{d_0} = 0,$$

$$\frac{r}{r_0} \cdot \frac{S}{S_0} \cdot \frac{d}{d_0} = 1.$$

Дійсні деформації (рис.4.4) визначаються за формулою  $\varepsilon_t = \ln\left(\frac{d}{d_0}\right)$ , де  $r_0$ -початковий радіус сітки на заготовці;  $r$ -кінцевий радіус тієї самої сітки після витяжки.

При цьому спостерігаються подовження у радіальному напрямку і стиснення (скорочення) у тангенціальному напрямку. При витягуванні у результаті пластичної деформації відбувається стоншення листа товщиною  $S$ ; подовження у радіальному напрямку  $r$ ; стиснення у діаметральному напрямку.

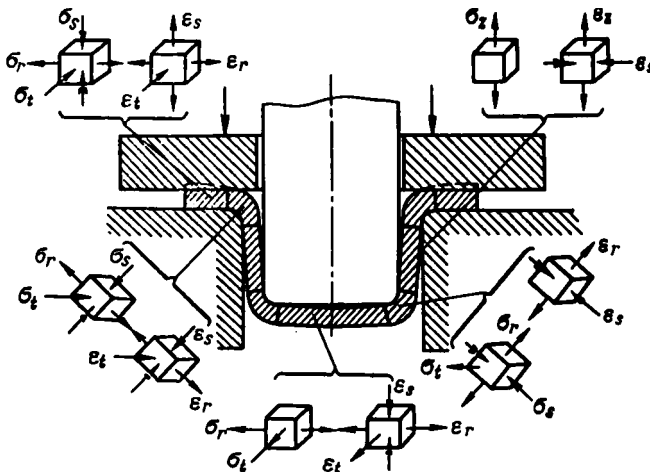


Рисунок 4.4—Схема напружень і деформацій при витягуванні ( $\sigma$ -напруження;  $\varepsilon$ -деформації; індекси біля  $\sigma$  і  $\varepsilon$  означають:  $r$ -радіальні;  $t$ -тангенціальні;  $s$ -осьові)

### 4.3 Розміри заготовок

При визначенні розмірів і форми заготовок при витягуванні використовується основне правило - це рівність об'ємів заготовки і готової деталі. Звичайно зміною товщини матеріалу  $\ln(S/S_0) = 0$  нехтують і визначення розмірів заготовки проводять за рівністю площ поверхні заготовки і готової деталі з припуском на обрізування.

Якщо відбувається велике стоншення стінок, то розрахунок роблять за рівністю об'ємів заготовки і виробу.

На практиці спостерігається таке витягування, що вимагає різних способів підрахунку розмірів заготовок:

- витягування круглих деталей простої форми;
- витягування круглих деталей складної форми;
- витягування прямокутних коробчастих деталей;
- витягування деталей складної і несиметричної конфігурації;
- витягування із стоншенням матеріалу.

Геометрична форма деталі - побічна ознака. За цією ознакою усі порожнисті деталі поділяються на три групи:

- тіла обертання;
- коробчастої форми;
- складної несиметричної форми.

Кожна з цих груп може мати кілька різновидів. Наприклад, тіла обертання можуть бути циліндрами, конусами, гладкими, східчастими і т. ін.



## РОЗДІЛ 5 ПРОЕКТУВАННЯ ЗАГОТОВОК

### 5.1 Розміри заготовок для витягування круглих деталей складної форми

При витягуванні круглих деталей простої форми заготовка має форму круга, діаметр якого визначають за формулою

$$D = 1,13\sqrt{F},$$

де  $F = \Sigma f$  – площа поверхні готової деталі, що дорівнює сумі площ окремих поверхонь.

У довідниках наведені формули для розрахунку  $f$ , а припуски на обрізання у таблицях довідників.

Визначення діаметра заготовок для витягування деталей складної форми виконується на підставі правила Гюльдена-Паппуша: «Площа поверхні тіла обертання, утвореного кривою довільної форми при її обертанні навколо осі, яка розміщена у тій самій площині, дорівнює добутку довжини твірної на шлях її центра ваги»:

$$F = 2\pi \cdot R_s \cdot L,$$

де  $L$  – довжина твірної;

$R_s$  – відстань від осі до центра ваги.

Якщо  $F = F_{загот}$ ;  $2\pi R_s \cdot L = \pi \frac{D}{4}$ , то тоді діаметр заготовки

визначають як  $D = \sqrt{8L \cdot R_s} = \sqrt{8 \sum l_i \cdot r_i}$ .

#### Алгоритм визначення діаметра заготовки

1 Лінію контуру деталі розбиваємо на ділянки, що являють собою прямі відрізки і дуги (рис.5.1).

2 Центр ваги кожної ділянки позначаємо точкою (відрізка - посередині, дуги - розрахувати чи за таблицею).

3 Визначаємо довжину кожної із ділянок  $l_i$ .

4 Визначаємо відстані центрів ваги до осі обертання  $r_i$ ;

5 Перемножуємо  $l_i$  на  $r_i$  і знаходимо суму  $\sum l_i r_i = l_1 r_1 + \dots + l_n r_n$ .

6 За цією сумою (чи з таблиці) за формулою  $D = \sqrt{8 \sum l_i r_i}$  знаходимо діаметр заготовки.

Відстань від центра ваги дугової ділянки профілю до осі, навколо якої вона обертається, визначається таким чином. Нехай  $R$  – радіус дуги профілю,  $r_A$ ,  $r_B$  – відстані від крайніх точок дуги профілю ( $A$  і  $B$ ) до осі, навколо якої вона обертається,  $l$  – відстань між тими самими точками вздовж осі обертання (рис.5.1). Половина хорди, яка проходить через точки  $A$  і  $B$ , дорівнює

$$a = \frac{\sqrt{l^2 + (r_B - r_A)^2}}{2}, \quad (5.1)$$

а відстань від центра дуги  $O_I$  до цієї хорди

$$h_1 = \sqrt{R^2 - \frac{l^2 + (r_B - r_A)^2}{4}}. \quad (5.2)$$

Кут між відрізком  $h_1$  та радіусом у точці  $A$  дорівнює

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{\sqrt{l^2 + (r_B - r_A)^2}}{2R}\right). \quad (5.3)$$

Отже, можна визначити відстань від центра дуги  $O_I$  до центра її ваги:

$$h_2 = R \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (5.4)$$

а відрізок  $\Delta = h_2 - h_1$ .

Відрізок  $\delta = \Delta \cdot \cos \beta$ . Кут  $\beta$  визначається за значеннями  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $l$ :

$$\beta = \arctg\left(\frac{l}{r_B - r_A}\right). \quad (5.5)$$

Тоді відстань від центра ваги до осі обертання

$$r_i = \frac{r_A + r_B}{2} \pm \delta,$$

(+) – для випуклої поверхні; (-) – для ввігнутої поверхні.

Звідси можна записати вираз для визначення відстаней від центрів ваги дуг профілю до осі, навколо якої вони обертаються:

$$r_i = \frac{r_A + r_B}{2} \pm \cos \beta \left( R \cos \frac{\alpha}{2} - \sqrt{R^2 - \frac{l^2 + (r_B - r_A)^2}{4}} \right). \quad (5.6)$$

Кути  $\alpha$  і  $\beta$  визначаються за формулами (5.3), (5.5).

Графічно при використанні сучасного графічного редактора на ЕОМ знайти відстань від центра ваги дуги до осі обертання дуже просто. З'єднуємо центр дуги з точками  $A$  і  $B$  і визначаємо кут між цими променями  $\alpha$ . Із центра  $O_1$  проводимо бісектрису цього кута, а потім відносно цієї бісектриси будуємо кут  $\alpha/2$ , сторони якого перетинають дугу. Точки перетину з'єднуємо і точка перетину цієї лінії з бісектрисою кута  $\alpha$  і є центром ваги дуги. А більш потужні графічні платформи взагалі визначають центр ваги одразу після натиснення кнопки «Центр ваги».

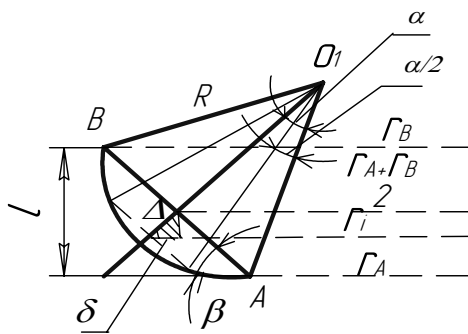


Рисунок 5.1—Схема для визначення відстані від центра ваги дуги до осі обертання

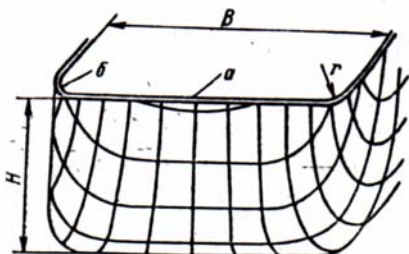


Рисунок 5.2—Деформація координатної сітки при витягуванні прямокутних коробчастих деталей

## 5.2 Розміри і конфігурація заготовок для витягування прямокутних коробчастих деталей

Витягування коробчастих деталей є складним процесом холодного штампування. Якщо нанести на заготовку прямокутну координатну сітку, то після перетворення її у коробку побачимо наскільки складно деформується метал. Бічні стінки стискаються уздовж периметра і подовжуються у вертикальному напрямку. Трохи товстішають у верхній частині деталі.

Для низьких прямокутних коробок ( $H \leq 0,3B$ ) усією цією складністю можна знехтувати і вважати, що бічні стінки просто відгинаються. Якщо  $H \geq 0,5B$ , то це високі коробки.

Низькі коробки витягуються в одну операцію. Високі витягують за кілька послідовних операцій.

Існуючі методи розрахунку і побудови форми заготовки залежать від відносної висоти коробки  $H/B$  та відносного радіуса заокруглення  $r/B$ . Діаграма вибору методу розрахунку показана на рис.5.3. Вище лінії 1 – витягування в кілька операцій. Нижче лінії 2 – витягування в 1 операцію. До області  $\Pi_a$  належить витягування з відносно малими радіусами кутових заокруглень, що виражається залежністю  $r(B-H) \leq 0,22$ .

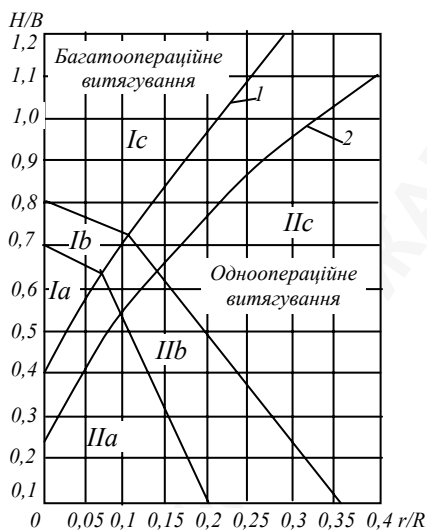
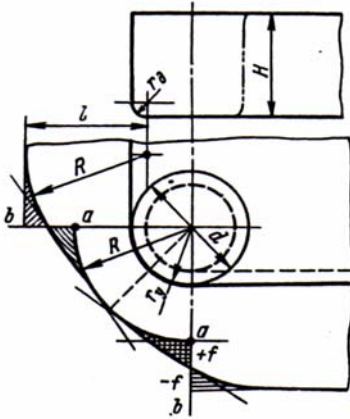


Рисунок 5.3–Діаграма для визначення способу витягування

Заготовка у цьому випадку є геометричним розгорненням коробки на площину. Розрахунок і побудова заготовки такі (рис.5.4):

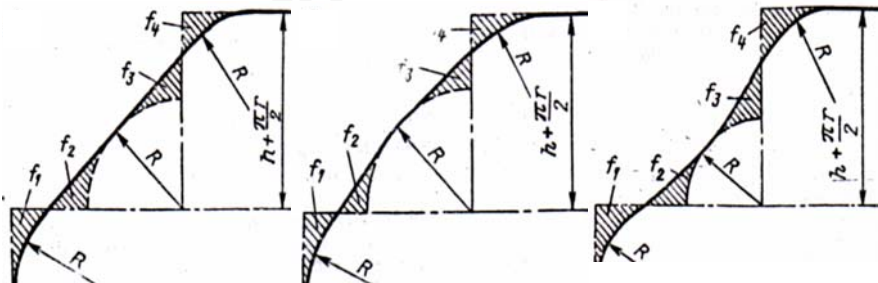


**Рисунок 5.4-Побудова контура заготовки для низьких прямокутних коробок, що витягаються за одну операцію:**

$r_s$  - радіус біля дна коробки;  
 $r_y$  - радіус у куті коробки

У результаті такої побудови виходять різні форми переходів у кутах заготовки (рис.5.5).

Якщо коробки після витягування обрізають, то високої точності у розрахунку заготовки не потрібно. Можна застосовувати прямокутну заготовку.



**Рисунок 5.5 - Різні випадки заокруглення у кутах заготовки**

Область II в охоплює величину невисоких коробок при  $0,22 < r / (B - H) < 0,4$ .

У цьому випадку порядок розрахунку такий:

1 Визначають довжину частини стінки, що згинається:

$$l = H + 0,57 \cdot r_d.$$

2 Визначити радіус заготовки у кутах R:

$$R = \sqrt{2r_y \cdot H} = \sqrt{dH} \quad \text{при } r_s = r_y,$$

$$R = \sqrt{r_y^2 + 2r_y H - 0,86r_y (r_y + 0,16 \cdot r_y)}$$

при  $r_y \neq r_s$ .

3 Одержують заготовку зі східчастим переходом від заокруглення до прямих стінок.

4 Відрізки  $ab$  поділяють навпіл і проводять дотичні до окружності радіуса R.

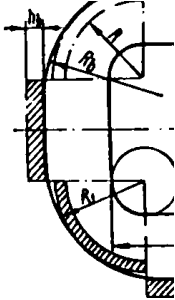
Кути між дотичними і прямими стінками закруглюють по радіусу R.

1 Визначають довжину розгорнення прямих стінок  $l$  і радіус заготовки у кутах (за тими самими формулами):

$$l = H + 0,57 r_y,$$

$$R = \sqrt{d \cdot H}, \quad R = \sqrt{r_y^2 + 2r_y H - 0,86r_y(r_y + 0,16r_y)}.$$

2 Будують заготовку зі східчастим переходом від заокруглення до прямих стінок (рис.5.6).



**Рисунок 5.6-Побудова заготовок для витягування невисоких коробок з великими радіусами кутових заокруглень**

3 Визначають збільшений радіус у кутах розгорнення :

$$R_l = x \cdot R,$$

$$\text{де } x = 0,074(R/d)^2 + 0,982.$$

4 Визначають ширину смужки  $h_b$ , що відділяється від геометричного розгорнення прямих сторін для компенсації подовження за рахунок пластичної деформації:

$$h_b = y \frac{R^2}{B - 2r}; \quad h_a = y \frac{R^2}{A - 2r}$$

( $y$  – із таблиць).

5 Виконують згладжування профілю заготовки.

Область  $IIc$  охоплює одноопераційне витягування високих коробок з великим радіусом заокруглень

$$r / (B - H) \geq 0,4.$$

Форма заготовки наближена до кола чи до заокругленого овала (рис.5.7).

Можна не вдаватися до геометричної побудови заготовки, а розрахувати її, використовуючи умову рівності поверхонь деталі і заготовки.

Для квадратних коробок

$$D = 1,13 \sqrt{B^2 + 4B(H - 0,43r) - 1,72r(H + 0,33r)}.$$

Прямокутні коробки розміром  $A \times B$  можна розглядати як такі, що складаються з 2 половинок квадратних коробок шириною  $B$ , з'єднаних проміжною частиною  $A-B$ .

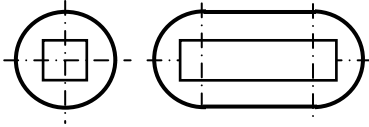


Рисунок 5.7-Форма заготовок

для коробок з великим

малими радіусами заокруглень. Такі коробки важко або неможливо витягнути за одну операцію. Заготовку можна розрахувати таким самим методом, що і для області *IIIa*.

Тоді площа заготовки буде обкреслена двома дугами радіуса  $R$ , з'єднаних відрізками довжиною  $(A-B)$  і чисельно дорівнює  $S = \pi R^2 + (A-B) \cdot 2R$ .

До області *Ia* належить витягування порівняно невисоких коробок,  $H \leq (0,7-0,8)B$ , але з

### 5.3 Розрахунок заготовок для високих коробок

При багатоопераційному витягуванні високих коробок  $H/B \leq 0,7 - 0,8$  - область *Ic*, заготовка має форму кола або овала. Розраховується так, як і для коробок, що належать до області *IIIc*.

Ділянка *Ib* є перехідною зоною між *Ia* і *Ic*.

#### Приклад

Розрахувати кількість операцій і розміри переходів для витягування циліндричної деталі зовнішнім діаметром  $d_g = 92$  мм

і висотою  $h_s = 202$  зі сталі 08 товщиною  $S = 2$  мм (рис.5.8). Розрахунковий діаметр по середній лінії

$$d_p = 92 - 2 = 90 \text{ мм.}$$

Знаходимо припуск на обрізання (за табл. 34 [1]).

Для відношення  $h/d = 202/90 \approx 2,4$  припуск дорівнює 8 мм.

Таким чином, висота деталі з

припуском на обрізання дорівнює

$$h = 202 + 8 = 210 \text{ мм.}$$

Підрахуємо діаметр заготовки за формулою з табл. 32 [1]:

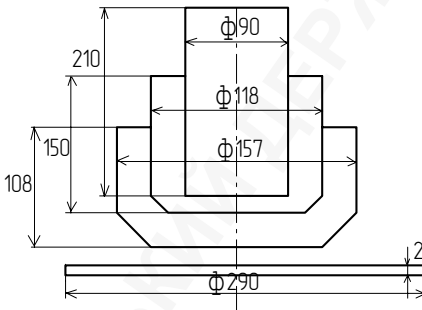


Рисунок 5.8 - До розрахунку процесу витягування

$$D = \sqrt{d^2 + 4dh}, \quad d = 90, \quad h = 210,$$

$$D = \sqrt{90^2 + 4 \cdot 90 \cdot 210} = 10\sqrt{81 + 672} = 10\sqrt{753} = 290 \text{ мм.}$$

Знаходимо відносну товщину заготовки

$$\frac{S}{D} \cdot 100 = \frac{2}{2,90} = 0,69\%.$$

З таблиці 45 [1], знаходимо коефіцієнти витягування:

$$m_1 = 0,52 - 0,56 \approx 0,54,$$

$$m_2 = 0,74 - 0,76 \approx 0,75,$$

$$m_3 = 0,76 - 0,78 \approx 0,77,$$

$$m_4 = 0,78 - 0,8 \approx 0,79.$$

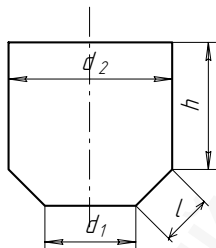
Діаметри переходів по середній лінії:

$$d_1 = 290 \cdot 0,54 = 157 \text{ мм}, \quad d_2 = 157 \cdot 0,75 = 118 \text{ мм},$$

$$d_3 = 118 \cdot 0,77 = 91 \text{ мм.}$$

Але  $d_3 = 90$  мм. Тоді  $m_3 = 90/118 = 0,76$  мм. Це може бути.

Отже, одержуємо деталь за три операції. Для полегшення процесу витягування беремо на перших двох операціях форму зі скосом біля дна (рис.5.9). Діаметр заготовки деталі зі скосами розраховується за формулою



$$D = \sqrt{d_1^2 + 2l(d_1 + d_2) + 4d_2h}.$$

Користуючись нею, підраховуємо міжопераційну висоту деталей, що витягаються:

$$h_1 = 10,8, \quad h_2 = 160; \quad h_3 = 210.$$

**Рисунок 5.9-**  
**Міжопераційні**  
**розміри**

Результати отриманих підрахунків є вихідними даними для проектування штампів, а також для визначення зусилля витяжки і вибору преса.



## 5.4 Технологічні розрахунки при послідовному витягуванні у стрічці

Такий розрахунок полягає у виборі схеми штампування (однорядна чи багаторядна, з надрізанням стрічки чи у цілій стрічці), у визначенні числа витягувальних переходів, у розподілі металу за окремими переходами і підрахунку висоти витягування на переходах, у розподілі за позиціями штампа інших переходів (калібрування, пробивання, обрізування і т. ін.).

Відповідно до схеми штампування розробляється конструкція штампа.

Існують два способи послідовного витягування у стрічці:

1 - витягування у цілій стрічці;

2 - витягування із надрізуванням стрічки чи вирізуванням проміжків.

