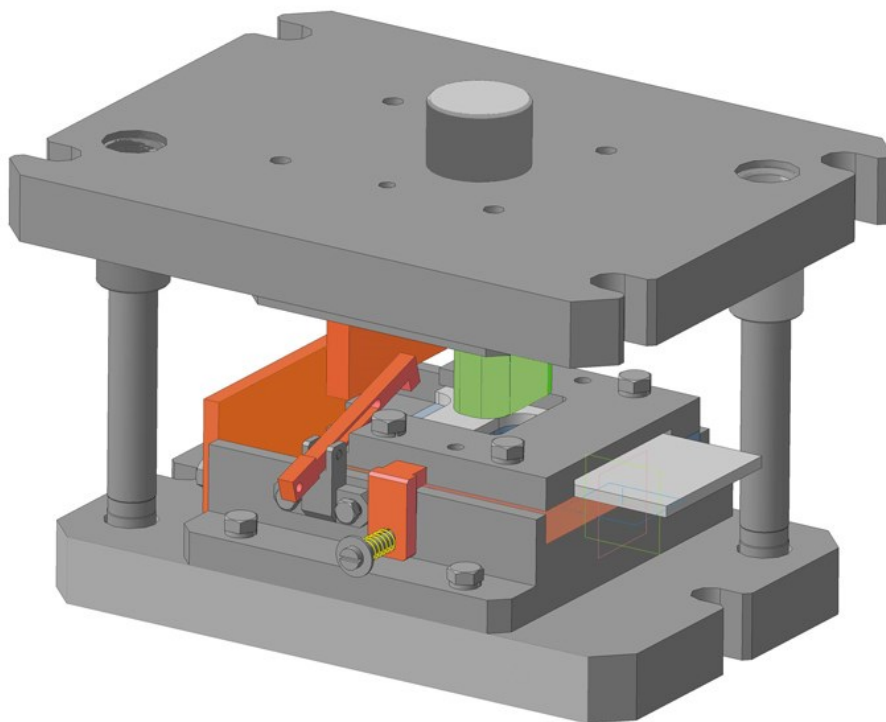


Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Радик Д. Л., Ткаченко І. Г.

Основи проєктування штамів для розділювальних операцій листового штампування

Навчальний посібник



Тернопіль
2026

УДК 621.961.2
P15

Автори:

Дмитро Радик – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, м. Тернопіль.

Ігор Ткаченко – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, м. Тернопіль.

Рецензенти:

Ігор Гурей – доктор технічних наук, професор, професор кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка»;

Ростислав Редько – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри прикладної механіки та мехатроніки Луцького національного технічного університету;

Юрій Капаціла – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Рекомендовано до друку вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України (протокол № 4 від 21 квітня 2026 р.)

P15

Радик Д. Л., Ткаченко І. Г. Основи проектування штампів для розділювальних операцій листового штампування. Тернопіль : ТНТУ, 2026. 260 с.

ISBN 978-966-305-130-7

У посібнику наведена технологічна характеристика розділювальних операцій листового штампування, відомості про матеріали для виготовлення деталей штампів, вимоги до технологічності деталей та раціонального розкрою матеріалу, який штампують. Описана методика і приклади розрахунків технологічних параметрів розділювальних операцій, наведені довідникові дані для проектування штампів для розділювальних операцій, значна увага приділена конструюванню елементів штампів. Розглянуті особливості конструювання штампів для чистового вирубування та зачищування.

Посібник призначений для здобувачів вищої освіти за спеціальністю G9 Прикладна механіка, а також для інженерно-технічних працівників, і може бути використаний в інженерних розрахунках при проектуванні штампів для розділювальних операцій холодного листового штампування.

УДК 621.961.2

© Радик Д. Л., Ткаченко І. Г. 2026
© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя 2026

ISBN 978-966-305-130-7

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ З ПРОЄКТУВАННЯ ШТАМПІВ ДЛЯ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ	7
1.1. Класифікація й технологічна характеристика розділювальних операцій листового штампування	7
1.2. Вимоги до технологічності деталей, які виготовляють з використанням розділювальних операцій листового штампування	17
1.3. Розкрій листового матеріалу для операцій листового штампування	28
1.3.1 Види розкрою та критерії його ефективності	28
1.3.2. Розрахунок коефіцієнта використання листового матеріалу при штампуванні деталей круглої форми	52
1.3.3. Розкрій листа на смуги	55
1.4. Вибір матеріалів для виготовлення деталей штампів	62
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ ШТАМПІВ ДЛЯ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ	72
2.1. Загальні розрахунки, які виконують при проєктуванні штампів	72
2.1.1. Визначення координат центра тиску штампа	72
2.1.2. Вибір і розрахунок розмірів плит штампа і його напрямних вузлів ...	77
2.1.3. Розрахунок гумових і поліуретанових буферних пристроїв	79
2.2. Розрахунок технологічних параметрів, необхідних для виконання розділювальних операцій, і вибір преса	83
2.3. Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа	90
2.4. Конструювання і розрахунок на міцність робочих деталей штампа	103
3. КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ ДЛЯ РОЗДІЛЮВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ	138
3.1. Загальні вимоги до конструкції та виготовлення штампів	138
3.2. Види та класифікація конструктивних елементів штампів для листового штампування	144
3.2.1. Конструктивні особливості блоків і пакетів штампів	145
3.2.2. Напрямні вузли штампів	147
3.2.3. Конструктивні елементи штампів	149
3.3. Розміщення основних елементів штампа в його робочій зоні	158
3.4. Конструювання окремих конструктивних елементів штампів	166
3.4.1. Конструювання знімачів	166

3.4.2. Конструювання крокових ножів	171
3.4.3. Конструювання направляючих планок, притискувачів, упорів і фіксаторів	173
3.4.4. Конструювання виштовхуючих пристроїв, траверс і відлиплювачів ...	197
4. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	200
4.1. Особливості конструювання штампів для чистового вирубання	200
4.2. Особливості конструювання штампів для зачищування	211
4.3. Особливості конструювання штампів для магнієвих і титанових сплавів і неметалічних матеріалів	215
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	228
ДОДАТКИ	231
ДОДАТОК А Уніфіковані конструктивні елементи штампів для розділювальних операцій листового штампування	231
ДОДАТОК Б Механічні властивості матеріалів для листового штампування	254

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні штампування є найпоширенішим способом оброблення металів тиском, яке полягає у пластичному деформуванні металу за допомогою штампів. На даний час у машинобудівній галузі значну частину виробів виготовляють методом листового штампування, що є прогресивним різновидом оброблення матеріалів тиском. На сьогодні це один із високопродуктивних та енергоощадних методів отримання виробів різноманітної форми та маси.

Листове штампування має широке застосування в усіх галузях машино- та приладобудування, металообробної, радіо- та електротехнічної промисловості. Переважно її застосовують у масовому та великосерійному виробництвах, а також у дрібносерійному, використовуючи при цьому універсальні штампи.

Штампування може здійснюватися як з об'ємної заготовки – катаного, тягнутого чи пресованого прутка (або товстої смуги), так і з листової заготовки – листового прокату. Перший процес називають об'ємним штампуванням, а другий – листовим.

Використовуючи в якості початкової заготовки листовий матеріал (листи, смуги, стрічки), а також технологічні переходи (пробивання, вирубування, гнуття, витягування тощо) можна виготовляти широку номенклатуру різноманітних виробів. В основних галузях промисловості України питома вага деталей та виробів, які отримують штампуванням із листового прокату, складає 60–80 %, а при виготовленні речей широкого вжитку сягає 95–98 % [3].

Широке використання способів листового штампування забезпечує його основні переваги: високу продуктивність і в зв'язку з цим низьку вартість штампованих деталей; можливість виготовлення виробів з мінімальною матеріалоемністю, що неможливо забезпечити іншими методами оброблення; високу точність і якість поверхні штампованих деталей, що забезпечує їх взаємозамінність; порівняно просту механізацію й автоматизацію технологічних процесів листового штампування; можливість отримання виробів складної форми й конфігурації та високий коефіцієнт використання матеріалу; пристосованість до масштабів і типів виробництва.

Одним з прогресивних конструктивних показників, що характеризує ефективність холодного листового штампування, є зниження маси та збільшення міцності й жорсткості деталей, які отримують із листового матеріалу.

Основним технологічним чинником подальшого розвитку холодного листового штампування є прагнення отримати повністю закінчену деталь, аби не потрібне було її подальше механічне оброблення різанням чи воно було зведене до мінімуму.

Залежно від товщини s листової (смугової) заготовки штампування умовно поділяють на тонколистове ($s < 4$ мм) і товстолистове ($s > 4$ мм), причому заготовки товщиною 15–20 мм, як правило, штамнують у гарячому стані.

Діапазон розмірів штампованих деталей є досить великий – за габаритами від кількох міліметрів до 6–7 м; за товщиною – від десятих часток міліметра до 100 мм і більше. Точність виготовлення деталей досягають при звичайному штампуванні 11–12 квалітету, а при додатковому зачищуванні та калібруванні – 7–8 квалітету точності.

Інструментом для виготовлення деталей із листового прокату є штамп. Він забезпечує високу продуктивність обробки і має сприятливі умови для механізації та автоматизації процесу штампування.

Розроблення технологічної документації листового штампування здійснюють у тій послідовності, яка визначається технологічним процесом виготовлення деталі (наприклад, різання листового металу ножицями, вирубування заготовки, пробивання отворів, обрізування країв деталі по зовнішньому контуру тощо). Необхідні технологічні розрахунки при проєктуванні операцій холодного листового штампування виконують для кожної операції (переходу).

Навчальний посібник охоплює коло питань, необхідних для вивчення загальних принципів проєктування основних видів штампів для розділювальних операцій листового штампування. Наведено теоретичні та загально-методичні відомості, що є основою для проєктування штампів простої дії для розділювальних операцій холодного листового штампування.

Викладений в посібнику матеріал супроводжується графічним поясненням, що сприяє швидшому його розумінню та набуттю здобувачами вищої освіти практичних навичок з проєктування штампів. Також наведено довідникові дані, які можуть бути використані інженерами-конструкторами штампів листового штампування, а також технологами листоштампувального виробництва.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ З ПРОЄКТУВАННЯ ШТАМПІВ ДЛЯ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

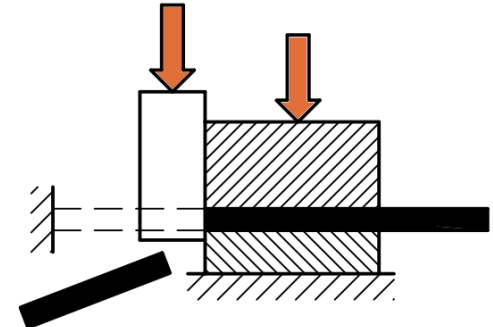
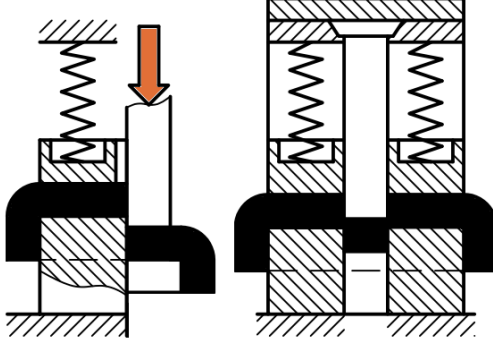
1.1. Класифікація й технологічна характеристика розділювальних операцій листового штампування

Розділювальні (роз'єднувальні) операції листового штампування – це операції, які призначені для повного чи часткового відокремлення однієї частини листового матеріалу від іншої по замкненому чи незамкненому контуру.

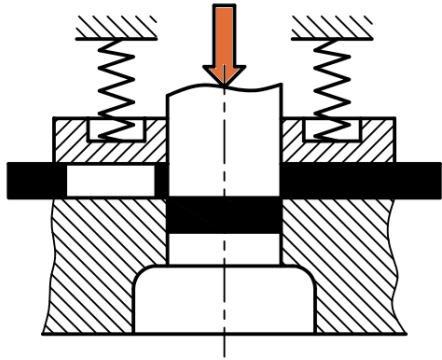
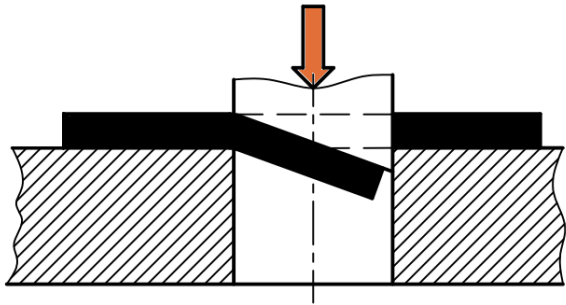
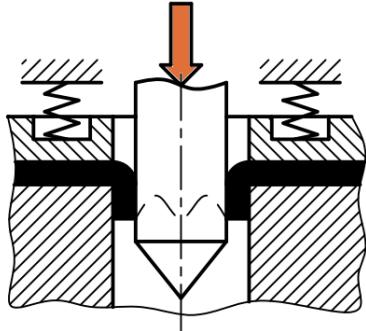
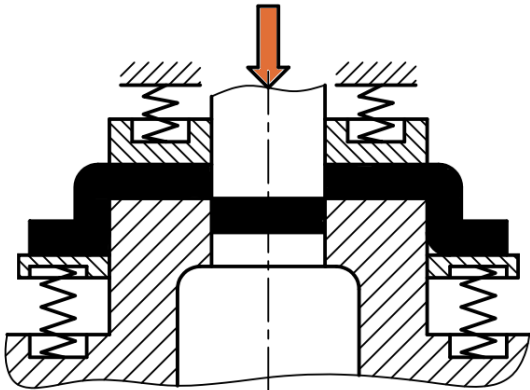
Процес різання листового матеріалу являє собою технологічну операцію холодного листового штампування з відокремлення однієї частини матеріалу від іншої по замкненому чи незамкненому контуру за допомогою штампів на механічних чи гідравлічних пресах.

Згідно з ДСТУ 2263-93 до цих операцій відносяться: відрізування, розрізування, вирубування (вирізування), надрізування, проколювання, пробивання, обрізування, зачищування, висікання, просікання в штампі, надрубання, відрубання, розрубання, розламування (табл. 1.1).

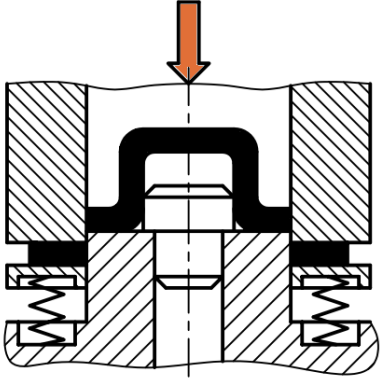
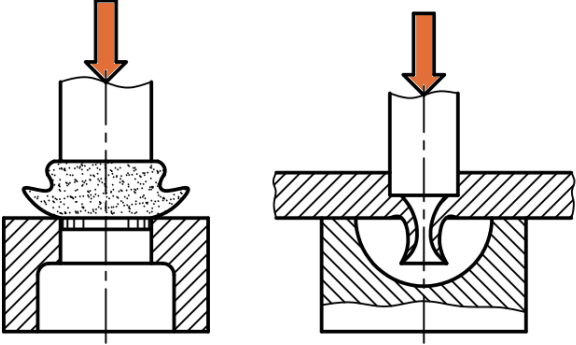
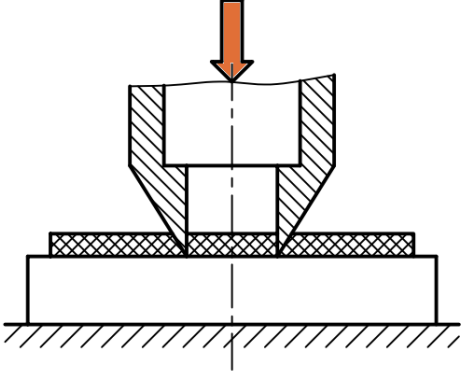
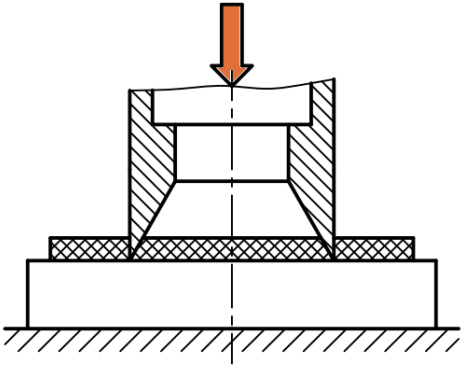
Таблиця 1.1. Терміни, визначення та схеми розділювальних операцій листового штампування

Термін та його визначення	Схема операції
<p>1. Відрізування – повне відокремлення частини заготовки по незамкненому контуру шляхом зсуву</p>	
<p>2. Розрізування – розділювання заготовки на частини по незамкненому контуру шляхом зсуву (з відходом і без відходу)</p>	

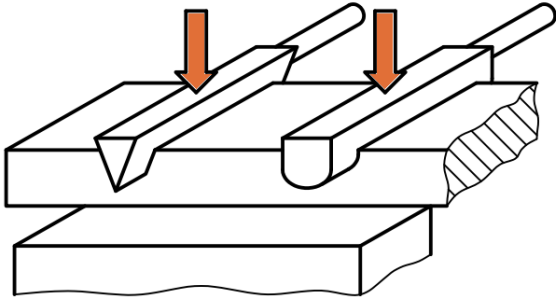
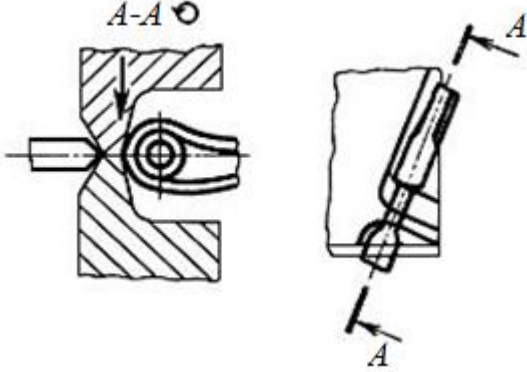
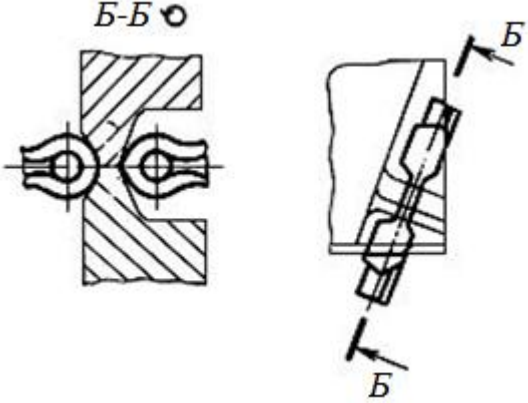
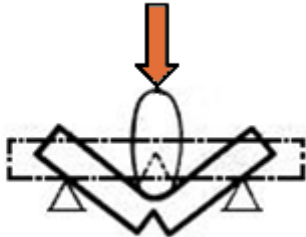
Продовження таблиці 1.1

Термін та його визначення	Схема операції
<p>3. Вирубвання – повне відокремлення заготовки або виробу від початкової заготовки по замкненому контуру шляхом зсуву (відокремлена частина – це виріб)</p>	
<p>4. Надрізування – неповне відокремлення частини заготовки шляхом зсуву</p>	
<p>5. Проколювання – утворення в заготовці отвору без видалення металу у відхід</p>	
<p>6. Пробивання – утворення отвору або пазу шляхом зсуву з видаленням окремої частини металу у відхід</p>	

Продовження таблиці 1.1

Термін та його визначення	Схема операції
<p>7. Обрізування – видалення зайвого металу (припуску) шляхом зсуву</p>	
<p>8. Зачищування – видалення технологічних припусків за допомогою штампу з утворенням стружки для підвищення точності розмірів і зменшення шорсткості деталі, яку штампують</p>	
<p>9. Висікання – повне відокремлення заготовки або виробу по замкненому контуру шляхом проникнення інструменту в матеріал</p>	
<p>10. Просікання в штампі – утворення отвору в заготовці шляхом проникнення в неї інструменту з видаленням частини матеріалу у відхід</p>	

Закінчення таблиці 1.1

Термін та його визначення	Схема операції
<p>11. Надрубання – утворення виїмок на заготовці в результаті заглиблення ковальського інструменту на неповну товщину заготовки</p>	
<p>12. Відрубання – повне відокремлення частини заготовки за незамкненим контуром заглибленням інструменту</p>	
<p>13. Розрубання – поділ поковки на частини заглибленням інструменту</p>	
<p>14. Розламування – поділ заготовки на частини руйнуванням при згинанні</p>	

Кожна розділювальна операція листового штампування має свої характерні технологічні особливості.

Відрізування – це розділювальна операція листового штампування, призначена для повного відокремлення частини заготовки по незамкненому контуру, по прямій чи кривій лінії методом зсуву. Контур тут розглядається у площині, перпендикулярній напрямку руху робочого інструменту (рис. 1.1 а).

Залежно від конфігурації заготовок та необхідної точності їх розмірів, відрізування листового (штабового, стрічкового, рулонного) матеріалу може здійснюватися у штампах без відходів або з відходами. Відрізування без відходів виконують за такими схемами: без притискування матеріалу та заготовки або з їх притискуванням, а також з притискуванням початкової заготовки без притискування деталі, та навпаки. Основною технологічною особливістю цієї операції є можливість відрізування заготовок за один хід преса тільки по одній лінії різання в плані (однобічне відрізування).

При відрізуванні заготовок з відходами застосовують дві конструктивні схеми: при симетричному розташуванні ліній відрізування відносно осі штаби у плані, при цьому забезпечується урівноваження зсувних зусиль, що діють на верхні рухомі ножі, і працюють без застосування протидітискувачів, а також схеми із несиметричним розташуванням ліній відрізування, які потребують використання протидітискувачів.

Вирубубання (вирізування) – процес повного відокремлення заготовки або виробу від початкової заготовки по замкненому контуру в штампі методом зсуву, причому відокремлена і зміщена в матрицю частина заготовки є деталлю чи напівфабрикатом для наступного штампування, механічного чи іншого оброблення (рис. 1.1 б).

Залежно від способу штампування, вирубубання деталей з листового матеріалу у штампах також може здійснюватися без притискування відходу й деталі, яку штампують, та без нього. Вирубубання є найпоширенішою операцією листового штампування, яку здійснюють на штампі для вирубубання.

Пробивання – процес відокремлення частини заготовки по замкненому контуру в пробивному штампі з метою отримання отвору або паза, причому відокремлена і зміщена в матрицю частина заготовки є відходом (рис. 1.1 в).

Надрізування – процес неповного відділення частини заготовки методом зсуву (рис. 1.1 г). При цьому відбувається відокремлення елемента заготовки по незамкненому контуру без порушення зв'язку частин заготовки, яку розділюють, з іншими ділянками контуру. Надрізування застосовують з метою отримання відігнутих язичків і здійснюють на спеціальному надрізному штампі.

Залежно від виду елемента деталі розрізняють два способи надрізування заготовок: зовнішнє та внутрішнє. Крім того, залежно від форми надрізу та взаємного розташування групи надрізів, розрізняють штампи з неврівноваженою, частково врівноваженою і врівноваженою схемами штампування.

Розрізування – процес розділення плоских, гнутих чи пустотілих заготовок на дві чи кілька окремих деталей (частин) за незамкненим контуром методом зсуву (рис. 1.1 д). Цю операцію використовують для виготовлення несиметричних виробів, для чого спочатку штампують симетричну заготовку, а потім розрізають на кілька несиметричних деталей. Залежно від форми заготовки і деталі та необхідної точності штампування, розрізування заготовок може здійснюватися у штампах без відходів або з відходами.

Обрізування (обрубівання) – процес повного відокремлення нерівного краю по зовнішньому контуру плоских, гнутих чи витягнутих виробів (рис. 1.1 е).

Операція обрізування призначена для видалення у брак надлишків металу зсувом за замкненим та незамкненим контуром. Штампи для обрізування плоских заготовок, а також попередньо формованих, але таких, що мають плоский фланець, не відрізняються від штампів для вирубівання.

Зачищування – процес відокремлення технологічного припуску з утворенням та без утворення відходу (стружки) на бокових поверхнях напівфабрикатів, отриманих вирубіванням чи пробиванням отворів для підвищення точності розмірів та зменшення шорсткості заготовки, яку штампують (рис. 1.1 ж). Цю операцію листового штампування доцільно використовувати в таких випадках: коли до поверхні деталей машин, які штампують, механізмів та приладів ставляться підвищені вимоги щодо шорсткості ($Ra = 2,5 \dots 0,16$ мкм); коли контур деталі є базою для подальшого виконання ряду операцій з високою точністю; коли контур деталі або його елемент є відповідальною частиною механізму.

Виготовлення деталей із застосуванням штампів для зачищування забезпечує отримання взаємозамінних деталей у складних та відповідальних приладах, механізмах та машинах, підвищує їх зносостійкість. Методом зачищування у штампах отримують деталі невеликих розмірів з точністю, що відповідає 8–11 квалітету.

Зачищування заготовок може здійснюватися: за зовнішнім контуром, тобто після вирубівання; за внутрішнім контуром, тобто після пробивання; одночасно за зовнішнім та внутрішнім контурами у штампі суміщеної дії, тобто після вирубівання-пробивання теж у штампі суміщеної дії.

Висікання – процес призначений для повного відділення заготовки або виробу за замкненим контуром упродовження інструмента в матеріал вихідної заготовки. Ця операція за схемою формоутворення аналогічна до вирубування, але має іншу галузь застосування.

Цю операцію застосовують для розділення м'яких неметалевих матеріалів, наприклад, вініпласту, гуми, паперу, тканин тощо. Конструктивною особливістю штампів для висікання є наявність гостро заточених ножових матриць (ножів) з кутом різання значно меншим 90° . Саме це дає можливість значно підвищити точність і якість штампування неметалевих виробів.

З точки зору конструктивного виконання, розрізняють штампи для висікання деталей із застосуванням неметалевої підкладної плити (пуансона) та металевого пуансона.

Просікання – процес відокремлення листових неметалевих матеріалів по замкненому контуру за допомогою просічних штампів (рис. 1.1 з). Ця операція призначена для утворення отвору в заготовці методом занурення в неї інструмента з вилученням частини матеріалу у брак.

Штампи для просікання (ножові штампи) є аналогами штампів для пробивання, але застосовуються як і штампи для висікання, для штампування відносно м'яких неметалевих матеріалів. Схеми штампів для просікання деталей принципово не відрізняються від схем штампів для висікання.

Найкраща якість просікання отворів у неметалевих матеріалах досягається при застосуванні потужного притискування деталі, яку штампують. Але якщо деталь підлягає багатократному притискуванню, наприклад, в умовах штампування за кілька операцій, вона може частково руйнуватися (розшаруватися). З цієї причини рекомендується штампувати неметалеві вироби у штампах суміщеної дії, де матеріал підлягає однократному притискуванню.

Проколювання – операція листового штампування, призначена для утворення в заготовці малого отвору без вилучення металу у брак.

Усі розділювальні операції листового штампування завершуються руйнуванням металу в зоні деформації (рис. 1.2). Процес пластичного деформування, що відбувається на початкових стадіях деформування металу, є супутнім і зазвичай небажаним, але неминучим для здійснення операції розділювання деталей із пластичних матеріалів.

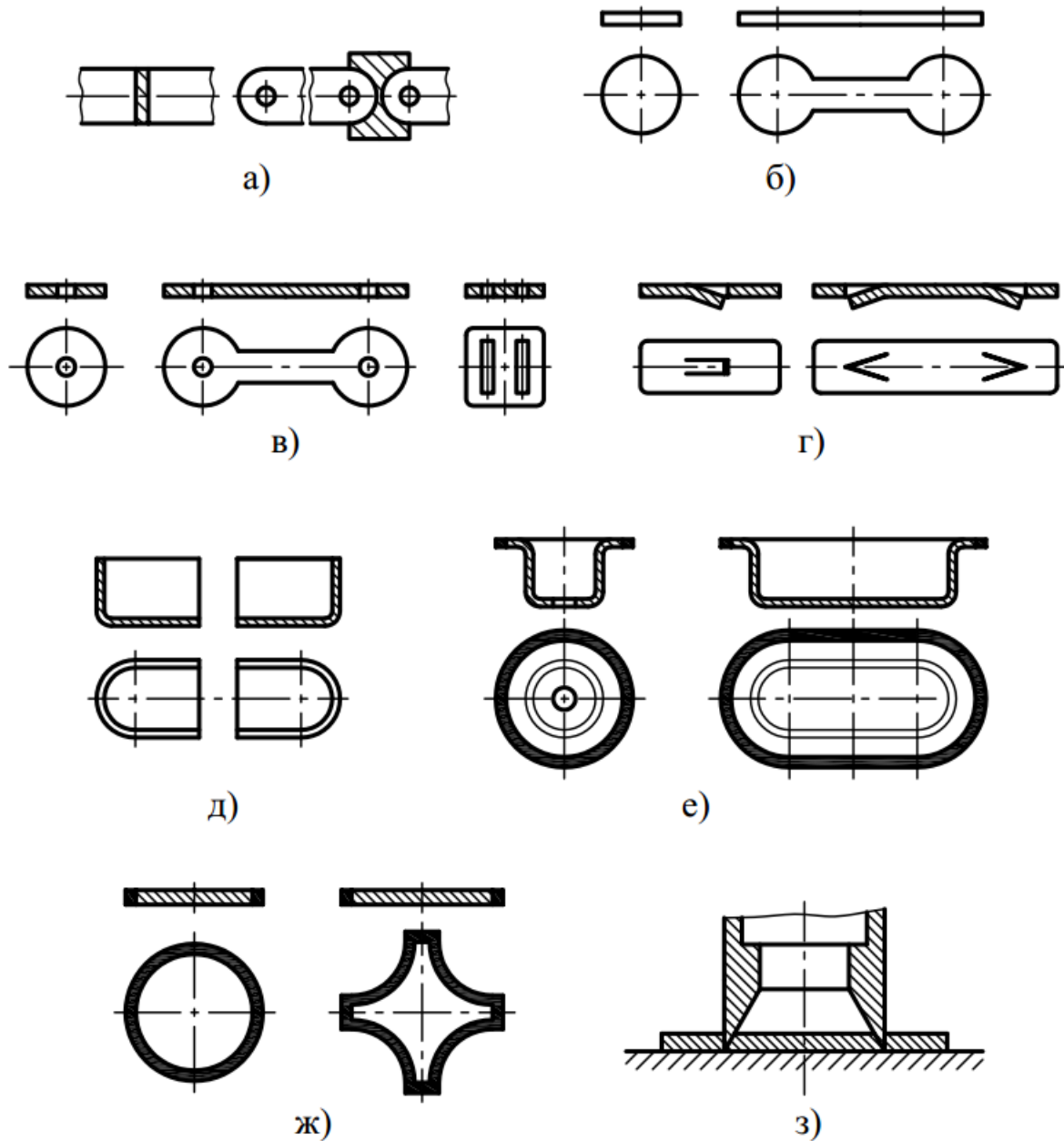


Рисунок 1.1. Схеми розділювальних операцій різання

листового металу штампами:

- а – відрізування; б – вирубування (вирізування); в – пробивання;
- г – надрізування; д – розрізування; е – обрізування (обрубання);
- ж – зачищування; з – просікання

Щоби локалізувати небажану пластичну деформацію поблизу поверхні розділювання, краї металевих пуансона й матриці виконують гострими, а зазор між пуансоном і матрицею – значно меншим від товщини матеріалу, який штамнують. Проте незначне пластичне деформування завжди має місце, у результаті чого в початковій стадії операції розділювання відбувається плавне

зростання зусилля P від нуля до максимального значення P_{\max} (рис. 1.3), що залежить від товщини s матеріалу, який штамнують, довжини (периметру) L лінії розділювання й тимчасового опору σ_e матеріалу. Фактичне значення зусилля штампування може бути більшим або меншим від розрахункового, залежно від реальних умов технологічного процесу вирубування-пробивання.

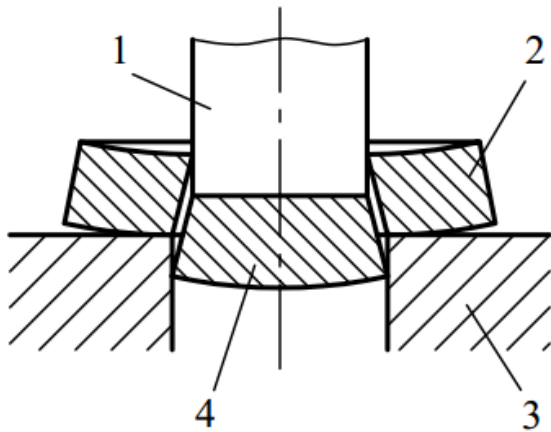


Рисунок 1.2. Схема завершення процесу вирубування металу:
1 – пуансон; 2 – відхід; 3 – матриця;
4 – вирубана заготовка

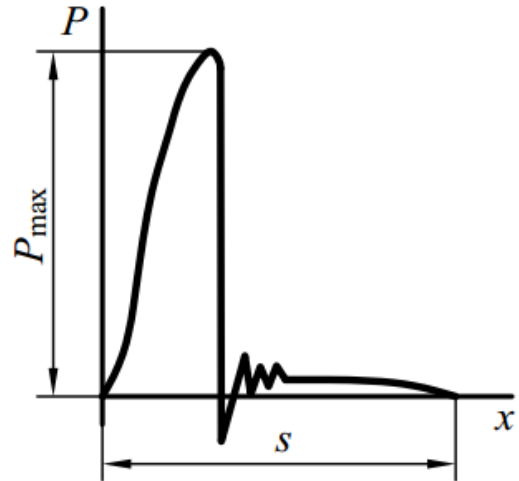


Рисунок 1.3. Графік зміни зусилля деформування при розділювальних операціях листового штампування

На практиці технологічне зусилля штампування визначають на основі умовної величини – опору зрізування $\sigma_{зр}$, що враховує всі види опору металу, який розділяють, його зміцнення, параметри деталі, яку штамнують, зазори між матрицею й пуансоном тощо.

У результаті того, що в початковий момент розділювання відбувається пластичне деформування матеріалу, а завершення операції супроводжується сколюванням, поверхня зрізування (розділювання) отримується нерівною й неперпендикулярною до площини поверхні матеріалу, який розділяють (рис. 1.4). При цьому глибина вм'ятини $\Delta_{вм} \approx (0,1-0,3) s$, висота блискучого пояса $\Delta_{бл} \approx (0,2-0,4) s$, кут сколювання для товщини матеріалу до 4 мм приблизно дорівнює $\varphi \approx (4-8)^\circ$, а для більших товщин $\varphi \leq (12-14)^\circ$.

Чим більший зазор z між матрицею й пуансоном, тим менше фактичне технологічне зусилля штампування P і тим значніші дефекти поверхні зрізування, й навпаки.

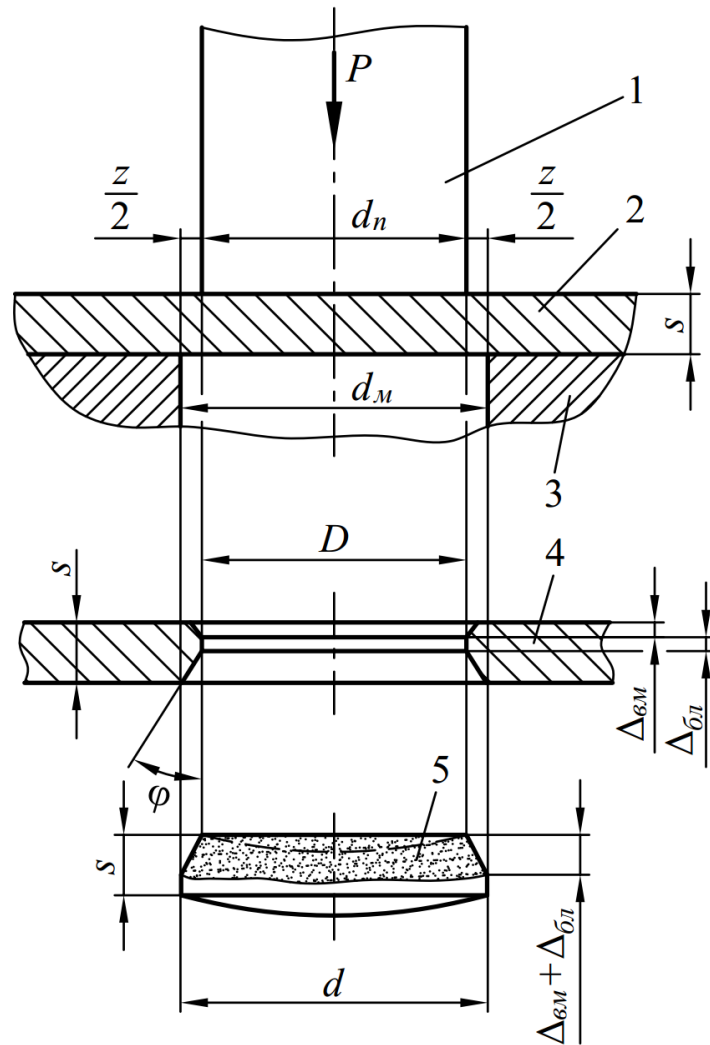


Рисунок 1.4. Схема процесу пробивання-вирубівання й похибки деталей після штампування:

- 1 – пуансон; 2 – заготовка; 3 – матриця; 4 – заготовка із пробитим отвором; 5 – вирубана деталь; $\Delta_{вм}$ – глибина вм’ятини, що утворюється в початковий момент процесу пробивання-вирубівання; $\Delta_{бл}$ – висота блискучого пояса; ϕ – кут сколювання

Зазор z приймають, виходячи з мінімального зусилля при забезпеченні гарної якості поверхні зрізування й високої стійкості пуансона та матриці (нормальний зазор) або виходячи з необхідності підвищеної якості поверхні зрізування (зменшений зазор). Значення $\sigma_{зр}$, що відповідають нормальному зазору, наведено в додатку Б (також див. табл. 2.1 і 2.2, розділ 2).

У зв’язку з наявністю згаданих дефектів на поверхні сколювання, розмір отвору D визначають розміром пуансона d_n , а розмір заготовки d , яку вирубують, визначають за розміром матриці D_m . Тому при пробиванні (й інших операціях, коли розмір елемента, який штамнують, є охоплюваним) визначальною

(основною) робочою деталлю вважають пуансон, тобто охоплюваний робочий елемент штампа, а при вирубуванні (й інших операціях, коли розмір елемента, який штампують, є охоплюючим), визначальною (основною) деталлю вважають матрицю, тобто охоплюючий робочий елемент штампа.

1.2. Вимоги до технологічності деталей, які виготовляють із використанням розділювальних операцій листового штампування

Технологічні процеси холодного штампування можуть бути найраціональнішими лише за умови створення конструкції чи форми деталі, технологічної за всіма параметрами, що забезпечує якомога простіше й економніше її виготовлення. Тому технологічність конструкцій деталей, які отримують листовим штампуванням, є ключовою умовою прогресивності технологічних способів їх виготовлення та забезпечення економної ефективності штампувального виробництва.

Технологічність деталей, які отримують методом штампування, включає таку сукупність властивостей і основних конструктивних елементів (форми і розмірів) деталей, які забезпечують якомога простіше та економніше їх виготовлення (в умовах даного типу виробництва) при дотриманні технічних, технологічних та експлуатаційних вимог, які до них поставлені. При цьому забезпечується відповідність параметрів даної деталі можливостям розділювальних операцій листового штампування, які необхідно забезпечити при її виготовленні [18].

Експлуатаційно-технічні вимоги до листових штампованих деталей є, в основному, такими:

- повна відповідність конструкції деталі призначенню й умовам експлуатації деталей;
- забезпечення необхідної міцності та жорсткості деталі при мінімальному розході металу;
- забезпечення необхідної точності виготовлення деталей та їх взаємозамінності при складанні й ремонті;
- відповідність спеціальним фізичним, хімічним або технічним умовам.

Основними показниками технологічності деталей, які отримують холодним листовим штампуванням, є:

- найменший розхід матеріалу;
- низька трудомісткість операцій;
- відсутність наступного механічного оброблення;

- найменша кількість необхідного обладнання і виробничих площ;
- найменша кількість оснащення при одночасному скороченні затрат і термінів підготовки виробництва;
- збільшення продуктивності виробництва.

Таким чином, узагальнюючим розрахунковим показником технологічності деталей, які отримують листовим штампуванням, є найменша собівартість їх виготовлення в умовах даного типу виробництва.

Оскільки розмір і співвідношення складових собівартості виробу (матеріалів, заробітної плати, цехових витрат) залежать від серійності виробництва, то поняття технологічності штампованої деталі тісно пов'язане з масштабом її виготовлення. Конструкція деталі, яка є технологічною в умовах дрібносерійного виробництва, може виявитися нетехнологічною в масовому виробництві, й навпаки. У більшості випадків основним критерієм технологічності конструкції штампованих деталей є максимально економне використання матеріалу при найменшій кількості операцій та зниженні трудомісткості [18].

Досягнення технологічності конструкції деталі (виробу) є однією з найважливіших функцій технологічної підготовки листоштампувального виробництва.

На підприємствах машинобудівного профілю діє єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ), що передбачає здійснення технологічного контролю конструкторської документації на виробі, в процесі якої здійснюють оцінювання рівня технологічності, проводять відпрацювання конструкції виробу (деталі) на технологічність, за результатами якої здійснюють внесення необхідних змін у конструкцію деталі, що забезпечують підвищення її технологічності, тобто приведення параметрів деталі у відповідність із технологічними можливостями штампувальних операцій.

Основними показниками технологічності деталей є рівень трудомісткості й технологічної собівартості. Під час опрацювання деталей на технологічність слід намагатися максимального зниження цих показників шляхом внесення таких змін в елементи конструкції, які забезпечують мінімальну кількість операцій, максимально спрощують конструкцію штампів та інші технологічні процеси.

Практика листового штампування дозволяє визначити певні критерії технологічності, якими керується технолог під час проведення технологічного контролю деталей. Ці критерії встановлюють критичні конструкторсько-

технологічні параметри деталей, відхилення від яких призводить до збільшення трудомісткості операцій листового штампування, а також до ускладнення конструкції штампів і зростання їх вартості.

Критерії технологічності, що сприяють зниженню трудомісткості та собівартості операцій листового штампування, можна вважати визначальними лише тоді, коли вони не суперечать технічним вимогам і конструктивним особливостям деталі. Тому ефективність технологічного контролю визначається узгодженням критеріїв технологічності з вимогами до конструкції деталі.

З точки зору технологічності особливе значення має система нанесення розмірів на робочих кресленнях деталей, що виготовляються методом листового штампування.

У цьому випадку, за можливості, слід враховувати такі загальні правила:

- конструкторську базу будь-якого елемента деталі слід обирати так, щоб її можна було використовувати одночасно як технологічну та вимірну;
- для всіх елементів деталі, що виготовляється одним штампом, необхідно обрати єдину конструкторську базу (для встановлення розмірів в одному напрямку), яка приймається як опорна при базуванні в штампі;
- вибір конструкторських баз і нанесення розмірів необхідно виконувати так, щоб якомога більшу кількість конструктивних елементів деталі можна було обробляти на стадії виготовлення заготовки (до гнуття, витягування тощо).

Параметри шорсткості (згідно з ДСТУ ISO 4287:2012) поверхні зрізування металевих деталей, які отримуються після розділювальних операцій листового штампування за допомогою звичайних штампів, наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Параметри шорсткості

s , мм	до 1	від 1 до 2	від 2 до 3	від 3 до 4	від 4 до 5
R_z , мкм	10–20	20–40	40–80	80–160	160–320

При чистовому вирубуванні-пробиванні шорсткість поверхні зрізування $R_z = 0,4–1,6$ мкм, при зачищуванні після вирубування-пробивання $R_z = 0,63–1,25$ мкм.

Конструкції деталей, які отримують листовим штампуванням, повинні відповідати загальним технологічним вимогам:

1. Механічні властивості матеріалу з листового прокату повинні задовольняти не лише вимоги міцності та жорсткості виробу, а й відповідати умовам процесу формоутворення та характеру пластичних деформацій.

2. Під час розрахунку на міцність деталей, які отримують методом листового штамповання, не потрібно збільшувати товщину листового металу, враховуючи його зміцнення в процесі холодної деформації та їх високу жорсткість.

3. Слід намагатися створювати легкі й полегшені конструкції деталей, підвищуючи їх жорсткість за рахунок штампування ребер жорсткості, відбортовування, загину фланців, закручування крайок тощо, а також замінюючи важкі стандартні прокатні профілі на легші – гнуті або скручені профілі з листового металу.

4. Конфігурація і розміри деталі або її розгортки має забезпечувати найраціональніше використання листового матеріалу, створюючи можливість застосування маловідходного або безвідходного розкрою. Однак при цьому не слід штучно збільшувати розміри та площу заготовки для досягнення безвідходного розкрою листового матеріалу.

5. Якщо процес листового штампування супроводжується технологічним утворенням відходів, то бажано надавати їм такої форми, щоб вони могли бути використані для виготовлення інших деталей, або забезпечити їх повторне використання.

6. Необхідно уніфікувати й зменшити асортимент товщини, марок і сортаменту листового металу, який застосовують для листового штампування.

7. При штампуванні великогабаритних штучних заготовок необхідно дотримувати кратності їх розмірів з розмірами листового прокату, інакше кількість відходів значно зростає.

8. Слід широко застосовувати технологічні штамповарні конструкції деталей, тим самим замінюючи литі, ковані або клепані вироби.

9. В конструкціях вузлів чи склададьних одиниць слід намагатися зменшити кількість окремих деталей, замінюючи їх цільноштапованими, що зазвичай сприяє спрощенню технологічної операції та економії матеріалу. Виняток становлять випадки, коли внаслідок такої заміни утворюється деталь настільки складної конфігурації, що її виготовлення потребує підвищених витрат матеріалу, а сама вона стає громіздкою або нетехнологічною.

10. При виконанні операції складання окремих деталей необхідно широко застосовувати штампувальні методи їх зеднання, наприклад розклепування, відбортовування, висаджування, загинання кромки і лапок, закручування швів тощо.

11. При встановленні допусків на розміри деталей, які отримують листовим штампуванням, необхідно керуватися критерієм економічної доцільності щодо точності операцій холодного штампування (11–13 квалітети). Коли за технічними вимогами необхідно підвищити точність штампованих деталей (до 7–9 квалітетів), це може бути досягнуто шляхом введення додаткових операцій, таких, як зачищення, калібрування, виправлення тиском тощо [18].

Нижче наведено основні показники й технологічні вимоги до конструкції плоских деталей, які виготовляють за допомогою розділювальних операцій холодного листового штампування вирубванням і пробиванням:

1. При конструюванні плоских деталей слід уникати складного контуру із вузькими та довгими вирізами або дуже вузькими прорізами, їх ширина повинна становити $b > 2s$ (рис. 1.5).

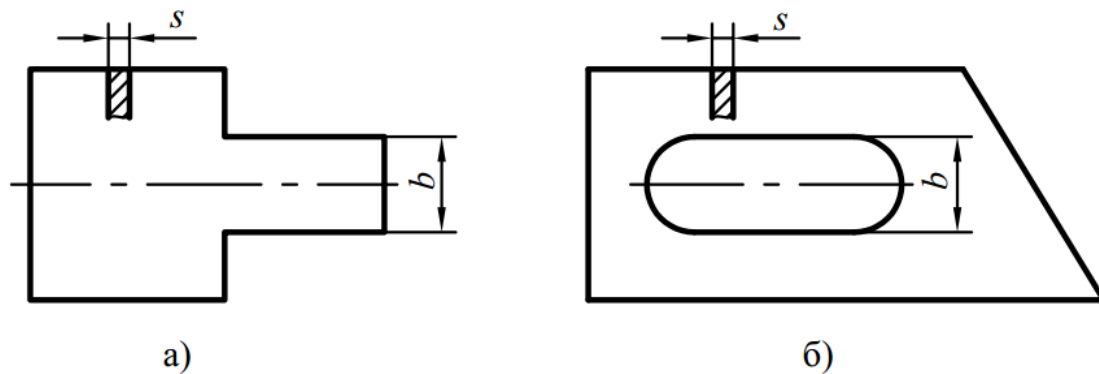


Рисунок 1.5. Приклади конфігурації деталей:

а – з вузьким та довгим вирізом; б – з вузьким прорізом

2. При штампуванні деталей методом вирубвання сторони зовнішнього контуру деталі повинні з'єднуватися плавними кривими за можливості більшого радіусу.

При пробиванні внутрішнього контуру деталей радіуси заокруглення периметру цього контуру приймають: при з'єднанні сторін під кутом $\alpha > 90^\circ$ – радіуси заокруглень $R \geq 0,3s$; при куті $\alpha \leq 90^\circ$ – $R \geq 0,6s$, де s – товщина матеріалу заготовки (рис. 1.6).

При вирубванні зовнішнього контуру деталі в штампах з суцільними матрицями радіуси заокруглення периметру цього контуру приймають: при спряженні сторін під кутом $\alpha > 90^\circ$ – $R \geq 0,25s$; при куті $\alpha \leq 90^\circ$ – $R \geq 0,5s$, де s – товщина матеріалу заготовки.

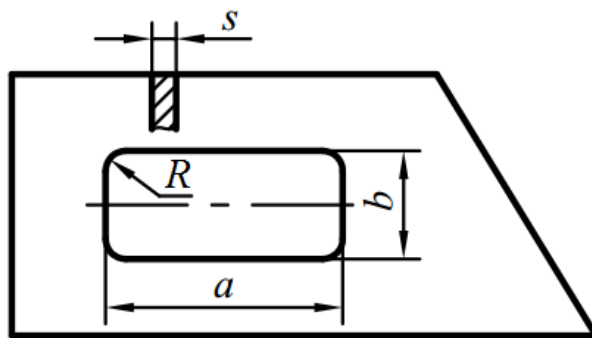


Рисунок 1.6. Приклад конфігурації деталі з пробитим внутрішнім контуром

При вирубуванні зовнішнього контуру деталі в штампах зі складеними матрицями спряження сторін контуру деталі слід виконувати без заокруглень (рис. 1.7).

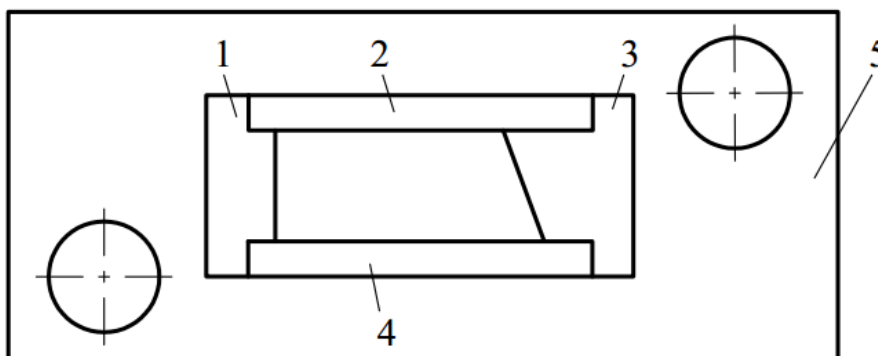


Рисунок 1.7. Конструкція складеної матриці:
1, 2, 3, 4 – частини складеної матриці; 5 – матрицетримач

3. Спряження сторін зовнішнього контуру слід виконувати з заокругленнями лише при вирубуванні деталі по всьому контуру. У випадку можливого застосування безвідходного розкрою слід допускати та виконувати спряження сторін під прямим кутом.

4. При пробиванні отворів їх мінімальні розміри залежать від їхньої форми та механічних властивостей матеріалу деталі, яку штампують. Для звичайної конструкції штампа найменші розміри отворів під час штампування з м'якої сталі та латуні становлять:

- для круглого отвору $d \geq s$;
- для квадратного $a \geq 0,9s$;
- для прямокутного $b \geq 0,8s$.

5. Найменші відстані від краю отвору до прямолінійного зовнішнього контуру деталі складають $e \geq s$ для круглих отворів та $e \geq 1,5s$ – для прямокутних, якщо краї цього отвору паралельні контуру деталі (рис. 1.8).

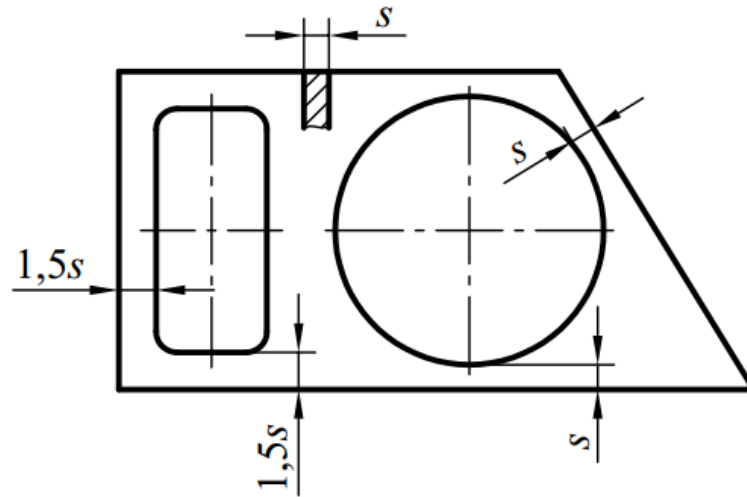


Рисунок 1.8. Схема розташування круглих і прямокутних отворів відносно зовнішнього контуру деталі при вирубунні (пробиванні)

6. Найменша відстань між краями отворів при одночасному їх пробиванні повинна становити $e = (2-3)s$ (рис. 1.9).

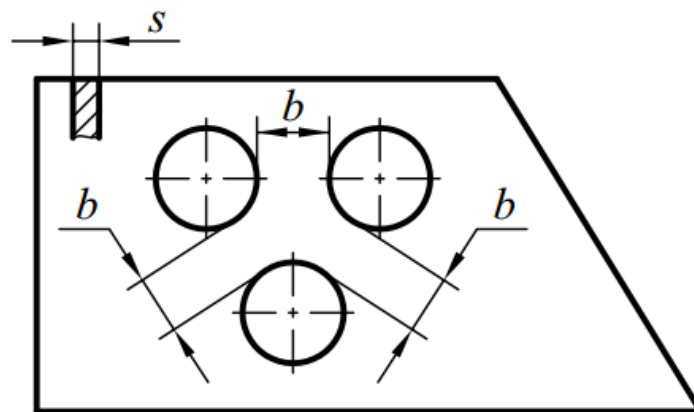
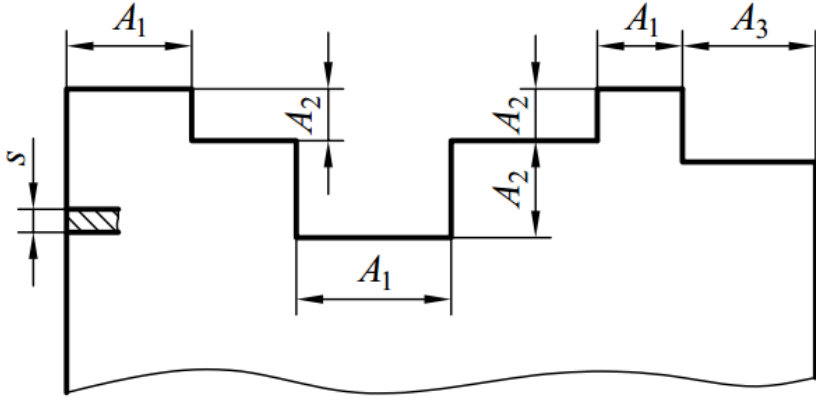


Рисунок 1.9. Приклад розташування на деталі отворів, що пробиваються одночасно

У таблицях 1.3–1.10 наведено найважливіші оптимальні критерії технологічності деталей, які виготовляють із використанням розділювальних операцій листового штампування.

Таблиця 1.3. Найменші розміри виступів і впадин плоских деталей (в частках товщини матеріалу)



The diagram shows a stepped shaft with thickness s . It features several steps and grooves. The dimensions are defined as follows: A_1 is the width of the top and bottom flanges; A_2 is the depth of the grooves; and A_3 is the width of the central section.

Матеріал, який штампують	A_1	A_2	A_3
Твердий ($\sigma_s > 700$ МПа)	1,5	1,5	1,2
Середньої твердості ($\sigma_s = 500\text{--}700$ МПа)	1,2	1,8	1,0
М'який ($\sigma_s < 500$ МПа)	1,0	2,0	0,8

Таблиця 1.4. Найменші радіуси спряження (в частках товщини матеріалу) прямолінійних ділянок плоских деталей

Матеріал, який штампують	Кут між прямолінійними ділянками			
	до 90°	понад 90°	до 90°	понад 90°
	внутрішній контур		зовнішній контур	
Метал*:				
– твердий	1,00	0,60	0,85	0,45
– середньої твердості	0,65	0,40	0,55	0,30
– м'який	0,45	0,25	0,35	0,20
Гетинакс	1,60	1,20	0,60	0,45
Текстоліт, склотекстоліт	1,20	0,80	0,50	0,35
Оргскло, целюлоза	4,00	3,00	1,50	1,20
Вініпласт	3,00	2,50	1,00	0,70
Картон, фібра, ебоніт	2,50	2,00	1,00	0,50

* Межа міцності, див. додаток Б.
 Примітка. При чистовому штампуванні:
 – зовнішніх контурів з кутом між прямолінійними ділянками до 90° радіус спряження $0,2s$, понад 90° – $0,1s$;
 – внутрішніх контурів з кутом між прямолінійними ділянками до 90° радіус спряження $0,1s$, понад 90° – $0,08s$.

Таблиця 1.5. Найменші розміри отворів (діаметр, ширина), що пробивають в штампах без застосування спеціальних напрямних пристроїв для пуансонів (у частках товщини матеріалу)

Матеріал, який штамнують	Отвір			
	круглий	квадрат- ний	прямо- кутний	овальний
Сталь * ¹ :				
– тверда	1,50* ²	1,40	1,20	1,10
– середньої твердості	1,20* ²	1,10	0,90	0,80
– м'яка	1,00* ²	0,90	0,70	0,60
Латунь, мідь	0,80	0,70	0,60	0,55
Алюміній, цинк	0,70	0,60	0,50	0,45
Магнієві сплави:				
– в холодному стані	0,50	–	–	–
– при 260–300°С	0,25	0,45	0,35	0,30
Гетинакс	0,60	0,70	0,50	0,50
Текстоліт, склотекстоліт	0,4	0,50	0,30	0,30
Органічне скло, целюлоза	1,5	0,80	1,00	–
Вініпласт	1,2	1,00	1,00	–
Картон, фібра, ебоніт, папір	0,8	0,60	0,60	0,60
* ¹ Межа міцності, див. додаток Б, табл. Б1.				
* ² При чистовому штампуванні можна досягнути $D = (0,5-0,7)s$.				