Перший спосіб застосовується при витягуванні дрібних деталей з відносно товстого і пластичного матеріалу при малій величині фланця

$$S > 0.05 d, \quad d_{cp} = (1,1 - 1,2)d.$$

Другий спосіб застосовується при витягуванні деталей з відносно тонкого матеріалу, а також деталей із широким фланцем

$$S < 0.05 d, \quad d_{cp} > 1,2 d.$$

Перший спосіб більш економічний за витратами матеріалу, але застосовується в основному для багаторядного витягування невеликих циліндричних деталей. Другий спосіб дає багато відходів, застосовується для витягування деталей складної форми.

Застосовується кілька типів розкрою і надрізування стрічки (рис.5.10).

Найбільш зручним у виробництві визнаний випадок в). Крок подачі для витягування з надрізанням

$$H = D_3 + n.$$

Штампи з бічними кроковими ножами застосовують в основному для ручної подачі заготовок. При цьому ширина стрічки збільшується на ширину металу, що зрізується ножами.

При послідовному витягуванні у стрічці крокові ножі не обов'язкові, тому що отримана на перших переходах опуклість деталі дозволяє центрувати її у гніздах матриць подальших переходів.

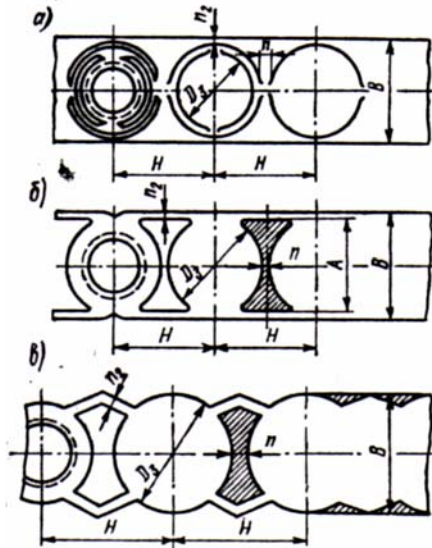


Рисунок 5.10 - Типи розкрию:

- a)* розкрий з подвійним надрізанням;
- б)* розкрий з вирізанням проміжків;
- в)* розкрий з вирізанням проміжків і зовнішнім обрізанням.

## РОЗДІЛ 6 ВИТЯГУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ ФОРМИ

### 6.1 Витягування деталей сферичної форми

При витягуванні деталей сферичної форми коефіцієнт витягування постійний і для будь-якого діаметра дорівнює  $m=0,71$ .

Процес витягування сферичних деталей ускладнюється тим, що велика частина поверхні заготовки залишається непритиснутою і легко утворюються тріщини і гофри.

Для запобігання утворенню складок використовують матриці з витяжними ребрами. Це ускладнює процес, викликає непередбачений брак, тому що дія витяжних ребер хоча і зрозуміла, але не достатньо вивчена.

Завдання витяжних ребер - загальмувати краї заготовки, що рухаються. І крім того, замість плоского деформованого стану створити об'ємне. Штмп для сферичного витягування у матриці з витяжними ребрами показаний на рис.6.1.

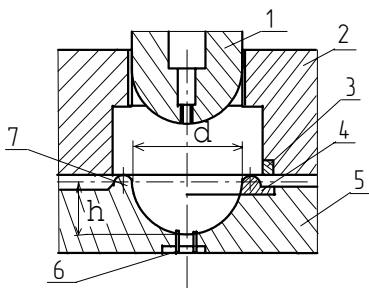


Рисунок 6.1-Штмп для сферичного витягування з витяжними ребрами 1-пуансон ; 2-напрямна; 3-вставний притиск; 4-вставне ребро; 5-матриця; 6-виштовхувачі; 7- ребро, виготовлене за одне ціле з матрицею

Крім витяжних ребер, створити об'ємне деформування можна (рис.6.2) за рахунок збільшення зусилля притискання; за рахунок збільшення ширини фланця; за рахунок створення витяжних (гальмових) ребер; за рахунок створення перетяжних порогів (різновид ребра).

Застосування витяжних ребер збільшує радіальні напруження і зменшує тангенціальні. Витяжні ребра розміщуються по периметру заглиблення матриці (рис. 6.3). Це

знижує ступінь деформації у тангенціальному напрямку, зменшує імовірність утворення складок (рис.6.4).

Замість притискання і ребер іноді застосовується подвійний вигин (рис.6.5).

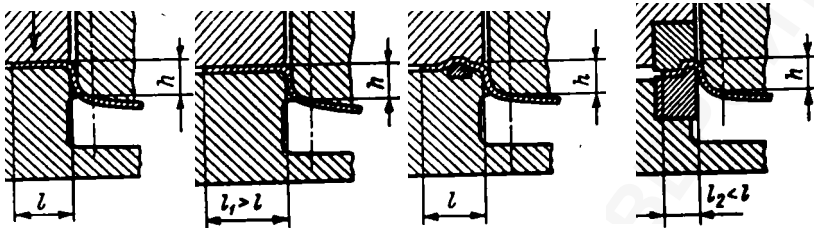


Рисунок 6.2 - Різні способи збільшення інтенсивності гальмування фланця заготовки під притискачем: а) збільшення зусилля притискання; б) збільшення ширини фланця; в) застосування витяжних (гальмових) ребер; г) застосування перетяжних порогів

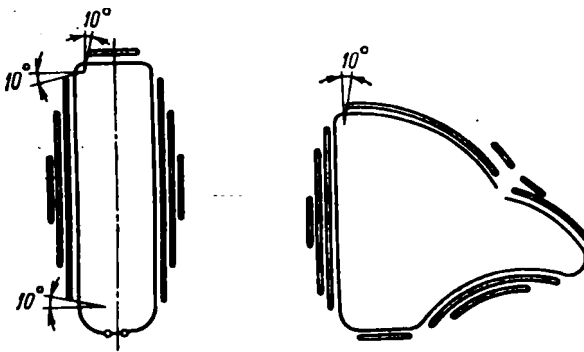


Рисунок 6.3 - Приклади розміщення витяжних ребер

## 6.2 Витягування із стоншенням стінок

Допускається ступінь деформації

$$E = (F_0 - F) / F_0 \approx (S_0 - S) / S_0,$$

де  $F_0$ ,  $S_0$  – площа поперечного перерізу і товщина стінки до витягування;

$F$ ,  $S$  – площа поперечного перерізу і товщина стінки після витягування.

Дослідним шляхом з використанням цієї формули складені таблиці, де зазначені середні значення  $E$  и одержані при цьому

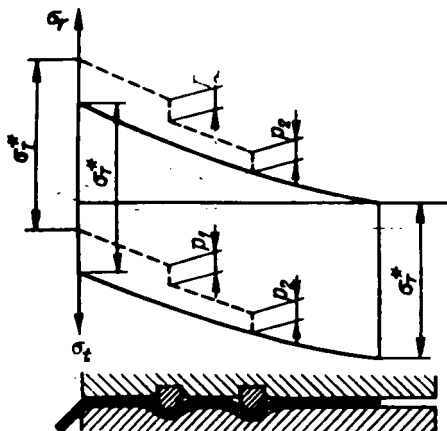


Рисунок 6.4 - Вплив витяжних ребер на розподіл напруження у фланці

коефіцієнти стоншення  $m_{min}$  при використанні різних матеріалів для заготовок.

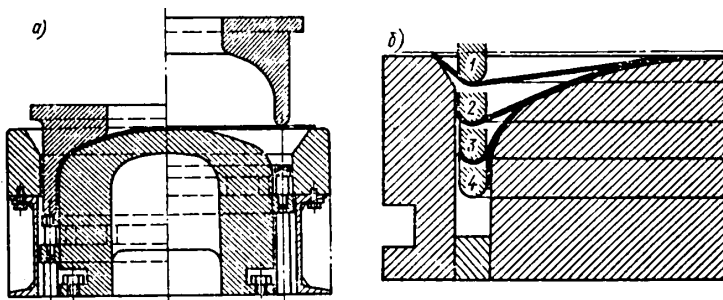


Рисунок 6.5 –Витягування з подвійним перегином заготовки:  
а) схема штампа; б) послідовність деформації

Тоді число операцій при витягуванні із стоншенням розраховують за формулою

$$n = \frac{\lg S_0 - \lg S}{\lg \frac{100}{100 - E}}$$

$$S = S_0 \cdot m_{ум}$$

Витягування можна виконувати через дві матриці чи одночасно у 2 матрицях (рис.6.6).

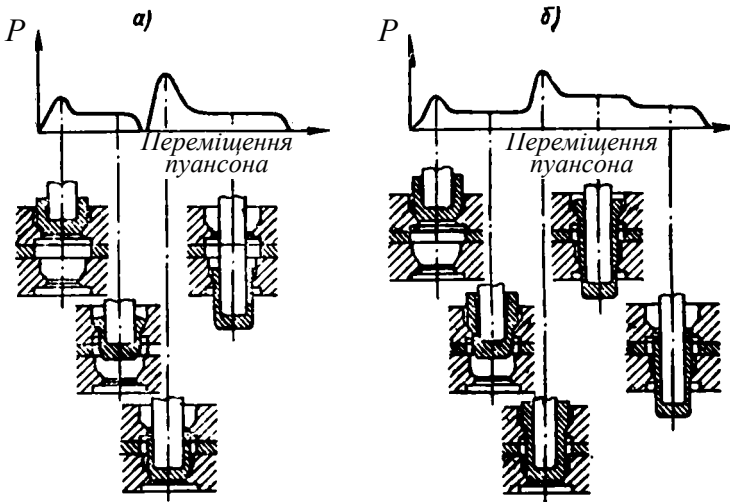


Рисунок 6.6 - Два способи витягування із стоншенням:  
а) послідовно через дві матриці; б) одночасно у двох матрицях

Витягування із стоншенням дозволяє одержувати трубчасті деталі з плоских заготовок. Але якщо процес багатоопераційний, то заготовку необхідно між операціями відпалювати (рис.6.7).

Для підвищення якості обробки необхідно, щоб на кінець витягування гальмування фланця було більш сильним. Для цього застосовують спеціальні пристрої. (рис.6.8).

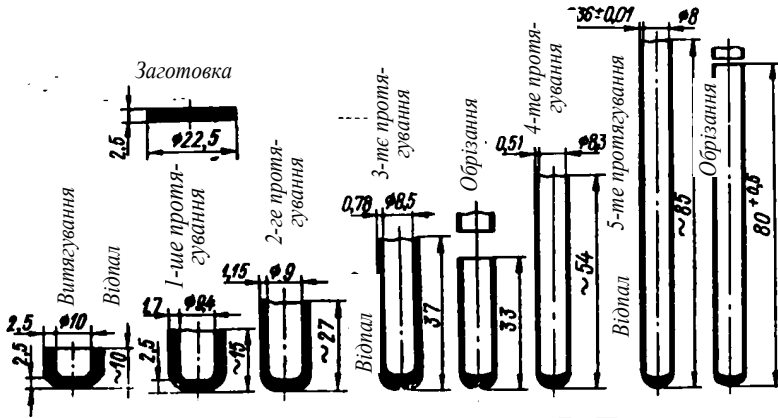


Рисунок 6.7 - Приклад послідовного штампування трубчастої деталі

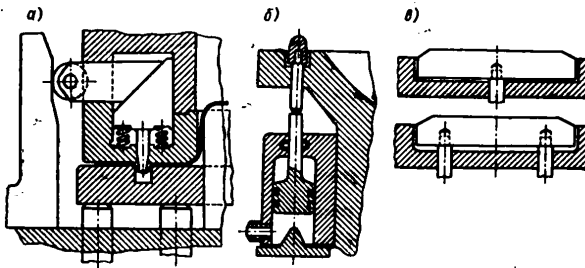


Рисунок 6.8 - Способи збільшення зусилля притискання на кінець робочого ходу

- а) за допомогою клина; б) за допомогою пневмоциліндрів; в) кріплення опорних стрижнів

### 6.3 Зусилля витягування, робота і швидкість

Інженерні формули для визначення зусиль виходять з того, що напруження у небезпечному перерізі повинні бути менші від руйнівних:

$$P \leq L \cdot S \cdot \sigma_p,$$

де  $L$  – периметр виробу;

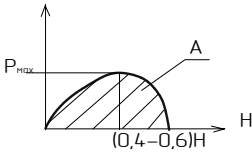
$S$  – товщина.

$$\sigma_p = \sigma_y (1 + \delta_y),$$

де  $\sigma_y$  - межа міцності;

$\delta_y$  - відносне подовження (звуження).

Зусилля витягування протягом ходу пуансона не постійне. Графік залежності  $P$  від глибини витягування такий (рис 6.9).



**Рисунок 6.9 - Залежність  $P$  від глибини витягування**

Площа під графіком - це робота

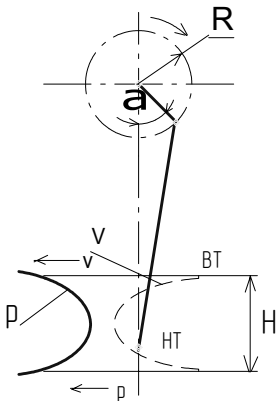
$$A = \int_0^h P(H) dH. \quad \text{Однак для}$$

інженерних розрахунків можна використовувати формули:

$$A = P_{cp} \cdot h, \quad P_{cp} = C \cdot P_{max}, \\ C \approx 0,6 - 0,8$$

Обчислена робота разом з роботою притискання не повинні перевищувати роботу, яку може виконати прес за один робочий хід:

$$A + A_{cm} \leq A_{np}.$$



**Рисунок 6.10 - Схема механізму преса**

Швидкість витягування повністю ще не досліджена. Однак можна припустити, що при великих швидкостях зменшується пластичність матеріалу, і це для процесу погано. Швидкість визначають як швидкість повзуна преса (рис.6.10):

$$V = R \frac{\pi n}{30} \sin \alpha \approx 0.105 n \sqrt{h(H-h)},$$

де  $H$  - хід преса;

$h$  - робоча частина ходу;

$n = 12 - 150$  хід/хв.

Гідравлічний прес має постійну швидкість.



## 6.4 Змащення при витягуванні

Призначення змащення:

- зменшення тертя між матеріалом і інструментом;
- збереження від задирок і подряпин штампів і виробів.

Вимоги до змащення:

- створювати міцну плівку, що не засихає і витримує великі тиски;
- прилипати і рівномірно розподілятися по поверхні заготовки;
- легко видалятися з поверхні;
- не псувати механічно і хімічно інструмент і деталь;
- бути хімічно стійкою і нешкідливою.

За складом змащення поділяються на такі типи:

- мінеральні олії;
- водомасляні емульсії;
- мильно-масляні емульсії;
- консистентні змащення з наповнювачами;
- тверді плівки і мастила.

При витягуванні вуглецевих сталей найбільш поширені емульсійні і консистентні змащення з наповнювачами. Як наповнювачі використовують крейду, тальк, графіт.

Конкретний склад змащення (табл.6.1) вибирається за рекомендаціями довідників.

Таблиця 6.1 - Один із рецептів змащення

Склад	Склад, %
Веретенна олія	20
Солідол	40
Графіт	20
Сірка	7
Спирт	1
Вода	12

## 6.5 Наклеп металу та відпалювання при витягуванні

У процесі холодної пластичної деформації усі метали (крім свинцю й олова) піддаються зміцненню або наклепу. Це підвищує їх міцність і знижує пластичність. Тому необхідне міжопераційне відпалювання. Звичайно відпалюється уся деталь цілком. Але при багатоопераційному витягуванні таке відпалювання недоцільне, тому що є ділянки (небезпечний переріз), міцність яких знижувати не бажано.

Тому застосовують місцеве відпалювання. Для цього занурюють частину деталі у селітрову чи свинцеву ванну і роблять локальне нагрівання індукційним методом (контактним електронагрівачем, газовим пальником і т. ін.)

Найбільш поширене індукційне нагрівання. Нагрівальна установка являє собою однофазний трансформатор, у якому деталь, що відпалюється, є вторинною одновитковою обмоткою. Тривалість відпалювання 20-40 с.

Щоб уникнути великого окислювання деталей (утворення окалини), виконують «світле відпалювання» у печах з нейтральним середовищем.

Якщо ж умови відпалювання такі, що утвориться окалина, то її видаляють:

- шляхом травлення у кислотах;
- електrolітичним травленням;
- ультразвуковим очищенням.

*Травлення нержавіючої сталі*

10-30 хвилин у розплавленому лузі (80% їдкого натру і 20% селітри).

5-20 хвилин у 13% розчині сірчаної чи соляної кислоти.

*Електrolітичне травлення*

У ванні з 5% сірчаною кислотою.

Щільність струму 8-10 А/дм<sup>2</sup>, U=6в. Деталі підвішують до анода.

Потім промивання:

- промивання у холодній воді;
- нейтралізація у слабкому лужному розчині при 60°-80°С;

- промивання у гарячій воді.

Ультразвукове очищення

1-й спосіб - одночасно з травленням у розчині (2-5 хвилин при  $t=50^{\circ}-60^{\circ}\text{C}$ ):

- 10% сірчаної кислоти;
- 5% соляної кислоти;
- 5 г/л кухонної солі.

2-й спосіб - після попереднього травлення у кислоті занурюють у воду і включають ультразвук.

## **РОЗДІЛ 7 ЗМІСТ І ПОРЯДОК РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

### **7.1 Розроблення технологічних процесів холодного листового штампування**

Складність і висока вартість штампів вимагають вибору ефективного варіанта технологічного процесу. Навіть невеликі подальші зміни приводять до переробки штампа, що вимагає великих витрат.

Ефективність процесу штампування залежить від конструкції готової деталі, від її технологічності. Під технологічністю розуміють таку сукупність властивостей і конструктивних елементів, яка забезпечує найбільш просте й економічне виготовлення деталі.

Показниками технологічності є:

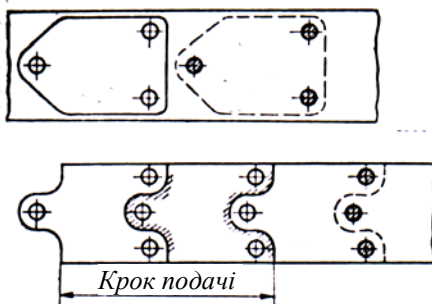
- найменші витрати матеріалу;
- найменша кількість операцій;
- низька трудомісткість операцій;
- відсутність подальшої механічної обробки;
- мінімальна кількість необхідного устаткування і виробничих площ;
- мінімальні витрати на підготовку виробництва;
- висока продуктивність процесу.

Комплексний показник - це найменша собівартість штампованих деталей. Досвід показує, що переважно на собівартість виробів впливає економія матеріалу. 10% зекономленого матеріалу по грошам відповідає збільшенню продуктивності у 3 рази. Тому це повинна враховувати конструкція готової деталі. Наприклад, можна деталь із трьома отворами спроектувати по-різному (рис 7.1).

При створенні деталей, що виробляються штампуванням, варто враховувати такі рекомендації:

- створювати легкі і полегшені конструкції, а для збільшення їх жорсткості передбачати ребра жорсткості, відбортування, згинання фланців і т. ін.

- конфігурація деталі та її розгорнення повинні забезпечувати найвигідніше використання листового матеріалу – маловідхідний чи безвідхідний розкрій;



**Рисунок 7.1- Конструкції деталі з трьома отворами**

- якщо відходи неминучі, то бажано надати їм конфігурації іншої деталі;
- необхідно уникати вузьких і довгих прорізів. Повинно бути  $b > 2S$ ;
- не вирубувати довгі і вузькі деталі, а краще замінити цей процес розплющуванням заготовок із дроту (при  $b > 3S$ ).
- при вигині радіуси повинні бути  $r \geq S$ , менші значення  $r$  тільки у випадку конструктивної необхідності;
- потрібно уникати складних форм деталей, які витягаються;
- відкриті форми порожніх деталей можна проектувати з урахуванням спареної витяжки з подальшим розрізанням на дві деталі.

## 7.2 Етапи створення технологічного процесу

- 1 Аналіз технологічності форми і конструктивних елементів деталі.
- 2 Визначення форми і розмірів заготовки.
- 3 Визначення змісту, кількості і послідовності операцій (суміщеність операцій, кількість одночасно штампованих деталей).
- 4 Розрахунок потужності штампа, визначення його типу і габаритів.
- 5 Вибір способу подавання заготовки та знімання деталі.
- 6 Визначення тривалості виготовлення деталей.

7 Визначення завантаження устаткування.

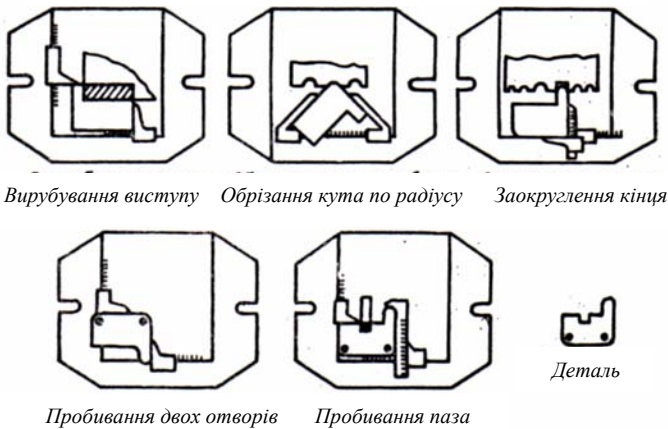
Річна економія визначається за формулою

$$E_p = (3_1 - 3_2)N,$$

де  $3_1$  і  $3_2$  – собівартість деталі за різними варіантами.

Холодне штампування спочатку набуло поширення у великосерійному і масовому виробництві. Тепер же воно застосовується в малосерійному та одиночному виробництві. Це стало можливим завдяки застосуванню універсальних штамтів.

Штампування в універсальних штампах базується на розчленуванні контура деталі на прості елементи (рис.7.2).



**Рисунок 7.2 - Штампування в універсальних штампах**

Такі штампи мають напрямні і упори, які пересуваються за допомогою мікрогвинтів і встановлюються у різних положеннях за допомогою ноніусів та шкал.

Особливістю конструкції таких штамтів є те, що вони не закріплюються у повзуні преса. Прес створює тільки різальне зусилля. А повернення верхньої частини штампа у вихідне положення здійснюється за допомогою пружин.

### 7.3 Деякі особливі операції витягування

Можливе витягування з місцевим підігріванням і охолодженням заготовки (рис.7.3).

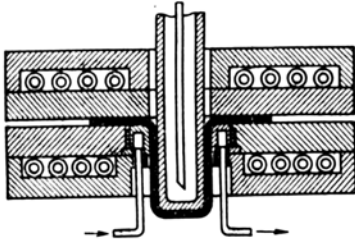


Рисунок 7.3 – Схема місцевого підігрівання

Заготовку нагрівають між матрицею і притискачем. Метал, що втягується в зазор між матрицею і пуансоном, охолоджується за рахунок віддачі тепла пуансону, який охолоджується проточною водою.

Існує декілька способів витягування гумою (рис.7.4).

*1-й спосіб:* витягування з нерухомим пуансоном і нижнім столом.

*2-й спосіб:* витягування при нерухомому пуансоні і рухливому регульованому притискачу.

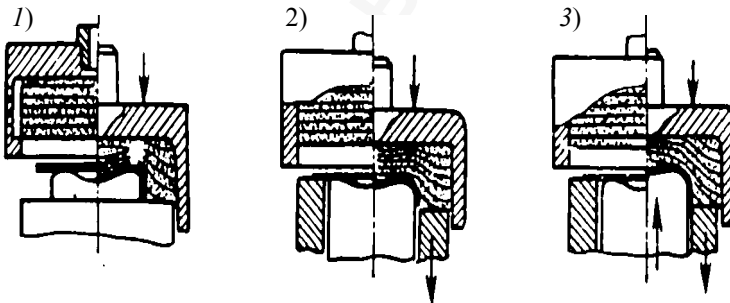


Рисунок 7.4 – Способи витягування гумою

*3-й спосіб:* витягування з рухливим пуансоном і регульованим притискачем.

Конструкція штампа показана на рис.7.5. Поширене ротаційне видавлювання. Давильні роботи застосовуються у дрібносерійному виробництві, коли виготовлення штампів економічно не вигідне (рис.7.6).

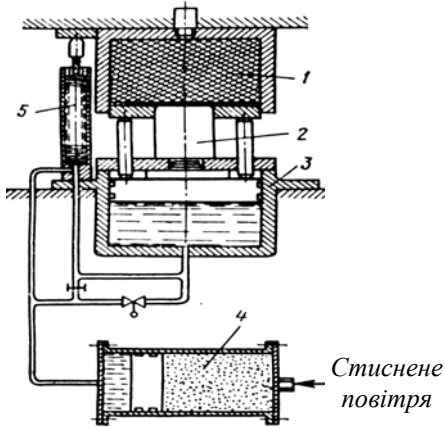


Рисунок 7.5 - Схема установки для витягування гумою

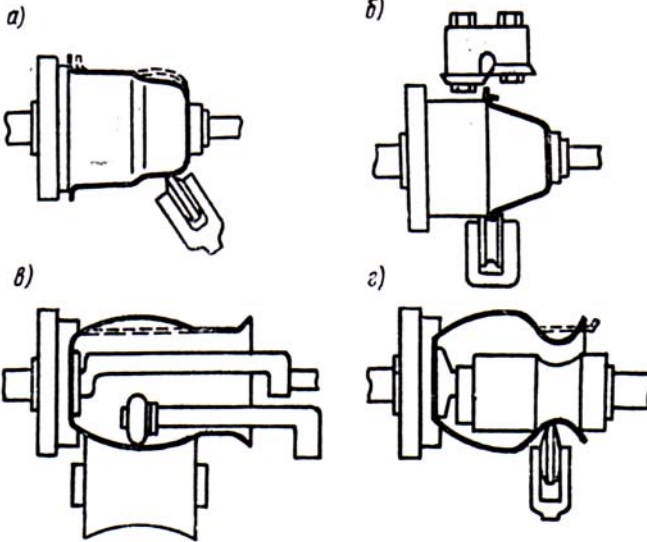


Рисунок 7.6 – Ротаційне видавлювання:

- а) видавлювання дисковим роликом;
- б) обрізування фланця і закачування крайок;
- в) опукле видавлювання зсередини;
- г) увігнуте видавлювання зовні



## РОЗДІЛ 8 ТИПОВІ ВУЗЛИ ТА ДЕТАЛІ ШТАМПІВ

### 8.1 Класифікація штамів

Штампам класифікуються за трьома ознаками:

- технологічною (за родом і суміщенням операцій);
- конструктивною (без напрямних і з напрямними).
- експлуатаційною (подача заготовок і видалення відходів)

*Технологічна ознака* - це суміщення операцій: одноопераційні (або прості) і багатоопераційні (комбіновані штампи).

Комбіновані штампи бувають:

- послідовної дії;
- сполученої дії;
- послідовно-сполученої дії.

*Конструктивна ознака* - це штампи без напрямних і штампи з напрямними. Штампи без напрямних, або пінцетні, (рис.8.1) прості але не надійні. Застосовуються у дрібносерійному і дослідному виробництві.

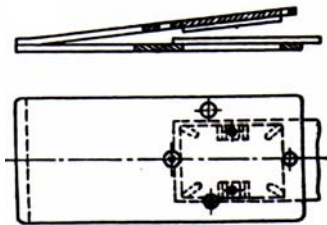


Рисунок 8.1 – Схема штампа без напрямних

Штампи з напрямними більш складні, але надійні в експлуатації, мають більш високу стійкість. Застосовуються у великосерійному і масовому виробництві.

*Експлуатаційна ознака* - це спосіб подавання й установки заготовки (ручний або автоматична) і спосіб видалення деталей:

- провал через отвори матриці;
- зворотна вставка у стрічку і видалення разом з нею;
- зворотне виштовхування на поверхню штампа і ручне видалення;
- зворотне виштовхування й автоматичне видалення.

## 8.2 Типові вузли штампів

Усі деталі можуть бути поділені на дві групи: деталі технологічного призначення; деталі конструктивного характеру. Перші безпосередньо беруть участь у виконанні операції і контактують з матеріалом і виробом. Другі призначені для монтажу і складання.

Основні вузли штампів - це комплекти верхніх і нижніх основ з напрямними пристроями, так звані блоки і пакети.

*Блоки* – комплекти верхніх і нижніх основ штампів, зв'язаних напрямними пристроями (колонки, планки, циліндри). Блоки бувають індивідуальні (призначені для окремих штампів) і універсальні (для змінних пакетів).

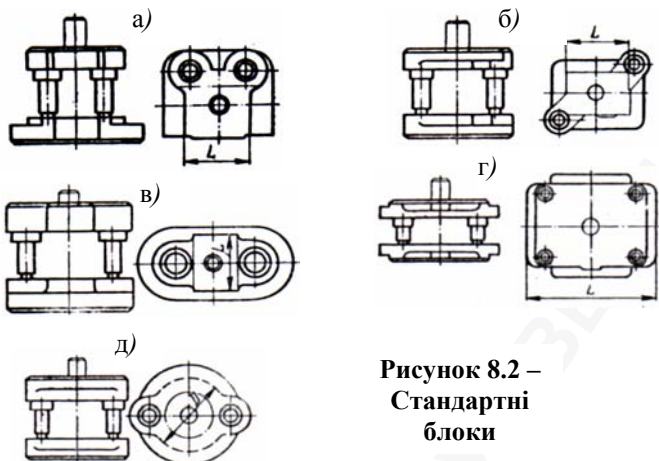
*Пакети* – верхні і нижні комплекти штампів з пуансоноутримувачами, пуансонами, матрицями, знімачами. Пакети встановлюються на стандартних блоках.

## 8.3 Типи стандартних і нормалізованих блоків та їх застосування

Із заднім розміщенням напрямних колонок  $L = 60 - 500$  мм (рис.8.2а). Застосовується для звичайного штампування деталей середньої складності і точності зі смугових і штучних заготовок (вирубубання, пробивання, вигин, витягування і т. ін.).

З діагональним розміщенням напрямних колонок  $L = 60 - 500$  мм (рис.8.2б). Застосовується для штампування більш точних деталей при роботі зі стрічки на швидкохідних пресах.

З осьовим (симетричні) розміщенням напрямних колонок  $L = 60 - 500$  мм (рис.8.2в). Застосовується для штампування дрібних, точних деталей зі штучних заготовок.



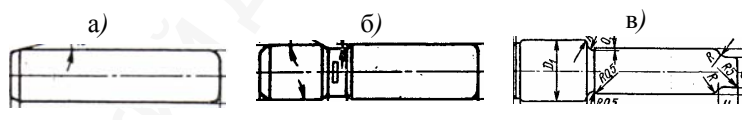
**Рисунок 8.2 –  
Стандартні  
блоки**

З кутовим розміщенням 4 напрямних колонок (рис.8.2г). Застосовується для штампування великих деталей з великих штучних заготовок, а також для багатопозиційних послідовних штампів.

Круглі з осьовим розміщенням напрямних колонок  $D = 200 - 1200$  мм (рис.8.2д). Застосовується для штампування круглих деталей підвищеної точності зі штучних або смугових заготовок.

### 8.4 Напрямні елементи

Напрямні колонки бувають гладкі (рис.8.3а), із проточкою (рис.8.3б) і східчасті (рис.8.3в).



**Рисунок 8.3 – Напрямні колонки**

Напрямні планки (рис.8.4а) і напрямні призми (рис.8.4б) застосовуються для плит досить великих штампів в автомобільній і тракторній промисловості.

Є кулькові напрямні (рис.8.5).

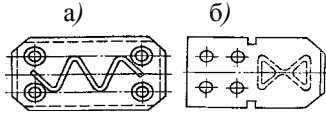


Рисунок 8.4 – Напрямні призми

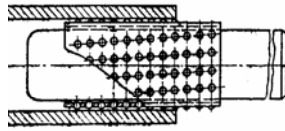


Рисунок 8.5 - Кулькова напрямна

## 8.5 Робочі деталі штамів

У штампуванні застосовуються велика кількість пуансонів різного технологічного призначення. Значна частина з них не є типовими, а залежить від форми і характеру штампованих деталей.

Можна говорити про спосіб і зручність кріплення пуансонів. Наприклад, пробивні пуансони можуть бути з заплечиком (рис.8.6а).

З розклепаною голівкою (рис.8.6б) обов'язково необхідно застосування сталевий загартованої прокладки між голівкою пуансона і плитою штампа.

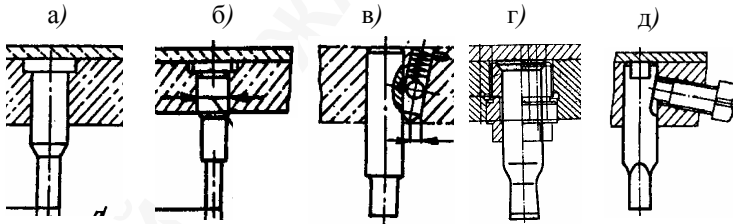


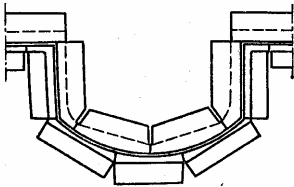
Рисунок 8.6 – Кріплення пуансонів

Пуансони утримувані кульками (рис.8.6в) застосовуються для швидкої зміни. Зміна пуансона відбувається без зняття штампа з преса шляхом натискання через отвір  $d$  на кульку.

Пуансони, що закріплюються за допомогою затяжної гайки, застосовуються для швидкої їх зміни, але уже у штампах для важких пробивних робіт, коли кріплення кулькою не забезпечить утримання пуансона при зворотному ході повзуна (рис.8.6г).

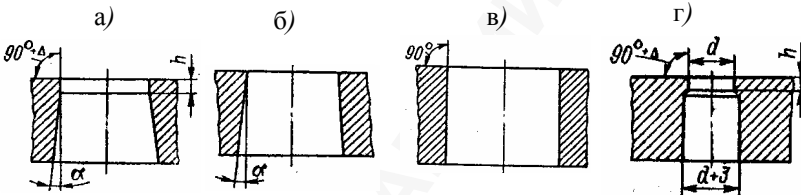
Кріплення пуансонів за допомогою гвинта використовується при пробиванні квадратних і овальних отворів (рис.8.6д).

Різальні кромки вирубувальних штампів виконують складеними. При цьому стики пуансонів не повинні збігатися зі стиками матриць, як це показано на рисунку 8.7.



**Рисунок 8.7- Складені різальні кромки**

Головним елементом матриці вирубувальних і пробивних штампів є форма робочого отвору. Форми робочих отворів таких матриць показані на рис.8.8. Для вирубання деталей складної конфігурації застосовується отвір із шийкою (рис.8.8а). Для вирубання невеликих деталей простої



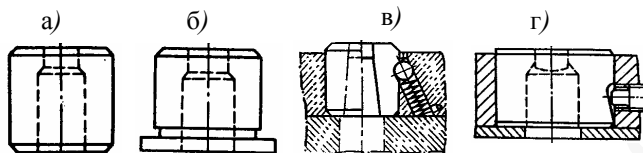
**Рисунок 8.8 – Форми робочих отворів матриць**

конфігурації застосовується конусний отвір матриці (рис.8.8б).

При вирубванні деталей зі зворотним виштовхуванням у штампах сполученої дії і при вирубванні великих деталей застосовується призматичний тип отвору (рис.8.8в). У круглих вставних матрицях для пробивання отворів діаметром до 25 мм використовуються отвори з циліндричним розширенням (рис.8.8г).

Конструктивно матриці можуть бути постійними і змінними. Типи змінних матриць показані на рис.8.9. Для пробивання дрібних отворів застосовується кругла матриця, яка кріпиться у штампі шляхом впресовування її в матрицеутримувач (рис.8.9а). Кругла з запличком (рис.8.9б) має те саме застосування, що і попередня, але вимагає меншого зусилля для посадки, тому що вона утримується в отворі запличком. Кругла швидкозмінна, з кулькою і пружинкою,

застосовується для пробивання отворів у матеріалі товщиною до 6 мм і діаметром до 22 мм (рис.8.9в). Для пробивання

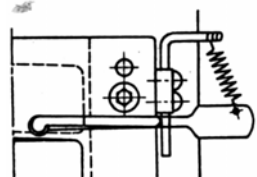
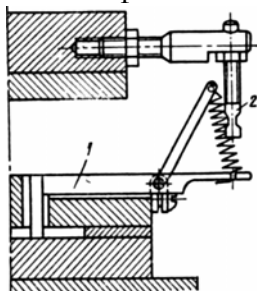


*Рисунок 8.9 – Кріплення матриць*

квадратних і овальних отворів застосовується матриця, що утримується гвинтом (рис.8.9г).

### **8.6 Фіксуючі деталі штамів**

Упори, уловлювачі, фіксатори (трафарети) необхідні для точної фіксації стрічки (упори і уловлювачі) і штучних заготовок.



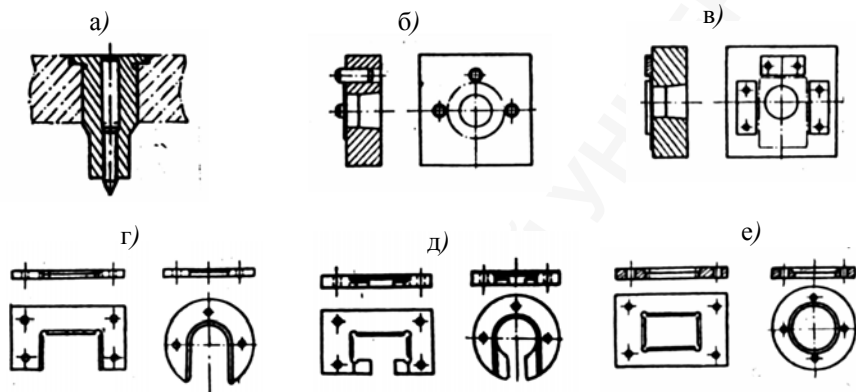
*Рисунок 8.10 –  
Колісальний  
упор*

Конструкція і тип упора визначають точність і продуктивність штампування, а також безпеку роботи.

На рисунку 8.10 показана конструкція колисального упора, який застосовується у вирубувальних штампах з ручною подачею матеріалу. Упор 1 спочатку упирається робочим кінцем на поверхню матриці. Заготовка притискає робочий кінець за напрямком подачі. У такому положенні і відбувається вирубування. Наприкінці робочого ходу штифт 2 натискає на лопатку упора, піднімаючи її робочий кінець вгору, а пружина повертає його у зворотному напрямку.

При падінні вниз робочий кінець упора попадає у перемичку, не заважаючи її переміщенню, знову фіксується на поверхні матриці, дозволяючи перемістити стрічку на крок подачі.

Уловлювачі використовуються у штампах послідовної дії для точної фіксації стрічки, щоб відбувався збіг осей попередньо пробитого отвору і вирізної матриці. Приклад конструкції уловлювача показаний на рисунку 8.11а. Це стрижневий уловлювач. Він міститься усередині вирубувального пуансона і перш ніж почне працювати пуансон, уловлювач ввійде в отвір і зорієнтує стрічку відносно осі пуансона.



*Рисунок 8.11 – Уловлювачі та фіксатори*

Фіксатори або трафарети призначені для швидкого і точного встановлення штучних заготовок по осі матриці і пуансона. Фіксатори можуть бути різної конструкції залежно від конструкції штампа і заготовки. Деякі конструкції фіксаторів показані на рисунку:

- штифтовий фіксатор (рис.8.11б);
- фіксатор складений планковий (рис.8.11в);
- фіксатор цілісний відкритий (рис.8.11г);
- фіксатор цілісний напівзакритий (рис.8.11д);
- фіксатор цілісний закритий (рис.8.11е).

### **8.7 Вузли штамів, які видаляють готові деталі**

Це знімачі і виштовхувачі. Спосіб знімання і видалення деталі визначає продуктивність і безпеку роботи. Найбільш поширеним способом видалення деталі зі штампа є провал через

отвір у матриці. Зворотне виштовхування використовується лише при комбінованому штампуванні деталей великих розмірів.

Деякі конструкції знімачів показані на рисунку 8.12. Жорсткий знімач (нерухомих, відкритий) (рис.8.12а). Цей знімач застосовується у дрібносерійному виробництві для грубого вирубубування з матеріалу товщиною більше 3 мм.

Знімач нерухомих, жорсткий, закритий (рис.8.12б). Цей вид знімачів застосовується у пакетних штампах і відіграє роль напрямної для пуансона. Він безпечний у роботі.

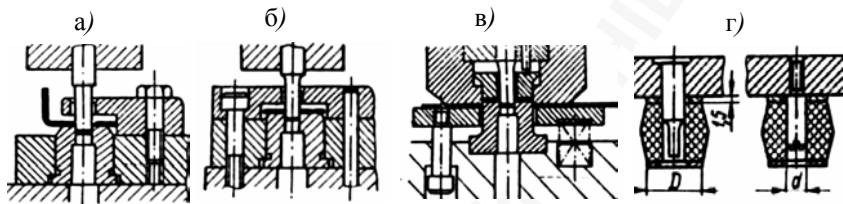


Рисунок 8.12 - Знімачі

Знімач нижній (рис.9.3в). Цей вид знімача використовується при вирубубанні з тонкого матеріалу (до 0,2 мм) або при вирубубанні великих деталей. Замість пружин можна використовувати гумові буфери.