Таблиця 1.6. Відхилення розмірів контуру плоских металевих деталей після операцій вирубування*, відрізування, розрізування й обрізування

Товщина матеріалу, s , мм	Розміри деталі, мм			
	до 50	понад 50 до 120	понад 120 до 260	понад 260 до 500
від 0,2 до 0,5	±0,10	±0,15	±0,2	±0,3
від 0,5 до 1,0	±0,15	±0,20	±0,3	±0,4
від 1,0 до 2,0	±0,20	±0,30	±0,4	±0,5
від 2,0 до 3,0	±0,30	±0,40	±0,5	±0,6
від 3,0 до 4,0	±0,40	±0,50	±0,6	±0,8
від 4,0 до 5,0	±0,50	±0,60	±0,8	±1,0
* Застосуванням операції зачищення після вирубування можна досягнути наступної точності контуру:				
s , мм	до 1	1–3	3–5	
відхилення, мм	± (0,01–0,015)	± (0,025–0,03)	± (0,035–0,04)	

Таблиця 1.7. Найменші відстані між отворами, які пробивають, та між краєм отвору і краєм деталі (в частках товщини матеріалу)

Матеріал, який штамкують	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7
Метал: – $\sigma_b \leq 500$ МПа	1,2	1,4	1,5	1,2	1,5	1,3	1,6
– $\sigma_b > 500$ МПа	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	1,1	1,3
Гетинакс	1,0	1,5	1,5	1,1	1,3	1,2	1,4
Текстоліт	0,8	1,2	1,2	0,9	1,1	1,0	1,2
Склотекстоліт	1,2	1,5	1,5	1,2	1,4	1,3	1,5
Органічне скло	1,8	2,0	2,0	1,7	1,9	1,8	2,0
Вініпласт	1,2	1,5	1,5	1,2	1,4	1,3	1,5
Картон, фібра, ебоніт	1,8	2,0	2,0	1,7	1,9	1,8	2,0

Таблиця 1.8. Відхилення розмірів плоских металевих деталей після операцій пробивання* і надрізування

Розміри, мм

Товщина матеріалу, s	Розмір отвору			Міжосьова відстань			Відстань від бази до центра отвору			
	до 10	від 10 до 50	від 50 до 100	до 120	від 120 до 220	від 220 до 360	до 50	від 50 до 120	від 120 до 220	від 220 до 360
до 2	+0,06	+0,08	+0,10	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$
від 2 до 4	+0,08	+0,10	+0,12	$\pm 0,20$	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,6$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$
понад 4	+0,10	+0,12	+0,14	$\pm 0,25$	$\pm 0,30$	$\pm 0,40$	$\pm 0,7$	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$

*Застосуванням операції зачищення після пробивання можна досягнути точності розміру отворів $\pm (0,01-0,04)$.

Таблиця 1.9. Точність, яку досягають чистовим вирубуванням-пробиванням сталевих заготовок

Товщина матеріалу s , мм	Допуск за ДСТУ ISO 286:2002		Допустиме відхилення міжосьової відстані	Допуск за ДСТУ ISO 286:2002		Допустиме відхилення міжосьової відстані
	На розмір зовнішнього контуру	На розмір отвору		На розмір зовнішнього контуру	На розмір отвору	
	$\sigma_e \leq 500$ МПа			$\sigma_e > 500$ МПа		
до 2,0	IT8	IT7	$\pm 0,015$	IT7–IT8	$\pm 0,015$	
від 2,0 до 4,0			$\pm 0,020$		$\pm 0,020$	
від 4,0 до 5,0		IT7–IT8	$\pm 0,030$	IT8	$\pm 0,030$	
від 5,0 до 6,0		IT8				
від 6,0 до 12,0						

Таблиця 1.10. Точність, яку досягають при вирубуванні-пробиванні деталей з гетинаксу і текстоліту (допуск за ДСТУ ISO 286:2002)

Товщина матеріалу s , мм	Спосіб штампування	
	без підігріву	з підігрівом
до 0,5	IT12	—
від 0,5 до 1,0	IT12	IT14
від 1,0 до 2,0	IT14	IT15
від 2,0 до 3,0	IT15	IT16

Проведення детального аналізу різних варіантів технології виготовлення деталей методом листового штампування та зіставлення отриманих результатів із конструктивними й технологічними вимогами, з урахуванням наведених вище загальних критеріїв і правил, дає змогу визначити рівень технологічності виробу в кожному конкретному випадку.

1.3. Розкрій листового матеріалу для операцій листового штампування

1.3.1. Види розкрою та критерії його ефективності

При листовому штампуванні під розкромом матеріалу розуміють встановлення найраціональнішого розташування плоских деталей на заготовці (листі, смузі, стрічці) щодо один одного та країв листового прокату для досягнення максимальної ефективності використання матеріалу.

Проектування (розроблення) схеми розкрою полягає у виборі раціонального розташування заготовок на вихідному металі.

Розрізняють 6 основних видів розкрою деталей у листовому штампуванні:

- при штампуванні деталей простої геометричної форми (прямокутної, овальної) – застосовують прямий розкрій;
- при штампуванні деталей Г- подібної форми – нахилений розкрій;
- при штампуванні деталей Т- і Ш-подібної форми – зустрічний розкрій;
- при штампуванні деталей різної форми, але однакової товщини – комбінований розкрій;
- при штампуванні деталей невеликих розмірів – багаторядний розкрій;
- при штампуванні дрібних і вузьких деталей – розкрій з вирізуванням перемичок.

При штампуванні деталей невеликих розмірів у багатосерійному і масовому виробництвах застосовують багаторядний розкрій (паралельний і шаховий), який ефективно використовувати при штампуванні круглих деталей порівняно невеликого діаметра – до (100–120) мм, причому кількість рядів рекомендують приймати від 10 (при діаметрі деталі до 10 мм) і до 1–2 (при діаметрі понад 120 мм). При більшому числі рядів смуга стає широкою (важкою), робота з нею вимагає значних фізичних зусиль.

Існує три способи розкрою листового прокату: з відходами, маловідходний і безвідходний:

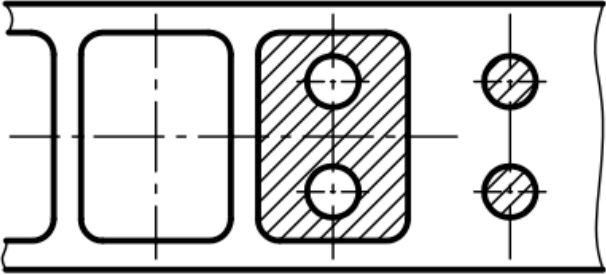
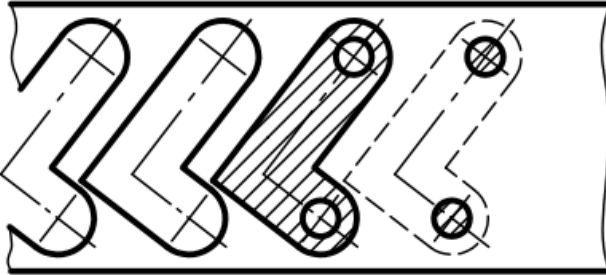
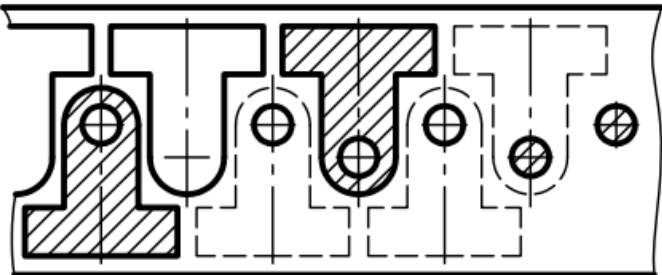
1. При розкрої з відходами (табл. 1.11) деталь або заготовку отримують вирубуванням по замкненому контуру. Схема вирубування при цьому способі передбачає наявність перемичок.

Розрізняють два види перемичок: між краями сусідніх деталей a_1 і між краями деталі і краєм листа або смуги – a . Останні називають боковими перемичками, вони в 1,15–1,3 раза більші від перемичок між деталями. Це

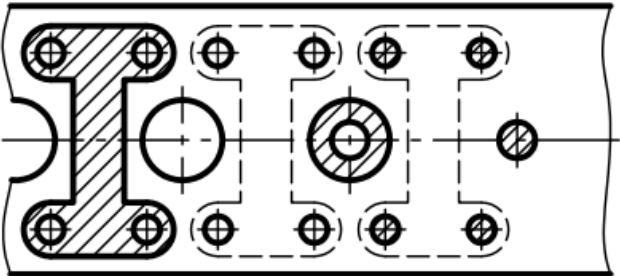
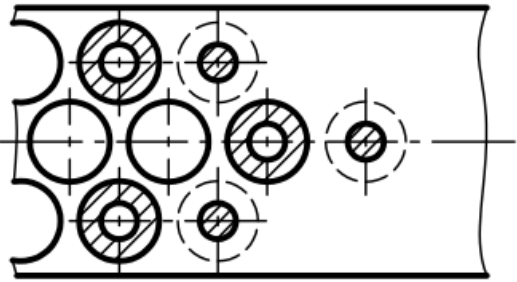
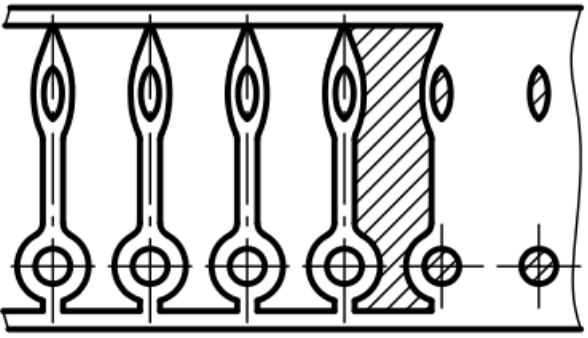
пояснюється можливими відхиленнями розміру смуги за шириною (в межах допуску) і можливою непрямолінійністю її бокових країв.

Між деталями, а також між деталями і краєм смуги або листа залишають перемички, значення яких відповідно $a_1 \neq 0$ і $a \neq 0$. Розкрій з перемичками по всьому контуру застосовують при штампуванні деталей, що мають криволінійні поверхні та підвищену точність розмірів.

Таблиця 1.11. Основні види розкрою смуги при штампуванні з відходами

Тип розкрою та ескіз	Застосування розкрою	Спосіб подачі матеріалу
<p style="text-align: center;">Прямий</p> 	<p>Для деталей простої геометричної форми (прямокутної, круглої, квадратної)</p>	
<p style="text-align: center;">Нахилений</p> 	<p>Для деталей Г-подібної або іншої складної форми, які при прямому розташуванні дають великі відходи</p>	<p>Ручна або автоматична подача</p>
<p style="text-align: center;">Зустрічний</p> 	<p>Для деталей Т-, П- і Ш-подібної форми, які при прямому й нахиленому розташуванні дають великі відходи</p>	

Закінчення таблиці 1.11

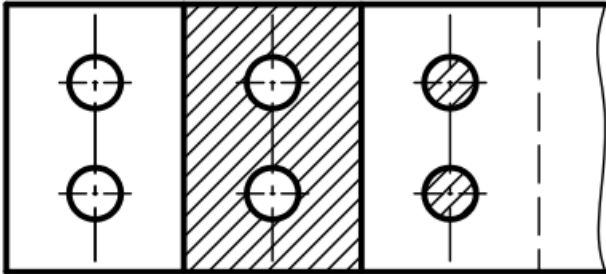
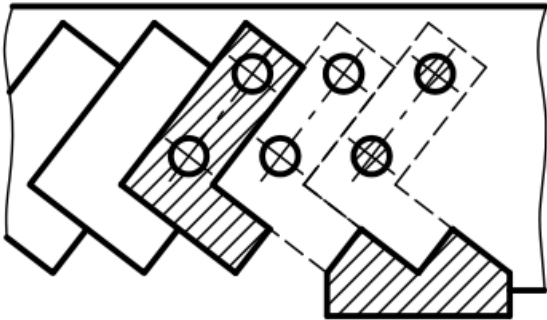
Тип розкрою та ескіз	Застосування розкрою	Спосіб подачі матеріалу
<p style="text-align: center;">Комбінований</p> 	<p>Для 2-х різних деталей, однакових за товщиною і маркою металу, у багатосерійному та масовому виробництвах</p>	<p style="text-align: center;">Автоматична подача</p>
<p style="text-align: center;">Багаторядний</p> 	<p>Для деталей невеликих розмірів у багатосерійному та масовому виробництвах</p>	<p style="text-align: center;">Ручна, частіше – автоматична подача</p>
<p style="text-align: center;">З вирізуванням перемичок</p> 	<p>Для дрібних і вузьких деталей типу годинникової стрілки й подібних деталей при багатосерійному та масовому типах виробництва</p>	<p style="text-align: center;">Ручна, частіше – автоматична подача</p>

Ширина перемички залежить від товщини матеріалу, який штамнують, його механічних властивостей, довжини прямолінійних ділянок штампованої деталі (чим вони більші, тим більші пружні деформації перемички), конструкції штампа (особливо його упорів), конструкції автоматичної подачі смуги в штамп та інших факторів.

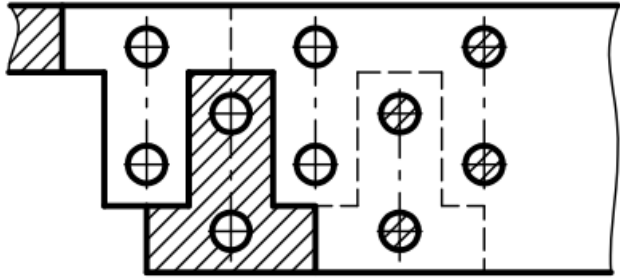
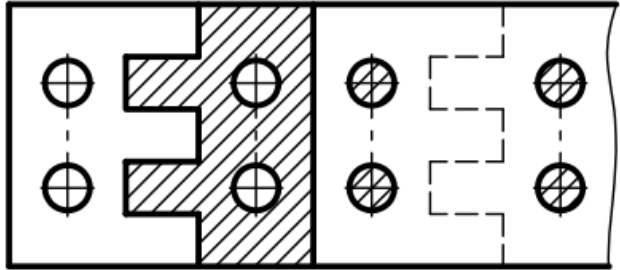
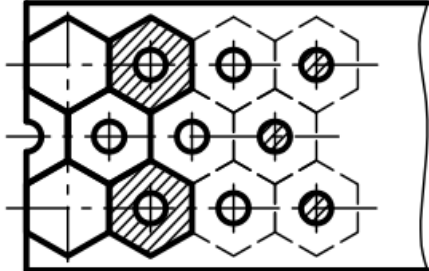
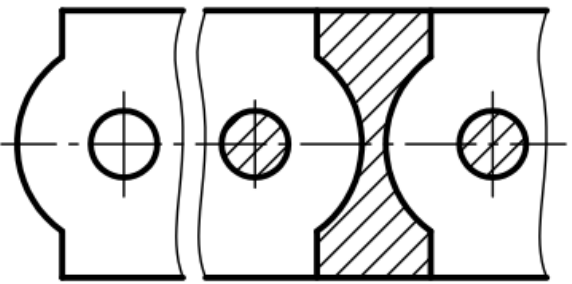
2. Маловідходний розкрій (табл. 1.12) характеризується відсутністю бокових перемичок ($a = 0$), при цьому ширина смуги повинна дорівнювати ширині штапованої деталі. Маловідходний розкрій застосовують, наприклад, при розкрої ланок ланцюгів пластинчастих конвеєрів, при штампуванні їх зі смуги. Коефіцієнт використання матеріалу при міловідходному розкрої вищий, ніж при штампуванні з відходами.

3. Безвідходний розкрій (табл. 1.12) застосовують для штампування деталей, контур яких спряжується один з другим ($a = a_1 = 0$). При безвідходному розкрої перемички відсутні і, як наслідок, коефіцієнт використання матеріалу близький до 1. Прикладом безвідходного розкрою різних за формою деталей може служити розкрій заготовок віконних або дверних петель.

Таблиця 1.12. Основні види маловідходного та безвідходного розкрою смуги

Тип розкрою та ескіз	Застосування розкрою	Спосіб подачі матеріалу
<p style="text-align: center;">Прямий</p> 	<p>Для деталей прямокутної або трапецієподібної конфігурації</p>	
<p style="text-align: center;">Нахилений</p> 	<p>Для деталей Г-подібної або іншої форми, для яких допустимі незначні дефекти контуру</p>	<p>Ручна подача до упору</p>

Закінчення таблиці 1.12

Тип розкрою та ескіз	Застосування розкрою	Спосіб подачі матеріалу
<p style="text-align: center;">Зустрічний</p> 	<p>Для деталей Т-, П- і Ш-подібної конфігурації, які допускають невеликі дефекти контуру</p>	<p>Ручна або автоматична подача (по 2 штуки за один хід преса)</p>
<p style="text-align: center;">Комбінований</p> 	<p>Для 2-х різних деталей, які взаємно вписуються за конфігурацією</p>	
<p style="text-align: center;">Багаторядний</p> 	<p>Для деталей прямокутної, квадратної або шестигранної форми невеликих розмірів при багатосерійному та масовому виробництвах</p>	<p>Ручна або автоматична подача (по кілька штук за один хід преса)</p>
<p style="text-align: center;">З вирізуванням перемичок</p> 	<p>Для деталей видовженої форми, які виготовляють із мірної смуги або стрічки, без обрізування вздовж довгих сторін</p>	<p>Ручна або автоматична подача до упору</p>

При мало- і безвідходних розкроях відбувається відрізування по незамкненому контуру, при цьому спостерігають зниження стійкості робочих елементів штампа (пуансона і матриці) у зв'язку з тим, що згинальні моменти й розпірні зусилля, які виникають при відрізуванні, взаємно не врівноважуються (при $a = 0$; $a_1 \neq 0$ і $a = a_1 = 0$) на відміну від вирубування по замкненому контуру.

Величина перемичок між деталями (заготовками), що вирубують, а також від краю заготовки до краю смуги, залежать від форми і розмірів заготовки, товщини і марки матеріалу деталі, виду розкрою і способу подачі смуги в штампі.

Залежно від перерахованих факторів ширина перемички змінюється від 0,8 до 5,0 мм – при $s < 4,0$ мм та від 3,1 до 9,0 мм – при $s = (4-10)$ мм.

Ширина перемичок впливає на коефіцієнт використання металу (K_e) і коефіцієнт розкрою (η_p), точність розмірів деталей, що вирубуються, і стійкість пуансонів та матриць. Чим ширша перемичка, тим менше K_e та η_p і, отже, більше відходів. Перемички повинні бути досить жорсткими. За умови малої жорсткості, а саме невеликої ширини перемички втрачають стійкість і можуть бути затягнуті в технологічний зазор між пуансоном та матрицею, що знижує їхню стійкість. Крім того, недостатня жорсткість міждетальних перемичок знижує точність кроку штампування через пружний вигин при застосуванні автоматичної гачкоподібної подачі або при ручній подачі з упором в перемичку [21].

Параметрами ефективності розкрою повинна бути щільність розміщення заготовок на вихідному матеріалі, матеріальні витрати на здійснення розділення тощо.

Визначаючи раціональність тієї чи іншої схеми розкрою, необхідно враховувати не лише її коефіцієнт використання матеріалу. Розкрій повинен забезпечити високу якість деталей, високу продуктивність (низьку трудомісткість), простоту конструкції штампа й високу стійкість його робочих органів, а також зручність і безпеку роботи.

Критерієм ефективності розкрою при листовому штампуванні служить коефіцієнт використання металу – K_e (міра щільності розміщення заготовок на вихідному матеріалі).

$$K_e = \frac{M_q}{H}, \quad (1.1)$$

де M_q – маса деталі, кг;

H – норма витрат матеріалу на одну деталь, кг.

$$H = \frac{M}{n_q}, \quad (1.2)$$

де M – маса листа (смуги, рулону, фрагмента стрічки), який застосовують для штампування, кг;

n_q – кількість деталей, отриманих у результаті розкрою матеріалу.

Крім коефіцієнта використання матеріалу в технологічних розрахунках використовують показник ефективності розкрою, або коефіцієнт розкрою η_p , який визначають за формулами:

– для виготовлення однієї деталі при вирубуванні з поштучної заготовки (касети)

$$\eta_p = \frac{F_q}{F_k}; \quad (1.3)$$

– для смугової заготовки

$$\eta_p = \frac{F_q}{Bt}; \quad (1.4)$$

– для листового (стрічкового) прокату

$$\eta_p = \frac{F_q n}{BL}, \quad (1.5)$$

де F_q – площа заготовки (деталі), що вирубують, мм²;

F_k – площа поштучної заготовки (касети), мм²;

n – кількість деталей, отриманих з листа, шт.;

B – ширина смуги (листа, рулону, стрічки), мм;

t – крок подачі матеріалу при штампуванні, мм;

L – довжина листа (рулону, стрічки), мм.

Якщо коефіцієнт розкрою η_p залежить лише від форми зовнішнього контуру деталей та їх взаємного розташування, то коефіцієнт використання металу K_6 , крім зазначених факторів, залежить ще й від наявності в деталі отворів.

При виборі оптимального варіанта розкрою необхідно враховувати наступне:

- вага смуги (при подачі її в штамп вручну) не повинна перевищувати 12 кг, а довжина – 2 м (і не бути коротшою за 1 м);

- при вирубуванні заготовок з поворотом смуги, перемички необхідно збільшувати на 50 % порівняно з табличним значенням;

- при штампуванні деталей складної конфігурації з гострими кутами, зверненими в бік перемичок, табличні значення « a » і « a_1 » слід збільшувати на 25–30 %;

- при штампуванні з поворотом смуги табличні значення « a » і « a_1 » слід збільшити на 50 %;

- за наявності бічного затискування смуги й точної подачі в штампах з кроковими ножами, а також при автоматичній подачі валками й кліщами допускається зменшення перемичок на 20 %;

- кількість рядів при вирубуванні круглих або багатокутних деталей не рекомендують приймати більше трьох, оскільки при більшій кількості рядів вартість штампа різко зростає (при $d \geq 140$ мм приймають однорядну схему розкрою);

- лінія згину деталей не повинна збігатися з напрямком волокон прокатування;

- безвідходне і маловідходне вирубування рекомендують застосовувати для деталей прямокутної (квадратної) форми, без радіусних зовнішніх елементів, а також для деталей невисокої точності;

- розкрій заготовок, які мають складну форму, слід виконувати графічно із застосуванням шаблонів (рекомендується також використання спеціальних комп'ютерних програм).

При виборі схеми розкрою смуги слід також враховувати можливість подальшого згинання вирубанної (відрізаної) заготовки і розташовувати їх на смузі (стрічці) таким чином, щоб лінії згину розміщувалися перпендикулярно напрямку волокон прокатування або, якщо це можливо, під найменшим кутом α до нього, понад 30° , а в основному $\geq 45^\circ$ (див. рис. 1.10 м).

Величину перемичок при листовому штампуванні з відходами (див. табл. 1.13 – 1.16 і рис. 1.10) визначають залежно від габаритних розмірів вихідної заготовки, виду її матеріалу й товщини, а також залежно від типу розкрою: прямого, похилого, зустрічного, комбінованого тощо. При цьому визначають можливість розміщення заготовки на площині смуги, відносно розташування пуансонів, упорів тощо.

Оптимальну схему розкрою смуги при листовому штампуванні в кожному конкретному випадку визначають шляхом аналізу кількох варіантів (див. приклади нижче).

Таблиця 1.13. Найменші розміри перемичок і крайок, які обрізують кроковими ножами при штампуванні м'якої сталі (див. рис. 1.10)

Розміри, мм

Товщина матеріалу s , мм	Позначення перемички	Найбільший розмір A заготовок, які штамнують								
		До 50	Від 50 до 100	Від 100 до 200	Понад 200	До 50	Від 50 до 100	Від 100 до 200	Від 200 до 300	Понад 300
		Круглі та овальні заготовки				Прямокутні та фігурні заготовки				
до 0,2	a	2,0	2,2	2,5	2,8	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
	b	1,5	1,7	2,0	2,2	2,0	2,5	3,0	3,5	3,8
від 0,2 до 0,5	a	1,5	1,7	1,9	2,2	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0
	b	1,2	1,4	1,6	1,8	1,5	1,7	2,2	2,7	3,0
від 0,5 до 1,0	a	1,2	1,4	1,6	1,8	1,5	1,7	2,2	2,7	3,5
	b	0,8	1,0	1,2	1,4	1,0	1,2	1,7	2,2	3,0
від 1,0 до 1,5	a	1,5	1,7	1,9	2,1	1,9	2,1	2,6	3,1	3,5
	b	1,1	1,3	1,5	1,7	1,4	1,6	2,1	2,6	3,0
від 1,5 до 2,0	a	1,9	2,1	2,3	2,5	2,2	2,4	3,0	3,4	4,0
	b	1,5	1,7	1,9	2,1	1,7	1,9	2,5	2,9	3,5
від 2,0 до 2,5	a	2,3	2,5	2,7	2,9	2,6	2,8	3,3	3,8	4,0
	b	1,8	2,0	2,2	2,4	2,2	2,4	2,9	3,4	3,5
від 2,5 до 3,0	a	2,6	2,8	3,0	3,2	3,0	3,2	3,7	4,2	4,5
	b	2,1	2,3	2,5	2,7	2,5	2,7	3,2	3,7	4,0
від 3,0 до 3,5	a	3,0	3,2	3,4	3,6	3,4	3,6	4,1	4,6	5,0
	b	2,5	2,7	2,9	3,1	2,9	3,1	3,6	4,1	4,5
від 3,5 до 4,0	a	3,3	3,5	3,7	3,9	3,7	3,9	4,4	4,9	5,0
	b	2,8	3,0	3,2	3,4	3,2	3,4	3,9	4,4	4,5
від 4,0 до 4,5	a	3,6	3,8	4,0	4,2	4,0	4,2	4,7	5,2	6,0
	b	3,1	3,3	3,5	3,7	3,6	3,8	4,3	4,8	5,0
від 4,5 до 5,0	a	4,0	4,2	4,4	4,6	4,5	4,7	5,2	5,7	6,0
	b	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,2	4,7	5,2	5,0

Закінчення таблиці 1.13

Товщина матеріалу s , мм	Позначення перемички	Найбільший розмір A (мм) заготовок, які штамнують								
		До 50	Від 50 до 100	Від 100 до 200	Понад 200	До 50	Від 50 до 100	Від 100 до 200	Від 200 до 300	Понад 300
		Круглі та овальні заготовки				Прямокутні та фігурні заготовки				
від 5,0 до 6,0	a	4,2	4,5	4,8	5,0	4,5	5,5	5,5	6,0	6,5
	b	3,5	3,9	4,2	4,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,5
від 6,0 до 7,0	a	4,5	5,0	5,5	6,0	4,8	6,0	6,0	6,5	7,0
	b	3,6	4,0	4,2	4,5	4,3	5,0	5,0	5,5	6,0
від 7,0 до 8,0	a	5,0	5,5	5,8	6,0	5,3	6,5	7,0	8,8	8,5
	b	4,2	4,5	4,8	5,0	4,8	5,5	6,0	6,8	6,5
від 8,0 до 9,0	a	5,5	6,0	6,3	6,5	5,8	7,0	7,5	8,0	8,0
	b	4,5	5,0	5,2	5,5	5,3	6,0	6,5	7,0	7,0
від 9,0 до 10,0	a	6,0	7,0	7,5	8,0	6,3	7,0	7,5	8,0	9,0
	b	5,0	6,0	6,5	7,0	5,8	6,0	6,5	7,0	8,0

Примітки:

1. Для інших матеріалів, які штамнують, табличні значення перемичок необхідно помножити на коефіцієнт:

- сталь середньої твердості й тверда 0,9
- бронза й латунь 1,2
- мідь, алюміній і його сплави 1,3
- магнієві сплави 2,0
- титанові сплави:
 - BT1 (без підігріву) і BT5-1 (з підігрівом) 1,3
 - BT5-1 (без підігріву) 2,0

2. При штампуванні деталей складної конфігурації з гострими кутами, зверненими убік перемичок, табличні значення перемичок a і b необхідно збільшити на 25–30 % (див. рис. 1.10 е).

При штампуванні з перевертанням смуги наведені значення перемичок a і b необхідно збільшити на 50 % (див. рис. 1.10 ж). За наявності бічного притискування смуги й точної подачі в штампах з бічними ножами, а також при автоматичній подачі валками та кліщами допускається зменшення наведених у табл. 1.13 значень перемичок на 20 %. При вирубіванні на пластинчастих штампах при $s < 3$ мм значення перемичок a і b необхідно збільшити в 1,5–2 рази.

Таблиця 1.14. Розміри перемичок при чистовому вирубуванні

Позначення перемички (див. рис. 1.10)	Товщина матеріалу s					
	до 2,0	від 2,0 до 4,0	від 4,0 до 6,0	від 6,0 до 8,0	від 8,0 до 10,0	від 10,0 до 12,0
	Розміри, мм					
a	4,0	6,5	9,0	11,5	14,0	16,5
b	3,0	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0

Таблиця 1.15. Розміри перемичок при штампуванні неметалевих матеріалів, крім пошарових пластиків (див. рис. 1.10)

Матеріал	Товщина матеріалу, s				
	до 1,0	від 1,0 до 1,5	від 1,5 до 2,0	від 2,0 до 3,0	від 3,0 до 4,0
	Розміри, мм				
Ебоніт, слюда, органічне скло при вирубуванні деталей: – без гострих кутів; – з гострими кутами	1,5	2,5	3,0	4,0	–
	2,0	3,0	4,0	5,0	–
Шкіра, картон, папір	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5
Гума*, фетр*, повсть*	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
*) При штампуванні просіканням.					

При штампуванні без перемичок a ширину смуги визначають за розміром заготовки, яку штамнують. При штампуванні з бічними перемичками (рис. 1.10 а, д, е, ж, з, к) ширину смуги розраховують із урахуванням прийнятої схеми штампа. Якщо передбачають притискування смуги (стрічки) до напрямної планки, то ширина смуги не залежить від зазору між напрямними планками й смугою:

$$B_c = (A + 2a + \delta)_{-\delta}, \quad (1.6)$$

де δ – допуск на ширину смуги.

Допуск на ширину смуги приймають:

- для випадку розкрою листів на смуги із застосуванням гільйотинних або багатодискових ножиць – за табл. 1.17 та 1.18;
- для стандартних стрічок згідно з відповідними ДСТУ.