Рухливий, гумовий, верхній (рис.9.3г). Знімач надівається на пуансон або штифт і утримується стиском гуми. Застосовується у серійному виробництві на багатопуансонних вирубубальних штампах.

## 8.8 Кріпильні деталі

Кріпильними деталями штампів є гвинти і болти. З'єднувальні гвинти, як правило, тільки з циліндричними голівками для потайного з'єднання. В основному застосовуються гвинти із шестигранним отвором. У невеликих штампах використовуються гвинти зі шліцом.

Орієнтують деталі штампів за допомогою штифтів.



Останнім часом набули широкого застосування конструкції штампів, де з'єднання деталей відбувається за допомогою швидкотверднучих пластмас.

## **8.9 Матеріали для деталей штампів**

Робочі деталі (матриці і пуансони) зазнають ударного навантаження і сильної концентрації напружень на робочих кромках і поверхнях. Тому матеріал повинен бути твердий і зносостійкий при достатній в'язкості. Для їх виготовлення використовують такі матеріали:

- вуглецеві сталі (до 25 мм) - У8А, У10А, У8, У10 (низьке гартування);
- леговані сталі ( $\varnothing$  до 40-50 мм) підвищеного гартування - ШХ15, ШХ9, 9Х, 9ХС, 9ХФ, ХВГ, 9ХВГ, ХГ3СВФ;
- високохромисті сталі ( $\varnothing$  до 80 мм) високого гартування і високої зносостійкості мало деформуються при гартуванні - Х12Ф1, Х12ф, Х12М, Х6ВФ і ХГ3СВФ;
- леговані сталі підвищеного гартування (при твердості HRC56-58) - 4ХС, 6ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 6ХВ2С, 5ХВГ.

Вибір матеріалів для матриць та пуансонів в основному залежить від розмірів деталей.

Інші деталі виготовляють із таких матеріалів:

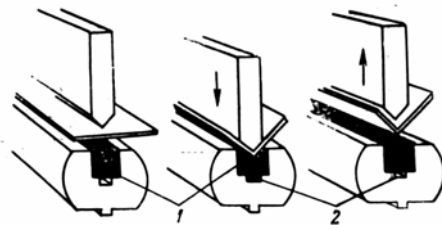
- плити штампів - чавун СЧ20, СЧ25, сталеве лиття 30Л, 40Л, сталь 40,50, ст.5;
- хвостовики - сталь 35,40; ст.4, ст.5;
- колонки напрямні - сталь 20, сталь 45, 50, ст.2 (цементувати і гартувати);
- втулки напрямні - ШХ15, гартувати до HRC 50-62;
- пуансоноутримувачі - сталь 35, 45, ст.3;
- підкладки під пуансони - сталь 45, ст.5 (гартувати, якщо можна, до HRC 40);
- знімачі - ст.3, сталь 25;
- притискачі, напрямні планки, виштовхувачі - сталь 40, 45, ст.5 (гартувати до HRC 50);
- упори - сталь 45 (гартувати до HRC 40 – 45);

- уловлювачі - У8А, У7А (гартувати до HRC 50-54);
- штифти - сталь У8 (гартувати до HRC 45-50);
- гвинти - сталь 65М, 60С2 (гартувати до HRC 40-48).

При витягуванні нержавіючої сталі витяжні матриці виготовляють із бронзи Бр.АЖН-10-4-6, щоб виключити налипання.

Для витягування автомобільних кузовів застосовуються пластмаси. Найбільшого застосування набули пластмаси на основі епоксидних, фенол-формальдегідних і акрилових смол. Крім того, використовуються гума і поліуретан.

Вигин у поліуретанових штампах дає точні розміри і дозволяє гнути з меншими радіусами заокруглень, а також зменшує величину пружинення матеріалу порівняно з вигином у звичайних штампах, тому що матеріал заготовки перебуває під високим тиском. Суцільні блоки з поліуретану не повинні деформуватися більш ніж на 1/3 товщини. Якщо потрібна велика деформація, то передбачаються канавки, як показано на рисунку 8.13.



**Рисунок 8.13 – Використання поліуретану для вигинаючого штампа:  
1-поліуретановий брусок; 2-канавка**

Стійкість поліуретанових штампів може бути від 1000 до 450000 деталей, залежно від складності штампування. У штампах застосовується поліуретан марки СКУ-7Л.

## **8.10 Вибір преса**

При виборі преса виходять із таких міркувань.

- Тип преса і величина ходу повзуна повинні відповідати технологічній операції.
- Номінальне зусилля і потужність преса повинні бути більшими від зусилля і потужності, необхідних для штампування.

- Прес повинен мати достатню жорсткість.
- Закрита висота преса повинна відповідати закритій висоті штампа.
- Габаритні розміри стола і повзуна преса повинні давати можливість установки і закріплення штамів, а отвір у столі преса – дозволяти вільне провалювання штампованих деталей.
- Число ходів преса повинне забезпечувати потрібну продуктивність.
- Наявність спеціальних пристроїв і пристосувань (виштовхувачі, механізми подачі і т. ін.).
- Зручність і безпека обслуговування.

Зусилля преса

$$P_{np} > P + Q,$$

де  $P$  – технологічне зусилля;

$Q$  – зусилля стиснення буферів і виштовхувачів.

За номінальним зусиллям преси бувають на 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125; 160; 200 т.

Звичайно вибирають прес з номінальним зусиллям більшим, (приблизно у 2 рази) від розрахункового. Робота може бути розрахована за формулою

$$A \approx (GD^2 \cdot n^2) / 37400 \text{ кг} \cdot \text{м},$$

де  $G$  – маса маховика;

$D$  – діаметр маховика;

$n$  – частота обертання.

## 8.11 Регулювання пресів і закрита висота преса

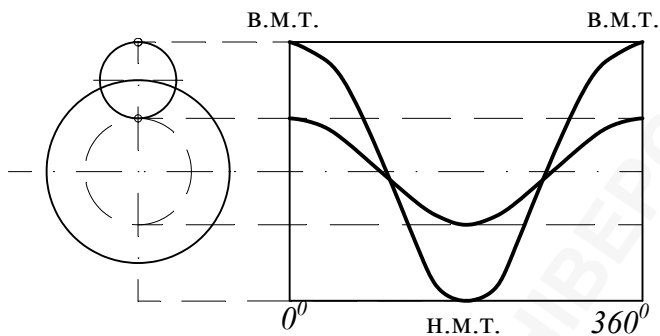
У пресах з регулюванням шатун надітий на проміжну втулку, яка закріплена на колесі робочого вала (рис.8.14).

Величина ходу - це відстань, пройдена повзуном в одному напрямку.

Закритою висотою преса називається відстань від підштампової плити до повзуна у нижньому його положенні при найбільшій величині ходу і найменшій довжині шатуна.

Відкрита висота преса - це відстань від підштампової плити до повзуна у верхньому його положенні.

При регулюванні ходу повзуна відкрита висота преса зменшується, а закрита стає більшою (див. рис.8.14).



*Рисунок 8.14 - Схема регулювання ходу повзуна*

## **РОЗДІЛ 9 ВИГОТОВЛЕННЯ ШТАМПІВ**

### **9.1 Технологічні зазори між матрицею і пуансоном**

Наявність зазору між пуансоном і матрицею обумовлює відхилення від перпендикулярності поверхні зрізу до площини деталі, зменшує стійкість штампа і підвищує величину опору зрізові. При вирубіванні деталей з матеріалу, товщина якого більша 1 мм, рекомендується різальні кромки матриці притупляти радіусом 0,05- 0,1 мм.

Різниця у величині зазорів для різних матеріалів незначна, до того ж вона практично перекривається коливаннями допусків на виготовлення пуансонів і матриць. Тому при конструюванні вирубівальних штампів рекомендується призначати зазори тільки на підставі товщини матеріалу заготовки. Величини цих зазорів наведені у таблицях довідників або визначаються за формулами (2.1), (2.2).

Круглі матриці і пуансони звичайно виготовляються окремо. Однак при допусках на деталь, вищих 11-го квалітета, пуансон доопрацьовується по матриці.

### **9.2 Виконавчі розміри пуансонів і матриць**

Допуски на пуансон і матрицю призначаються залежно від того, чи вирубівується контур, чи пробивається отвір

При зношенні матриці розміри деталі, що вирубівується, збільшуються. Тому виконавчі розміри матриці і пуансона повинні бути прив'язані до найменшого граничного розміру контура, що вирубівується (рис.9.1)

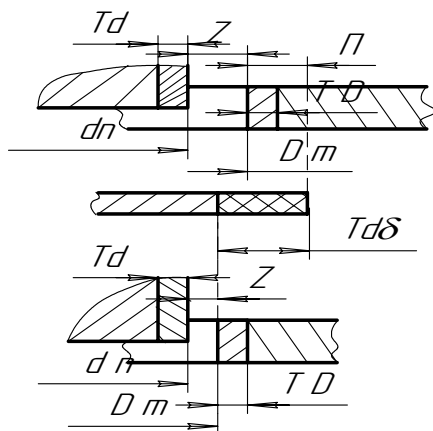
$$D_m = (d_{max} - \Pi)^{+TD},$$
$$d_n = (d_{max} - \Pi - Z)^{-Td},$$

де  $d_{max}$  - найбільший діаметр штампованої деталі;

$\Pi$  – припуск на зношення матриці;

$Z$  – зазор;

$TD$  – допуск на діаметр матриці;  
 $Td$  – допуск на діаметр пуансона.



**Рисунок 9.1 – Визначення виконавчих розмірів матриці і пуансона при виробуванні**

При допусках на розмір штампованої деталі  $Td_{\delta} \leq 0,1$  мм беруть  $\Pi = Td_{\delta}$ .

Тому виконавчий розмір матриці (див. рис.9.1)

$$D_M = (d_{max} - Td)^{+TD}$$

або

$$D_M = d_{min}^{+TD}$$

Виконавчий розмір пуансона

$$d_n = (d_{min} - Z)^{-Td}$$

При зношенні пуансона розмір отвору зменшується. Тому виконавчі розміри пуансона і матриці при пробиванні отвору повинні бути прив'язаними до найбільшого розміру отвору (рис.9.2):

$$d_n = (D_{min} + \Pi)^{-Td}$$

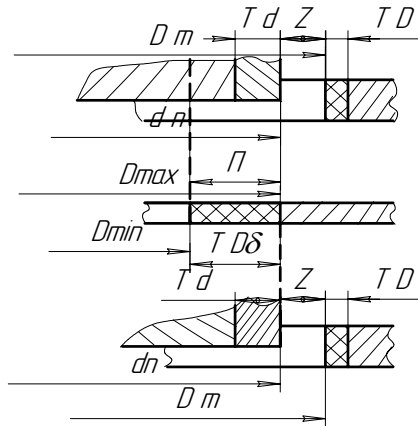
$$D_M = (D_{min} + \Pi + Z)^{+TD}$$

де  $D_{min}$  – найменший діаметр отвору, який пробивають.

Якщо  $TD_{\delta} \leq 0,1$  мм, то  $\Pi = TD_{\delta}$ . Тому (див. рис.9.2):

$$d_n = D_{max}^{-Td},$$

$$D_m = (D_{max} + Z)^{+TD}.$$



**Рисунок 9.2 – Визначення виконавчих розмірів матриці і пуансона при пробиванні**

Виконавчі розміри на кресленні проставляють залежно від прийнятого способу виготовлення матриць і пуансонів.

Коли пуансон доопрацьовується за матрицю з заданим зазором, то виконавчі розміри розраховуються тільки для матриці і проставляються на її кресленні.

На кресленні пуансона примітка: *пуансон доопрацьовувати за матрицею з зазором Z.*

Якщо ж матриця виготовляється за відбитком пуансона і доопрацьовується за ним з заданим зазором, то виконавчі розміри розраховуються для пуансона і проставляються на кресленні пуансона.

На кресленні матриці робиться примітка: *матрицю доопрацьовувати за пуансоном з зазором Z.*

**Приклад.** Вирубється деталь (рис.9.3). Потрібно визначити виконавчі розміри матриці.

Усі розміри робочого контура матриці розподіляють на такі, що збільшуються, зменшуються і незмінні при зношенні

матриці. Відповідно змінюються або залишаються без зміни розміри контура, що вирубується.

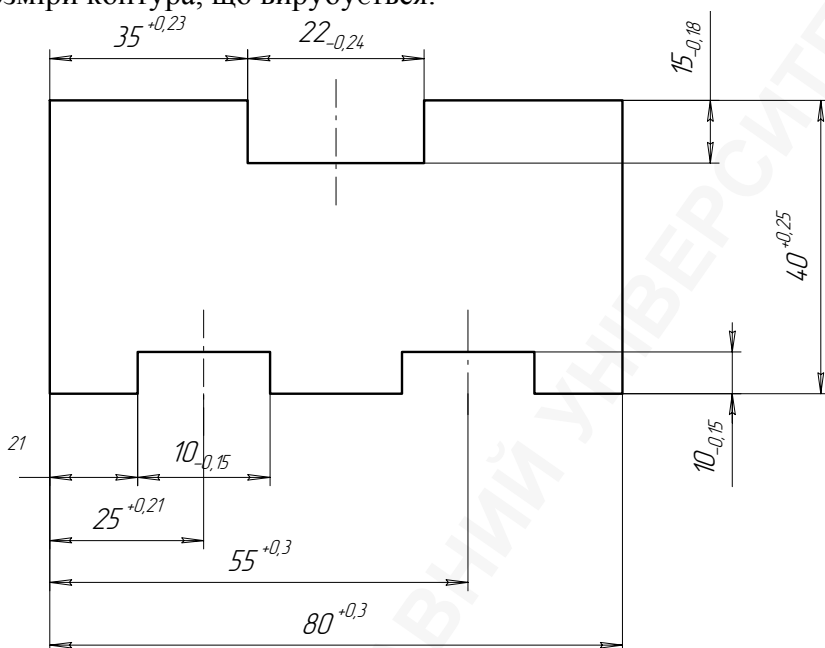


Рисунок 9.3 – Креслення деталі

Розміри, що збільшуються:

$$L_{M1} = (L_{max} - \Pi)^{+Tl} \quad (9.1)$$

Розміри, що зменшуються:

$$L_{M2} = (L_{min} + \Pi)^{-Tl} \quad (9.2)$$

Розміри, що не змінюються:

$$L_{M3} = L_{cp} \pm 0,25 T_n \quad (9.3)$$

де  $L_{cp}$  – середній розмір виробу;

$T_n$  - допуск на розмір виробу.

Вихідні дані, табличні значення і результати розрахунків записуємо у таблицю (табл.9.1).

Значення у 2-гу та 3-тю колонки записуємо із креслення, 6-ту та 8-му колонки заповнюємо із таблиць довідників, 7-му колонку розраховуємо залежно від виду розміру за формулами (9.1)-(9.3). Виконавчі розміри (колонка 1) проставляємо на кресленні матриці (рис.9.4).



Таблиця 9.1 – Розрахунок виконавчих розмірів матриці

Виконавчий розмір матриці	Розмір деталі, L	Граничні відхилення розмірів	Вид розміру	Номер розміру	Припуск на зношення, П	Номінальні розміри матриці, L <sub>м</sub>	Допуски на розміри матриці
1	2	3	4	5	6	7	8
35,07+0,04	35	+0,25	збільш.	1	0,18	35,07	0,045
21,95-0,035	22	-0,21	змен.	2	0,16	21,95	0,035
14,91±0,05	15	-0,18	-	3		14,91	
40,05+0,045	40	+0,25	збільш.	1	0,2	40,05	0,045
9,92±0,04	10	-0,15	-	3		9,92	
80,05+0,06	80	+0,3	збільш.	1	0,25	80,05	0,06
30±0,1	30	±0,21	-	3		30	
25,05+0,035	25	+0,21	збільш.	1	0,16	25,05	0,035
9,99-0,035	10	-0,15	змен.	2	0,14	9,99	0,035
20,05+0,035	20	+0,21	збільш.	1	0,16	20,05	0,035

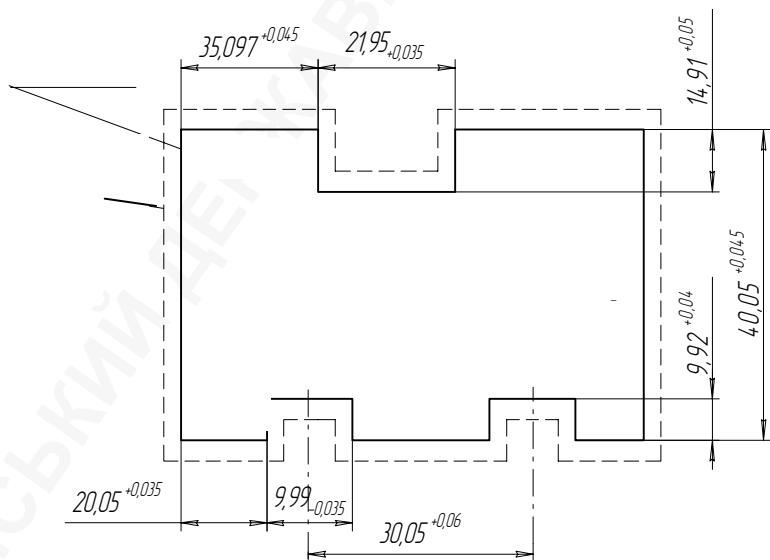


Рисунок 9.4 – Креслення матриці

### 9.3 Визначення центра тиску штампа

Для рівноваженої роботи штампа контур, що вирізується, необхідно розташувати на матриці так, щоб центр тиску збігався з віссю хвостовика. Інакше виникають перекоси, зношення напрямних і притуплення різальних кромek. Можлива і поломка.

Існують два способи визначення центра тиску: графічний і аналітичний.

Графічний спосіб знаходження центра тиску показаний на рисунку 9.5. Зусилля вирубування пропорційне периметрам пуансонів.

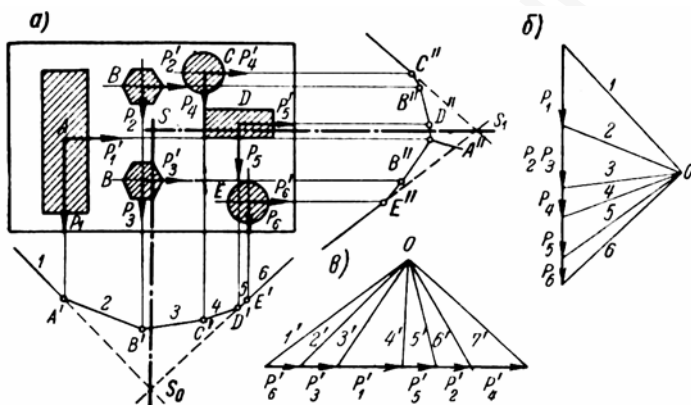


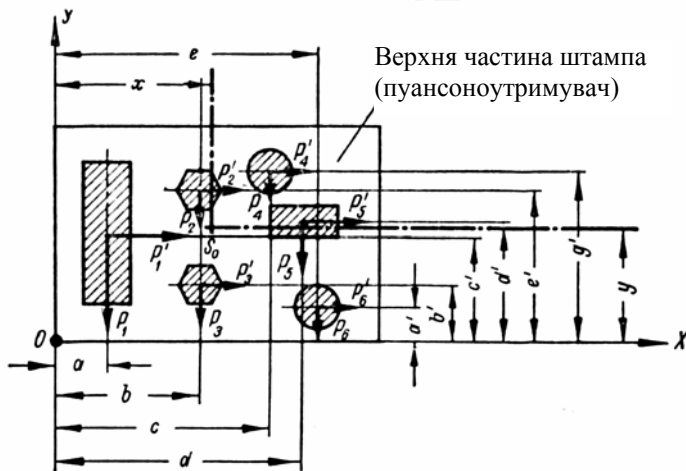
Рисунок 9.5 - Графічний спосіб знаходження центра тиску штампа

З центрів ваги фігур  $A, B, C, D, E$  у довільному масштабі проводяться відрізки  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ , величина яких пропорційна периметрам (або силам). Будуємо мотузковий багатокутник (рис.9.5а). В одну лінію відкладаємо всі сили  $P_1 - P_6$ , вибираємо довільну точку  $O$  і потім з'єднуємо кінці векторів  $P_1 - P_6$  із точкою  $O$ . Отримані відрізки нумеруємо 1-6. Далі під схемою штампа на лінії дії сили  $P_1$  вибираємо довільно точку  $A'$  і через неї проводимо лінію паралельну променю 1. Від точки  $A'$  до перетину з продовженням сил  $P_2$  і  $P_3$  (точка  $B'$ ) проводимо лінію паралельно променю 2, і т. д. до лінії 6. Точка перетину променів 1 і 6 (показані штриховими лініями) дає вісь центра

тиску  $S_0$ . Оскільки пуансон розміщені несиметрично, аналогічно знаходимо вісь центра тиску в перпендикулярному напрямку (рис.9.5в). Для цього, повторивши побудову мотузкового багатокутника, знайдемо точку  $S_1$  (друга вісь центра тиску). Перетин ліній, що проходять через точки  $S_0$  і  $S_1$ , дає точку  $S$  - центр тиску даного штампа.