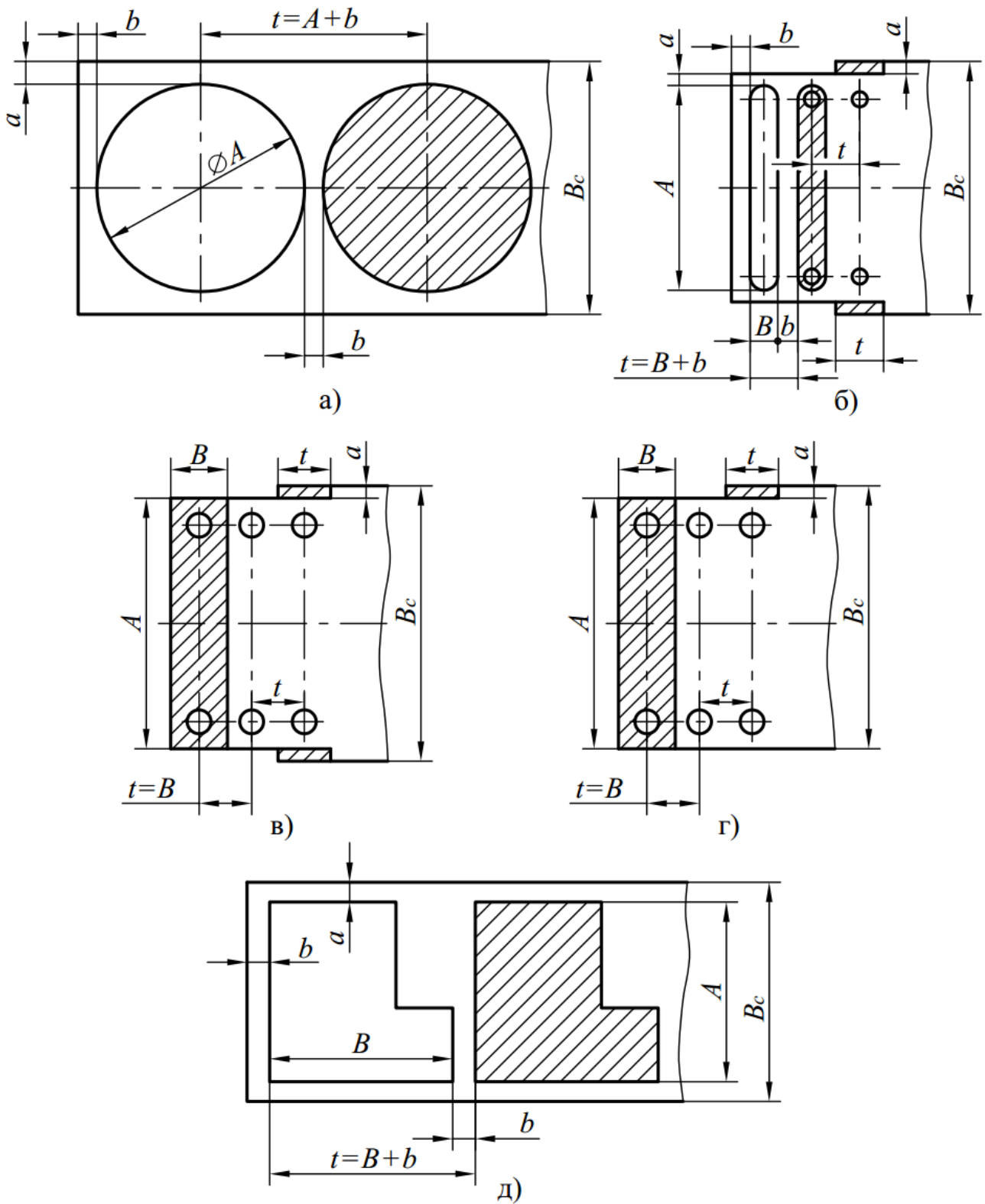
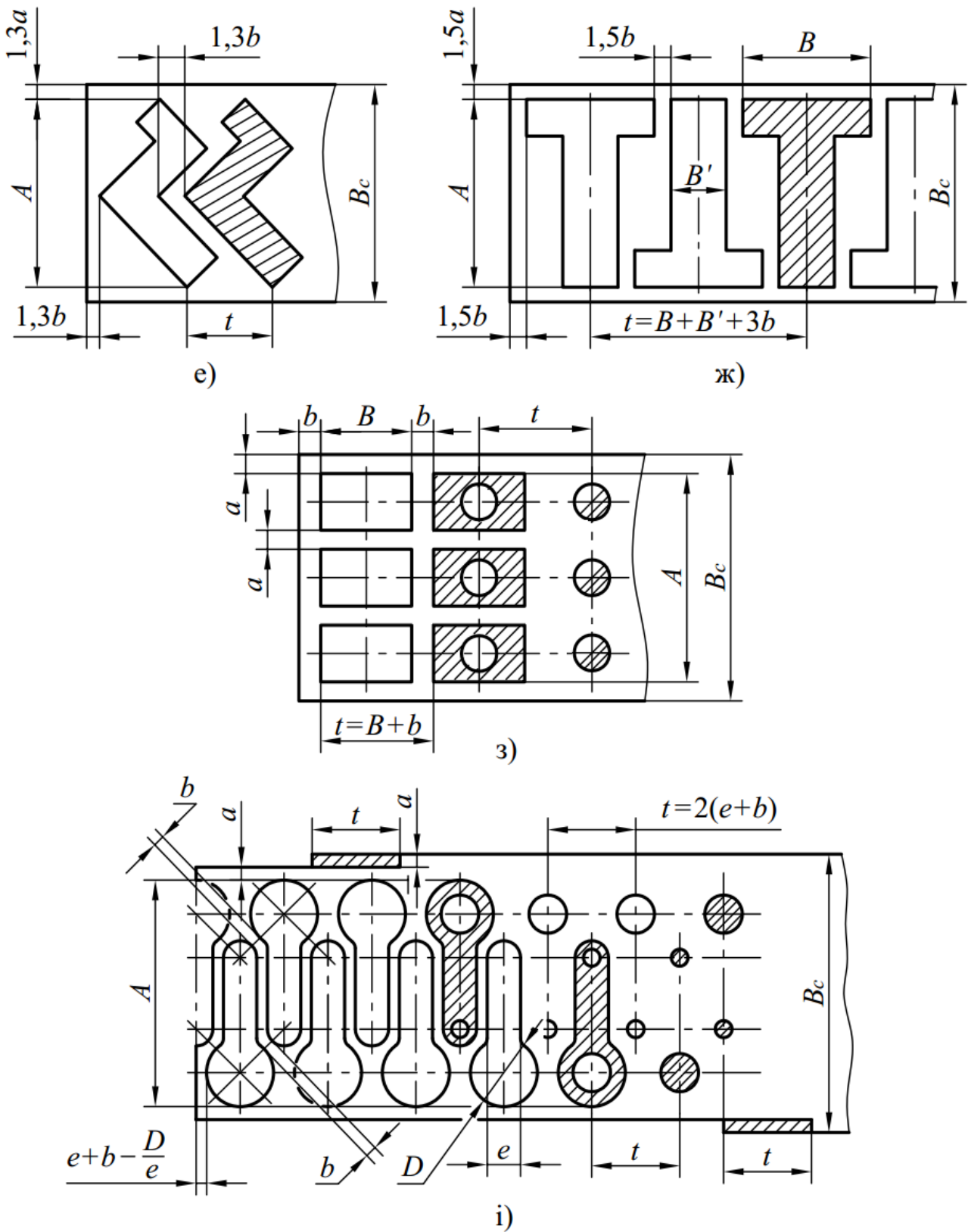


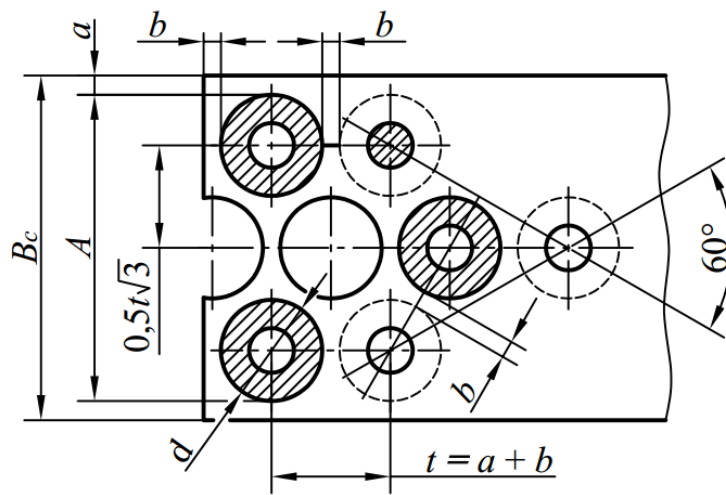
Рисунок 1.10. Схеми розкрою смуги:

а – вирубівання круглих заготовок; б – пробивання й вирубівання з перемичками в штампі з двома кроковими ножами; в – пробивання й відрізування без перемичок у штампі з двома кроковими ножами; г – те саме, але з одним кроковим ножем; д – вирубівання прямокутних і фігурних заготовок

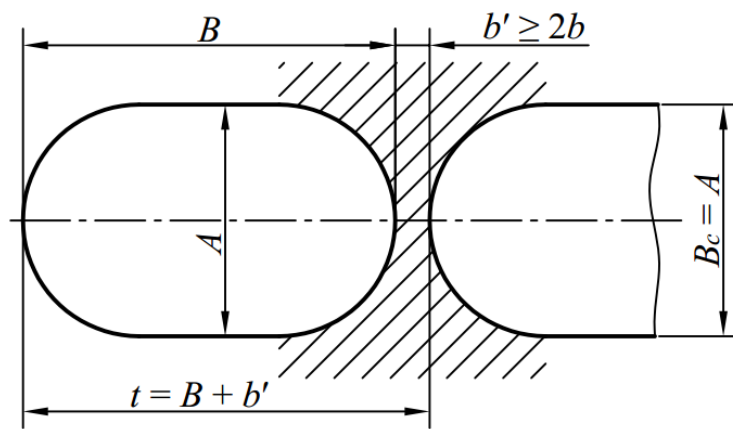


е – вирубвання фігурних заготовок, повернених гострими кутами до країв смуги; ж – вирубвання з перевертанням смуги; з – багаторядне пробивання й вирубвання; і – дворядне штампування

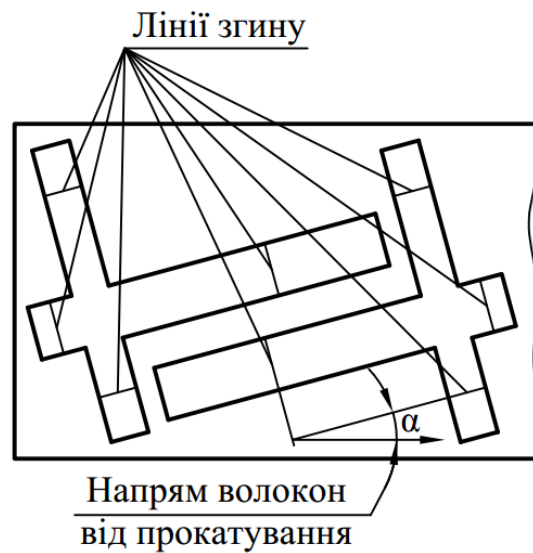
Рисунок 1.10, аркуш 2



к)



л)



м)

к – багаторядне штампування круглих заготовок; л – розрізування;
 м – розташування заготовок відносно волокон прокатування металу

Рисунок 1.10, аркуш 3

Таблиця 1.16. Розміри перемичок (у частках товщини матеріалу) при штампуванні пошарових пластиків (див. рис. 1.10)

Матеріал	Товщина матеріалу, s , мм	Пробивання отворів				Вирубання контурів								
		діаметром 0,8-5 мм		діаметром понад 5 мм з плавними огинаннями будь-яких розмірів		складної форми з гострими кутами будь-яких розмірів		з плавними огинаннями розмірами до 100×100 мм		з гострими кутами розмірами до 100×100 мм		будь-якої форми розмірами понад 100×100 мм		
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
Гетінакс	до 1,0	3,2	2,8	3,4	3,0	3,4	3,5	3,4	3,0	2,8	3,2	2,8	3,6	3,4
	від 1,0 до 2,0	1,8	1,7	1,9	1,7	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	2,0	1,8	2,2	2,0
	від 2,0 до 3,0	1,4	1,4	1,3	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,2	1,6	1,5	2,0	1,9
Текстоліт	до 1,5	2,4	2,3	2,5	2,4	2,5	2,5	2,5	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7
	від 1,5 до 3,0	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,5	1,1	1,5	1,4	1,6	1,6
Скло-текстоліт	до 1,5	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	1,5	1,4	1,5	1,5
	від 1,5 до 3,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,4	1,3	1,4	1,4
Скло-волокніт	до 1,5	1,8	1,7	2,2	2,0	2,2	2,2	2,0	2,2	2,0	2,2	2,0	Штампування не проводять	
	від 1,5 до 3,0	1,5	1,4	2,0	1,8	2,0	2,0	1,8						

Якщо ж у штампі передбачають вільне переміщення смуги (стрічки), то її ширину розраховують із умови, щоб при найбільшому зміщенні смуги (стрічки) в один бік бічна перемичка не була менша a (рис. 1.11). При цьому між напрямними планками 2 і 5 та смугою 6 повинен бути забезпечений гарантований найменший зазор z_n , а допуск на відстань B_{nn} між напрямними планками повинен становити δ' .

Таблиця 1.17. Допуски δ на ширину смуг, які нарізують на гільйотинних ножицях

Розміри, мм

Ширина смуги	Товщина матеріалу s ,				
	до 1	від 1 до 2	від 2 до 3	від 3 до 5	від 5 до 10
до 50	0,4	0,5	0,7	0,9	1,8
від 50 до 100	0,5	0,6	0,8	1,0	2,0
від 100 до 150	0,6	0,7	0,9	1,1	2,5
від 150 до 220	0,7	0,8	1,0	1,2	3,0
від 220 до 300	0,8	0,9	1,1	1,3	4,0

Таблиця 1.18. Допуски δ при розрізуванні стрічки на багатодискових ножицях

Розміри, мм

Товщина матеріалу s	Ширина стрічки					
	До 100	Від 100 до 300	Понад 300	До 100	Від 100 до 300	Понад 300
	Нормальна точність			Підвищена точність		
до 0,1	0,10	0,15	0,25	0,05	0,08	0,15
від 0,1 до 0,63	0,20	0,30	0,40	0,10	0,15	0,25
від 0,63 до 1	0,30	0,40	0,50	0,20	0,25	0,35
від 1 до 3,6	0,40	0,50	0,60	0,30	0,35	0,45

У найнесприятливішому випадку найбільший зазор

$$z_n^{\max} = z_n + \delta + \delta'. \quad (1.7)$$

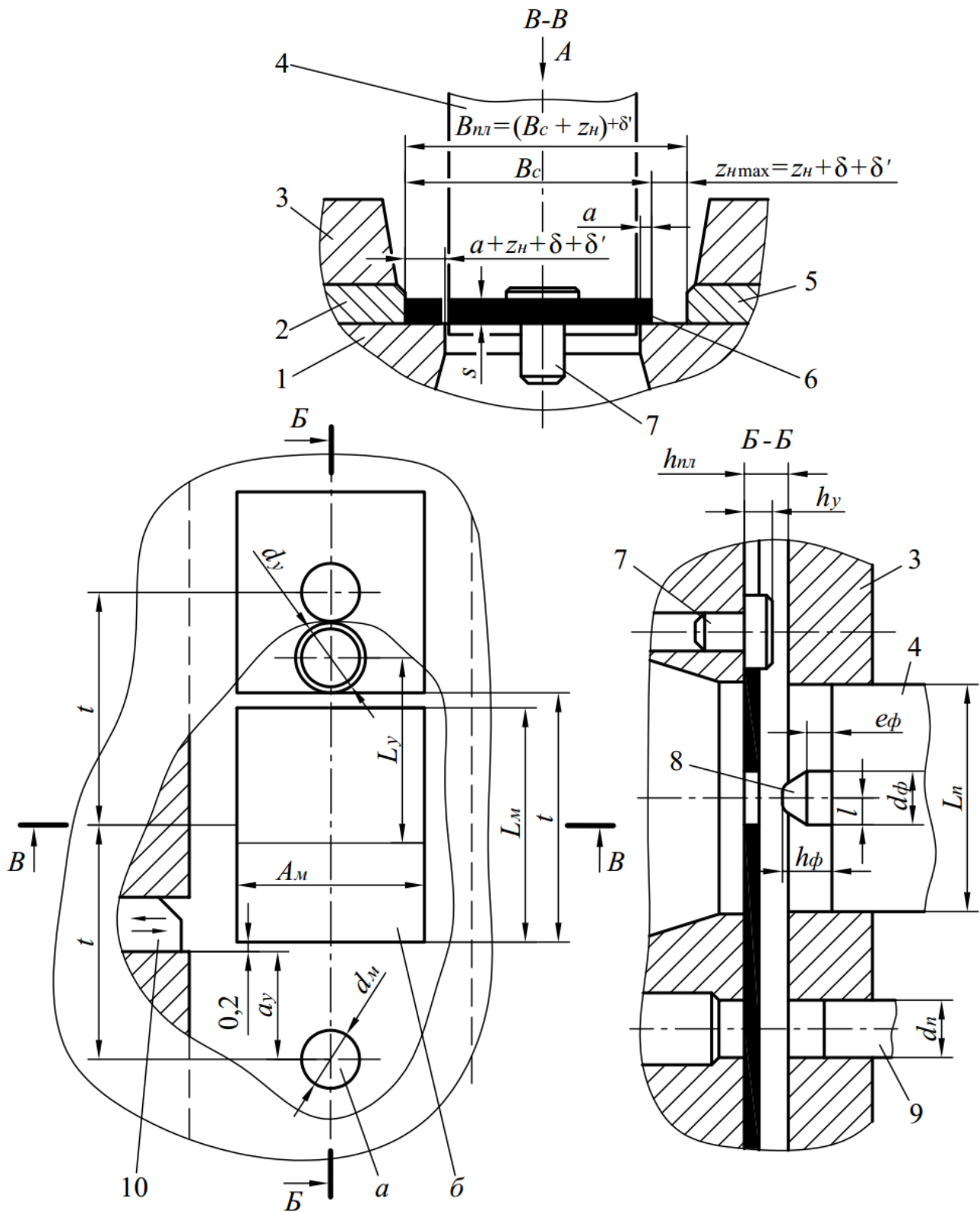


Рисунок 1.11. Схема штампа послідовної дії з разовим і грибковим упорами й фіксатором:

- 1 – матриця; 2, 5 – напрямні планки; 3 – знімач; 4 – пуансон для вирубкування;
 6 – початкова смуга; 7 – грибковий упор; 8 – фіксатор; 9 – пуансон для пробивання; 10 – одноразовий упор

При цьому відстань B_c від правої крайки матриці 1 до краю смуги 6 повинна зберігати значення a . Отже, повинна виконуватися рівність

$$B_c - \delta = A + a + z_n + \delta + \delta' + a,$$

звідки

$$B_c = \left[A + 2(a + \delta) + z_n + \delta' \right]_{-\delta}, \quad (1.8)$$

де z_n і δ' приймають за табл. 1.19.

Розрахована за формулою (1.8) ширина смуги (стрічки) при найнесприятливіших умовах штампування забезпечує збереження найменшого значення перемички a [13].

Таблиця 1.19. Гарантований найменший зазор z_n між напрямними планками й смугою (стрічкою) і допуск δ' на відстань між напрямними планками

Розміри, мм

Ширина смуги	Допуск δ'	Зазор z_n при товщині s матеріалу, який штамнують				
		до 1,0	від 1,0 до 2,0	від 2,0 до 3,0	від 3,0 до 5,0	понад 5,0
до 10	0,15	0,50	0,75	1,00	1,00	1,50
від 10 до 50	0,25	0,50	0,75	1,00	1,00	1,50
від 50 до 80	0,30	0,75	0,80	1,00	1,20	1,50
від 80 до 120	0,35	1,00	1,00	1,20	1,40	2,00
від 120 до 180	0,40	1,00	1,20	1,40	1,60	2,00
від 180 до 250	0,46	1,20	1,40	1,50	2,00	2,50
від 250 до 315	0,52	1,20	1,40	1,50	2,00	2,50

Примітка. Значення z_n у цій таблиці наведено для однорядного розкрою смуги. У випадку застосування розкрою з перевертанням смуги (див. рис. 1.11, ж) приведені значення z_n необхідно збільшувати на 50–70 %.

При штампуванні з бічним притискуванням зазор не повинен бути менше, ніж z_n , однак його фактичну величину визначають конструктивно.

Якщо штампування здійснюють із застосуванням крокових ножів і відстань між ножами дорівнює ширині деталі, яку штампують (див. рис. 1.10 в), то ширину смуги також розраховують за формулою (1.8). Якщо ж після обрізування смуги кроковими ножами залишається ще бічна перемичка a , то при штампуванні з одним кроковим ножом ширину смуги розраховують за формулою

$$B_c = \left[A + 3a + 2\delta + z_n + \delta' + \delta_{нк} \right]_{-\delta}, \quad (1.9)$$

а при штампуванні із двома кроковими ножами (див. рис. 1.10 б та і)

$$B_c = \left[A + 2(2a + \delta) + z_n + \delta' + \delta_{нк} \right]_{-\delta}, \quad (1.10)$$

де $\delta_{нк}$ – допуск на відстань від базової планки до крокового ножа або на відстань між кроковими ножами, який визначають із залежності $\delta_{нк} = 0,25 \delta'$ й округляють з точністю до 0,1 мм (див. формулу 3.16, розділ 3).

Вираз у квадратних дужках у формулах 1.9 і 1.10 є номінальним значенням ширини смуги $B_c^{ном}$.

За розрахованою шириною смуги визначають кількість смуг, які отримують із листа з заданими розмірами, а за довжиною смуги й кроку вирубубання t визначають кількість заготовок, які отримують зі смуги. Після цього обчислюють загальну кількість заготовок (деталей) n_d , які отримують із листа, норму витрати матеріалу й коефіцієнт його використання.

Приклади розрахунку ширини смуги при листовому штампуванні

Приклад 1. Визначити ширину смуги для вирубубання деталі, зображеної на рис. 1.10 а.

Вихідні дані: $A = 100$ мм, $s = 1$ мм, матеріал – сталь 20.

За табл. 1.13 знаходимо значення перемичок $a = 1,4$ мм, $b = 1,0$ мм.

За табл. 1.17 та 1.19 знаходимо $\delta = 0,6$ мм; $z_n = 1,0$ мм; $\delta' = 0,35$ мм.

Ширину смуги визначаємо за формулою (1.8)

$$B_c = \left[100 + 2(1,4 + 0,6) + 1 + 0,35 \right]_{-0,6} = 105,35_{-0,6} \text{ мм.}$$

Отримане значення округляємо до $105,5_{-0,6}$ мм.

При цьому, відстань між напрямними планками

$$B_{nl} = [B_c + z_n]^{+\delta'} ;$$

$$B_{nl} = [105,5 + 1,0]^{+0,35} = 106,5^{+0,35} \text{ мм.}$$

При найнесприятливіших умовах розмір найменшої перемички дорівнює

$$a = 105,5 - 0,6 - \frac{106,85}{2} - \frac{100}{2} = 1,475 \text{ мм.}$$

Оптимальну схему розкрою смуги для штампування конкретних деталей у кожному окремому випадку визначають шляхом аналізу кількох варіантів з урахуванням переваг кожного з них. Не завжди виявляється вигідним маловідходний розкрій без перемичок у смугі. Незважаючи на те, що він виключає втрату металу на утворення перемичок, його застосування іноді призводить до суттєвого збільшення втрат на кінцеві залишки смуг довжиною $L_{зал}$, які вже не використовують і котрі можуть бути усунені лише при штампуванні зі стрічкового (рулонного) матеріалу. Штампи для здійснення маловідходного штампування без перемичок у смугі вимагають, як правило, вищої точності виготовлення, наявності крокових ножів, забезпечення високої точності кроку подачі смуги тощо.

Приклад 2. Визначити ширину смуги для чотирьох варіантів розкрою при штампуванні двох деталей магнітопровода: Ш-подібної та прямої (рис. 1.12). Вихідні дані: $l = 24$ мм, $l_1 = 50$ мм; $l_2 = 12,5$ мм; $l_3 = 75$ мм; матеріал – електротехнічна кремнієва сталь; $s = 0,3$ мм.

Варіант 1. На рис. 1.13 а зображена схема маловідходного розкрою смуги, при якому за кожен хід преса отримують одну пару деталей. Перевагою такого розкрою є економія металу за рахунок відсутності поперечних перемичок, недоліком – наявність залишку, який вже не використовують, довжиною $L_{зал}$. Цей залишок утворюється внаслідок неможливості штампування після того, як залишок смуги довжиною $L_{зал}$ стане меншим за крок t подачі. При цьому значення $L_{зал}$ визначають за конструкцією штампа, однак, як правило $L_{зал} > 2,5t$.

Крім того, штамп із даним розкромом смуги повинен забезпечувати досить точний крок подачі t , щоби після переміщення смуги на крок ліва крайка прямокутних отворів з розмірами $0,5l_3 \times l_2$ (рис.1.13 а) точно збігалася з правою крайкою матриці для розрізування смуги (лінія AA).

В іншому випадку: або в прямій деталі утворюються виямки (рис. 1.14 а) з розмірами $l_2 \times t'$, де t' – похибка кроку подачі (коли крок дещо перевищує відстань між відповідними різальними крайками матриці), або в смузі утворюються додаткові перемички (рис. 1.14 б) шириною, що дорівнює похибці t' кроку подачі (коли крок менший від зазначеної відстані між різальними крайками). В останньому випадку розділення деталей стає утрудненим або навіть неможливим.

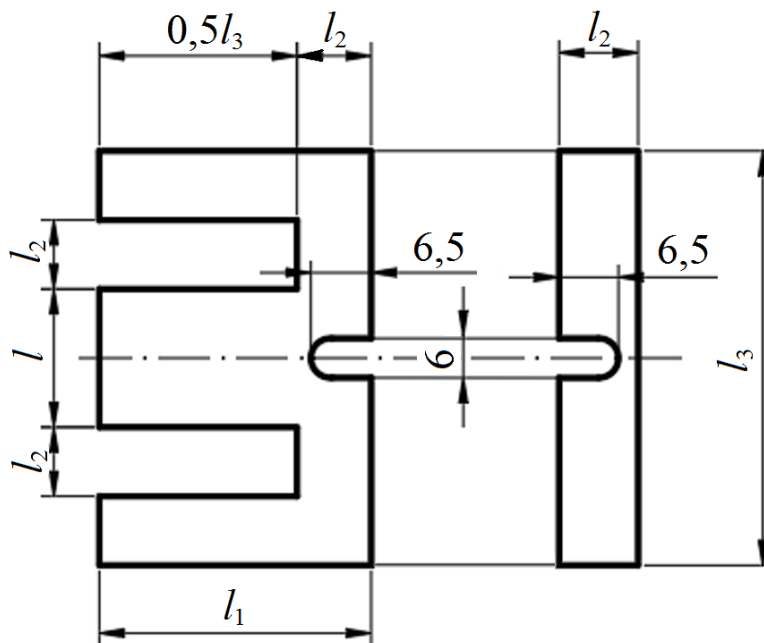


Рисунок 1.12. Пара деталей магнітопроводу

З метою гарантування розділення деталей, які штампують, необхідно вводити в кресленні прямої деталі додатковий конструктивний елемент у вигляді виямок (див. рис.1.14 а) з розміром $t' \leq 0,3$ мм, що не завжди є прийнятним.

Визначимо коефіцієнт розкромку смуги для даного варіанта. Ширину смуги визначаємо за формулою (1.8). Для цього за табл. 1.13, 1.17 і 1.19 знаходимо:

$$a = 2 \times 0,9 = 1,8 \text{ мм}; \delta = 0,5 \text{ мм}; z_n = 0,75 \text{ мм}; \delta' = 0,3 \text{ мм}.$$

Отже,

$$B_c = [75 + 2(1,8 + 0,5) + 0,75 + 0,3]_{-0,5} = 80,7_{-0,5} \text{ мм}.$$

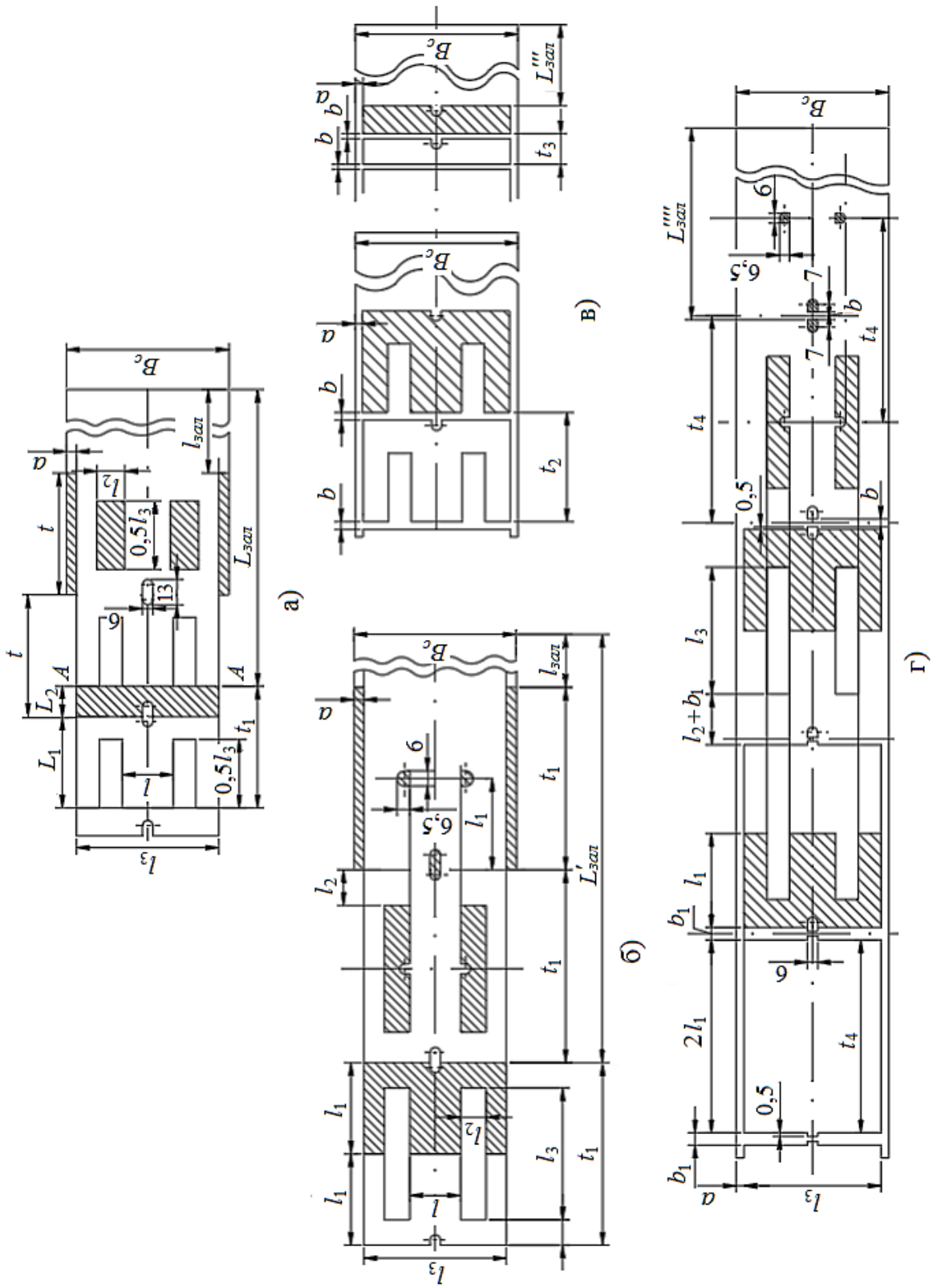


Рисунок 1.13. Схеми розкрою смуги при штампуванні пари деталей магнітопроводу

При довжині смуги $L_c = 1000$ мм, площа її поверхні дорівнює

$$80,7 \times 1000 = 80700 \text{ мм}^2.$$

Крок штампування $t = l_1 + l_2 = 62,5$ мм. Найменший залишок смуги, який не може бути використаним,

$$L_{\text{зал}} = 2,5 \times 62,5 = 156,25 \text{ мм.}$$

Отже, максимальна кількість пар деталей, що можуть бути отримані,

$$n_o = \frac{1000 - 156}{62,5} = 13 \text{ шт.}$$

При цьому фактичний залишок смуги складе 187,5 мм. Оскільки площа поверхні однієї пари деталей (без вмятки $6 \times 6,5$ мм) становить $l_1 \times l_3 = 3750 \text{ мм}^2$.