Аналітичний метод базується на рівності моменту рівнодіючої усіх сил сумі моментів цих сил відносно однієї і тієї самої осі.

Напрямок осей збігається зі сторонами пуансоноутримувача, від яких виконується його розмітка (рис.9.6). Складаємо рівняння рівності моментів відносно обох осей. При розрахунку замість зусилля вирубування можна підставляти периметр відповідного контура.



**Рисунок 9.6 - Схема до аналітичного способу визначення положення центра тиску штампа**

Рівняння моментів відносно осі  $Y$  дає

$$x = \frac{P_1 a + P_2 b + P_3 c + P_4 d + P_6 e'}{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6}$$

Рівняння моментів відносно осі  $X$  дає

$$y = \frac{P_1'c' + P_2'e' + P_3'b' + P_4'g' + P_5'd' + P_6'a'}{P_1' + P_2' + P_3' + P_4' + P_5' + P_6'}$$

де  $x$  - шукана відстань від осі  $OY$  до центра ваги;

$y$  - шукана відстань від осі  $OX$  до центра ваги;

$a, b, c, d, e$ - відстань від центра ваги фігури до осі  $OY$ ;

$a', b', c', d', e', g'$ -те саме до осі  $OX$ ;

$P_1, P_2$ , і т. ін. - зусилля вирубування.

## 9.4 Технологія виготовлення деталей штампів

Для виготовлення кожного штампа для холодного штампування розробляється технологічний маршрут виготовлення деталей і складання штампа. Заготовками для виготовлення штампів холодного штампування служать чавунні і сталеві відливання, поковки круглого і прямокутного перетину з вуглецевих і легованих інструментальних сталей.

Для заготовок широко використовуються прокат інструментальних легованих і вуглецевих сталей, а також тверді сплави.

Залежно від конструкції штампа, використаних матеріалів на першому етапі технологічного процесу виготовлення штампів виконують різання заготовок, виготовлення моделей і відливання деталей штампів, виготовлення прес-форм для пресування твердосплавних вставок, шаблонів і спеціального інструменту.

Усі заготовки з інструментальних легованих і вуглецевих сталей відпалюють на зернистий перлит, що поліпшує їхню оброблюваність і сприяє зменшенню деформацій при гартуванні і підвищенню стійкості.

На другому етапі виконують попередню обробку деталей: швидкісне фрезерування, грубу обробку на стругальних верстатах без розмічування.

Після грубої механічної обробки зрізують фаски або затуплюють гострі кромки (окрім різальних кромок пуансонів і матриць), щоб виключити можливість травмування робітників.

У деталях штампів, вага яких перевищує 30 кг і у конструкціях яких не передбачені приливи або виїмки для транспортування, свердлять підймальні отвори, а якщо потрібно і нарізують там різь. Потім розмічають і роблять повторну верстатну обробку.

На поверхню деталі перед розмічуванням наноситься покриття, що забезпечує виразну видимість ліній. На оброблену поверхню наноситься розчин мідного купоросу. Не оброблені поверхні відливок і поковок покриваються крейдою.

На цьому етапі деталі піддають координатному розточуванню, контурному фрезеруванню, фасонному струганню, токарній обробці, шліфуванню абразивними і алмазними кругами, електроіскровій і ультразвуковій обробці.

Наступним етапом є слюсарна обробка (до і після термічної обробки), термічна обробка, остаточна верстатна обробка і складання. У процесі слюсарної обробки виконується свердлення і цековка отворів, зняття фасок і нарізування різей, ручне і машинне обпилювання, очищення отворів після термічної обробки, таврування деталей штампів і їхніх місць на штампі, таврування штампів, свердлення отворів у складеному стані, полірування, розмагнічування деталей після шліфування, складання вузлів і остаточне складання.

На заключному етапі виконують контроль, випробування і налагодження штампів

Виготовлення плит. Верхні і нижні плити штампів після розмічення і свердлення підймальних отворів обробляються з двох сторін до необхідного розміру з припуском на шліфування. Обробка виконується на вертикально-фрезерному або стругальному верстаті. При цьому обробляються у розмір полиці для кріплення штампів і виступ (платик) для таврування.

Шліфують плити з двох сторін на плоскошліфувальних верстатах.

Існують декілька варіантів виконання отворів під колонки і втулки.

У дрібносерійному виробництві за відсутності спеціалізованого металорізального устаткування застосовуються східчасті колонки. Великий діаметр цих колонок дорівнює зовнішньому діаметру втулки. Для здійснення точної співвісності усіх отворів в обох плитах їх скріплюють, а потім спільно свердлять і розточують.

Роздільне свердлення і розточування отворів під колонки і втулки можна виконувати за розміткою або за допомогою кондуктора. При свердленні отворів під колонки і втулки у кондукторі одночасно свердлять технологічний центр плити.

Технологічне центрове поглиблення використовується для точної установки плити на столі координатно-розточувального верстата, де виконується остаточна обробка отворів під колонки і втулки. При цьому на координатно-розточувальному верстаті можуть бути виконані й інші отвори, передбачені кресленням плити.

Наскрізні і глухі отвори під хвостовики у верхніх плитах виконуються на токарних верстатах після розмічення і кернування центра отвору. Поглиблення, зроблене керном, використовується для точної установки плити на верстаті: у нього входить центр задньої бабки, за допомогою якого плита притискається до планшайби. Плита закріплюється на планшайбі болтами і планками.

Зверху на верхній плиті радіусною кінцевою фрезою на вертикально-фрезерному верстаті фрезеруються радіусні канавки для виходу повітря.

На закінчення передбачена слюсарна обробка плити - напилком запилюються задирки.

Виготовлення колонок. Напрямні колонки виготовляють на токарних і круглошліфувальних верстатах. Заготовку на одну деталь відрізають на відрізнаму верстаті дисковою пилою. На токарному верстаті у заготовки підрізають торці і зацентровують. Потім проточують приєднувальну і зовнішню циліндричні частини, залишаючи припуск на шліфування, точать виточку для виходу шліфувального круга і радіус у верхній частині колонки, знімають фаску.

Гладкі колонки невеликого діаметра обробляють на безцентрово-шліфувальних верстатах. Їх виготовляють за системою вала. З цієї причини вони не мають виточки для виходу шліфувального круга. Колонки з виточкою обробляють на круглошліфувальному верстаті.

Виготовлення втулок починається з відрізання дисковою фрезою заготовки на одну деталь на відрізнному верстаті. Потім заготовка обробляється на револьверному верстаті, де підрізається торець, свердлиться отвір, обточується з припуском на шліфування зовнішній діаметр. Після цього з припуском на шліфування розточується отвір втулки і проточуються канавки, знімаються фаски. Потім підрізається інший торець, обточуються зовнішній діаметр і радіуси.

Після термічної обробки, аналогічно до обробки колонок, на внутрішньошліфувальному верстаті шліфується внутрішній діаметр втулки. Обробка зовнішнього діаметра втулки виконується на круглошліфувальному верстаті з закріпленням втулки на оправці.

Напрямні планки і призми для плит великих штампів фрезеруються на вертикально-фрезерному верстаті або стругаються на поперечно-стругальному верстаті у розміри з припуском на шліфування. Потім їх розмічають. У напрямних планок розмічають отвори, канавки і фаски, а у призми - отвори, пази і канавки.

Канавки і фаски (пази і канавки) фрезеруються за розміткою планок і зенкуються на радіально-свердловальному верстаті.

Потім на верстаку напилком запилюють задирки, і деталі спрямовують на термічну обробку. Після термічної обробки вони шліфуються до розмірів на плоскошліфувальному верстаті.

Виготовлення хвостовиків. Хвостовики в основному обробляють на токарних верстатах. Отвори у фланцях хвостовиків свердлять за розміткою на радіально-свердловальних верстатах. У хвостовиків з буртиками

поверхня, що запресовується, обробляється на круглошліфувальному верстаті.

Виготовлення державок пуансонів і матриць. Заготовки державок стругають або фрезерують з усіх шести сторін, залишаючи припуск на шліфування поверхні, прилеглої до плити. Після розмічення свердлять отвір для приєднання пуансона (матриці), кріпильні і фіксуючі отвори. Отвори під гвинти з потайною головкою зенкують.

Остаточна обробка приєднувального отвору виконується на координатно-розточувальному верстаті.

При обробці державок швидкозмінних пуансонів і матриць на свердлувальному верстаті отвір під кульку і пружину обробляють за кондуктором.

Виготовлення пробивних пуансонів. На токарному верстаті відрізується заготовка з припуском на технологічні центри. Після підрізування торців і центрування заготовка зрізується з двох сторін у розмір по довжині. Потім пуансон повністю обробляється із залишенням припуску на шліфування; обточуються радіуси, заплечики, проточується канавка для виходу шліфувального круга.

Після термічної обробки і шліфування зрізаються технологічні центри. У кінці шліфується робочий торець пуансона.

Швидкозмінні пуансони у виготовленні так само прості, як і пуансони із заплечиками. Відмінність полягає у тому, що після токарної операції йде фрезерна: на вертикально-фрезерному верстаті у спеціальному пристосуванні роблять виїмку під кульку.

Виготовлення матриць. Круглі матриці без заплечика повністю обробляються на токарному верстаті. Заготовку беруть на декілька деталей. Після підрізування торця обробляється зовнішній діаметр з припуском на шліфування, знімається фаска, свердлиться робочий отвір матриці з припуском на шліфування. Після відрізання деталей обробляється з протилежної сторони: підрізається у розмір торець, знімається фаска, розточується вихідний отвір. Потім -



термічна обробка, після якої на внутрішньо-шліфувальному верстаті шліфуються робочий отвір і торець матриці, а на круглошліфувальному - зовнішній діаметр (при цьому матрицю встановлюють на оправку).

Виготовлення круглих матриць із заплечиками відрізняється від виготовлення круглих матриць без заплечиків тим, що при токарній обробці проточують канавку для виходу шліфувального круга.

При виготовленні матриць з великою кількістю точно розміщених отворів або з робочими отворами некруглої форми використовується координатне розточування. Координатне розточування деталей штампів виконують за координатними розрахунками. У координатному розрахунку усі лінійні розміри робочого профілю виражаються у прямокутній системі координат і проставляються від однієї бази.

Початком координат можуть бути центр будь-якого отвору, геометричний центр заготовки, бічна і нижня сторони заготовки. Усі кутові розміри перераховують у лінійні. Усі координатні розміри проставляють з точністю до третього знака після коми.

Виготовлення вирубувальних пуансонів і матриць. Існують два основні способи отримання робочого профілю пуансонів і матриць. У сучасних штампових цехах пуансони і матриці виготовляються одночасно згідно розмірів креслення і у строгій відповідності до принципу взаємозамінності. Завдяки цьому можливо виготовляти запасні робочі частини паралельно з експлуатацією штампа. Застосування незалежного способу обробки вимагає технологічних конструкцій пуансонів і матриць. Ці вимоги задовольняють збірні матриці і пуансони, точність розмірів яких досягається шліфуванням їх після гартування.

У невеликих, недостатньо оснащених технологічно цехах і ділянках, де виробництво штампів має індивідуальний характер, пуансони і матриці виготовляють методом взаємного припасування.

При виготовленні невеликих матриць, а також матриць з легованих сталей вони трохи деформуються у процесі термічної обробки, тому внутрішній контур матриці обробляється за пуансоном. Остаточні оброблені згідно з розмірами креслення пуансони встановлюють у блоці штампа. У цьому самому блоці закріплюється гвинтами і фіксується штифтами незагартована і заздалегідь оброблена за габаритними розмірами матриця. Після встановлення блока на пресі до верхньої плити прикладають навантаження, достатнє для отримання відбитка пуансона на поверхні матриці, заздалегідь покритій сплавом на свинцево-олов'янистій основі. За цим відбитком, як за розміткою, виконують висвердлювання робочого контура, фрезерування, розточування і попереднє припилювання.

Остаточне калібрування робочого контура матриці виконують пуансоном. Для цього матрицю знову встановлюють у блок.

Доведення робочого контура для отримання необхідного зазору відбувається до термічної обробки матриці.

При виготовленні штамків з матрицями із вуглецевих інструментальних сталей застосовується доведення робочого контура пуансона за готовою матрицею. Це пояснюється великими деформаціями вуглецевих інструментальних сталей при гартуванні.

При обробці пуансонів на фасонно-стругальному верстаті на неробочому торці пуансона роблять нарізаний отвір для кріплення на оправці. Оправка затискається у патроні верстата.

Профільне шліфування пуансонів здійснюється на круглошліфувальних і плоскошліфувальних верстатах з горизонтальним шпинделем і плоским столом, на спеціальних оптичних профіleshліфувальних верстатах, універсально заточувальних та ін.

З високою точністю методом профільного шліфування обробляються пуансони і матриці, що мають складний профіль. При цьому усуваються дефекти, викликані термічною обробкою (деформація, зневуглецьований шар), і досягається

низька шорсткість поверхні. Профільне шліфування дозволяє з окремих шліфованих секцій виготовляти різальні контури пуансонів і матриць без ручної роботи. Завдяки тому що шліфування виконується у напрямку різання, значно підвищується стійкість штампів.

Для профільного шліфування застосовуються профільовані шліфувальні круги, на яких за допомогою спеціальних пристосувань заправлений профіль, який дзеркально повернутий до профілю оброблюваної ділянки деталі. Профільне шліфування виконується на оправці, яка закріплена у центрах ділильної головки. Пуансони з конфігурацією тіл обертання шліфують на круглошліфувальних верстатах.

Складніші деталі слід обробляти електроерозійним способом. При цьому як електрод-інструмент для обробки загартованої матриці можна використовувати пуансони. Робочий контур матриці точно повторює профіль пуансона, а зазор між пуансоном і матрицею виходить рівномірним по усьому контуру. Матрицю можна також використовувати як інструмент для обробки пуансона.

Робочі деталі штампа після обробки на електроерозійному верстаті не підлягають термічній обробці, оскільки на цю обробку вони надходять уже у загартованому стані.

Виготовлення твердосплавних робочих частин штампів. Як заготовки для пуансонів і матриць використовуються остаточно або заздалегідь спечені і пластифіковані тверді сплави. Твердосплавні заготовки звичайно бувають у вигляді брусів, пластин, дисків і кілець, але можуть бути і у вигляді деталей з готовим профілем, у яких припуск на обробку не перевищує 0,2 - 0,8 мм.

Деталі з пластифікованих і напівспечених заготовок після механічної обробки остаточно спікаються у водневому середовищі при температурі 1350-1450<sup>0</sup> С.

Остаточна обробка проходить на профільно-шліфувальному верстаті алмазним інструментом.

Якщо тврдосплавна вставка складається з декількох секцій, то їх припасування за робочим контуром виконують за допомогою карбіду бору або алмазного пилю. Припасувавши секції за робочим профілем, їх складають і припаюють до сталевго корпуса, шліфують за зовнішнім діаметром і запресовують у сталеву обойму.

Обробка остаточно спечених заготовок здійснюється методами електроіскрової, ультразвукової і алмазної обробки.

## **9.5 Складання штампів**

Складальні роботи при виготовленні штампів займають близько 50% загальної трудомісткості. У процесі складальних робіт виконують такі операції: свердлення, зенкування, розвертування і притирання отворів, нарізування різей, впресовування колонок, фіксуючих штифтів і втулок, обпилювання, зачищення і маркування деталей, припасування матриць і пуансонів, монтаж і кріплення усіх деталей, доведення робочих елементів штампа, спаровування верхньої і нижньої частин штампа, налагодження і перевірка складеного штампа.

Складання штампів починають з вузлів. Вузли штампа вмонтовуються у верхній і нижній плитах. Пуансони вирубувальних і пробивних штампів встановлюють у пуансоноутримувачах. Залежно від конструкції вузла пуансони у пуансоноутримувачі закріплюються пресуванням з натягом, розклепуванням, кулькою або швидкотверднучою пластмасою. Складений вузол, пуансоноутримувач з пуансонами суміщають з матрицею. Якщо складання виконане правильно, пуансони входять у всі вікна матриці. Якщо ж пуансони закріплені з перекосом, то вони не входять у вікна матриці. Складання пуансонів повторюють до їх сполучення з вікнами матриці, оскільки від правильного сполучення пуансона і матриці залежить не тільки якість деталі, що виготовляється, але і стійкість штампа.

Після припасування матриці встановлюють знімачі. Після складання і налагодження пакета штампа, в який входять

матриця, пуансони, пуансоноутримувач, знімач і інші вузли, на матрицю встановлюють напрямні планки.

Отвори у планках свердлять, користуючись як кондуктором отворами у матриці. Для цього струбцинами притискають планки до матриці.

Після монтування усіх вузлів і деталей на верхній і нижній плитах штамп складають і передають на випробування.

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

## РОЗДІЛ 10 ПРОЕКТУВАННЯ ПРЕС-ФОРМ

### 10.1 Проектування виливної системи

Прес-форма ливарна застосовується для виготовлення деталей з пластичних мас і легкоплавких сплавів металів. Конструктивно форма складається з двох плит: верхньої і нижньої і розміщеними між ними робочими органами, які здійснюють виробництво деталі і виймають її з формотвірних елементів. Основною частиною робочих органів форми є виливна система.

Виливна система - це система каналів форми, призначена для передачі матеріалу з сопла ливарної машини до формувальних гнізд форми. Застиглий у виливних каналах полімер називається виливком.

У загальному вигляді виливна система містить три елементи: центральний виливний канал, по якому розплав з матеріального циліндра машини надходить у форму, розвідний канал, канал впускання, по якому розплав безпосередньо надходить у формуючу порожнину.

Якщо форма одномісна, то виливна система складається з одного виливного каналу.

*Центральний виливний канал* - найпростіший елемент форми (рис.10.1). Діаметр виливного каналу  $d_1$  рекомендується виконувати на 0,4 - 0,6 мм більшим від діаметра сопла  $d_c$ . Діаметр на вході у виливну втулку можна визначити за формулою

$$d_p = 0,2 \sqrt{\frac{V}{\pi \vartheta \tau}}, \quad (10.1)$$

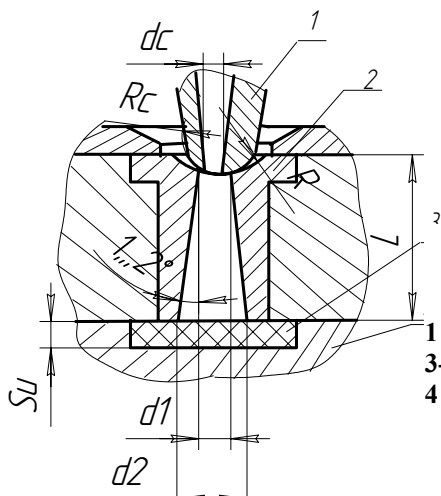
де  $V$  - об'єм уприскування, см<sup>3</sup>;

$\vartheta$  - середня швидкість течії матеріалу у виливній втулці, см/с;

$\tau$  - тривалість уприскування, с.

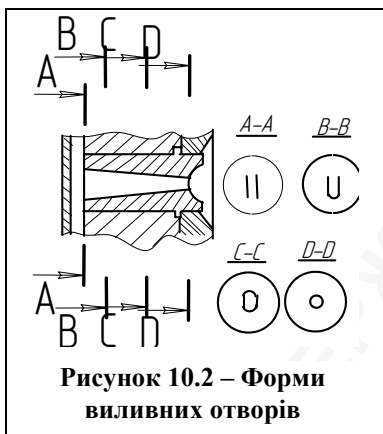
Середню швидкість рекомендується призначати залежно від об'єму уприскування: з об'ємом до 100см<sup>3</sup> - 300 см/с; для відливок з об'ємом до 500 см<sup>3</sup> - 450 см/с.

Час уприскування визначається за паспортом ливарної машини і повинно бути пов'язано з масою і товщиною  $S_e$  відливання. Для тонкостінних відливок час уприскування менший, для товстостінних - більший.