Коефіцієнт розкрою складе

$$K_p = \frac{13 \cdot 3750}{80700} = 0,604.$$

Варіант 2. На рис.1.13 б зображена схема маловідходного розкрою смуги.

У цьому випадку крок штампування $t_1 = 2$ мм; $l_1 = 100$ мм. За кожен хід преса отримують дві пари деталей. Отже, з точки зору продуктивності даний варіант вигідніший за перший. Зі смуги довжиною $L_c = 1000$ мм можна отримати сім комплектів із двох пар деталей, тобто 14 пар.

При цьому довжина залишку дорівнює $L'_{\text{зал}} = 300$ мм. Відповідно, коефіцієнт розкрою складе

$$K_p = \frac{14 \cdot 3750}{80700} = 0,651.$$

Таким чином, другий варіант розкрою вигідніший за перший і з точки зору ефективності використання металу. Однак через істотне зростання кроку штампування цей варіант вимагає складнішого штампа, крім того, конструктивне оформлення штампа може вимагати збільшення $L_{\text{зал}} > 300$ мм. У такому випадку кількість пар деталей, які штампують зі смуги, може знизитися до 12. У такому випадку другий варіант стає менш ефективним, ніж перший.

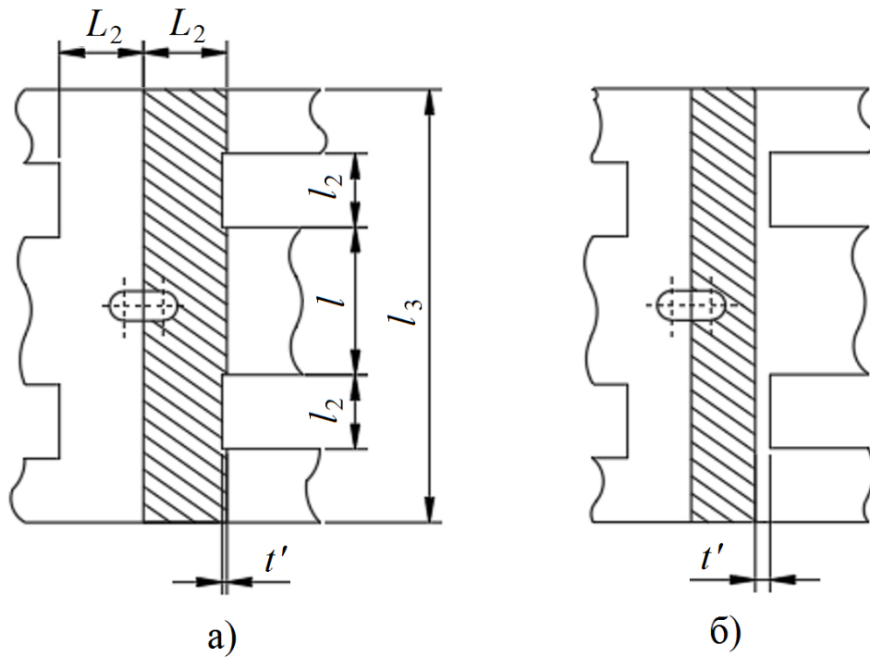


Рисунок 1.14. Результат похибки кроку подачі смуги при штампуванні деталі магнітопроводу:

- а – додатковий конструктивний елемент у вигляді виямок з розмірами $l_2 \times t'$;
 б – додаткові перемички шириною кроку подачі t'

Варіант 3. У цьому випадку (див. рис. 1.13 в) штампування кожної з деталей здійснюють окремо зі смуг однакової ширини з поперечними перемичками. При цьому $a = 1,8$ мм, $b = 1,7 \times 0,9 = 1,6$ мм (див. табл. 1.13, примітка 1). Крок штампування Ш-подібної деталі $t_2 = l_1 + b = 51,6$ мм. Крок штампування прямої деталі $t_3 = l_2 + b = 14,6$ мм. Ширину смуги в обох випадках визначають за формулою (1.8): $B_c \approx 80,7_{-0,5}$ мм.

Зі смуги, що має площу поверхні 80700 мм², можна виштампувати 19 Ш-подібних деталей. При цьому залишок смуги, який не використовують, дорівнює

$$L''_{\text{зал}} = 1000 - 19 \times 51,6 = 19,6 \text{ мм.}$$

З тієї самої смуги можна відштампувати 68 прямих деталей і при цьому залишок смуги $L'''_{\text{зал}} = 7,2$ мм.

Для забезпечення комплектного штампування 68 пар деталей потрібна одна смуга для прямої деталі та $68 : 19 = 3,58$ смуг для Ш-подібної деталі. Отже загальний для комплекту деталей коефіцієнт розкрою матеріалу дорівнює

$$K_p = \frac{68 \cdot 3750}{(1 + 3,58)80700} = 0,69.$$

Тобто, отримане значення K_p для третього варіанта розкрою перевищує розраховані значення для першого й другого варіантів. Таким чином, перші два варіанти маловідходного розкрою, які на перший погляд здавалися кращими, на практиці виявляються менш раціональними, ніж розкрій з відходами у вигляді перемичок. Звичайно, що з точки зору продуктивності найвигіднішим є другий варіант, а третій – найменш прийнятним.

Варіант 4. За кожен хід преса отримують дві пари деталей (див. рис. 1.13 г). Однак на відміну від другого варіанта цей розкрій здійснюють за наявності перемичок: $a = 1,8$ мм; $b = 1,6$ мм; $b_1 = 2,6$ мм. При цьому ширина смуги $B_c = 80,7_{-0,5}$ мм, а $t_3 = 2l_1 + b_1 = 102,6$ мм. Зі смуги отримують дев'ять комплектів по дві пари, тобто 18 пар деталей. Невикористаний залишок смуги дорівнює $L''' = 76,6$ мм.

Коефіцієнт розкрою

$$K_p = \frac{18 \cdot 3750}{80700} = 0,836.$$

Отже, з точки зору розкрою та продуктивності останній варіант є найвигіднішим, однак вимагає істотного подовження робочої зони штампа. Такий варіант є найбільш прийнятним при штампуванні зі стрічки з автоматичною подачею на автоматизованих лініях.

1.3.2. Розрахунок коефіцієнта використання листового матеріалу при штампуванні деталей круглої форми

Вирубування круглих деталей можна проводити в один, два чи кілька рядів при паралельному (рис. 1.15) і шаховому (рис. 1.16) їх розміщенні на смуговій заготовці. Круглі деталі діаметром понад 150 мм, як правило, штамнують в один ряд, при менших розмірах ефективніше штампувати в кілька рядів у шаховому порядку – багаторядний шаховий розкрій.

Коефіцієнт використання матеріалу при паралельному розміщенні круглих деталей на смугі чи стрічці (рис. 1.15) визначають за наступними залежностями:

– при однорядному паралельному розкрої

$$\eta_1 = \frac{0,785D^2}{(D + a_1)(D + 2a)} 100\%; \quad (1.11)$$

– при дворядному паралельному розкрої

$$\eta_2 = \frac{2 \cdot 0,785D^2}{(D + a_1)(2D + 2a + a_1)} 100\%; \quad (1.12)$$

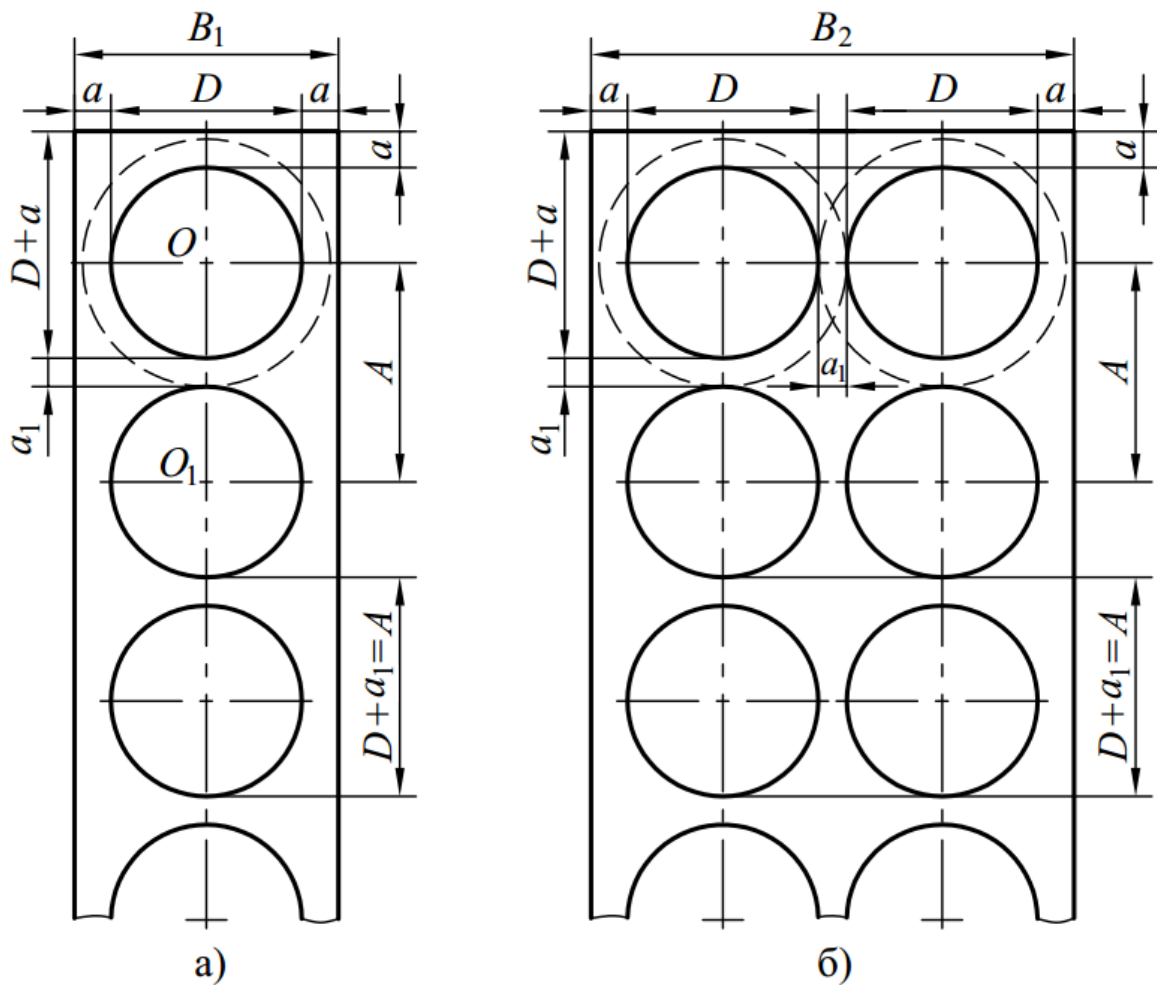


Рисунок 1.15. Схема вирубвання круглих деталей при їх паралельному розміщенні на смузі:

а – однорядний розкрій; б – дворядний розкрій;

A – поздовжній крок подачі матеріалу, $A = D + a_1$;

B_1, B_2 , – ширина смуги при одно- і дворядному розміщенні кругів на смузі для паралельної схеми розкрою

– при n -рядному паралельному розкрої

$$\eta_n = \frac{n \cdot 0,785D^2}{(D + a_1)(nD + 2a + (n-1)a_1)} 100\%, \quad (1.13)$$

де D – діаметр круга, який вирубують, мм;

a – величина перемички від краю смуги до контура круга, мм;

a_1 – величина перемички між кругами, які вирубують, мм;

n – число рядів на смугі при паралельному розкрої.

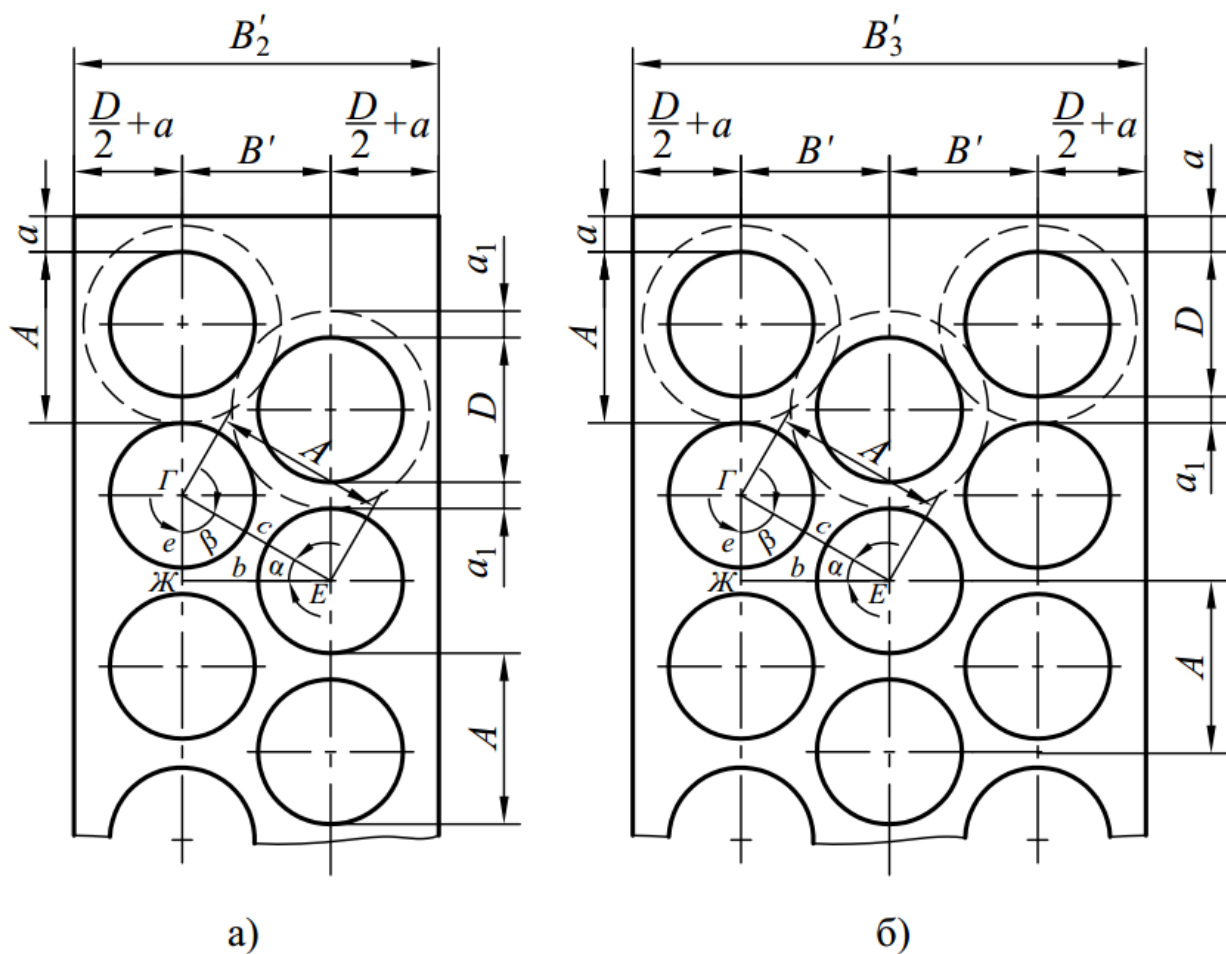


Рисунок 1.16. Схема вирубування круглих деталей при їх шаховому розміщенні на смугі:

а – дворядний розкрій; б – трирядний розкрій;

A – поздовжній крок подачі матеріалу, $A = D + a_1$;

B' – поперечний крок, $B' = b = A \cos \alpha = (D + a_1) \cos \alpha$;

B'_1, B'_2 – ширина смуги при дво- і трирядному розміщенні кругів на смугі для шахової схеми розкрою

При шаховому розміщенні круглих деталей на смузі (рис. 1.16) коефіцієнти використання матеріалу визначають за наступними залежностями:

– при дворядному шаховому розкрої

$$\eta'_2 = \frac{2 \cdot 0,785D^2}{(D + a_1)[(D + 2a) + (D + a_1)\cos\alpha]} 100\%; \quad (1.14)$$

– при трирядному шаховому розкрої

$$\eta'_3 = \frac{3 \cdot 0,785D^2}{(D + a_1)[(D + 2a) + 2(D + a_1)\cos\alpha]} 100\%; \quad (1.15)$$

– при n -рядному шаховому розкрої

$$\eta'_n = \frac{n \cdot 0,785D^2}{(D + a_1)[(D + 2a) + (n - 1)(D + a_1)\cos\alpha]} 100\%, \quad (1.16)$$

де D – діаметр круга, який вирубують, мм;

a – величина перемички від краю смуги до контура круга, мм;

a_1 – величина перемички між кругами, які вирубують, мм;

n' – число рядів на смузі при шаховому розкрої;

α – кут прямокутного трикутника між центрами суміжних кругів, $\alpha = 30^\circ$.

1.3.3. Розкрій листа на смуги

Розкрій листа на смуги здійснюють за трьома схемами: поздовжня, поперечна, нахилена (коса). З урахуванням коефіцієнта використання матеріалу, продуктивності процесу різання поздовжній розкрій завжди продуктивніший, ніж поперечний. Для підвищення ефективності (за рахунок зменшення кутових відходів) розкрою листа застосовують нахилений розкрій.

Враховуючи, що смуга є найпоширенішою заготовкою при вирубуванні деталей, розрізування листа на смуги необхідно проводити таким чином, щоб при цьому залишалось якомога менше відходів.

При вирубуванні круглих деталей переважно застосовують поперечний і поздовжній розкрій листа (рис. 1.17).

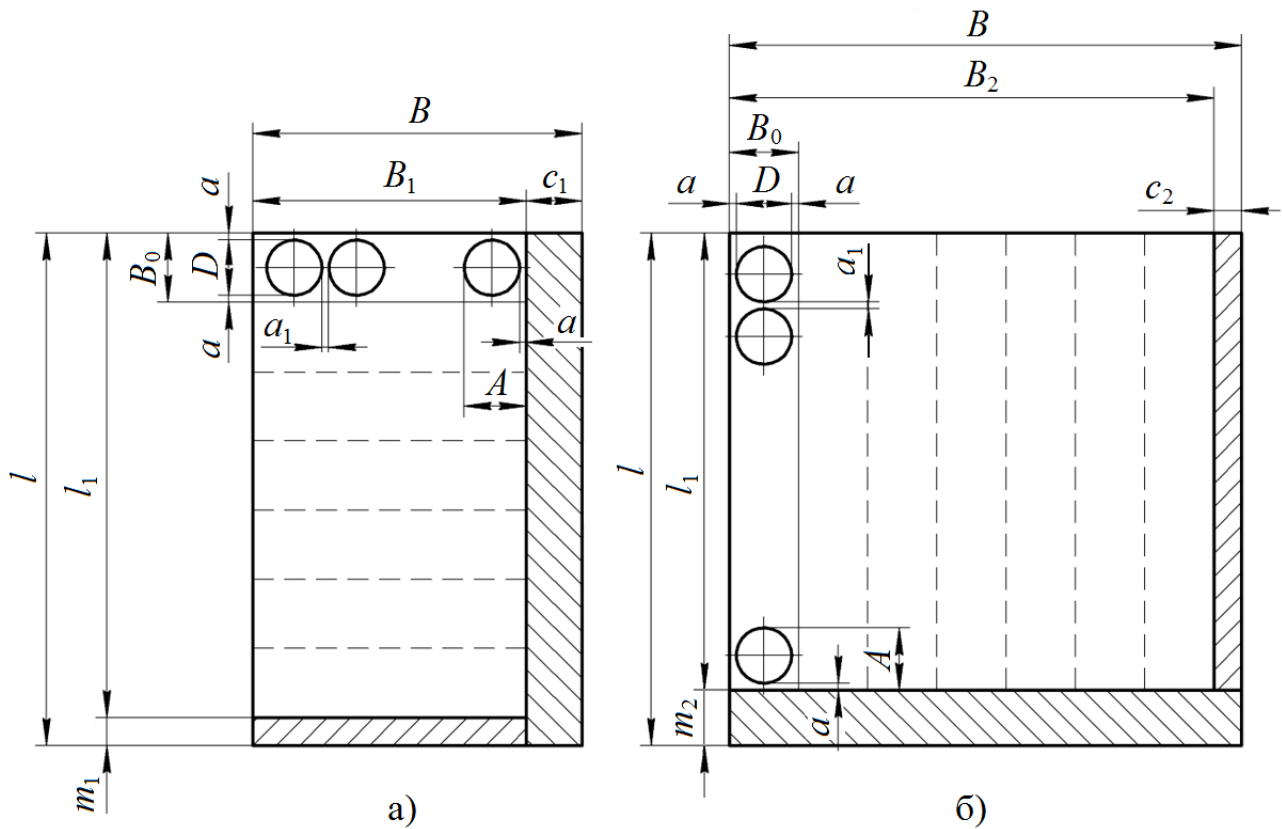


Рисунок 1.17. Схеми розкрою листів на смуги при листовому штампуванні:
а – поперечний, б – поздовжній

Кількість деталей n_{∂} , отриманих з однієї смуги при поперечному розкрої:

$$n_{\partial} = \frac{B_1 - a}{A} = \frac{B - (a + c_1)}{D + a_1}. \quad (1.17)$$

Кількість смуг, отримуваних з листа n_n

$$n_n = \frac{L_1}{B_0} = \frac{L - m_1}{D + 2a}, \quad (1.18)$$

де c_1 і m_1 – відходи по ширині та довжині листа при поперечному розкрої, мм;

a – величина перемички від краю смуги до контура круга, мм;

a_1 – величина перемички між кругами, які вирубують, мм;

A – крок подачі при вирубуванні, $A = D + 2a$, мм;

B_0 – ширина смуги, $B_0 = D + 2a$, мм;

B_1 – ширина листа без відходу c_1 , мм;

L_1 – довжина листа без відходу m_1 , мм;

B і L – повна ширина і повна довжина листа, мм.

Загальна кількість деталей N_δ , отриманих з листа при поперечному розкрої,

$$N_\delta = n_\delta \cdot n_n = \frac{B - (a + c_1)}{D + a_1} \frac{L - m_1}{D + 2a}. \quad (1.19)$$

Коефіцієнт використання матеріалу η при поперечному розкрої,

$$\eta = \frac{B - (a + c_1)}{D + a_1} \frac{L - m_1}{D + 2a} \frac{0,785D^2}{BL} 100\%. \quad (1.20)$$

Аналогічним чином визначають коефіцієнт використання матеріалу η' при поздовжньому розкрої.

Кількість деталей n'_δ , отриманих зі смуги,

$$n'_\delta = \frac{L_2 - a}{A} = \frac{L - (a + m_2)}{D + a_1}. \quad (1.21)$$

Кількість смуг, отриманих з листа n'_n ,

$$n'_n = \frac{B_2}{B_0} = \frac{B - c_2}{D + 2a}. \quad (1.22)$$

Загальна кількість деталей N'_δ , отриманих з листа,

$$N'_\delta = n'_\delta \cdot n'_n = \frac{L - (a + m_2)}{D + a_1} \frac{B - c_2}{D + 2a}, \quad (1.23)$$

де c_2 і m_2 – відходи відповідно по ширині та довжині листа при поздовжньому розкрої, мм;

B_2 – ширина листа без відходу c_2 , мм;

L_2 – довжина листа без відходу m_2 , мм;

Коефіцієнт використання матеріалу при поздовжньому розкрої

$$\eta' = \frac{L - (a + m_2)}{D + a_1} \frac{B - c_2}{D + 2a} \frac{0,785D^2}{BL} 100\%. \quad (1.24)$$

Габаритні розміри листів, смуг і стрічок вибирають згідно з ДСТУ 8971:2019.

Приклад розрахунку розкрою листа і смуги.

Розробити схему розкрою листа і смуги на заготовки (креслення заготовки зображено на рис. 1.18) і вибрати раціональну.

Матеріал заготовки – сталь 08 кп, згідно з ДСТУ 2834-94, товщина – $s = 1,5$ мм.

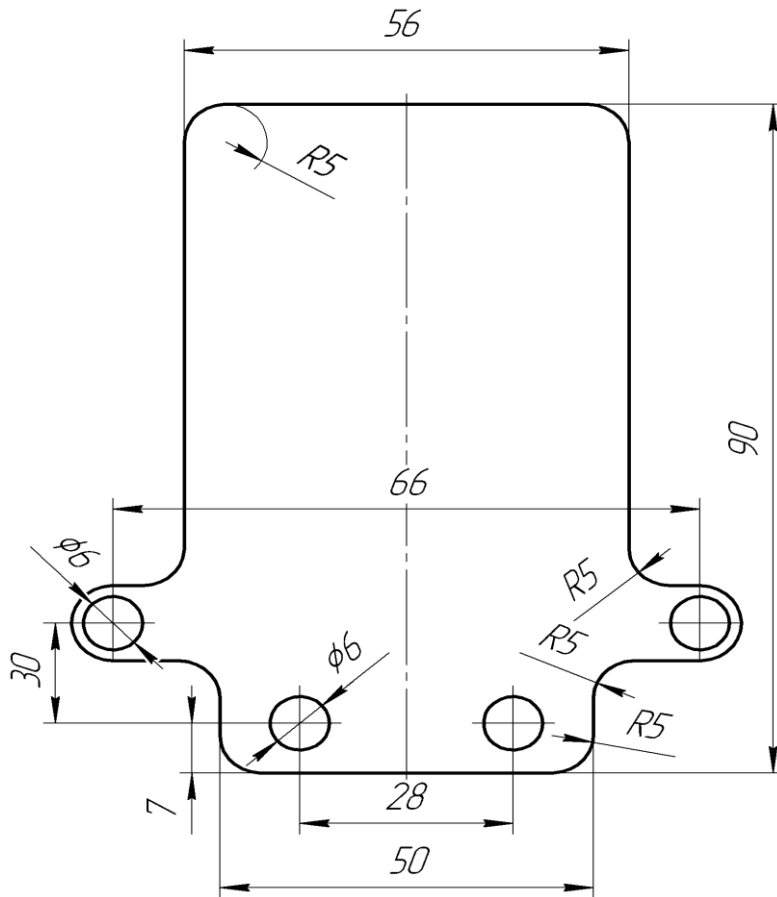


Рисунок 1.18. Ескіз вихідної заготовки

Аналізуючи геометричну форму, розміри, матеріал і призначення заготовки, робимо висновки:

- конструкція деталі відповідає технологічним вимогам, щодо виробів, які отримують листовим штампуванням;
- за основними показниками технологічності до конструкції плоских деталей, які виготовляють за допомогою розділювальних операцій листового штампування (вирубкування і пробивання), деталь є технологічною;
- для забезпечення ефективності штампувальної операції та безпечних умов праці доцільно прийняти розкрій з однорядним розміщенням заготовок на смугі;
- для зручності роботи довжина смуги не повинна перевищувати 2000 мм.

Визначаємо ширину смуги з бічним затискуванням.

Варіант «а»

Ширину смуги для прямого розкрою визначаємо за формулою

$$B = A + 2a + \Delta_{ш}, \quad (1.25)$$

де A – розмір заготовок, що вирубують поперек смуги, $A = 90$ мм;

a – найменша бічна перемичка, $a = 2,2$ мм;

a_1 – міждетальна перемичка, $a_1 = 2,0$ мм;

$\Delta_{ш}$ – односторонній допуск на ширину смуги, $\Delta_{ш} = 0,3$ мм.

$$B = 90 + 2 \cdot 2,2 + 0,8 = 95,2 \text{ мм.}$$

Варіант «б»

Ширину смуги для нахиленого розкрою отримуємо графічною побудовою $B = 86,8$ мм, з урахуванням величин перемички $a = 2,2$ мм і допуску на ширину смуги $\Delta_{ш} = 0,8$ мм.