**Рисунок 10.1 - Схема центрального виливного каналу:**

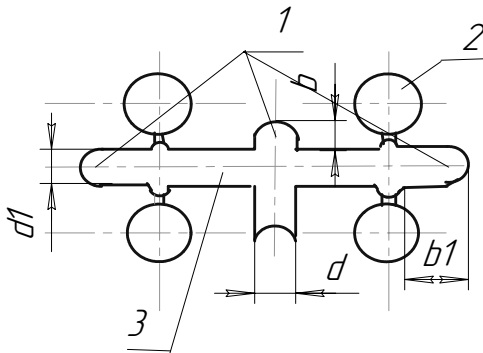
**1 - сопло; 2 - виливна втулка; 3-формована деталь; 4 - матриця**



**Рисунок 10.2 – Форми виливних отворів**

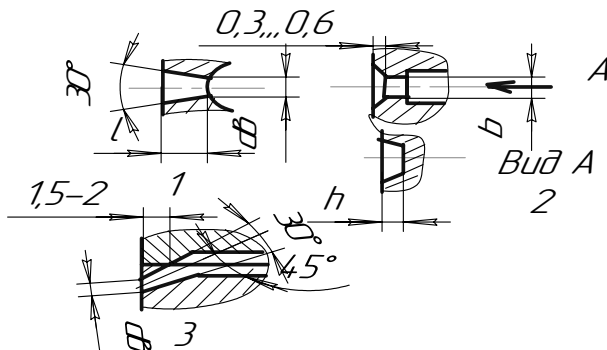
Оптимальна довжина виливного каналу повинна бути 20 - 40 мм (залежно від його діаметра  $d_1$ ). Центральний виливний канал обов'язково роблять конусним. Кут конуса залежить від виду ливарного матеріалу. Матеріал виливної втулки - сталь У8А. Якщо основний виливний канал підводиться прямо до виробу (див.рис.10.1), то форму виливного отвору треба виконувати, як показано на рис. 10.2.

Розплав, рухаючись по центральному виливному і розвідному каналах, охолоджується. Щоб у форми не попадав передній фронт охолодженого розплаву, розвідні канали треба робити з кишенями (рис.10.3), в яких залишається охолоджений передній шар розплаву. Розміри збирачів вибираються за такими співвідношеннями:  $b = (1 - 1,5)d$ ,  $b_1 = (1 - 1,5)d_1$ .



**Рисунок 10.3 – Кишені-збирачі:**  
**1 - для охолодженого розплаву; 2 - форми;**  
**3 - розвідний канал**

Канали (живильники) *впускні* - це остання ланка у системі виливних каналів, що підводять матеріал до формуючої порожнини форми. Від їх розмірів і розміщення значною мірою залежить якість відлитого виробу. При відливанні термопластів найбільш часто застосовують впускні канали з круглим і прямокутним перетином. Їх форми показані на рис.10.4.



**Рисунок 10.4 – Форми виливних каналів**

При конструюванні виливної системи необхідно дотримуватися таких правил:

- впускання повинно розміщуватись так, щоб по можливості забезпечити рівномірне заповнення і одночасне досягнення розплавом країв формуючої порожнини;
- порожнина повинна заповнюватися у напрямку потоку прямолінійним фронтом, а не вільним струменем;
- при формуванні довгих плоских суцільних виробів розплав потрібно підводити не паралельно великій стороні виробу, а перпендикулярно до неї;



- впускання повинно бути розміщено у місцях найбільшої товщини виробу;
- канал впускання повинен забезпечувати рух матеріалів у тому напрямку, в якому необхідно отримати найбільшу міцність, оскільки у напрямку руху полімеру опір навантаженню, ударна в'язкість, межа витривалості більші, ніж у перпендикулярному напрямку.

## 10.2 Проектування вентиляційних каналів

При заповненні порожнини форми повітрям, яке в ній міститься, а також газами, які виділяються з полімеру, вони стискуються, перешкоджаючи заповненню форми матеріалом. Тому у формі необхідно проектувати канали для відведення газу у тих місцях форми, які ним заповнюються. Площа перетину вентиляційного каналу одного гнізда форми розраховується за формулою

$$F = f \cdot V, \quad (10.2)$$

де  $f$  - площа питомого перетину  $\text{мм}^2/\text{см}^3$ , вибирається за номограмою (рис.10.5);

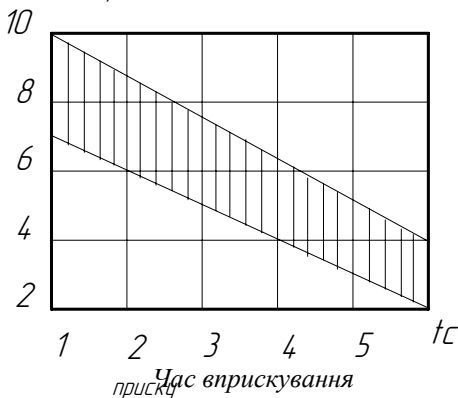
$V$  - об'єм гнізда форми,  $\text{см}^3$ .

Для тонкостінних виробів з великою довжиною перебігу розплаву значення площі питомого перетину  $f$  брати по верхній межі діаграми, для товстостінних виробів з малою довжиною течії - по нижній межі.

Максимальну глибину каналу беруть залежно від матеріалу виробу:

- полістирол - 0,04 мм;
- поліолефіни - 0,03мм;
- поліаміди - 0,015;
- співполімери стиролу - 0,05мм;
- поліметалметакрилат - 0,055мм;
- співполімери формальдегіду - 0,035мм;
- полікарбонат - 0,06мм.

$f \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{см}^3$



## Рисунок 10.5 – Діаграма вибору питомої площі перетину

Число каналів вибирають із конструктивних міркувань. Сумарна ширина каналів розраховується за формулою

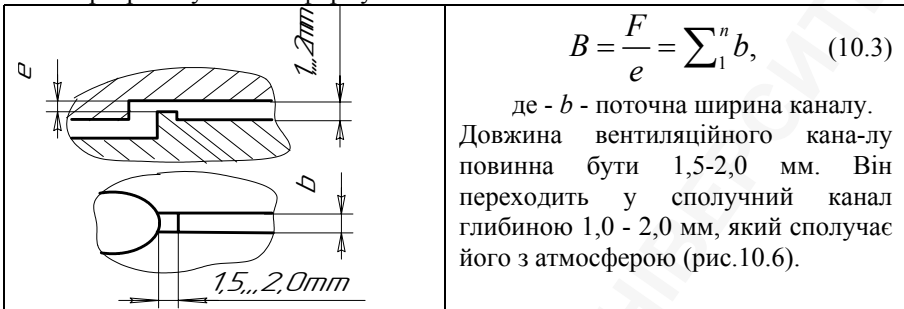


Рисунок 10.6 – Сполучний канал

### 10.3 Виймання виробів із форми

Вироби з форми після твердіння розплаву витягаються виштовхувальною системою, яка може бути механічною, пневматичною, комбінованою. Якщо форма дуже висока, то виріб витягають уручну, оскільки немає місця для розміщення виштовхувальної системи.

*Механічна система* виштовхує і скидає вироби спеціальними виштовхувачами, зштовхувальними плитами, різними матрицями і бічними розсувними знаками. Розміри виштовхувачів і їх форми стандартні і наведені у довіднику. У деяких випадках при складній конструкції виробу у формі передбачаються бічні виштовхувачі. У цьому випадку плити форми будуть подовженими. Виштовхувачі у формі переміщуються у напрямних втулках, розміри і форми яких також наведені у довіднику.

*Пневматичні і комбіновані системи виштовхування* застосовують для знімання з пуансона або матриці великогабаритних ємностей і виробів з пустотами із м'яких матеріалів.

### 10.4 Встановлення і закріплення арматури

Коли відливання містить у собі додаткові елементи, які називають арматурою, то їх перед подачею у форму розплаву треба покласти у відповідні місця форми. Коли число елементів арматури велике, їх поєднують у касету. Але у всіх випадках встановлення арматури у формі здійснюється уручну. При масовому виробництві застосовують і автоматичне укладання арматури, якщо дозволяє її різновид. Найбільш просто автоматизується

установлення арматури з дроту, гладких стрижнів, циліндрів та іншої подібної арматури.

Щоб арматура при роботі форми залишалася на заданому місці, її у формі певним чином треба закріпити. Кріплення здійснюється пружинами, цангами, притисками і т. ін. Сталеву арматуру зручно кріпити за допомогою магнітів.

### 10.5 Елементи привода плит форм

Досить часто конструкція виробу така, що сформувати її і вийняти з форми за один рух плит форми неможливо. У цьому випадку у формі передбачають бічні рухи елементів форми. Ці додаткові рухи можуть здійснюватися механічним, пневматичним або гідравлічним приводом.

*Механічні приводи.* З механічних приводів найбільш поширений привід з похило розміщеними колонками і спеціальними повзунами (рис.10.7).

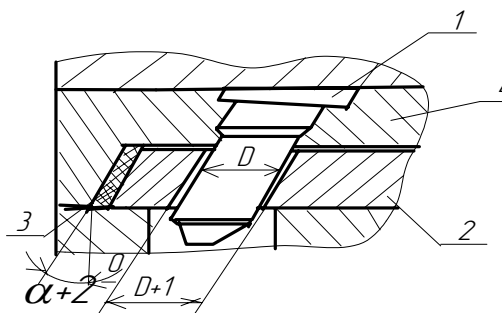


Рисунок 10.7 – Механічний привід

Діаметр отвору у повзуні 2 повинен бути більшим від діаметра  $D$  колонки 1 як мінімум на 1мм. Це необхідно для того, щоб у початковий момент розкриття форми розвантажити повзун 2 і закріплені на ньому формуючі елементи від зусилля замикання форми, а також запобігти заклинюванню колонки у кінцевий момент стулення форми, коли компенсаційна планка 3 затискає повзун.

Початковими даними для розрахунку виконавчих розмірів колонки (рис.10.8) є хід повзуна  $l_x$ , кут нахилу колонки 1 (див.рис.10.7), діаметр колонки  $D$  і товщина плити 4 -  $h$ . З достатньою для практичних цілей точністю колонки її розміри розраховують за формулами

$$l_0 = l_3 + l_4 - l_2, \quad (10.3)$$

$$\text{де } l_3 = \frac{h}{\cos \alpha}, \quad l_4 = 0,5(D+10)tg\alpha, \quad l_2 = 2 + (D+5)tg\alpha;$$

$$l = l_p + l_1 + l_3 + l_4, \quad (10.4)$$

$$\text{де } l_p = \frac{l_x}{\sin \alpha} + \frac{0,5}{\text{tg} \alpha}, \quad (10.5)$$

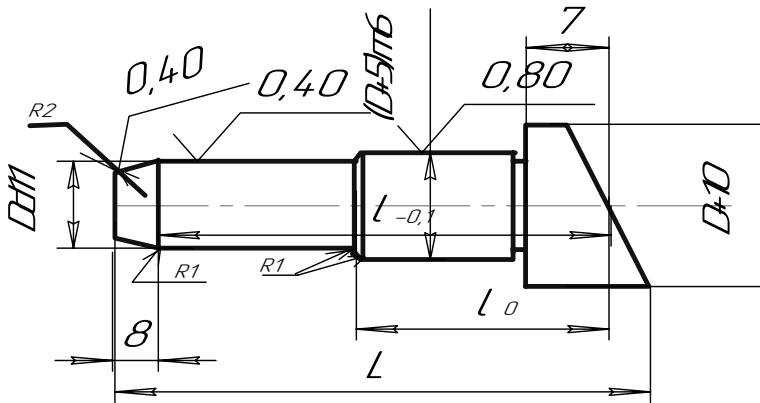
$$l_1 = (R + \delta) / \cos \alpha,$$

де  $\delta = 0,5(D_1 - D)$ ,  $D_1$  - діаметр отвору у повзуні 2.

$$L = l + l_4 + 8. \quad (10.6)$$

Різниця координат посадочного отвору під колонку і отвору у повзуні дорівнює

$$B = (h + \delta) \text{tg} \alpha \quad (10.7)$$



**Рисунок 10.8 – Колонка**

Пружинні механізми привода застосовуються для переміщення повзунів, коли хід повзуна не більший 5мм. Пружини, як правило, спіральні, працюють на стиснення. Для матеріалів з високою адгезією (наприклад, склонаповнених) і для переміщення важких повзунів рекомендуються тарілчасті пружини.

На рис.10.9 показаний приклад використання пружини для безпосереднього переміщення формуючого знака 1, розміщеного із зовнішнього боку виробу. У робоче положення знак встановлюється клином 2.

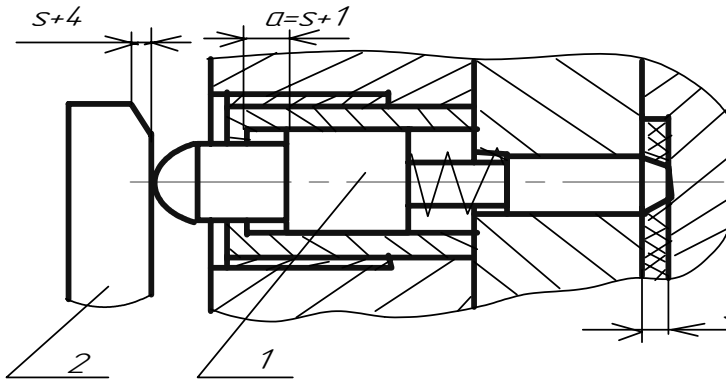


Рисунок 10.9 – Формуючий знак

## 10.6 Розрахунок виконавчих розмірів формотвірних елементів

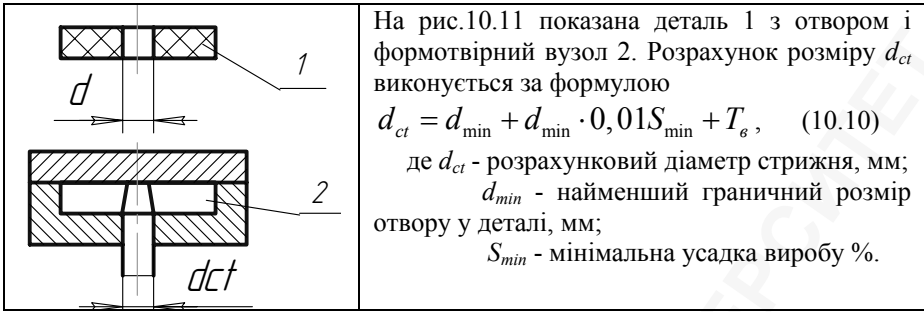
	<p>Виконавчі розміри формотвірних елементів призначають залежно від допуску на розміри деталі і усадки формованого матеріалу. Для прикладу розрахуємо розміри матриці 2 (рис.10.10) для отримання деталі 1:</p> $D_m = D_{\max} + D_{\max} \cdot 0,01S_{\max} - T_{\epsilon}, \quad (10.8)$ <p>де <math>D_{\max}</math> - найбільший діаметр виробу, мм;  <math>S_{\max}</math> - найбільша усадка пластмаси %;  <math>T_{\epsilon}</math> - допуск на розмір виробу, мм;</p>
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$+ H_{\max} \cdot 0,01S_{cp} - 0,5(T_u + T_{\phi}), \quad (10.9)$$

на виробу, мм;

$S_{cp}$  - середня усадка пластмаси %;

$T_{\phi}$  - допуск на розмір формотвірної деталі, мм (табл.10.1).

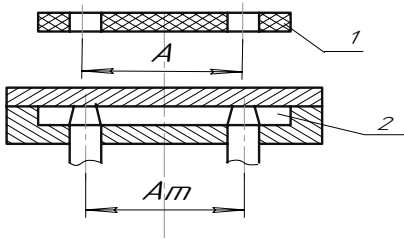


На рис.10.11 показана деталь 1 з отвором і формотвірний вузол 2. Розрахунок розміру  $d_{ct}$  виконується за формулою

$$d_{ct} = d_{min} + d_{min} \cdot 0,01S_{min} + T_{\phi}, \quad (10.10)$$

де  $d_{ct}$  - розрахунковий діаметр стрижня, мм;  
 $d_{min}$  - найменший граничний розмір отвору у деталі, мм;  
 $S_{min}$  - мінімальна усадка виробу %.

Леталь 1 і формотвірний елемент 2, для якого потрібно розрахувати **Рисунок 10.11 –** **Формотвірний вузол** **Рисунок 10.12 –** **Міжцентрова відстань** **Рисунок 10.13 –** **Висота стрижня** **Рисунок 10.13 –** **Висота стрижня**



**Рисунок 10.12 – Міжцентрова відстань**

Міжцентрова відстань дорівнює

$$A_m = A + A \cdot 0,01S_{cp}. \quad (10.11)$$

Розрахунок висоти стрижня виконується за формулою

$$h_{ct} = h_{min} + h_{min} \cdot 0,01S_{cp} + 0,5(T_{\phi} + T_{\phi}), \quad (10.12)$$

де  $h_{min}$  - найменший граничний розмір виробу, мм.

Таблиця 10.1 - Допуски на розміри формотвірних деталей залежно від квалітета формованого виробу

Квалітет	Допуск на розміри		
	охоплюючі	охоплювані та інші	міжосьові
10-11	H7	h6	±T <sub>φ</sub> /10
12-14	H9	h9	
15-16	H11	h11	
17	H12	h12	

Усадку у розрахункових формулах вибирати із відповідних стандартів та технічних умов на матеріал виробу.

## 10.7 Центрувальні елементи форм

Якість одержаних виробів, особливо тонкостінних, а також надійність роботи форм багато у чому залежить від точного розміщення півформ та її окремих елементів. Базовими елементами півформ є фланці кріпильних плит. На нерухомій плиті машини фланець забезпечує співвісність центральної виливної втулки форми і сопла матеріального циліндра машини. На рухомій плиті фланець забезпечує співвісність рухомої і нерухомої півформ. Остаточне центрування частин форм забезпечують напрямні колонки, планки, конічні або похилі поверхні, поперечні вали, конічні цапфи та ін.

Вибір способу центрування залежить від допустимого відхилення від співвісності пуансона і матриці, конфігурації і розмірів виробу, розмірів і конструкції форми.

Напрямні елементи необхідно розміщувати якомога ближче до країв плит для вільного і зручного розміщення формотвірних елементів і систем термостабілізації.

Напрямні колонки часто не тільки центрують півформи, але і є напрямними, по яких переміщуються рухомі плити форми при стуленні і розмиканні. Колонки повинні бути достатньо міцними і жорсткими, тому необхідно правильно вибирати діаметр колонки і забезпечувати жорстку посадку її у плиті. Товщину плити вибирають не меншою  $1,5d$  (де  $d$  - діаметр колонки).

Для форм товщиною до 600 мм діаметр колонок рекомендується визначати за емпіричною формулою

$$d=4+0,06D, \quad (10.13)$$

де  $d$  - діаметр напрямної частини колонки, мм;

$D$  - діаметр форми, мм.

Конструкції і розміри напрямних колонок після визначення розрахункового діаметра вибирати за ГОСТ17385-72. Конструкції і розміри напрямних втулок наведені у ГОСТ 17387-72. Опори напрямних втулок і колонок наведені у ГОСТ 17391-72. Шайби опорні вибирати за ГОСТ 22076-76.

## 10.8 Термостабілізація форм

Охолодження полімеру у формі вимагає відведення великої кількості теплоти. У зв'язку з цим тривалість циклу відливання значною мірою залежить від ефективності відведення тепла. Крім того, режим охолодження впливає на якість виробу.

Завдання конструктора полягає у правильному розрахунку і проектуванні системи термостабілізуючих каналів форми, яка забезпечить підтримку необхідного теплового режиму.

Методика розрахунку така. Час охолодження визначається за формулою

$$\tau_{охл} = \frac{0,405}{a} \left( \frac{\delta}{2} \right)^2 \left( \ln 1,27 - \ln \frac{t_k - t_\phi}{t_n - t_\phi} \right), \quad (10.14)$$

де  $a$  - коефіцієнт температуропровідності,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$\delta$  - товщина виробу,  $\text{м}$ ;

$t_\phi$  - середня за цикл температура формуючих поверхонь,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  - початкова температура виробу, дорівнює температурі вприскуваного у форму розплаву,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_k$  - температура усередині стінки виробу, при якій розкривається форма,  $^\circ\text{C}$ .

Час циклу визначається за формулою

$$\tau_{ц} = \tau_{охол} + \tau_{сп} + \tau_{впр}, \quad (10.15)$$

де  $\tau_{охол}$  - час охолодження,  $\text{с}$ ;

$\tau_{сп}$  - час стулення або розмикання півформ,  $\text{с}$ ;

$\tau_{впр}$  - час вприскування,  $\text{с}$ .

Кількість теплоти, яка надходить з розплавом і віддається виливанням, Дж

$$Q_o = m_o c_o (t_n - t_k), \quad (10.16)$$

де -  $m_o = m_e \cdot n + m_{вл}$  - маса виливання,  $\text{кг}$  ( $m_e$  - маса виробу,  $\text{кг}$ );

$n$  - число кубел;

$m_{вл}$  - маса виливання, що з'єднує гніздо з вхідним отвором,  $\text{кг}$ ;

$c_o$  - питома теплоємність матеріалу виливання,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ ;

$t_k = t_\phi + 2(t_k - t_\phi) / \pi$  - середня температура виробу (за об'ємом виливання) у момент розкриття форми,  $^\circ\text{C}$ .

Кількість тепла, яке відводиться охолоджувачем (якщо вважати, що у навколишнє середовище відходить його незначна кількість)

$$Q_x = Q_o. \quad (10.17)$$

Проте якщо охолоджувач нагрівається до високої температури, то відведення тепла у навколишнє середовище треба враховувати:

$$Q_{ном} = Q_k + Q_T + Q_u, \quad (10.18)$$

де  $Q_k$ ,  $Q_T$ ,  $Q_u$  - кількість тепла, яке передається в навколишнє середовище конвективно, через кріпильні плити машини і випромінюванням.



Оскільки у цьому випадку необхідно передбачити теплову ізоляцію форми від плит преса, то  $Q_T$  при розрахунках можна не враховувати. При високих температурах форми  $Q_u \approx 0,25Q_k$ , тому остаточно можна записати

$$Q_{nom} = 1,25Q_k, \\ Q_k = F_{\sigma} \alpha (t_{n\phi} - t_{\sigma}) \tau_y, \quad (10.19)$$

де  $F_{\sigma}$  - площа бічних поверхонь форми, м<sup>2</sup>;  
 $\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі, дорівнює 8 кг с<sup>-3</sup>/C<sup>0</sup>;  
 $t_{n\phi}$  - температура на поверхні форми, C<sup>0</sup>;  
 $t_{\sigma}$  - температура оточуючого повітря, C<sup>0</sup>.

Витрата охолоджувача, кг,

$$g_x = \frac{Q_x}{c_x \cdot \Delta t_x}, \quad (10.20)$$

де  $c_x$  - питома теплоємність охолоджувача, Дж/(кг C<sup>0</sup>);

$\Delta t_x$  - різниця температур охолоджувача на виході і вході у канали форми (щоб запобігти нерівномірності охолодження беруть не більше 2 - 4 C<sup>0</sup>).

Витрату охолоджувача через пуансон і матрицю беруть пропорційною площам, які обмежують їх поверхні  $F_n$  (м)

$$g_x^{n(m)} = \frac{g_x F_{n(m)}}{F_{\text{обц}}}, \quad (10.21)$$

де  $F_n(m)$  і  $F_{\text{обц}}$  - визначають за кресленням пуансона і матриці або за кресленням виробу, м<sup>2</sup>.

Площа поперечного перетину каналів

$$f_k^{n(m)} = \frac{g_x^{n(m)}}{\rho_x \tau_y \omega}, \quad (10.22)$$

де  $\rho_x$  - густина охолоджувача, кг/м<sup>3</sup>;

$\tau_y$  - час циклу, с;

$\tau_y = 0,5 - 1,0$  м/с - швидкість руху охолоджувача.

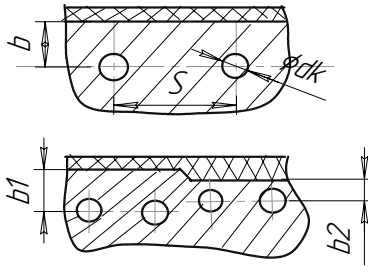
Діаметр каналу або сторона квадратного каналу, м,

$$d_k^{n(m)} = 1,13 \sqrt{f_k^{n(m)}}. \quad (10.23)$$

Після вибору діаметра каналу визначають довжину каналів за умови, що ефективна площа поверхні каналів повинна бути не меншою від охолоджуваної площі формуючих поверхонь пуансона або матриці.

Температуру форми, як правило, регулюють, змінюючи витрату охолоджувача. Тому у конструкції форми треба передбачати можливість регулювання його витрати, наприклад, встановленням вентиля.

Відстань між каналами  $S$ , а також каналами і охолоджуваною поверхнею  $b$  (рис.10.14) вибирають за емпіричними залежностями  $S \approx (2,5 - 3,5)d_k$ ,  $b = (0,8 - 1,5)S$ .



**Рисунок 10.14 - Розміщення каналів при постійній і змінній товщині виробу**

## РОЗДІЛ 11 ПРАКТИЧНІ ЗАДАЧІ

### 11.1 Визначення зусилля вирубування

#### Приклад 1

Визначити розрахункове зусилля і вибрати зусилля преса для вирубування заготовки діаметром  $d=50$  мм, товщина листа  $S=5$  мм, заготовка із сталі 20кп ( $\sigma = 40\text{кг} / \text{мм}^2$ ).

Двобічний зазор  $Z=0,15S$ .

Необхідне зусилля визначають з урахуванням того, що вирубування відбувається із зворотним виштовхуванням деталі і пружинним зніманням відходу з пуансона.

Для співвідношення  $\frac{S}{d} = 0,1$  (при  $Z=0,15S$ ) опір зрізуванню складає  $\sigma_{cp} = 30\text{кг} / \text{мм}^2$ .

Розрахункове зусилля зрізування буде

$$P_{cp} = \pi d S \sigma_{cp} = 3,14 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 30 = 23550\text{кгс}$$

Тиск буфера повинен бути не меншим  $0,1P$ . Тиск стиснення пружин знімача -  $0,06P$ .

Через недосконалість методики розрахунку потрібне для вирубування зусилля збільшуємо на 20%. Тоді зусилля преса буде

$$P = 1,2P_{cp} + 0,16P_{cp} = 32028\text{кгс}.$$

З переліку кривошипних пресів, що випускаються серійно, вибираємо прес зусиллям 40 тс.

#### Задача 11.1

Визначити розрахункове зусилля і зусилля преса для вирубування заготовки діаметром 65 мм, товщина листа 5 мм, сталь 15, відпалена. Опір зрізуванню  $33 \text{кг} / \text{мм}^2$ . Межа міцності  $40\text{кг} / \text{мм}^2$ . Конструкція штампа така, як і у наведеному вище прикладі.

## 11.2 Визначення довжини заготовки при вигині

Довжина нейтрального шару кутових заокруглень визначається за формулою (вигин на  $90^0$ )

$$l_n = \frac{\pi}{2}(r + xS), \text{ мм.} \quad (11.1)$$

Коефіцієнт  $\rho/S$  дорівнює 
$$\frac{\rho}{S} = \ln\left(0,626 \cdot \exp\left(\frac{R}{S}\right)\right). \quad (11.2)$$

Коефіцієнт  $y$  дорівнює 
$$y = \frac{1}{\frac{21,301}{\exp\left(\frac{R}{S}\right)} - \frac{9,344}{R} + 4,05}. \quad (11.3)$$

Для сталей 10-20 і при вигині на  $90^0$

$$x = \sqrt{0,036 \ln\left(\frac{r}{S}\right) + 0,174}. \quad (11.4)$$

Для різних умов вигину використовуються різні формули для визначення довжини заготовки:

$$L = l_1 + l_2 + l_n \quad (\text{рис.11.1});$$

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + 2l_n \quad (\text{рис.11.2});$$

$$L = l_1 + 2l_2 + l_3 + l_4 + 2l_{n1} + 2l_{n2} \quad (\text{рис.11.3});$$

$$L = 2l + 2l_n \quad (\text{рис.11.4});$$

$$L = 1,5\pi\rho + 2R - S; \quad \rho = R - yS \quad (\text{рис.11.5}).$$



Рисунок 11.1 –  
Однокутовий вигин

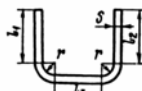


Рисунок 11.2 –  
Двокутовий  
вигин

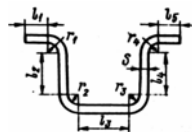
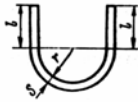
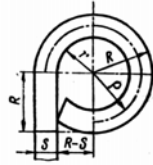


Рисунок 11.3 –  
Чотирикутовий  
вигин



**Рисунок 11.4 –  
Напівкруглий  
вигин**



**Рисунок 11.5 –  
Торцевий  
вигин  
(закочування)**

### **Приклад 2**

Визначити довжину заготовки при двокутовому вигині скоби розмірами  $l_1=l_2=40\text{мм}$ ,  $l_3=30\text{мм}$ ,  $R=1\text{мм}$ ,  $S=2\text{мм}$ .

За формулою (11.1) знаходимо довжину нейтрального шару,  $l_n=2,76\text{ мм}$ .

Довжина заготовки буде

$$l=2l_1+l_3+2l_n=80+30+5,32=111,5\text{ мм}.$$

### **Приклад 3**

Визначити довжину заготовки для шарнірної петлі при  $R=3\text{ мм}$ ,  $S=1,5\text{ мм}$ .

Знаходимо радіус нейтрального шару  $\rho=R-yS$ . За формулою (11.3) при  $R/S=2,0$   $y=0,44$

$$\rho=3-0,44\cdot 1,5=2,34\text{ мм}.$$

Для розгорненої заготовки

$$L=1,5\pi\rho+2R-S=11+6-1,5=15,5\text{ мм}.$$

### **Задача 11.2**

Визначити довжину заготовки для однокутового вигину, якщо  $l_1=l_2=85\text{ мм}$ ,  $S=3\text{ мм}$ ,  $r=8\text{ мм}$ .

### **Задача 11.3**

Визначити довжину заготовки для двокутового вигину, якщо  $l_1=l_2=55\text{ мм}$ ,  $S=5\text{ мм}$ ,  $l_3=90\text{ мм}$ ,  $r=5\text{ мм}$ .

### **Задача 11.4**

Визначити довжину заготовки для чотирикутового вигину, якщо  $l_1=l_5=10\text{ мм}$ ,  $l_2=l_4=40\text{ мм}$ ,  $l_3=60\text{ мм}$ ,  $S=5\text{ мм}$ ,  $r=4\text{ мм}$ .

### Задача 11.5

Визначити довжину заготовки для торцевого (звивання) вигину петлі, якщо  $R=16$  мм,  $S=4$  мм, довжина вільного кінця петлі 60 мм.

### 11.3 Розрахунок заготовок для витягування круглих деталей складної форми

Необхідно визначити діаметр заготовки. Для цього лінію контура розбиваємо на окремі ділянки, обчислюємо або знаходимо за кресленням довжини цих ділянок  $l_1, l_2, \dots, l_i$ . Знаходимо центри ваги відрізків і визначаємо відстані від них до осі обертання,  $r_i$ . Відстані до центрів ваги дуг визначаємо за формулами (5.3), (5.5), (5.6). Перемножуємо довжини ділянок на відстані їх центрів ваги до осі ( $l_i r_i$ ). Результати підрахунків записуємо у таблицю (табл.11.1). Підсумовуючи, одержимо  $\Sigma lr$ .

За формулою  $D = \sqrt{8 \Sigma lr}$  знаходимо діаметр заготовки. Він дорівнює 306 мм.

Таблиця 11.1 - Приклад розрахунку діаметра заготовки

Відрізок	l	r	lr	Відрізок	l	r	lr
1	10,0	115,0	1150	7	15,7	59,6	935
2	15,5	102,5	1609	8	15,0	56,0	840
3	20,0	89,0	1780	9	21,0	52,5	1103
4	15,5	78,0	1225	10	30,0	33,0	990
5	10,0	76,0	760	11	5,2	16,6	86
6	15,7	72,4	1137	12	14,0	7,0	98

Для цього прикладу  $\Sigma lr=11710$ .

Розглянутий метод розрахунку, як і наведені формули для визначення діаметра заготовки, не враховують стоншення заготовки, оскільки у більшості випадків витягування закінчується обрізанням нерівних кромок.

При витягуванні без обрізання кромки діаметр заготовки підраховують більш точно з урахуванням стоншення матеріалу за формулою

$$D = \sqrt{8\Sigma lr\alpha},$$

де  $\alpha$  - середній коефіцієнт стоншення (0,90-1,0).

### Задача 11.6

Необхідно визначити діаметр заготовки. Різні варіанти проектування заготовки наведені у табл.11.2.

Таблиця 11.2 – Варіанти задач

Вар.	Рис.	H	h	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
1	10.6	250	120	70	10	15	80	-
2	10.6	300	200	100	20	20	90	-
3	10.6	100	70	50	8	10	50	-
4	10.7	200	150	10	60	10	250	300
5	10.7	100	80	5	80	10	200	300
6	10.7	150	100	10	100	10	270	300

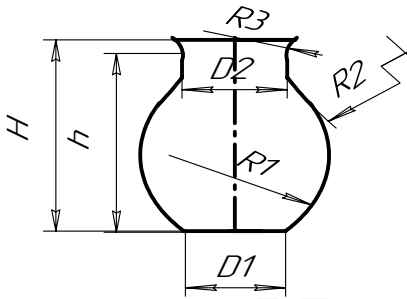


Рисунок 11.6 - Глечик

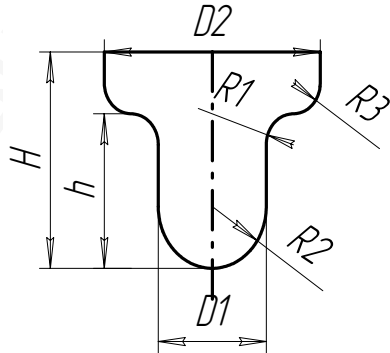


Рисунок 11.7 - Кришка

## 11.4 Розрахунок зусилля вигину і вибір преса

Формули для визначення зусилля залежать від способу вигину (рис.11.8):

- однокутовий та напівкруглий вільний вигин без калібрування (рис.11.8а)

$$P = \frac{BS^2}{l} \sigma_6 n = bS\sigma_6 k_1; \quad (11.5)$$

- двокутовий вигин з притисканням (рис.11.8б):

$$P = 2BS\sigma_6 k_2 + P_{np} \approx 2,5BS\sigma_6 k_2 - \text{без калібрування}; \quad (11.6)$$

$$P_k = (2...4)BS\sigma_6 k_2 - \text{з калібруванням}; \quad (11.7)$$

- однокутовий однобічний вигин з притисканням без калібрування (рис.11.8в)

$$P = BS\sigma_6 k_2 + P_{np} \approx 1,25BS\sigma_6 k_2; \quad (11.8)$$

- одно- та двокутовий вигин (рис.11.8г):

$$P = \frac{BS^2}{r + S} \sigma_6 - \text{без калібрування}; \quad (11.9)$$

$$P_k = pF - \text{з калібруванням}. \quad (11.10)$$

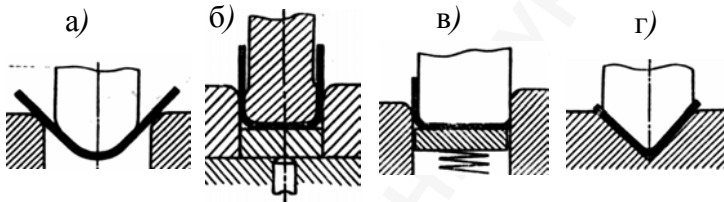


Рисунок 11.8 – Способи вигину

#### Приклад 4

Розрахувати зусилля вигину і підібрати прес для двокутового вигину без калібрування. Матеріал заготовки - сталь 45, межа міцності  $61 \text{ кг/мм}^2$ , ширина стрічки  $B=50 \text{ мм}$ , товщина стрічки  $S=5 \text{ мм}$ ,  $P_{np}$ - сила притискання складає  $0,25$  від зусилля вигину, коефіцієнт  $k_2=0,15$ .

Підставляємо дані у формулу (11.6) і одержуємо

$$P=2 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 61 \cdot 0,15 + 0,25(2 \cdot 50 \cdot 5 \cdot 61 \cdot 0,15) = 1444 \text{ кгс.}$$

Із каталогу пресів (табл.11.3) вибираємо прес із найближчим значенням допустимого зусилля: КД2114А.

#### Задача 11.7

Визначити зусилля вигину при однокутовому вигині, якщо  $B=80 \text{ мм}$ ,  $S=4 \text{ мм}$ , матеріал заготовки - сталь 3, межа міцності

$42 \text{ кг/мм}^2$ . Коефіцієнт вільного вигину  $k_1=0,086$ .



Таблиця 11.3 – Технічні характеристики пресів

Назва преса	Модель	Зусилля кН	Хід повзуна
Прес однокривошипний простої дії	КД2114А	25	4-36
	КД2118А	63	5-50
	КД2122Г	160	71
	КД2124К	250	80
	КД2126К	400	90
	КД2128К	630	100
	КЕ2130А	1000	130
	КВ2132А	1600	25-160
	КН2134	2500	25-200
	КА3540	10000	400
Прес гідравлічний листоштамповий	ПБ3432	1600	630
	ПА3438	6300	900
	ПА3241Ф1	12500	1200

#### Задача 11.8

Розрахувати зусилля однокутового однобічного вигину з притисканням, якщо матеріал стрічки сталь 16ГС, межа міцності  $50 \text{ кг/мм}^2$ , ширина стрічки  $B=80 \text{ мм}$ , товщина  $S=10 \text{ мм}$ , коефіцієнт  $k_2=0,125$ .

#### Задача 11.9

Розрахувати зусилля для випадку однокутового вигину з калібруванням. Матеріал - сталь 15кп,  $\sigma_b=36 \text{ кг/мм}^2$ ,  $B=50 \text{ мм}$ ,  $S=8 \text{ мм}$ .

### 11.5 Визначення розмірів заготовки при витягуванні деталей циліндричної форми

Технологічні розрахунки при витягуванні циліндричних деталей полягають у визначенні допустимого ступеня деформації, знаходження необхідної кількості послідовних операцій витягування і підрахунку післяопераційних розмірів деталей. Коефіцієнти витягування циліндричних деталей без фланця визначаються відношенням:

- для першого витягування  $m_1=d_1/D$ ;

- для другого витягування  $m_2=d_2/d_1$ ;
- для подальших витягувань  $m_n=d_n/d_{n-1}$ .

Встановивши правильну величину коефіцієнтів витягування по операціях, знаходимо розміри подальших витягувань:

$$d_1=m_1D, \quad d_2=m_2d_1, \quad d_n=m_nd_{n-1},$$

а також кількість операцій витягування.

У таблиці 11.4 наведені оптимальні значення коефіцієнтів витягування циліндричних деталей без фланця (при витягуванні з притиском) залежно від відносної товщини заготовки для сталей 08, 10Г, 15Г, м'якої латуні і аналогічних їм сплавів.

Таблиця 11.4 – Коефіцієнти витягування для циліндричних деталей без фланця

Коефіцієнт витягування	Відносна товщина заготовки (S/D),%				
	2,0-1,5	1,5-1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,06
$m_1$	0,46-0,50	0,50-0,53	0,53-0,56	0,56-0,58	0,58-0,60
$m_2$	0,70-0,72	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80
$m_3$	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82
$m_4$	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82	0,82-0,84
$m_5$	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82	0,82-0,84	0,84-0,86

Формули для підрахунку післяопераційної висоти витягнутих циліндрів залежать від форми деталей та порядкового номера операції (рис.11.9):

- плоске дно і малий радіус заокруглення (рис.11.9а)

$$h = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n} - d_n \right); \quad (11.11)$$

- великий радіус заокруглення біля дна (рис.11.9б)

$$h = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n} - d_n \right) + 0,43 \frac{r_n}{d_n} (d_n + 0,32r_n); \quad (11.12)$$

- скіс біля дна (рис.11.9в)

$$h = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n} - d_n \right) + 0,57 \frac{a_n}{d_n} (d_n + 0,86a_n); \quad (11.13)$$

- сферичне дно (рис.11.9г)

$$h = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n} \right); \quad (11.14)$$

- стоншені стінки (рис.11.9д)

$$h = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n} - d_n \right) \cdot \frac{S}{S_n} + S; \quad (11.15)$$

- широкий фланець (рис.11.9е)

$$h = 0,25 \left( \frac{D}{m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n} - \frac{d_\phi}{d_n} + 3,44r_n \right). \quad (11.16)$$

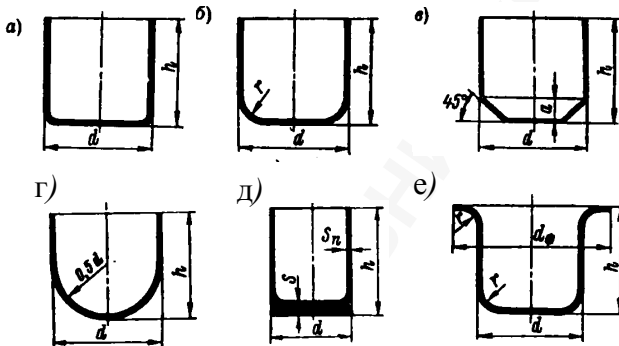


Рисунок 11.9 – Форми деталей

Припуски на обрізування деталей без фланця наведені у таблиці 11.5.