Вибираємо листи з такими габаритами: 1200×2000 мм і 1500×3000 мм згідно з ДСТУ 8971:2019.

Розглядаємо дві схеми розкрою листа: поздовжню і поперечну.

Крок подачі заготовок визначаємо з геометричних побудов. Для варіанта «а» – $t = 70$ мм; для варіанта «б» – $t = 72$ мм.

З обраних листів можна виготовити певну кількість заготовок (табл. 1.20).

Таблиця 1.20. Результати розрахунку кількості заготовок

Габарити листів, мм	Варіанти розкрою листа зі смуги	Кількість		
		смуг із листа, шт.	заготовок із смуги, шт.	заготовок із листа, шт.
1200×2000	поперечний «а»	2000:95,2=21,3	1200:70=17,1	21·17=357
	«б»	2000:86,8=23,1	1200:72=16,6	23·16=368
1500×3000	поперечний «а»	3000:95,2=31,5	1500:70=21,4	31·21=651
	«б»	3000:86,8=34,6	1500:72=20,8	34·20=680
1200×2000	поздовжній «а»	1200:95,2=12,6	2000:70=28,5	12·28=336
	«б»	1200:86,8=13,8	2000:72=27,7	13·27=351
1500×3000	поздовжній «а»	1500:95,2=15,7	3000:70=42,8	15·42=630
	«б»	1500:86,8=17,2	3000:72=41,6	17·41=697

Для визначення площі заготовки розбиваємо її на ряд простих фігур: три прямокутники, площа яких дорівнює:

$$f_1 = 56 (90 - 30 - 7) = 2968 \text{ мм}^2;$$

$$f_2 = 50 (30 - 7) = 1150 \text{ мм}^2;$$

$$f_3 = 66 \cdot 14 = 924 \text{ мм}^2;$$

і коло площею

$$f_4 = \frac{\pi \cdot 14^2}{4} = 153 \text{ мм}^2;$$

Загальна площа заготовки складе

$$F = \sum_{i=1}^{i=n} f_i = 2968 + 1150 + 924 + 153 = 5195 \text{ мм}^2.$$

Виконуємо розрахунок коефіцієнту розкрою листів (поперечний і поздовжній) відповідно для прямокутного і нахиленого розташуванням деталей (рис. 1.19).

а) 1200×2000 мм

Поперечний розкрій:

$$\eta_1 = \frac{5195 \cdot 357}{1200 \cdot 2000} \cdot 100 = 77,3\%;$$

$$\eta_2 = \frac{5195 \cdot 368}{1200 \cdot 2000} \cdot 100 = 79,7\%.$$

Поздовжній розкрій:

$$\eta_1 = \frac{5195 \cdot 338}{1200 \cdot 2000} \cdot 100 = 72,7\%;$$

$$\eta_2 = \frac{5195 \cdot 351}{1200 \cdot 2000} \cdot 100 = 75,9\%.$$

б) 1500×3000 мм:

Поперечний розкрій:

$$\eta_1 = \frac{5195 \cdot 651}{1500 \cdot 3000} \cdot 100 = 72,5\%;$$

$$\eta_2 = \frac{5195 \cdot 680}{1500 \cdot 3000} \cdot 100 = 78,5\%.$$

Поздовжній розкрій:

$$\eta_1 = \frac{5195 \cdot 630}{1500 \cdot 3000} \cdot 100 = 72,7\%;$$

$$\eta_2 = \frac{5195 \cdot 697}{1500 \cdot 3000} \cdot 100 = 79,2\%.$$

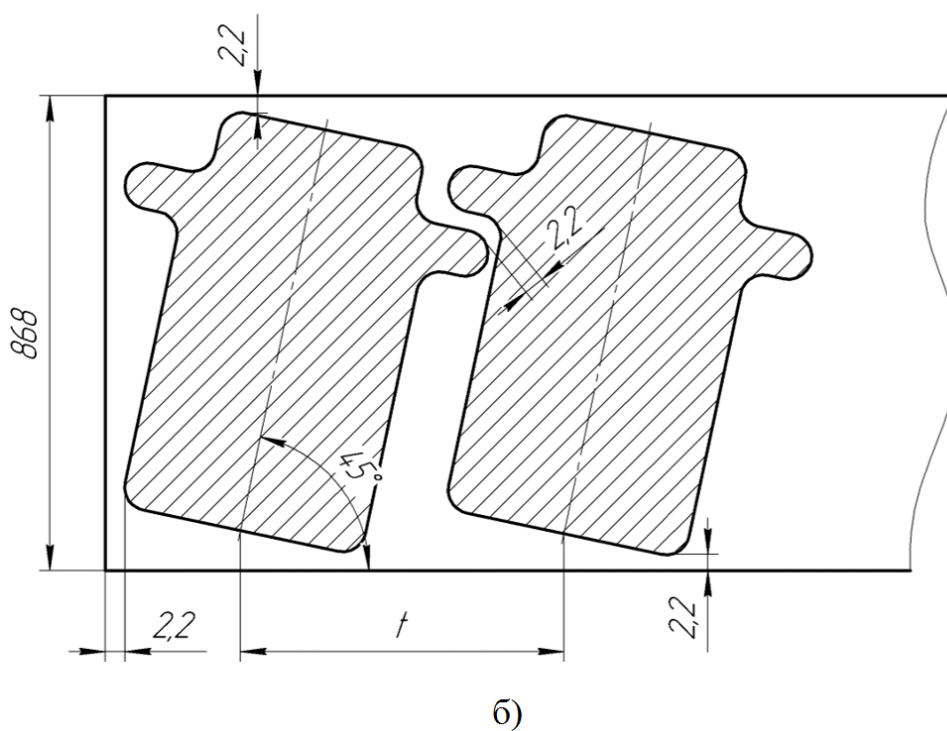
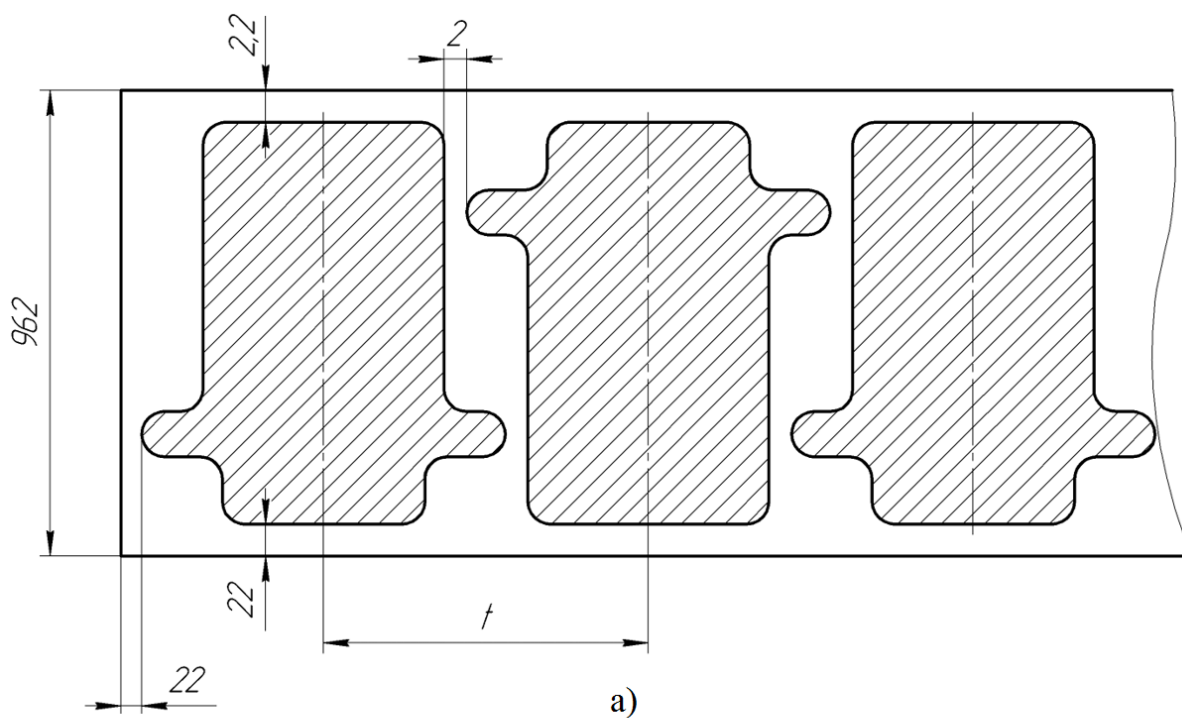


Рисунок 1.19. Варіанти схем розташування заготовок на смузі:
а – прямий розкрій; б – нахилений розкрій

На основі аналізу розрахованих коефіцієнтів розкрою листового і смугового матеріалу можемо зробити висновок про доцільність вибору для проектного технологічного процесу поперечного розкрою листа розміром 1200×2000 мм при нахиленій схемі розташування заготовок у смузі.

1.4. Вибір матеріалів для виготовлення деталей штампів

Правильний вибір матеріалів для деталей штампів, призначених для листового штампування та їх термічного оброблення, є одним із основних факторів, які впливають на надійність і стійкість штампів.

При виборі матеріалів для деталей штампа необхідно враховувати обсяги виробництва (масове, серійне чи одиничне), характер операції штампування, розміри і форму деталі, яку штампують, механічні властивості матеріалу, з якого виготовляється дана деталь тощо.

До робочих деталей штампів для розділювальних операцій листового штампування (пуансонів і матриць), які працюють в умовах ударних навантажень і великої концентрації напруження на робочих крайках чи робочій поверхні, ставляться особливі вимоги. Тому матеріали, з яких виготовляють пуансони і матриці, повинні задовольняти вимогам достатньої експлуатаційної міцності, високої чи підвищеної твердості, зносостійкості, за наявності їх достатньої в'язкості.

Основні види, марки, сортамент і розміри сталюого прокату, які використовують для виготовлення деталей штампів, наведено в табл. 1.21.

Поряд зі сталюим прокатом, для виготовлення робочих елементів штампів застосовують тверді порошкові сплави марок ВК15, ВК20, ВК25 згідно з ДСТУ ISO 513:2015; іноді використовують відливки з сірого чавуну із пластинчастим графітом марок СЧ24, СЧ25, СЧ40 згідно з ДСТУ 8833:2019; відливки з безолов'яної бронзи БрА11Ж6Н6 або поковки з безолов'яної бронзи БрАЖН10-4-4 згідно з ДСТУ 3474-96.

З метою зниження собівартості штампів та з урахуванням виробничих умов інструментального виробництва підприємств допускається заміна зазначених матеріалів на інші з рівноцінними механічними властивостями, а також зниження твердості термічно оброблених деталей штампів до 15 % на відстані не більше 10 мм від робочих поверхонь (крайок).

Таблиця 1.21. Сталевий прокат, який використовують для виготовлення деталей штамів.

Сортамент й основні розміри прокату	Сталь вуглецева * ¹		Сталь інструментальна * ²	
	звичайної якості згідно з ДСТУ 2651:2005 * ¹	якісна конструкційна згідно з ДСТУ 7809:2015* ²	вуглецева згідно з ДСТУ 3833-98	легована згідно з ДСТУ 3953-2000 * ¹
1	2	3	4	5
Сталь гарячекатана				
Згідно з ДСТУ 8540:2015 листова товщиною 0,4–160 мм, шириною до 3800 мм * ¹	+	–	–	–
Згідно з ДСТУ 4747:2007 штабовий прокат товщиною 4–60 мм, шириною до 200 мм (із притупленням кутів до 3 мм)	+	+	+	–
Згідно з ДСТУ 3953-2000* ¹ смугова товщиною 3–40 мм, шириною 12–300 мм (товщина через 1 мм, крім 11, 13, 17, 19, 21,23, 26, 27, 28, 29, 31, 33 та 34 мм)	–	–	+	+
Згідно з ДСТУ 8540:2015 широкосмугова товщиною від 6 до 60 мм, шириною 200–1050 мм (товщина від 6 до 12 мм через 1 мм, від 12 до 22 мм через 2 мм, далі 25, 28, 30, 32, 36 , 40 , 45, 50 , 55 та 60 мм)	+	+	–	–
Згідно з ДСТУ 4746:2007 квадратна із розміром сторони квадрата 5–200 мм	+	+	+	+
Згідно з ДСТУ 4738:2007 кругла діаметром 5–250 мм	+	+	+	–

Закінчення таблиці 1.21.

1	2	3	4	5														
Сталь калібрована																		
Згідно з ДСТУ 8608:2015 круга діаметром 3–100 мм * ²	–	+	+	+														
Згідно з ДСТУ 9073:2021 круга зі спеціально обробленою поверхнею діаметром 0,2–50 мм * ³	–	+	+	+														
<p>*¹ Листи сталю прокату, які найбільше використовують у конструкціях штампів, мають ширину залежно від товщини:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Товщина, мм</td> <td style="width: 12.5%;">3–5</td> <td style="width: 12.5%;">6–7</td> <td style="width: 12.5%;">8–12</td> <td style="width: 12.5%;">13–25</td> <td style="width: 12.5%;">26–40</td> <td style="width: 12.5%;">42–160</td> </tr> <tr> <td>Ширина, мм, не більше</td> <td>1800</td> <td>2000</td> <td>2500</td> <td>2800</td> <td>3600</td> <td>3800</td> </tr> </table> <p>*² Граничні відхилення діаметра (залежно від розміру та класу точності) від 0,025 до 0,46 мм.</p> <p>*³ Діаметр прокату в стані постачання: 0,2–3,0 через 0,05 мм; 3,1–10,0 через 0,10 мм; 10,25–18,0 через 0,25 мм; 18,5–19,5 через 0,5 мм й 20,0–50,0 через 10 мм.</p> <p>Граничні відхилення діаметра від 0,005 до 0,34 мм. Шорсткість поверхні прокату в стані постачання для груп оброблення А, Б, В і Г відповідно $Ra = 0,32; 0,63; 1,25$ й $2,5$ мкм.</p> <p>Примітка. Марки сталей: згідно з ДСТУ 2651:2005*¹ – Ст.3 – Ст.6; згідно з ДСТУ 7809:2015*² – 20; 30; 45; згідно з ДСТУ 3833-98 – У7, У7А, У8, У8А, У10, У10А; згідно з ДСТУ 3953-2000*¹ – ХВГ, 9ХС, 8ХФ, 9ХВГ, Х12М, Х12Ф1, Х6ВФ, 5ХГМ, 5ХНМ, 5ХНВ, Х12ВМ, 3Х2В8Ф, 5ХВ2С, 7ХГ2ВМ, 6Х6В3МФС</p>					Товщина, мм	3–5	6–7	8–12	13–25	26–40	42–160	Ширина, мм, не більше	1800	2000	2500	2800	3600	3800
Товщина, мм	3–5	6–7	8–12	13–25	26–40	42–160												
Ширина, мм, не більше	1800	2000	2500	2800	3600	3800												

Заготовки деталей штампів з інструментальних і легованих сталей необхідно піддавати первинному термічному обробленню, що забезпечує можливість їх подальшого механічного й термічного оброблення і сталість розмірів. Заготовки деталей штампів із сірого чавуну повинні мати твердість не більше 240 *HV*, сталіні виливки – не більше 215 *HV*. Заготовки для виготовлення деталей штампів із сірого й легованого чавунів необхідно піддавати природньому або штучному старінню.

Рекомендації з вибору матеріалів для виготовлення робочих елементів залежно від умов їхньої експлуатації наведено в табл. 1.22.

Таблиця 1.22. Матеріали й норми твердості робочих елементів штампів залежно від матеріалів, які штампують.

Матеріал, який штампують	Робочі елементи штампа	Марки матеріалів для виготовлення робочих елементів штампів *1	HRC після термооброблення сталевих деталей	
			матриць (пуансон-матриць)	пуансонів, ножів
1	2	3	4	5
Низковуглецеві сталі, кольорові метали і їхні сплави, неметалеві матеріали товщиною до 3 мм	Пуансони, матриці, пуансон-матриці та їхні секції простої форми, ножі для різання відходів, крокові ножі	У8А, У10А, 7Х3, 9ХС	57–61	55–59
Те ж, понад 3 мм		Х12М, Х12Ф1, 9ХВГ, 5ХВ2С.		
Те ж, від 3 до 8 мм		Х12М, Х12Ф1, Х12Ф4М, 9ХВГ, 5ХВ2С.		
Те ж, від 8 до 12 мм	Пуансони, матриці, пуансон-матриці для чистового вирубування, пробивання	7ХГ2ВМ, Х6ВФ, Х12М, Х12Ф1, Р18.	59–63	57–61
Матеріали, які важко деформуються, у т.ч. сталь 45 товщиною до 3 мм	Пуансони, матриці пуансон-матриці, будь-якої форми	Х12Ф1, 6Х6В3МФС, ВК20, ВК25.	57–61	55–59

Закінчення таблиці 1.22

1	2	3	4	5
Електротехнічна сталь (та інші матеріали – в масовому виробництві) товщиною до 0,5 мм	Пуансони простої форми * ² , матриці простої форми. Пуансони складної форми, Матраці складної форми	BK11 * ³	–	–
		BK15	–	–
		BK20	–	–
		BK25	–	–
<p>*¹ Марки матеріалів рекомендовані для забезпечення максимальної працездатності штампа в умовах масового та багатосерійного виробництва. В інших випадках можуть застосовуватися відповідні замітники.</p> <p>*² З метою додаткового підвищення стійкості в 1,3–1,4 раза, застосовують зміцнення твердих сплавів термічним обробленням.</p> <p>*³ У масовому виробництві допускається застосовувати для штампування будь-яких матеріалів</p>				

Для виготовлення деталей технологічного (крім робочих елементів), конструктивного, кінематичного й допоміжного призначень використовують в основному вуглецеві сталі звичайної якості, вуглецеві конструкційні, а також леговані конструкційні сталі (наприклад, 40X та 45X) згідно з ДСТУ 7806:2015, які поставляють у вигляді смуг згідно з ДСТУ 4747:2007, квадрата згідно з ДСТУ 4746:2007 і круга згідно з ДСТУ 4738:2007 і ДСТУ 9073:2021. В окремих випадках застосовують кулькову підшипникову сталь марок ШХ15, ШХ4, ШХ15СГ, ШХ20СГ згідно з ДСТУ ISO 683-17:2008, яку поставляють у вигляді прутків діаметром 5–250 мм, квадратного січення зі стороною квадрата 5–200 мм, смуг товщиною 4–60 мм і шириною до 200 мм, каліброваних прутків діаметрами 3–100 мм, а також каліброваних прутків зі спеціальним обробленням поверхні діаметром 0,2–50 мм.

Для виготовлення пружин стискування, розтягування, скручування застосовують дріт діаметром 0,2–8,0 мм згідно з ДСТУ ISO 8458-1:2007 зі сталей згідно з ДСТУ 7809:2015 і ДСТУ 3833-98 (див. табл. 1.23).

Для виготовлення тарілчастих пружин застосовують сталі марок 60С2А, 60С2, 50ХФА, 65С2ВА, 70С3А згідно з ДСТУ 8429:2015.

Для виготовлення пластинчастих пружин застосовують сталь марки 65Г згідно з ДСТУ 8429:2015, яку поставляють у вигляді стрічки товщиною 0,1–4,0 мм, шириною 4–465 мм, а також у вигляді листів товщиною 0,5–4,0 мм, шириною до 2300 мм.

Поряд зі сталним прокатом використовують відливки з конструкційної нелегованої й легованої сталей згідно з ДСТУ 8781:2018 марок 40Л, 45Л та відливки із сірого чавуну марок СЧ24, СЧ25 згідно з ДСТУ 8833:2019.

Для виготовлення деталей штампів застосовують також неметалеві матеріали: листову маслобензостійку гуму, поліуретан, а також різні пластичні маси.

У табл. 1.23 наведено рекомендації з вибору матеріалів для виготовлення деталей штампів (крім робочих елементів).

Таблиця 1.23. Матеріали й норми твердості деталей різного призначення

Деталі штампів	Рекомендовані марки матеріалів ^{*1}	<i>HRC</i> після термооброблення
Деталі технологічного призначення		
1	2	3
Упори: – до крокових ножів; – циліндричні, грибокві, зі скосом, Г-подібні, втоплювальні, крокові та ін.;	У10А	59–63
– дротові;	45	42–46,5
– одноразові	Дріт класів I, II або ІІА 45	– 30–34,5
Стержні упорів	45	34–38
Важелі упорів	35	–
Шпильки упорні	45	38,5–42,5
Притискувачі бічні (суцільні й складені з роликом)	45	42–46,5
Ролики зі збірними боковими притискувачами	У8А	55–59
Притискувачі бічні пружинні, у т.ч. пластинчасті	65Г	46,5–51,5

Продовження таблиці 1.23

1	2	3
Повзуни: – пружинних притискувачів; – бічних клинових притискувачів	40X 45	49,5–54 42–46,5
Клини для клинових притискувачів	У8А	55–59
Притискувачі колодкові	45	42–46,5
Трафарети	20* ² , 45	42–46,5
Планки напрямні для направлення смуги (стрічки)	45	34–38
Вставки до напрямних планок	ВК15; ВК20	–
Перетяжні ребра	Х12М; 9ХС	57–61
Відлиплювачі	У8А	43,5–49,5
Фіксатори всіх видів	У8А	51,5–55
Скидувачі	45	34–38
Знімачі нерухомі: – ненапрямні; – напрямні; – простої форми (у твердосплавних штампах); – складної форми (у твердосплавних штампах)	Ст3 45; 45Х У8А; У10А 9ХС; 9ХВГ	– 42–46,5 42–45,5 42–46,5
Виштовхувачі: – які не є складовими елементами матриць (пуансонів); – які є складовими елементами матриць (пуансонів)	45 У8А; У10А; 7Х3; 9ХС; 9ХВГ; Х12М; Х12Ф1; 5ХВ2С	42–46,5 57–61
Притискувачі та опори штампів для чистового вирубування – пробивання	Х12М	55,5–59
Притискувачі та виштовхувачі габаритні з відносно тонкими стінками, які витримують ударні навантаження	5ХНМ; 5ХНВ	54–58

Продовження таблиці 1.23

1	2	3
Деталі конструктивного призначення		
Плити верхні й нижні штампів з напрямними ковзаня	Ст3; Ст4; 30Л; СЧ25;	– –
Те ж, штампів з напрямними кочення	45; 40Л; СЧ24	32–36
Плити проміжні	Сч25; 45Л; 45	–
Планки підтримуючі	Ст3	–
Плитки підкладні	45	42–46,5
Матрицеутримувачі	Ст3	–
Пуансоноутримувачі	Ст3	–
Державки: – для швидкозмінних пуансонів та матриць;	45	42–46,5
– з кульковим кріпленням пуансонів та матриць	20 *2	59–63
Шпонки для фіксації положення пуансонів та матриць	45	41,5–46,5
Пуансоноутримувачі штампів для чистового вирубування-пробивання	X12M	55–59
Деталі напрямних вузлів: – колонки напрямних ковзаня;	20	59–63 *2
– втулки напрямних ковзаня;	20	59–59 *2
– колонки напрямних кочення;	ШХ15,	61–62
– втулки напрямних кочення;	ШХ15	59–63
– сепаратори;	45; 20	35,5–39,5
– плити напрямні усіх видів	У10А	57–61
Деталі напрямних вузлів: –напрямні призми усіх видів;	40Х	48,5–53,5
–напрямні планки кареток і повзунів	20	55–59 *2

Продовження таблиці 1.23

1	2	3
<i>Деталі кінематичного призначення</i>		
Клини	45	42–46,5
Повзуни	45; 20 * ²	42–46,5
Важелі	45	32–35,5
Осі важелів	45; Ст6	42–46,5
Кронштейни важелів	45; 35	32–35,5
Тяги	35	–
<i>Допоміжні деталі</i>		
Хвостовики нерухомі	35; Ст4; Ст5	42–46,5
Хвостовики плаваючі	45	42–46,5
Фланці й підп'ятники плаваючих хвостовиків	45	42–46,5
Штовхачі усіх видів	45	37–41,5
Траверси усіх видів	45	42–46,5
Пробки для встановлення штифтів у загартованих деталях	20	–
Противідтискувачі	45	41,5–46,5
Обмежувачі ходу усіх видів	45	36,5–39,5
Втулки напрямні для штовхачів	У8А	51,5–56
Гайки відлиплювачів	45	36,5 42
Шайби буферних пристроїв	45	42–46,5
Штоки (шпильки) буферних пристроїв	40Х	–

Закінчення таблиці 1.23

1	2	3
Пружини: – стискування, розтягування, скручування із дроту круглого січення; – тарілчасті – пластинчасті – гумові – поліуретанові	Дріт класів I, II або ІІА* ³ 60С2А; 50ХФА; 70С3А 65Г Гума маслобен- зостійка підгрупи 4.8 Поліуретан СКУ-7Л	46–52 45,5–51,5 44,5–49,5 Твердість 50–70 за Шором А Твердість 76–86 за Шором А
Втулки, штирі та гайки для встановлення пружин	35	–
Корпуси утримувачів буферів	СЧ25; 40Х	–
Кожухи загороджувальні, щитки	Ст3	–
Штирі транспортні: – різьбові – накладні – для заливання	45 30 20	–
Бруси підкладні	СЧ24; 45Л; 45.	–
<p>*¹ У таблиці наведено матеріали для виготовлення деталей штампів в умовах багатосерійного та масового виробництва. Відповідно до конкретних умов виготовлення можна прийняти інші – дешевші та менш стійкі матеріали, які забезпечують працездатність та стійкість штампів.</p> <p>*² Твердість вказана після цементації на глибину 0,8–1,2 мм та наступного термооброблення.</p> <p>*³ Пружини з дроту діаметром понад 3 мм виготовляють зі сталі марок 60С2А, 65С2ВА, 70С3А, 65Г згідно з ДСТУ 8429:2015</p>		

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ШТАМПІВ ДЛЯ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

2.1. Загальні розрахунки, які виконують при проєктуванні штампів

2.1.1. Визначення координат центра тиску штампа

При виконанні операцій листового штампування для забезпечення надійної роботи преса центр тиску штампа слід сумістити з віссю повзуна преса так, щоб ця вісь проходила через центр тиску. Якщо ця умова не виконується, виникає згинальний момент, який спричиняє перекид повзуна, що, у свою чергу, призводить до прискореного зношування напрямних елементів штампа.

У штампах для вирубування (пробивання), що містять кілька пуансонів (рис. 2.1 а і б), визначення центра тиску штампа є обов'язковим.

Визначенню координат центра тиску штампа в цілому передуює визначення координат центра тиску окремих елементів, які штампують.

Центром тиску кожного з елементів, які штампують, є точка прикладання рівнодійних сил, що виникають при його вирубуванні (пробиванні). Іншими словами, центр тиску елемента, який штампують, є центр мас лінії контуру штампування.

Якщо контур, який штампують, є замкненим і має дві явно виражені осі симетрії, то його центр мас співпадає із центром мас охопленої ним плоскої фігури. У цьому випадку центр тиску можна легко знайти шляхом нескладної графічної побудови – проведення двох осей симетрії фігури та знаходження точки їхнього перетину (рис. 2.1 в, г).

Якщо ж контур, який штампують, являє собою плоску лінію, що не має явно виражених осей симетрії, то точне визначення центра мас плоскої лінії контуру можливе лише у двох випадках: якщо лінія контуру однорідна й відомо її рівняння, або якщо лінія контуру може бути поділена на такі частини, центр мас кожної з яких можна легко знайти.

У першому випадку координати центра мас x_u й y_u усієї замкненої лінії контуру штампування визначають за формулами

$$x_u = \frac{1}{L} \int_{(L)} x dl; \quad (2.1)$$

$$y_u = \frac{1}{L} \int_{(L)} y dl, \quad (2.2)$$

де L – загальна довжина лінії;

$L = \int_{(L)} dL$ (інтегрування поширене на всю довжину лінії штампування);

x, y – поточні координати лінії;

l – поточне значення довжини лінії.

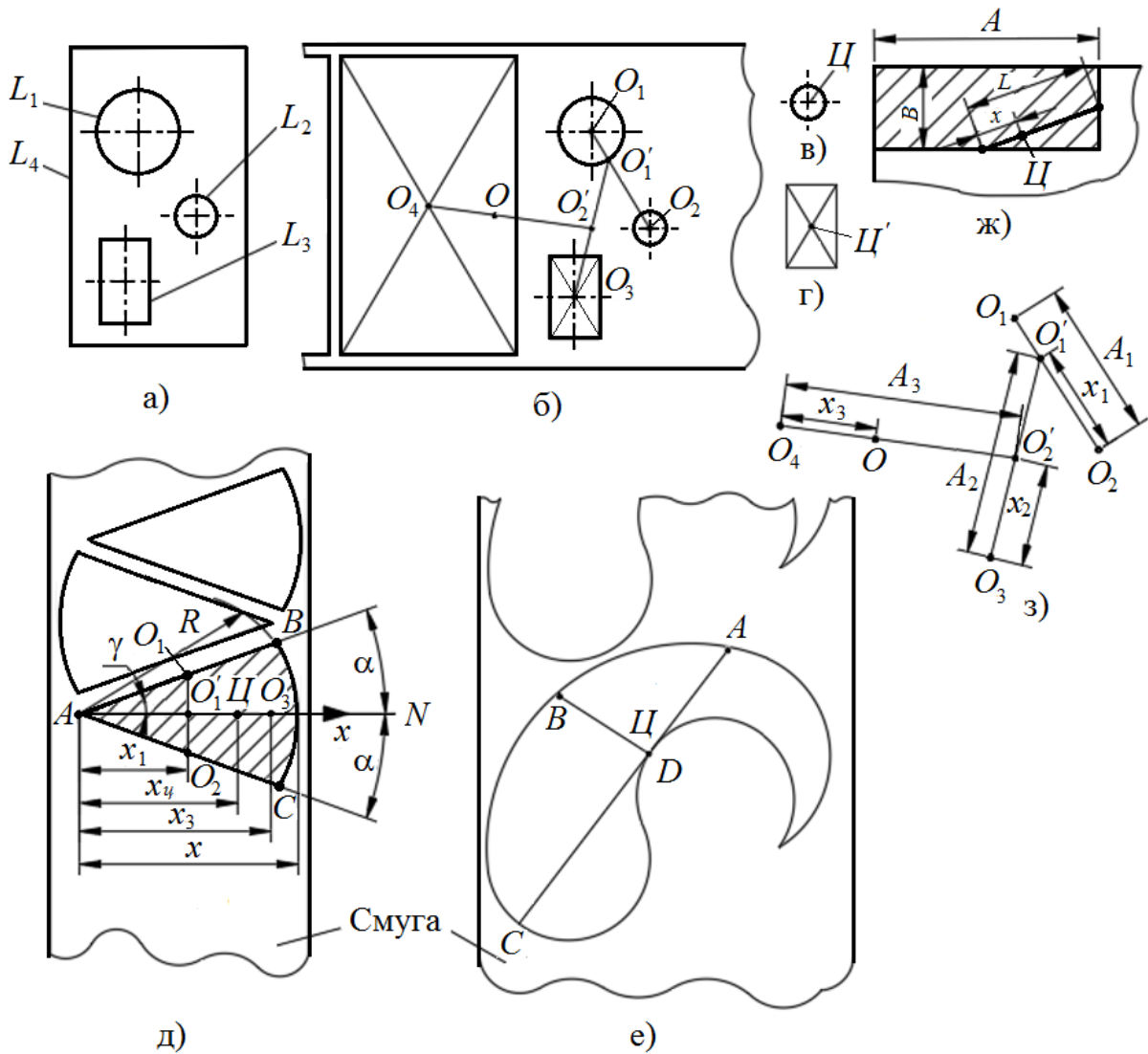


Рисунок 2.1. Послідовність знаходження центру тиску штампа:

а – деталь, яку штамнують; б – розташування елементів, які штамнують, на матриці штампа; в–ж – приклади визначення центрів тиску окремих елементів, які штамнують; з – схема побудови при визначенні центра тиску в масштабі 2:1 відносно схеми б (L_1 – L_4 – периметри елементів які штамнують; O_1 – O_4 – центри тиску окремих елементів, які штамнують; O'_1, O'_2 – точки прикладання рівнодійних пар сил, прикладених відповідно у точках O_1 й O_2, O' й O_3)

У другому випадку після поділу лінії контуру на частини знаходять центр мас кожної з них, потім (як показано нижче) визначають центр тиску всіх сил, прикладених у кожному зі знайдених центрів мас окремих частин лінії контуру, який штампують.

Можна використати комбінований метод, тобто поділяти лінію контуру на частини, рівняння однієї (кількох) з яких відомо, а центр мас другої (інших) частини контуру легко можна знайти, тому що вона (вони) мають явно виражені осі симетрії.

Приклад. Потрібно знайти координати центра тиску при вирубванні контуру, зображеного на рис. 2.1 д. Оскільки даний контур має одну явно виражену вісь симетрії AN , його центр мас лежить на цій осі. Необхідно визначити тільки одну координату центра мас.

Даний контур ділимо на три лінії: прямі відрізки AB та AC і дугу BC – коло з радіусом R . Центр мас кожного з відрізків ліній AB та AC знаходиться в точках їхніх середин O_1 й O_2 . Центр мас сукупності цих відрізків знаходиться в точці O'_1 з координатою

$$x_1 = \frac{R}{2} \cos \alpha.$$

Центр мас дуги BC має певну координату x_3 , яку можна визначити за формулою (2.1)

$$x_3 = \frac{1}{L} \int_{(L)} x \, dl,$$

де L – довжина дуги; $L = 2\alpha R$; $x = R \cos \gamma$ (γ – поточне значення кута α);

$l = R \gamma$ (l – поточне значення довжини дуги, що відповідає куту γ),

звідки

$$x_3 = \frac{1}{2\alpha R} \int_{-\alpha}^{+\alpha} R \cos \gamma d(R\gamma) = \frac{1}{2\alpha R} R^2 (\sin \alpha + \sin \alpha) = \frac{R \sin \alpha}{\alpha}.$$

Центр мас усього заданого контуру знаходиться в певній точці C , координату якої x_c можна визначити з умови, що в точці C прикладена рівнодійна двох сил: прикладеної в точці O_1 і прикладеної в точці O_3 (усі сили діють у площині, перпендикулярній до площини, в якій лежить розглядуваний контур).

Силу, прикладену в точці O_1 , можна чисельно представити сумою відрізків $AB + AC = 2R$, а другу силу – дугою BC довжиною $L = 2aR$.

Із рівняння моментів випливає

$$2R(x_u - x_1) = 2\alpha R(x_3 - x_u).$$

Після підстановки значень x_1 і x_3 отримаємо

$$x_u - \frac{R}{2} \cos \alpha = \alpha \left(\frac{R \sin \alpha}{\alpha} - x_u \right),$$

звідки знаходимо

$$x_u = \frac{R(2 \sin \alpha + \cos \alpha)}{2(1 + \alpha)},$$

де α – розмір кута дуги, рад.

Наприклад, при $\alpha = 30^\circ = \pi/6 = 0,5233$ рад; $x_u = 0,62R$.

На рис. 2.1 є зображений приклад контуру, який штампують, що складається з такого поєднання ліній, яке не дозволяє відносно просто, як у попередньому прикладі, визначити координати центра тиску штампа аналітичним шляхом. У подібних випадках центр тиску знаходять приблизно, умовно вважаючи, що центр мас замкненої лінії збігається з центром мас фігури, обмеженої цією лінією.

Центр мас плоскої фігури можна знайти у такий спосіб. Фігуру креслять у масштабі й вирізують із щільного паперу. Потім підвішують її за допомогою голки циркуля на креслярській дошці, встановленої вертикально: спочатку на одному отворі (див. рис. 2.1 є – точка A) і проводять вертикаль AC , потім – на іншому отворі (точка B) і проводять вертикаль BD . Точка перетину прямих AC та BD і є центр мас розглянутої фігури. Його можна приблизно прийняти як центр тиску при вирубванні цієї деталі.

Якщо контур, який штампують, не замкнений (рис. 2.1 ж), то спочатку знаходять середину кожної з його частин (довжиною A і B), потім з'єднують знайдені середини прямою, вимірюють її довжину L , і з рівності моментів знаходять координату центра тиску x

$$Ax = B(L - x).$$

Після того, як центри тиску усіх елементів, які штампують, будуть знайдені, їх наносять або на креслення робочої зони матриці (рис. 2.1 б), або на накреслену окремо в збільшеному масштабі робочу зону (рис. 2.1 з). Потім попарно послідовно з'єднують центри тиску окремих елементів, які штампують, вимірюють відстані між ними й визначають координати точок прикладання відповідних рівнодійних за формулами:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{A_1 L_1}{L_1 + L_2}; \\ x_2 &= \frac{A_2 (L_1 + L_2)}{L_1 + L_2 + L_3}; \\ x_3 &= \frac{A_3 (L_1 + L_2 + L_3)}{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}; \\ &\dots \\ x_n &= \frac{A_n (L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n)}{L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n + L_{n+1}}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

де $L_1, L_2 \dots L_n$ – довжини елементів лінії контуру, який штампують, центри тиску яких перебувають у точках відповідно $O_1, O_2 \dots O_n$;

$A_1, A_2, \dots A_n$ – відстані між центрами тиску сукупності елементів відповідно L_1 і L_2 ; L_1, L_2 і L_3 ; $L_1, L_2 \dots L_n$ і L_{n+1} .

Точки, координати яких знайдені за формулами (2.3), наносять на креслення.

Остання знайдена в такий спосіб точка O прикладання рівнодійної сили є центром тиску штампа.

Центр тиску штампа є точкою, через яку повинна проходити вісь хвостовика штампа, а також і вісь повзуна преса, на який встановлюють штамп. При розміщенні штампа на пресі зазначену умову не завжди вдається виконати, однак до цього необхідно прагнути. Необхідним є дотримання обмеження: центр тиску штампа не повинен виходити за межі кола радіусом, рівним 0,3 меншого розміру нижньої поверхні повзуна відкритого кривошипного преса. Для закритих пресів це обмеження визначають допустимим зусиллям на повзун, прикладеним зі зміщенням від осі преса.

2.1.2. Вибір і розрахунок розмірів плит штампа і його напрямних вузлів

Розміри у плані нижньої й верхньої плит визначають із конструктивних міркувань за розмірами пакета. Габаритні розміри нижньої плити повинні забезпечувати можливість кріплення нижньої частини штампа: плита повинна виступати за межі пакета на розмір, достатній для встановлення кріпильних болтів або прихватів. Якщо штамп кріпиться за допомогою хвостовика, то верхня плита за своєю конфігурацією й розмірами, якщо це допускається умовами розміщення напрямних вузлів, може відповідати верхній частині пакета. Якщо ж це з конструктивних міркувань не є можливим або штамп кріпиться без хвостовика, а, отже, верхня плита повинна виступати за межі пакета, то розміри в плані верхньої плити не повинні перевищувати відповідних розмірів нижньої плити.

При проєктуванні верхньої й нижньої плит штампа їх товщину необхідно визначати відповідними розрахунками, виходячи з умови міцності та жорсткості. Оскільки на умови навантаження плит впливає велика кількість факторів, то точний розрахунок плит виконати дуже складно. Тому на практиці розміри верхньої й нижньої плит приймають за встановленими товщинами плит стандартизованих блоків, які використовують у конструкції штампів. Однак у випадку великих навантажень здійснюють їхню перевірку на міцність.

Розрахунок нижньої плити штампа рекомендують виконувати з урахуванням наступних допущень:

1) форма й розміри отвору (за наявності) у нижній плиті штампа строго відповідають формі й розмірам отвору в матриці або іншій деталі, що безпосередньо прилягає до цієї плити;

2) вказаний отвір є еквідистантним до отвору в підштамповій плиті преса; при цьому все навантаження сприймає лише нижня плита штампа (інші деталі нижньої частини пакета навантаження не сприймають). Якщо при цьому зробити додаткове допущення, що характер навантажень нижньої плити 1 (рис. 2.2) є однаковим в усіх перпендикулярних до її площини січеннях, то необхідний момент опору W_D січення плити в напрямку розміру D_{nl} отвору в підштамповій плиті 2 преса орієнтовно можна визначити за виразом

$$W_D \cong 0,25 \frac{PD_{nl}}{[\sigma_s]}, \quad (2.4)$$

де P – повне розрахункове зусилля (повне навантаження), що діє на нижню плиту;

$[\sigma_s]$ – допустиме напруження на згин матеріалу нижньої плити.

Даний метод розрахунку дає завищене значення моменту опору порівняно з необхідним, що компенсує відсутність розрахунку на жорсткість (для високоточних штамів жорсткість є основним показником надійності).

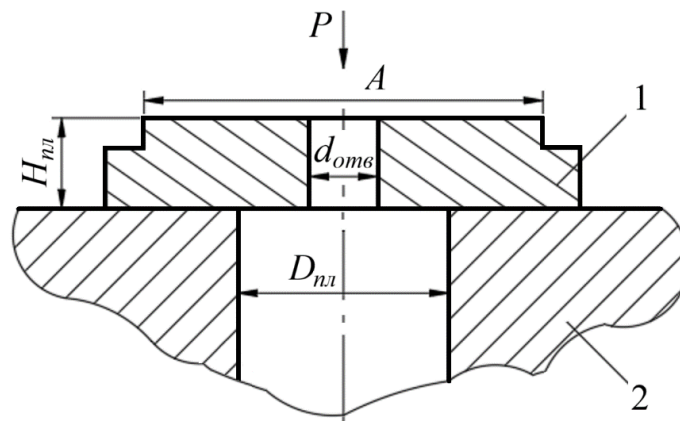


Рисунок 2.2. Схема для розрахунку нижньої плити штампа:

1 – нижня плита штампа; 2 – підштампова плита преса

За отриманим значенням моменту опору сечення визначають потрібну товщину плити

$$H_{пл} = 2,5 \sqrt{\frac{W_D}{A - d_{омс}}}. \quad (2.5)$$

Розрахунок здійснюють для кількох найнебезпечніших перерізів і приймають найбільше значення $H_{пл}$.

Якщо конструктивні міркування допускають, то товщину верхньої плити можна приймати не більше 0,6–0,8 від товщини нижньої плити.

Практика конструювання штамів дозволяє встановити певну залежність товщини $H_{пл}$ нижньої плити від площі $F_{пл}$ її опорної поверхні. Наведена нижче залежність встановлена виходячи з вимог жорсткості для забезпечення високої надійності штампа (для сталевих плит):

$F_{пл}$, см ² , не більше	225	320	500	700	1025	1440	2020
$H_{пл}$, мм, не менше	36	40	45	50	56	63	80

Розміри напрямних вузлів можна вибирати, ґрунтуючись на габаритних розмірах нижньої плити штампа й діючому на неї зусиллі P . При цьому, якщо

конструктивно визначено, що в штампі необхідно застосувати два діагонально розташованих напрямних вузли, то мінімальний діаметр напрямної колонки d_{nn} (мм) можна орієнтовно визначити за емпіричною формулою

$$d_{nn} = 0,5\sqrt{F_{nl} + 70} \cdot \sqrt[8]{P}, \quad (2.6)$$

де F_{nl} і P мають розмірності F_{nl} (см²); P (кН).

При задньому розташуванні двох напрямних вузлів діаметр d_{nn} повинен бути збільшений до наступного стандартного значення; при встановленні трьох (чотирьох) напрямних вузлів відповідно зменшений до наступного стандартного значення.

При використанні стандартних блоків вибір блоку визначає діаметр напрямної колонки.

2.1.3. Розрахунок гумових і поліуретанових буферних пристроїв

Буферні пристрої є необхідним елементом більшості конструкцій штампів. Від правильності виконання їхнього розрахунку значною мірою залежить надійність роботи штампа. Гумові буферні пристрої застосовують у штампах для розділювальних операцій листового штампування, де їх використовують для забезпечення необхідного зусилля для притискування або виштовхування.

Розрахунок *гумового буферного* пристрою виконують, як правило, в такій послідовності.

За заданими трьома основними параметрами: зусиллям на початку P_1 і наприкінці P_2 операції штампування й необхідного робочого ходу h_{ϕ} буфера визначають величину Δ_1 необхідного попереднього стиснення буфера (рис. 2.3)

$$\Delta_1 = \frac{h_{\phi}}{\frac{P_2}{P_1} - 1}. \quad (2.7)$$

При виконанні розділювальних операцій значення h_{ϕ} , як правило, є невеликим порівняно з іншими операціями листового штампування.

Необхідні зусилля P_1 і P_2 визначають, виходячи з характеристики операції, яку виконують. Спочатку розраховують необхідне номінальне значення цього зусилля, потім його допустимі граничні значення – найменше P_1 і найбільше P_2 . Необхідно приймати найбільше можливе значення співвідношення $P_2 : P_1$. Тоді попередній стиск Δ_1 буфера буде мінімальним.

Найбільше допустиме (повне) стиснення гумового буфера

$$\Delta_2 = \psi \cdot H_{\text{бф}},$$

де $\psi = 0,3$ при відносному стисненні буфера на 30 %;

$H_{\text{бф}}$ – висота буфера у вільному стані.

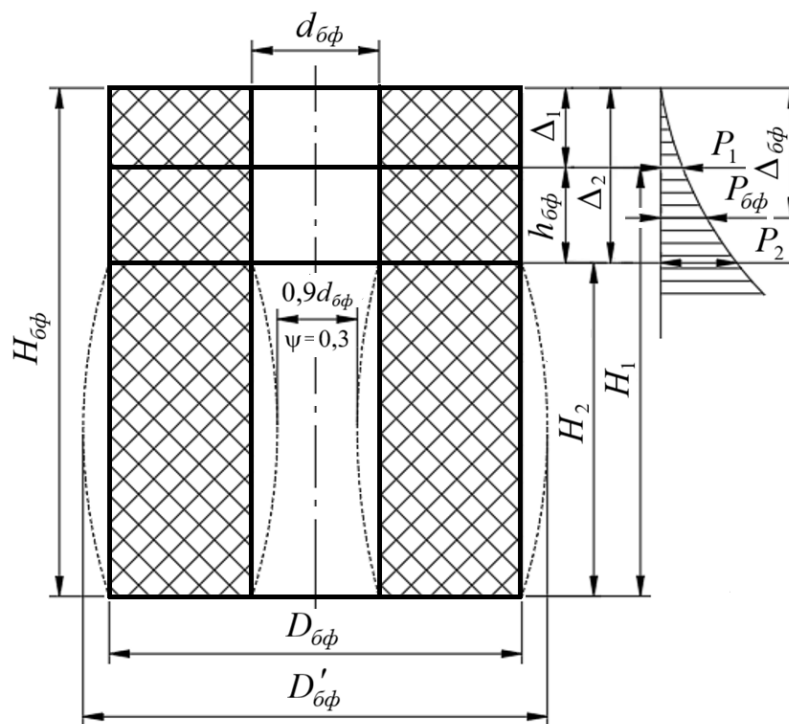


Рисунок 2.3. Кільцевий буфер штампа зі схемою зміни зусилля стискування

При цьому стисканні буфер не піддається інтенсивному зношуванню й працює стабільно протягом тривалого часу. При цьому зусилля буфера в кожен окремо взятий момент зростає пропорційно до величини його стискування.

Таким чином, повний стиск Δ_2 можна визначити за формулою

$$\Delta_2 = \Delta_1 + h_{\text{бф}} = h_{\text{бф}} \frac{P_2}{P_2 - P_1}. \quad (2.8)$$

Теоретична площа гумового буфера складає

$$F_{\text{бф}} = \frac{\pi}{4} (D_{\text{бф}}^2 - d_{\text{бф}}^2), \quad (2.9)$$

де $d_{\text{бф}}$ – внутрішній діаметр буфера;

$D_{\text{бф}}$ – зовнішній діаметр буфера.

Необхідну корисну площу буфера $F_{\text{бф}}$ (мм²) визначають із умови, що питоме зусилля, яке розвиває гума, при $\psi = 0,3$ становить (при твердості 62 за Шором А) приблизно 1,7 Н/мм².

Отже,

$$F_{\text{бф}} = \frac{P_2 \eta}{1,7}, \quad (2.10)$$

де P_2 – найбільше необхідне технологічне зусилля, яке має розвивати буфер, H ;
 η – коефіцієнт стискування гумового буфера.

Твердість гуми за Шором А та відповідні значення коефіцієнта η :

Твердість	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
η	1,55	1,44	1,34	1,24	1,15	1,07	1,00	0,93	0,87	0,81	0,76

Якщо стискування буфера відмінне від 30 % ($\psi \neq 0,3$), то зусилля, яке при цьому розвивається, становить

$$P_{\text{бф}} = \frac{5,7 F_{\text{бф}} \Delta_{\text{бф}}}{H_{\text{бф}} \eta} \text{ (Н)}, \quad (2.11)$$

де $\frac{\Delta_{\text{бф}}}{H_{\text{бф}}} = \psi$.

Для забезпечення заданого технологічного зусилля (за умови, якщо $P_{\text{бф}}$ менше найбільшого зусилля, що виникає при $\psi = 0,3$), необхідна корисна площа буфера повинна складати

$$F_{\text{бф}} = \frac{P_{\text{бф}} H_{\text{бф}} \eta}{5,7 \Delta_{\text{бф}}} = \frac{P_{\text{бф}} \eta}{5,7 \psi}. \quad (2.12)$$

За знайденим значенням $F_{\text{бф}}$ визначають розміри буфера. Наприклад для кільцевого буфера – за формулою 2.9, а для інших форм буфера – за відповідними формулами.

При конструктивному розміщенні гумового буфера в штампі необхідно враховувати, що при стискуванні $\psi = 0,3$ відбувається випучування його циліндричної поверхні, при цьому діаметр буде

$$D'_{\text{бф}} \cong 1,3D_{\text{бф}}. \quad (2.13)$$

При конструюванні штампа часто необхідно виконувати зворотній розрахунок – маючи задані розміри буфера, зумовлені конструкцією й розмірами штампа, визначати зусилля, яке може бути ним забезпечене. У цьому випадку, за значенням $F_{\text{бф}}$ за формулою (2.11) знаходять зусилля $P_{\text{бф}}$, яке розвиває буфер при будь-якому стискуванні $\Delta_{\text{бф}} \leq \Delta_2$.

При виборі висоти буфера необхідно забезпечити виконання умови

$$H_{\text{бф}} \leq 0,3D_{\text{бф}}. \quad (2.14)$$

За необхідності конструювання буфера більшої висоти його конструкція повинна складатися з кількох окремих елементів з металевими прокладками між ними товщиною 2–3 мм.

Поліуретанові буфери розраховують за методикою, наведеною для гумових буферів, виходячи із оптимального значення найбільшого стискування на 30 % ($\psi = 0,3$). Однак питоме зусилля, яке забезпечують поліуретанові буфери, при цьому в середньому досягає 4 Н/мм² (при твердості 82 за Шором А).

Твердість поліуретану марки СКУ-7Л за Шором А та відповідне значення коефіцієнта η :

Твердість	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
η	1,23	1,19	1,15	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,93	0,89	0,85

Отже, для поліуретанового буфера

$$F_{\text{бф}} = \frac{P_2 \eta'}{4}, \quad (2.15)$$

де η' – коефіцієнт стискування поліуретанового буфера.

Формула (2.13) набуває вигляду

$$P_{\text{бф}} = \frac{13,3 \Delta_{\text{бф}} F_{\text{бф}}}{\eta' H_{\text{бф}}}. \quad (2.16)$$

При виборі буфера необхідно керуватися рекомендаціями, у яких наведені уніфіковані конструкції й розміри гумових і поліуретанових буферних пристроїв, що забезпечують зусилля до 85 кН.

2.2. Розрахунок технологічних параметрів штампування, необхідних для виконання розділювальних операцій, та вибір преса

Технологічне зусилля, яке потрібне для подолання опору металу в процесі зрізування при виконанні операцій вирубування (пробивання) в штампах, залежить від низки факторів:

1. Фактори, що пов'язані з матеріалом, формою та розмірами деталі: механічні властивості металу; товщина листового матеріалу деталі; форма і розміри контуру, який підлягає вирубуванню.

2. До факторів, які пов'язані з конструктивними особливостями штампа відносяться: величина технологічного зазору між матрицею і пуансоном, конструкція матриці (форма прохідного отвору для видалення деталей чи відходів).

3. Умови за яких відбувається процес вирубування (пробивання): швидкість деформування; наявність змащування між матеріалом та інструментом; форма різальних крайок пуансона та матриці; ступінь їх зношування і твердість.

Технологічне зусилля P (Н) необхідне для виконання розділювальних операцій листового штампування, для випадку, коли відповідні різальні крайки (ребра) пуансона й матриці паралельні між собою, визначають за формулою

$$P = L s \sigma_{зр}, \quad (2.17)$$

де L – периметр контуру вирубування (пробивання, відрізування), мм;

s – товщина матеріалу, який штамнують, мм;

$\sigma_{зр}$ – опір зрізування, МПа.

Опір зрізування – це величина, що залежить не тільки від властивостей матеріалу, який штамнують, але й значною мірою від умов виконання операції: відносної товщини деталі (відношення її товщини s до розміру елемента d , який

штампують), відносного технологічного зазору (відношення величини двостороннього зазору z між матрицею й пуансоном до товщини s), а також швидкості процесу. За відносно малих зазорів опір зрізуванню зростає, проте якість поверхні зрізу покращується, а при відносно великих зазорах – навпаки.

Для практичних розрахунків значення опору зрізування $\sigma_{зр}$ можуть бути прийняті згідно з Додатком Б. Ці значення обчислені при $\sigma_{зр} = (0,7-0,86) \sigma_{\epsilon}$ для вирубування невеликих деталей ($d/s = 5-250$) при відносному зазорі $z/s = 0,05-0,09$. Зазначені зазори є звичайними, їх абсолютні значення наведено в табл. 2.6. За інших умов табличні значення $\sigma_{зр}$ слід помножити на коефіцієнт коригування (табл. 2.1).

У випадках, коли для зниження необхідного зусилля штампування заготовку перед вирубуванням (пробиванням, відрізуванням) нагрівають, значення $\sigma_{зр}$ можна приймати за табл. 2.2 [16].

Таблиця 2.1. Значення коефіцієнтів коригування* $\sigma_{зр}$

d/s	z/s		d/s	z/s	
	0,15	0,005		0,15	0,005
Більше 1000	0,80	0,86	2,5–5	1,40	2,20
50–1000	0,90	1,00	1,5–2,5	1,73	3,05
5–50	1,00	1,45	1,0–1,5	2,40	4,80

* В інших випадках коефіцієнти коригування визначають за допомогою інтерполювання.

Таблиця 2.2. Опір зрізування деяких сталей за різних температур

Марка сталі	$\sigma_{зр}$ (МПа) за температури, °С			
	600	700	800	900
Ст1кп, Ст2кп	200	110	60	30
Ст3кп, Ст4кп	240	130	90	60
Ст5пс	330	160	90	70
Ст6пс	380	190	90	70
10	200	110	60	30
15	200	110	60	30
20	240	130	50	60
30	330	160	50	70
50	380	190	90	70
У8А	180	100	100	60
У10А	200	110	110	60

Для підвищення якості вирубування (пробивання, відрізування) при листовому штампуванні застосовують притискування заготовки за допомогою спеціальних пристроїв штампа. Зусилля P_{np} , яке повинно забезпечити притискування заготовки, визначають за формулою

$$P_{np} = L s q_{np}, \text{ Н}, \quad (2.18)$$

де q_{np} – питоме зусилля, Н/мм².

s , мм	до 1	1–2	2–3
q_{np} , Н/мм ²	6–10	10–15	15–20

Крім пристрою для притискування заготовки штамп може бути оснащений виштовхуючим пристроєм, який характеризується зусиллям протидітискування $P_{пт}$. Необхідне значення $P_{пт}$ визначають залежно від призначення пристрою. Якщо пристрій призначений лише для виштовхування деталі з матриці, то для гарантії відсутності заклинювання слід забезпечити $P_{пт} = 0,1 P$ (де P – технологічне зусилля штампування). Якщо виштовхуючий пристрій служить також і для притискування заготовки, то значення $P_{пт}$ повинно дорівнювати P_{np} , і його слід визначати за формулою (2.18).

Сумарне зусилля штампування

$$P_{заг} = P + P_{np} + P_{пт}. \quad (2.19)$$

Якщо ці зусилля діють одночасно, то необхідне зусилля преса визначають за формулою

$$P_{преса} = 1,25 (P + P_{np} + P_{пт}). \quad (2.20)$$

Загальний вигляд штампа з одночасною дією зазначених зусиль зображено на рис. 2.4 а.

Штамп містить верхній притискувач 3 і нижній виштовхувач 7, які працюють під дією гумових буферів відповідно 4 і 8, що забезпечують диференційоване притискування деталей, які вирубують, і відходу. В даному випадку одночасно з технологічним зусиллям штампування P виникає зусилля стискування верхнього 4 та нижнього 8 буферів (відповідно до зусилля притискування P_{np} і зусилля виштовхування (протидітискування) $P_{пт}$).

Значення необхідних зусиль $P_{np} = P_{пт}$ можна визначити за формулою (2.18).

Приклад. Визначити необхідне зусилля преса і характеристику гумових буферів штампа, зображеного на рис. 2.4. Вихідні дані: $L = 420$ мм, матеріал – нагартована стрічка зі сталі марки 50Г ($\sigma_{зр} = 800$ МПа); $s = 1,5$ мм.