### Приклад 5

Розрахувати кількість операцій і розміри деталі на переходах при витягуванні циліндричної деталі без фланця із зовнішнім діаметром 92 мм і заввишки 202 мм із сталі 08 завтовшки 2 мм. Розрахунковий діаметр по середній лінії буде 90 мм.

Знаходимо за таблицею 11.5 припуск на обрізування. Для заданого співвідношення  $h/d$  припуск дорівнює 8 мм.

Таким чином, висота деталі з припуском на обрізування буде  $h=210$  мм.

Підраховуємо діаметр заготовки за формулою

$$D = \sqrt{d_2^2 + 4h^2}. \quad (11.17)$$

Для  $d=90$  мм і  $h=210$  мм  $D=290$  мм.

Таблиця 11.5 - Припуски по висоті на обрізування циліндричних деталей без фланця

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

Знаходимо відносну товщину заготовки  $(S/D)100=0,69$ .

За таблицею 11.4 (третя колонка справа) знаходимо коефіцієнти витягування:  $m_1=0,54$ ;  $m_2=0,75$ ;  $m_3=0,77$ ;  $m_4=0,80$ .

Діаметри переходів по середній лінії:

$d_1=0,54 \cdot 290=157$  мм;  $d_2=0,75 \cdot 157=118$  мм;  $d_3=0,77 \cdot 118=91$  мм. За умовою  $d_3=90$  мм. Тоді коефіцієнт останнього витягування дорівнює  $m_3=90/118=0,76$ , що за таблицею 11.4 цілком припустимо. У тих випадках, коли остання операція витягування виходить недовантаженою, необхідно вирівняти ступінь деформації по операціях і відкоригувати коефіцієнти витягування у бік їхнього збільшення.

Для полегшення процесу витягування беремо на перших двох операціях форму переходів зі скосом біля дна (рис.5.8), а на останній операції - циліндра з необхідним радіусом заокруглення.

За формулами (11.11)-(11.16) підраховуємо післяопераційну висоту деталі:  $h_1=108$  мм;  $h_2=160$  мм;  $h_3=210$  мм.

Результати отриманих розрахунків є початковими даними для проектування штампів, а також для визначення зусилля витягування і вибору преса.

### Задача 11.10

Розрахувати кількість операцій і розміри переходів для витягування циліндричних деталей. Вихідні дані у таблиці 11.6.

Таблиця 11.6 – Вихідні дані до розрахунків

Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8
d	150	145	140	136	132	128	124	120
h	300	300	300	275	275	275	250	250
S	3	2	4	5	2	3	4	5
Вар.	9	10	11	12	13	14	15	16
d	116	112	110	106	102	98	92	96
h	250	220	220	220	200	200	200	260
S	2	3	4	5	2	3	4	5

### 11.6 Визначення центра тиску штампа

На рис.11.10 показана схема матриці 160 x 110 з отворами, периметри і координати центрів яких наведені у табл.11.7.

### Задача 11.11

Визначити графічно і аналітично центр тиску штампа. Варіанти завдання у табл.11.8.

Таблиця 11.7 – Параметри отворів матриці

Фіг.	1	2	3	4	5	6
x	22	61	24	72	128	130
y	95	65	36	32	88	40
P	70	90	95	100	120	130

Таблиця 11.8 – Конструкція матриці відповідно до варіантів

Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Фігу-ри	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3
	2	6	2	2	2	2	4	4	4	2	4	4	6	6	6
	3	3	5	3	3	3	5	5	5	5	1	5	4	4	4

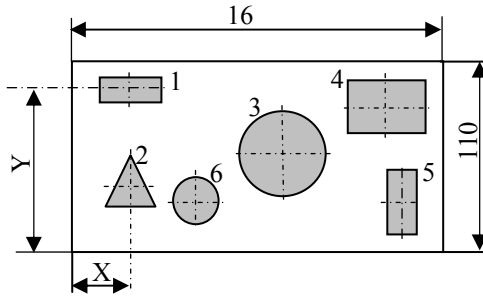


Рисунок 11.10 – Схема матриці

## 11.7 Проектування заготовок для прямокутних коробок

### Задача 11.12

Спроектувати заготовку для прямокутної коробки, що за своїми параметрами міститься у зоні 2а (див.рис.5.3). Вважати, що  $r_k = r_d = r$ . Номери варіантів завдання наведені у табл.11.9.

Таблиця 11.9 – Варіанти для проектування заготовок

Вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
г	8	9	12	13	6	16	10	5	17	16	15	12	20	15	14
В	50	10	10	14	12	15	20	17	16	50	40	35	70	65	60
А	10	20	25	20	30	42	40	50	52	90	60	70	90	93	78
Н	10	10	30	35	40	42	50	60	65	60	98	99	90	97	99

## 11.8 Розрахунок пуансонів на міцність

### Розрахунок пуансонів на міцність виконується за умови

$$P_{\text{доп}} > P_3,$$

де  $P_{\text{доп}}$  - допустиме навантаження на стиснення;

$P_3$ - потрібне (технологічне) зусилля при зрізуванні.

Допустиме навантаження на стиснення і стійкість робочої частини пуансонів рекомендується визначати за формулою

$$P_{\text{доп}} = \varphi F_k [\sigma]_{\text{ст}}, \quad (11.18)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт зниження допустимого напруження, що залежить від умовної гнучкості (табл.11.10) і характеризується співвідношенням

$$\frac{\mu h_1}{i_{\min}}, \quad (11.19)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт зведеної довжини, характеризує спосіб закріплення кінця стрижня і дорівнює 0,7;

$h_1$  - довжина робочої частини пуансона, в мм;

$i_{\min}$  - мінімальний радіус інерції робочого перетину пуансона, мм.

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I}{F_{\text{пер}}}}, \quad (11.20)$$

де  $I$  - мінімальний осьовий момент інерції поперечного перетину робочої частини пуансона в мм<sup>2</sup>;

$F_{\text{пер}}$  - площа поперечного перетину робочої частини пуансона, в мм<sup>2</sup>.

Для круглого перетину

$$i_{\min} = 0,25d,$$

де  $F_k$  - площа контакту робочого торця пуансона з штампованим матеріалом, яка визначається (в мм<sup>2</sup>):

- при співвідношенні  $\frac{s}{d} \geq 1$ ,  $\frac{s}{b} \geq 1$  ( $s$  - товщина штампованого матеріалу)

$$F^k = F_{\text{пер}}, \quad (11.21)$$

де  $F_{\text{пер}}$  - площа поперечного перетину робочої частини пуансона (рис.11.11а);

- при співвідношенні  $\frac{s}{d} < 1$ ,  $\frac{s}{b} < 1$  площа контакту  $F_k$

береться такою, що дорівнює площі пояса шириною  $0,5s$  по усьому периметру робочого торця пуансона (рис.11.11б):

$$F_k = \frac{\pi s(2d - s)}{4} \quad (11.22)$$

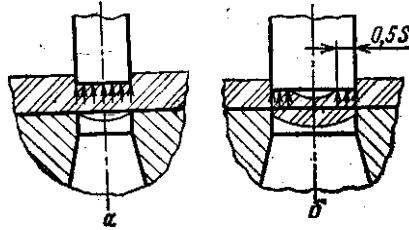


Рисунок 11.11 – Співвідношення

Таблиця 11.10 - Значення коефіцієнта  $\varphi$

$\frac{\mu h_1}{i_{\min}}$	До 4	Більше 4 до 8	Більше 8 до 12	Більше 12 до 16	Більше 16 до 23	Більше 23 до 30
$\frac{\mu h_1}{i_{\min}}$	До 4	Більше 4 до 8	Більше 8 до 12	Більше 12 до 16	Більше 16 до 23	Більше 23 до 30
$\varphi$	1,00	0,80	0,75	0,72	0,65	0,60

$[\sigma]_{\text{ст}}$  у формулі (11.18) – допустиме напруження при стисненні. Вибраний запас міцності дорівнює 1,5 - 2.

### Приклад 6

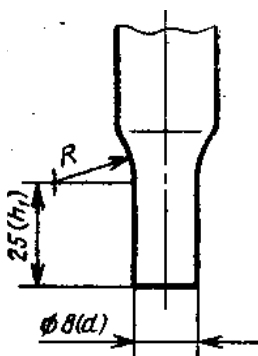


Рисунок 11.12 –  
Круглий пуансон

Вибрати марку сталі для пуансона (рис.11.12) і виконати розрахунок на допустиме навантаження, якщо технологічне зусилля пробивання отвору  $P_3 = 63000 \text{ Н}$  (6300 кгс), товщина штампованого матеріалу  $s=5 \text{ мм}$ .

### Розв'язання

$$P_{\text{дон}} = \varphi F_k [\sigma]_{\text{ст}} \geq P_3.$$



$$1) \frac{\mu h_1}{l_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 25}{0,25d} = \frac{0,7 \cdot 25}{0,25 \cdot 8} = 8,75;$$

$$2) \varphi = 0,75 \quad (\text{за таблицею 11.10});$$

$$3) \frac{s}{d} = \frac{5}{8} = 0,625 < 1, \text{ отже}$$

$$F_k = \frac{\pi s(2d - s)}{4} = \frac{3,14 \cdot 5(2 \cdot 8 - 5)}{4} = 43,175, \text{ мм}^2.$$

4) Матеріал для пуансона вибирається:

- з групи вуглецевих інструментальних сталей (У8А, У10А і інші) за умови, що допустиме напруження на стиснення  $[\sigma]_{\text{ст}} = 1600 \text{ МПа} (160 \text{ кгс/мм}^2)$ ;

- з групи низьколегованих інструментальних сталей (Х12М, 9ХС і інші) за умови, що  $[\sigma]_{\text{ст}} = 1900 \text{ МПа} (190 \text{ кгс/мм}^2)$ .

Вибираємо сталь У10А.

$$5) P_{\text{доп}} = \varphi F_k [\sigma]_{\text{ст}} = 0,75 \cdot 43,175 \cdot 1600 = 51810 \text{ Н} \quad (5181 \text{ кгс}).$$

Оскільки  $P_{\text{доп}} < P_3$ , умова стійкості не виконується, тому вибираємо більш міцний матеріал. З групи низьколегованих сталей призначаємо марку 9ХС, для якої

$$[\sigma]_{\text{ст}} = 1900 \text{ МПа} (190 \text{ кгс/мм}^2),$$

$$P_{\text{доп}} = 0,75 \cdot 43,175 \cdot 1900 (190) = 61520 \text{ Н} (6152 \text{ кгс}).$$

Враховуючи, що  $[\sigma]_{\text{ст}}$  вибране із запасом міцності 1,5 – 2, застосування марки сталі 9ХС допустиме. Якщо ж необхідна велика надійність, то доцільно ввести у конструкцію штампа спеціальну напрямну пуансона, яка збільшить його подовжню стійкість.

### Приклад 7

Вибрати марку сталі для пуансона (рис. 11.13) і виконати розрахунок на допустиме навантаження, якщо технологічне зусилля пробивання отвору  $P^3 = 90000 \text{ Н} (9000 \text{ кгс})$ , товщина штампованого матеріалу  $s = 8 \text{ мм}$ .

## Розв'язання

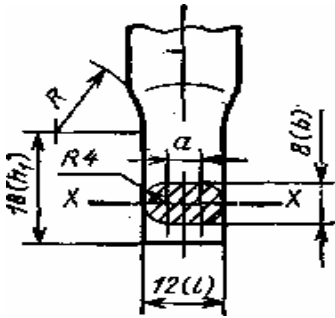


Рисунок 11.13 –  
Пуансон овальний

$$1) \quad P_{дон} = \varphi F_k [\sigma]_{cm} \geq P_s,$$

$$i_{min} = \frac{I}{F_{неп}}$$

Момент інерції фігур типу овала, еліпса має мінімальне значення відносно великої осі, що проходить через її центр ваги (у даному випадку - вісь x - x).

$$I = I_1 + I_2,$$

де  $I_1$  - момент інерції круга;

$I_2$  - момент інерції прямокутника

$$I_2 = \frac{a \cdot b^3}{12} = \frac{(12-8)8^3}{12} = \frac{4 \cdot 512}{12} = 170,66 \text{ мм}^4;$$

$$I = 200,96 + 170,66 = 371,62 \text{ мм}^4.$$

$$\frac{s}{b} = \frac{8}{8} = 1, \text{ отже } F_k = F_{неп}, \quad F_{неп} = F_1 + F_2,$$

де  $F_1$  - площа круга;

$F_2$  - площа прямокутника.

$$F_{неп} = \frac{\pi d^2}{4} + ab = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} + 4 \cdot 8 = 50,23 + 32 = 82,23 \text{ мм}^2;$$

$$i_{min} = \sqrt{\frac{I}{F_{сеч}}} = \sqrt{\frac{371,62}{82,23}} = \sqrt{4,5} = 2,12 \text{ мм};$$

$$2) \quad \frac{\mu h_1}{l_{min}} = \frac{0,7 \cdot 18}{2,12} = 5,94, \text{ за таблицею 11.10 } \varphi = 0,8;$$

3)  $[\sigma]_{ст} = 1600 \text{ МПа} (160 \text{ кгс/мм}^2)$  для сталі У10А (див. п.4 прикладу 6);

$$4) \quad P_{дон} = \varphi F_k [\sigma]_{cm} = 0,8 \cdot 1600 (160) 82,23 = 105254 \text{ Н} \\ (10525,4 \text{ кгс}) > P_s.$$

Призначена для пуансона марка сталі У10А задане навантаження витримує.

### Задача 11.13

Розрахувати пуансон на міцність. Варіанти задачі у табл.11.11.

Таблиця 11.11 – Вихідні дані для завдання

Рис.	$P_3, \text{H}$	$s, \text{мм}$	$d, \text{мм}$	$h_1, \text{мм}$	$b, \text{мм}$	$l, \text{мм}$
11.10	61000	5	8,3	24	-	-
11.10	54300	4	7	20	-	-
11.10	48700	7	9	17	-	-
11.11	79400	8	-	15	10	16
11.11	83900	6	-	21	9	15
11.11	94500	7	-	18	7	14

### 11.9 Розрахунок виконавчих розмірів робочих частин вирубувальних і пробивних штампів

Робочі частини штампів - це матриця і пуансон. Ці деталі вимагають найточнішого виготовлення. Достатньо сказати, що робочі поверхні цих деталей повинні мати шорсткість  $Ra=0,6-0,3 \text{ мкм}$ .

Допуски на виготовлення робочих частин вирубувальних пуансонів і матриць тісно пов'язані з величиною технологічного зазору між ними, оскільки допуски збільшують розмір зазору. Незалежно від цього допуски на виготовлення визначаються залежно від номінальних розмірів робочих частин. Схеми побудови допусків на виготовлення вирубувальних пуансонів пробивних матриць наведені у розділі 9.

На рис.9.1 зображена схема побудови допусків при вирубванні зовнішнього контура. На рис.9.2 зображена схема побудови допусків при вирубванні внутрішнього контура.

Припуск на зношення матриці вибрати за табл.11.13.

Формули для розрахунку виконавчих розмірів матриці і пуансона наведені у підрозділі 9.2. Допуски на виготовлення робочих частин штампів - у табл.11.12 та табл.11.14.

Таблиця 11.12 - Допуски на виготовлення круглих матриць і пуансонів

Товщина матеріалу, s, мм	Найменший двобічний початковий зазор, Z, мм	Допуски на виготовлення	
		матриці, TD	пуансона, Td
0,3	0,02	0,015	0,010
0,5	0,03	0,020	0,010
0,8	0,05	0,020	0,012
1,0	0,06	0,025	0,015
1,5	0,10	0,030	0,020
2,0	0,14	0,040	0,020
2,5	0,20	0,050	0,030
3,0	0,24	0,060	0,030
4,0	0,40	0,080	0,040
5,0	0,60	0,100	0,050
6,0	0,80	0,120	0,060
8,0	1,30	0,160	0,080
10,0	1,80	0,200	0,100
12,0	2,40	0,250	0,120

#### Задача 11.14

Визначити виконавчі розміри матриці і пуансона для пробивання отвору:

- 1 - діаметром 40H8 ( $^{+0,039}_{-0}$ );
- 2 - діаметром 40H12 ( $_{-0,170}^{+0,420}$ );
- 3 - діаметром 30 H10 ( $^{+0,084}$ ).

#### Задача 11.15

Розрахувати виконавчі розміри матриці і пуансона для висікання шайб:

- 1 – з зовнішнім діаметром 18 ( $_{-0,70}$ );
- 2 – з зовнішнім діаметром 50 ( $_{-0,430}^{-0,180}$ );
- 3 – з зовнішнім діаметром 40 ( $_{-0,250}$ ).

Таблиця 11.13 – Припуски на зношення матриць та пуансонів

Допуск на розмір деталі, мм	Припуск на зношення, мм	Допуск на розмір деталі, мм	Припуск на зношення, мм
≤ 0,1	$P=Td_d(TD_d)$	0,43-0,46	0,35
0,12	0,1	0,52-0,53	0,40
0,14	0,12	0,60-0,62	0,50
0,16-0,17	0,14	0,68	0,55
0,20	0,16	0,74-0,76	0,60
0,23-0,24	0,18	0,87	0,70
0,25-0,28	0,20	1,00	0,80
0,30-0,34	0,25	1,15-1,35	0,90
0,36-0,40	0,30	1,55	1,25

Таблиця 11.14 – Допуски на виготовлення некруглих матриць і пуансонів

Допуск на розмір, мм			Допуск на розмір, мм		
деталі	матриці	пуансона	деталі	матриці	пуансона
0,02	0,006	0,004	0,20-0,24	0,035	0,035
0,025	0,008	0,005	0,25-0,28	0,045	0,045
0,030	0,009	0,006	0,30-0,34	0,060	0,060
0,035-0,04	0,011	0,008	0,36-0,40	0,080	0,080
0,045	0,013	0,009	0,43-0,46	0,100	0,100
0,050	0,015	0,011	0,52-0,53	0,120	0,120
0,060	0,018	0,013	0,60-0,62	0,140	0,140
0,070	0,021	0,015	0,68-0,76	0,170	0,170
0,080	0,024	0,018	0,87-1,00	0,200	0,200
0,090	0,027	0,020	1,15-1,35	0,260	0,260
0,10-0,12	0,030	0,022	1,55	0,300	0,300
0,14-0,17	0,035	0,030	-	-	-

## ***СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ***

1. Автоматизация загрузки прессов штучными заготовками. Расчеты и проектирование / Под ред. В.Ф. Прейсс. - М.: Машиностроение, 1975. - 231 с.
2. Басов Н.И., Ким В.С., Скуратов В.К. Оборудование для производства объемных изделий из термопластов. - М.: Машиностроение, 1972. - 272 с.
3. Гуль В.Е., Акутин М.С. Основы переработки пластмасс. - М.: Химия. 1985. - 400 с.
4. Кухтарев В.И., Кухтарев О.В. Проектирование технологических процессов холодной штамповки. - М.: Машиностроение, 1966. - 347 с.
5. Мещерин В.Т. Листовая штамповка. Атлас схем. - М.: Машиностроение, 1975. - 278 с.
6. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки: Справочник. - Л.: Машиностроение, 1979. - Ч.1-2. - 1032 с.
7. Пантелеев А.П., Шевцов Ю.М., Горячев И.А. Справочник по проектированию оснастки для переработки пластмасс. - М.: Машиностроение, 1986. - 400 с.
8. Ракошиц Г.С. Изготовление и сборка штампов. - М.: Машиностроение, 1968. - 168 с.
9. Романовский В.П. Справочник по холодной листовой штамповке. - Л.: Машиностроение, 1971. - 384 с.
10. Руднев Ю.М. Механизация и автоматизация листовой штамповки. - М.: Машиностроение, 1975. - 259 с.
11. Скворцов Г.А. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Конструирование и расчеты. - М.: Машиностроение, 1972. - 184 с.
12. Стеблюк В.И. и др. Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование: Учебник для ВУЗов. - К.: Вища школа, 1983. - 147 с.
13. Техника переработки пластмасс / Под редакцией Н.И.Басова и В.И.Броя. Совместное издание СССР - ГДР. - М.: Химия, 1985. - 528 с.
14. Филатов В.И., Корсаков В.Д. Технологическая подготовка процессов формования изделий из пластмасс. - Л.: Политехника, 1991. - 352 с.
15. Штампы для холодной штамповки. Конструирование, исполнительные размеры. - М.: Стандарты. 1963. - 926 с.