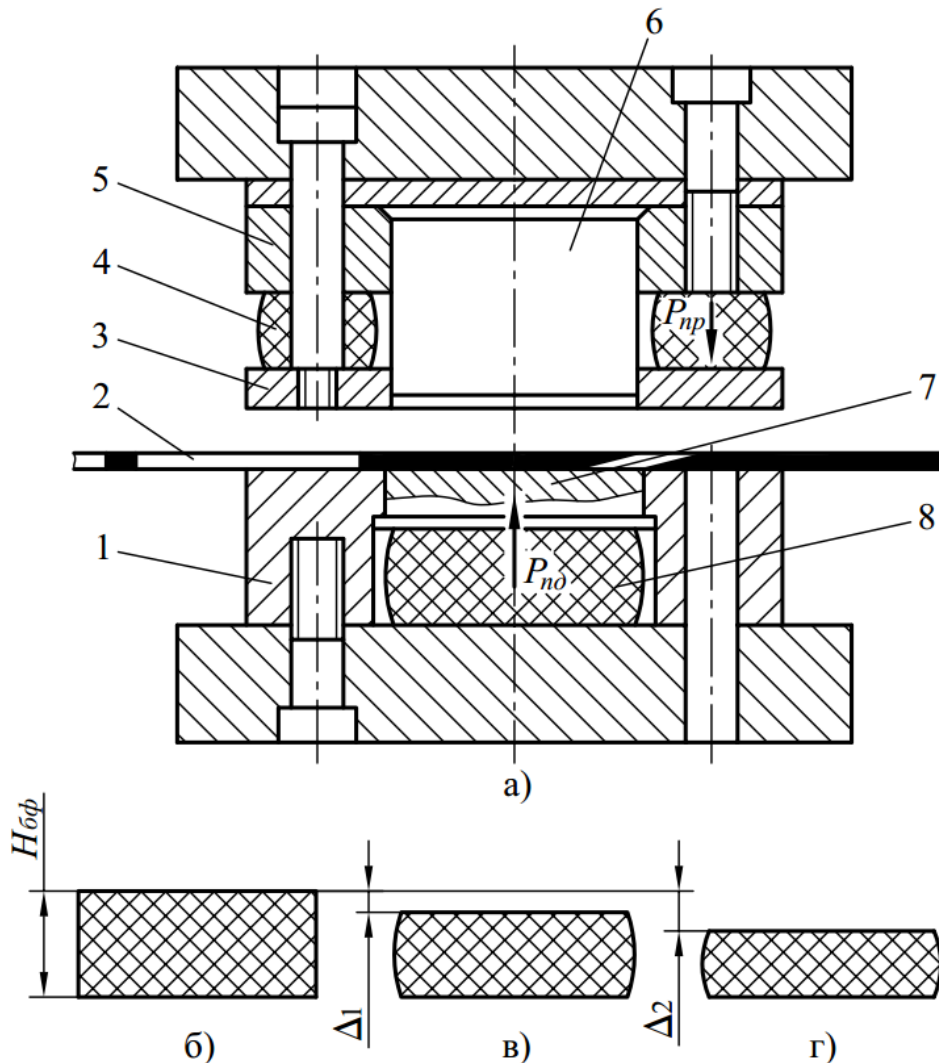


Рисунок 2.4. Штамп з верхнім і нижнім притискуванням для вирубівання заготовки:

- а – загальний вигляд штампа; б – нижній буфер штампа у вільному стані;
 в – нижній буфер штампа в попередньо стисненому стані;
 г – нижній буфер штампа в кінці робочого ходу штампа;
 1 – матриця; 2 – заготовка; 3 – притискувач; 4 – верхній буфер;
 5 – пуансонотримач; 6 – пуансон; 7 – виштовхувач; 8 – нижній буфер

Зусилля, необхідне для вирубівання заготовки, визначаємо за формулою (2.17). При звичайному зазорі

$$P = 420 \cdot 1,5 \cdot 800 = 504\,000 \text{ Н.}$$

Зусилля, яке потрібне для притискування смуги та притивідтискування, визначаємо за формулою 2.18

$$P_{np} = P_{nm} = 420 \cdot 1,5 \cdot 15 = 9450 \text{ Н.}$$

(Для товщини матеріалу $s = 1,5$ мм питоме зусилля притискування $q_{np} = 15$ Н/мм²)

Визначимо характеристику буферів. Їх робочий хід повинен трохи перевищувати товщину матеріалу, який штампують, і складе $h_{\text{бф}} = 2$ мм. Необхідне зусилля, яке повинен забезпечити кожен з буферів, може знаходитися в межах, якими задано межі $q_{np} = 10\text{--}15$ Н/мм². У розрахунок прийнято найбільше значення q_{np} , отже, обчислене значення зусилля буфера в кінці ходу, тобто P_2 . Аналогічно визначаємо значення P_1 :

$$P_1 = 420 \cdot 1,5 \cdot 10 = 6300 \text{ Н.}$$

Отже, за формулою (1.18) (див. розділ 1) попереднє стиснення буфера повинно складати

$$\Delta_1 = 2 : \left(\frac{9450}{6300} - 1 \right) = 4 \text{ мм.}$$

З формули (1.20), розділ 1 отримаємо $\Delta_2 = 4 + 2 = 6$ мм, після чого, за формулою (1.19), розділ 1 визначаємо $H_{\text{бф}} = 6/0,3 = 20$ мм.

За формулою (1.22), розділ 1 при $\psi = 0,3$ для $\eta = 1$ корисна площа кожного з буферів повинна скласти

$$F_{\text{бф}} = \frac{9451 \cdot 1}{1,7} = 5559 \text{ мм}^2 \approx 56 \text{ см}^2.$$

Сумарне зусилля, потрібне для виконання операції штампування,

$$P_{\text{сум}} = 504\,000 + 2 \times 9450 = 522\,900 \text{ Н} \approx 523 \text{ кН.}$$

Необхідне зусилля преса

$$P_{\text{преса}} \geq 1,25 \cdot 523, \text{ тобто } P_{\text{преса}} \geq 653,6 \text{ кН.}$$

Отже, штамп необхідно встановити на прес зусиллям 1 МН.

Для зменшення необхідного зусилля вирубування роблять скос на матриці, а при пробиванні – на пуансоні, кут скосу 6–8° (рис. 2.5).

При цьому необхідне зусилля штампування P_n знижується. Якщо катет t_c скосу на матриці (пуансоні) можна порівняти з товщиною матеріалу s , який штамнують, то

$$P_n = 0,6 P; \quad (2.21)$$

якщо $t_c > 2s$, то

$$P_n = 0,4 P, \quad (2.22)$$

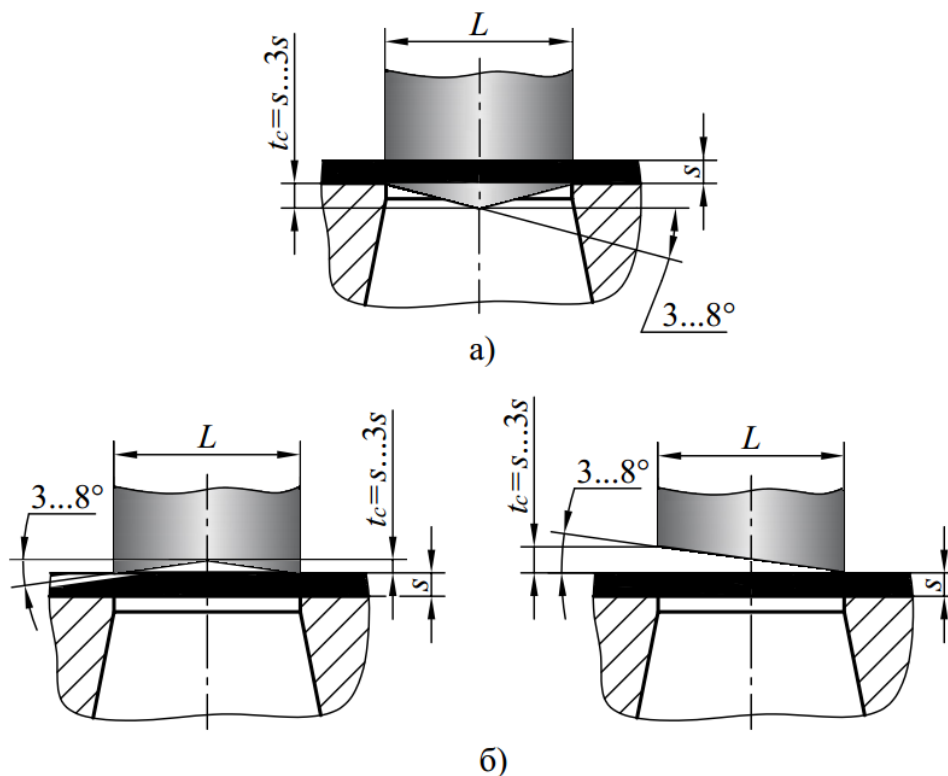


Рисунок 2.5. Способи зниження технологічного зусилля при вирубуванні:
а – скос на матриці при вирубуванні; б – скос на пуансоні при пробиванні

При проектуванні штампів для розділювальних операцій листового штампування необхідно розраховувати значення необхідних зусиль: *проштовхування* P_{np} деталі (відходу) скрізь матрицю і *зняття* P_{zn} відходу (деталі) з пуансона. Ці зусилля визначають за формулами [9]

$$P_{np} = K_{np} \cdot P; \quad (2.23)$$

$$P_{zn} = K_{zn} \cdot P, \quad (2.24)$$

де K_{np} і K_{zn} – відповідні коефіцієнти проштовхування і зняття деталі (відходу) (табл. 2.3).

У випадках, коли проштовхування деталі (відходу) в матриці відбувається одночасно з виконанням основного технологічного зусилля штампування P , при розрахунку необхідного зусилля преса необхідно додавати зусилля штампування і проштовхування.

При виборі преса для виконання операції штампування слід перевіряти **запас енергії**, яку повинен мати прес у процесі виконання даної операції. З цією метою визначають **роботу деформації** A , необхідну для виконання операції (Дж)

$$A = P_{cp} h_p, \quad (2.25)$$

де P_{cp} – усереднене зусилля штампування, кН;
 h_p – робочий хід пуансона, мм.

Таблиця 2.3. Коефіцієнти зусилля зняття K_{zn} і проштовхування K_{np} деталі (відходу) після штампування

Матеріал, який штамнують	K_{zn}	K_{np}
Сталь	0,03–0,05	0,02–0,06
Латунь	0,02–0,04	0,02–0,05
Мідь	0,015–0,03	0,03–0,07
Алюміній і його сплави	0,025–0,05	0,03–0,06
Магнієві сплави	0,02–0,05	0,02–0,06

Для виконання вирубування (відрізування, пробивання) встановлюють **усереднене зусилля** P_{cp} , яке визначають у відсотках від зусилля P :

- для м'якої сталі, алюмінію, міді при товщині матеріалу 1–2 мм 70–60%;
- для сталі середньої твердості – 60–65%;
- для твердої сталі – 50–35%.

Зі збільшенням товщини матеріалу заготовки, величина P_{cp} знижується на 5–10% від наведених значень, при подальшому зростанні товщини матеріалу (понад 4 мм) воно додатково знижується ще на 5–10%.

При виконанні розділювальних операцій у штампах з паралельними різальними крайками (ребрами) пуансона й матриці **робочий хід пуансона** h_p відповідає товщині матеріалу заготовки s . При непаралельних різальних крайках

$$h_p = s + t_c.$$

2.3. Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа

Робочі деталі, що є виконавчими конструктивними елементами штампів для вирубування і пробивання – матрицю й пуансон можна виготовляти разом і окремо [20].

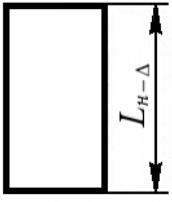
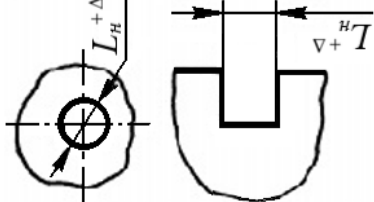
При спільному виготовленні матриці й пуансона для різних операцій одну з цих деталей підганяють до іншої, а саме: при вирубуванні деталей – пуансон підганяють до матриці, оскільки матриця визначає зовнішній контур й розмір елемента, який штампують, і є основною, а при пробиванні отворів – матрицю підганяють до пуансона, так як пуансон визначає внутрішній контур і розмір отвору чи паза і є основним. При цьому (див. табл. 2.4) виконавчі робочі розміри основної деталі (матриці – L_m або пуансона – L_n) визначають за формулами 2.26 або 2.29, наведеними в табл. 2.4, а виконавчі розміри деталі, яка спряжується з основною, підганяють до неї з зазором z і допуском на зазор Δz . У зазначені формули підставляють L_n – номінальний розмір елемента, який штампують, P_z – припуск на зношування матриці і пуансона, δ_m або δ_n – граничне відхилення розміру матриці або пуансона. Значення P_z , δ_m та δ_n вибирають за табл. 2.5 залежно від розміру елемента, який штампують, і необхідної точності його виготовлення. Значення z і Δz знаходять за табл. 2.6 (див. також рис. 1.12, розділ 1). При цьому розташування полів допусків елемента, який штампують, і робочих деталей штампів відповідає зображеному на рис. 2.6.

Наведені формули застосовують у випадках, коли при зношуванні робочих (виконавчих) деталей штампа розмір L_n елемента, який штампують, збільшується (див. табл. 2.4, варіант 1) або зменшується (див. табл. 2.4, варіант 2). У випадку, коли зношування робочих деталей штампа не впливає на зміну розміру елемента, який штампують (див. табл. 2.4, варіант 3), то виконавчі розміри деталей розраховують за наведеними в табл. 2.4 формулами 2.32 або 2.34. При цьому в якості основної деталі можуть бути прийняті або пуансон, або матриця.

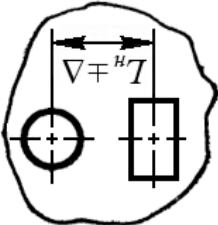
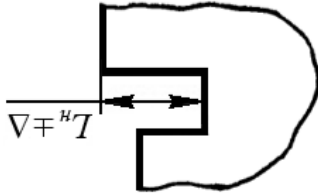
Якщо при вирубуванні розміри елемента, який штампують (див. табл. 2.4, варіант 1), задані у вигляді $L_n \pm \Delta$, то їх слід перетворити до виду $(L_n + \Delta)_{-2\Delta}$ і далі, розглядати $L_n \pm \Delta$ як його номінальний розмір, а 2Δ – як його поле допуску, скористатися формулою (2.26) в табл. 2.4. Те саме стосується випадку задавання розміру отвору (див. табл. 2.4, варіант 2) у вигляді $L_n \pm \Delta$. Його слід перетворити до виду $(L_n - \Delta)^{+2\Delta}$ і скористатися формулою (2.29), в табл. 2.4.

Розміри можуть бути задані також у вигляді $L_{n-\Delta_2}^{-\Delta_1}$ або $L_{n+\Delta_1}^{+\Delta_2}$ (при $\Delta_2 > \Delta_1$) відповідно для варіантів 1 і 2. У цьому випадку слід перетворити їх до виду відповідно $(L_n - \Delta_1)_{-(\Delta_2 - \Delta_1)}$ і $(L_n + \Delta_1)^{+(\Delta_2 - \Delta_1)}$, а потім скористатися формулами (2.26) і (2.29) (див. табл. 2.4), вважаючи $L_n - \Delta_1$ та $L_n + \Delta_1$ номінальними розмірами елемента, який штампують, а $\Delta_2 - \Delta_1$ – полем їх допуску.

Таблиця 2.4. Виконавчі розміри матриці (L_M) та пуансона (L_n)

Варіант	Операція	Ескіз	Розмір елемента, який штампують, при зношенні робочих деталей штампа	Формули для розрахунку виконавчих розмірів матриці та пуансона		
				При спільному виготовленні		При окремому виготовленні
				Припасовування до пуансона	Припасовування пуансона до матриці	
1	Вирубування		Збільшується	$L_M = (L_n - P_3)^{+\delta_M}$ (2.26) (L_n) забезпечується припасовування до матриці з зазором z і допуском на зазор Δz	$L_M = (L_n - P_3)^{+\delta_M}$ (2.27) $L_n = (L_n - P_3) - \delta_n$ (2.28)	
2	Пробивання		Зменшується	$L_n = (L_n + P_3) - \delta_n$ (2.29) (L_M) забезпечується припасовування до пуансона з зазором z і допуском на зазор Δz	$L_n = (L_n + P_3) - \delta_n$ (2.30) $L_M = (L_n + P_3)^{+\delta_M}$ (2.31)	

Закінчення таблиці 2.4

Варіант	Операція	Ескіз	Розмір елемента, який штамнують, при зношуванні робочих деталей штампа	<p>Формули для розрахунку виконавчих розмірів матриці та пуансона</p> <p>При спільному виготовленні</p> <table border="1" data-bbox="491 539 576 1337"> <tr> <td data-bbox="491 938 576 1337">Припасовування матриці до пуансона</td> <td data-bbox="491 539 576 938">Припасовування пуансона до матриці</td> </tr> </table>	Припасовування матриці до пуансона	Припасовування пуансона до матриці	<p>При окремому виготовленні</p> $L_M = L_H \pm 0,5\Delta z \quad (2.33)$
Припасовування матриці до пуансона	Припасовування пуансона до матриці						
3	Пробивання, відрізування та ін.		Не змінюється	$L_H = L_H \pm 0,5\Delta \quad (2.32)$ <p>(L_M забезпечується припасовуванням до пуансона)</p>	$L_M = L_H \pm 0,5\Delta z \quad (2.35)$		
				$L_M = L_H \pm 0,5\Delta \quad (2.34)$ <p>(L_H забезпечується припасовуванням до матриці з зазором z і допуском на зазор Δz)</p>	$L_H = L_H \pm 0,5\Delta z \quad (2.35)$		

Таблиця 2.5. Припуски на зношування та граничні відхилення розмірів матриці та пуансона при їх спільному виготовленні

Розмір елемента, який штампують, мм	Поля допусків номінальних розмірів елемента, який штампують													
	Н9; h9						Н10; h10						Н11; h11	
	Δ	II_3	δ_m	δ_n	Δ	II_3	δ_m	δ_n	Δ	II_3	δ_m	δ_n	Δ	II_3
Від 1 до 3	0,025	0,025	0,008	0,005	0,040	0,040	0,011	0,008	0,060	0,040	0,011	0,008	0,060	0,060
» 3 » 6	0,030	0,030	0,009	0,006	0,048	0,048	0,014	0,010	0,075	0,048	0,014	0,010	0,075	0,075
» 6 » 10	0,036	0,036	0,011	0,008	0,058	0,058	0,017	0,012	0,090	0,058	0,017	0,012	0,090	0,090
» 10 » 18	0,043	0,043	0,012	0,009	0,070	0,070	0,021	0,015	0,100	0,070	0,021	0,015	0,110	0,100
» 18 » 30	0,052	0,052	0,016	0,012	0,084	0,084	0,025	0,019	0,120	0,084	0,025	0,019	0,130	0,120
» 30 » 50	0,062	0,062	0,019	0,014	0,100	0,100	0,030	0,022	0,140	0,100	0,030	0,022	0,160	0,140
» 50 » 80	0,074	0,074	0,022	0,017	0,120	0,120	0,030	0,022	0,170	0,120	0,030	0,022	0,190	0,170
» 80 » 120	0,087	0,087	0,026	0,019	0,140	0,140	0,035	0,030	0,200	0,140	0,035	0,030	0,220	0,170
» 120 » 180	0,100	0,100	0,030	0,022	0,160	0,160	0,035	0,035	0,250	0,140	0,035	0,035	0,250	0,200
» 180 » 250	0,115	0,100	0,030	0,022	0,185	0,185	0,035	0,035	0,290	0,145	0,035	0,035	0,290	0,240
» 250 » 315	0,130	0,120	0,035	0,030	0,210	0,210	0,035	0,035	0,320	0,170	0,035	0,035	0,320	0,250
» 315 » 400	0,140	0,120	0,035	0,030	0,230	0,230	0,035	0,035	0,360	0,180	0,035	0,035	0,360	0,300
» 400 » 500	0,155	0,140	0,035	0,030	0,250	0,250	0,045	0,045	0,400	0,200	0,045	0,045	0,400	0,300

Закінчення таблиці 2.5

Розмір елемента, який штамнують, мм	Поля допусків номінальних розмірів елемента, який штамнують											
	Н11; h11			Н12; h12						Н14; h14		
	δ_m	δ_n	Δ	Δ	P_3	δ_m	δ_n	Δ	P_3	δ_m	δ_n	Δ
Від 1 до 3	0,018	0,013	0,10	0,10	0,10	0,030	0,022	0,25	0,21	0,05	0,05	0,05
» 3 » 6	0,022	0,016	0,12	0,12	0,10	0,030	0,022	0,30	0,25	0,06	0,06	0,06
» 6 » 10	0,027	0,020	0,15	0,15	0,13	0,035	0,030	0,36	0,30	0,08	0,08	0,08
» 10 » 18	0,030	0,022	0,18	0,18	0,15	0,035	0,035	0,43	0,35	0,10	0,10	0,10
» 18 » 30	0,035	0,035	0,21	0,21	0,17	0,035	0,035	0,52	0,40	0,12	0,12	0,12
» 30 » 50	0,035	0,035	0,25	0,25	0,20	0,045	0,045	0,62	0,50	0,14	0,14	0,14
» 50 » 80	0,035	0,035	0,30	0,30	0,25	0,060	0,060	0,74	0,60	0,17	0,17	0,17
» 80 » 120	0,035	0,035	0,35	0,35	0,27	0,080	0,080	0,87	0,70	0,20	0,20	0,20
» 120 » 180	0,045	0,045	0,40	0,40	0,30	0,080	0,080	1,00	0,80	0,20	0,20	0,20
» 180 » 250	0,060	0,060	0,46	0,46	0,35	0,100	0,100	1,15	0,90	0,26	0,26	0,26
» 250 » 315	0,060	0,060	0,52	0,52	0,40	0,120	0,120	1,30	0,95	0,27	0,27	0,27
» 315 » 400	0,080	0,080	0,57	0,57	0,45	0,150	0,150	1,40	1,12	0,28	0,28	0,28
» 400 » 500	0,080	0,080	0,63	0,63	0,50	0,160	0,160	1,55	1,25	0,30	0,30	0,30

Примітка. Позначення: Δ – граничне відхилення номінального розміру елемента, який штамнують; P_3 – припуск на зношування пуансона (матриці); δ_m та δ_n – граничні відхилення виконавчого розміру, відповідно матриці та пуансона.

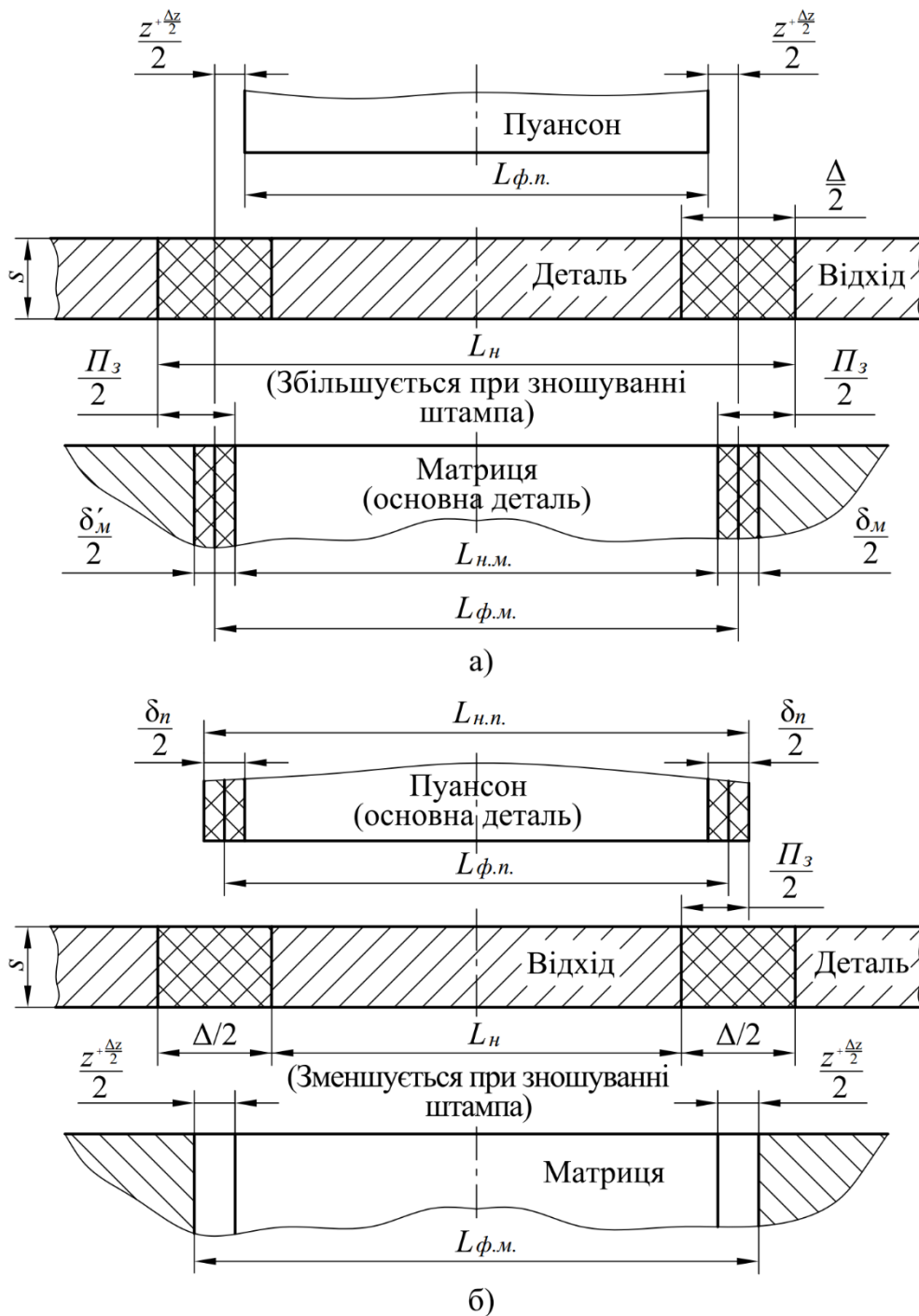


Рисунок 2.6. Схема розмірів і полів допусків деталі, яку штамнують, та робочих деталей штампа при їх спільному виготовленні:

а – при вирубуванні; б – при пробиванні;

L_n – номінальний розмір елемента, який штамнують; $L_{н.м}$ – номінальний розмір матриці; $L_{н.п}$ – номінальний розмір пуансона; $L_{ф.м}$ – фактичний розмір матриці; $L_{ф.п}$ – фактичний розмір пуансона; Δ – допуск розміру елемента, який штамнують; P_z – припуск на зношування пуансона та матриці; δ_m та δ_n – допуски розмірів пуансона та матриці; z і Δz – зазор і поле допуску зазору між матрицею і пуансоном (двосторонні)

Таблиця 2.6. Двосторонні звичайні зазори між матрицею та пуансоном при штампуванні металів та їх сплавів у штампах з металевими робочими деталями, мм

Товщина матеріалу, s, мм	$\sigma_{зр} \leq 200$ МПа		$200 < \sigma_{зр} < 360$ МПа		$360 < \sigma_{зр} < 520$ МПа		$\sigma_{зр} > 520$ МПа	
	z	Δz	z	Δz	z	Δz	z	Δz
До 0,1	0,004	-	0,005	-	0,006	-	0,007	-
від 0,1 до 0,2	0,008		0,010	+0,010	0,012	+0,010	0,014	+0,010
від 0,2 до 0,3	0,012	0,015	0,018		0,021			
від 0,3 до 0,4	0,016	0,020	0,024		0,028			
від 0,4 до 0,5	0,020	0,025	0,030		0,035			
від 0,5 до 0,6	0,024	+0,010	0,030	+0,020	0,036	+0,020	0,042	+0,020
від 0,6 до 0,7	0,028		0,035		0,042		0,049	
від 0,7 до 0,8	0,032		0,040		0,048		0,056	
від 0,8 до 0,9	0,036	+0,020	0,045	+0,030	0,054	+0,030	0,063	+0,030
від 0,9 до 1,0	0,040		0,050		0,060		0,070	
від 1,0 до 1,2	0,060	+0,030	0,070	+0,050	0,080	+0,050	0,100	+0,050
від 1,2 до 1,5	0,080		0,090		0,110		0,120	
від 1,5 до 1,8	0,090		0,110		0,130		0,140	
від 1,8 до 2,0	0,100	+0,050	0,120	+0,100	0,140	+0,100	0,160	+0,100
від 2,0 до 2,2	0,130		0,160		0,180		0,200	
від 2,2 до 2,5	0,150		0,180		0,200		0,230	
від 2,5 до 2,8	0,170		0,200		0,220		0,250	
від 2,8 до 3,0	0,180	+0,050	0,210	+0,100	0,240	+0,100	0,270	+0,100
від 3,0 до 3,5	0,240		0,280		0,320		0,350	
від 3,5 до 4,0	0,280	+0,100	0,320	+0,200	0,360	+0,200	0,400	+0,200
від 4,0 до 4,5	0,320		0,360		0,450		0,540	
від 4,5 до 5,0	0,350		0,400		0,500		0,600	
від 5,0 до 6,0	0,420		0,500		0,600		0,700	
від 6,0 до 7,0	0,490	+0,200	0,700	+0,200	0,900	+0,200	1,000	+0,200
від 7,0 до 8,0	0,700		0,800		1,000		1,100	
від 8,0 до 9,0	0,900		1,100		1,300		1,400	
від 9,0 до 10	1,000	+0,200	1,200	+0,200	1,400	+0,200	1,600	+0,200

Закінчення таблиці 2.6.

Товщина матеріалу, s	$\sigma_{зр} \leq 200$ МПа		$200 < \sigma_{зр} < 360$ МПа		$360 < \sigma_{зр} < 520$ МПа		$\sigma_{зр} > 520$ МПа	
	z	Δz	z	Δz	z	Δz	z	Δz
від 10 до 11	1,600	+0,300	1,600	+0,300	1,800	+0,300	2,000	+0,300
від 11 до 12	1,700		1,700		1,900		2,200	
від 12 до 13	2,100		2,100		2,300		2,600	
від 13 до 14	2,300		2,300		2,500		2,800	
від 14 до 15	2,700	+0,500	2,700	+0,500	3,000	+0,500	3,300	+0,500
від 15 до 16	2,900		2,900		3,200		3,500	
від 16 до 17	3,400		3,400		3,800		4,100	
від 17 до 18	3,600		3,600		4,000		4,300	
від 18 до 19	4,200		4,200		4,600		5,000	
від 19 до 20	4,400		4,400		4,800		5,200	
<i>Примітки:</i>								
1. Позначення: z – найменше значення початкового оптимального двостороннього зазору; Δz – граничне відхилення двостороннього зазору.								
2. Приклади матеріалів, які штампують:								
– при $\sigma_{зр} < 200$ МПа – м'яка мідь, алюміній деяких марок;								
– при $200 < \sigma_{зр} < 360$ МПа – сталь марок 08Ю, 08кп, 08пс, 12Х13, електротехнічні сталі, латунь, алюмінієві сплави;								
– при $360 < \sigma_{зр} < 520$ МПа – сталь марок 23, 30, Ст3пс, Ст4кп, 12Г2, 12ГС, 20Х13, 40Х13, нікелеві сплави, бронза;								
– при $\sigma_{зр} > 520$ МПа – сталь марок 40, Ст6пс, 65Г, електротехнічні сталі, бронза, корозійностійкі сталі.								

При окремому виготовленні пуансона та матриці, коли оброблення їх остаточних робочих розмірів здійснюють без взаємного узгодження, виконавчі розміри пуансона та матриці розраховують за формулами (2.27), (2.28), (2.30), (2.31), (2.33) і (2.35), наведеними в табл. 2.4. При цьому припуск P_3 на зношування приймають за табл. 2.5, а поля допусків на розміри пуансона й матриці підбирають з дотриманням умови (рис. 2.7)

$$(\delta'_m + \delta'_n) \leq \Delta z, \quad (2.35)$$

де δ'_m і δ'_n – абсолютні значення полів допусків матриці та пуансона.

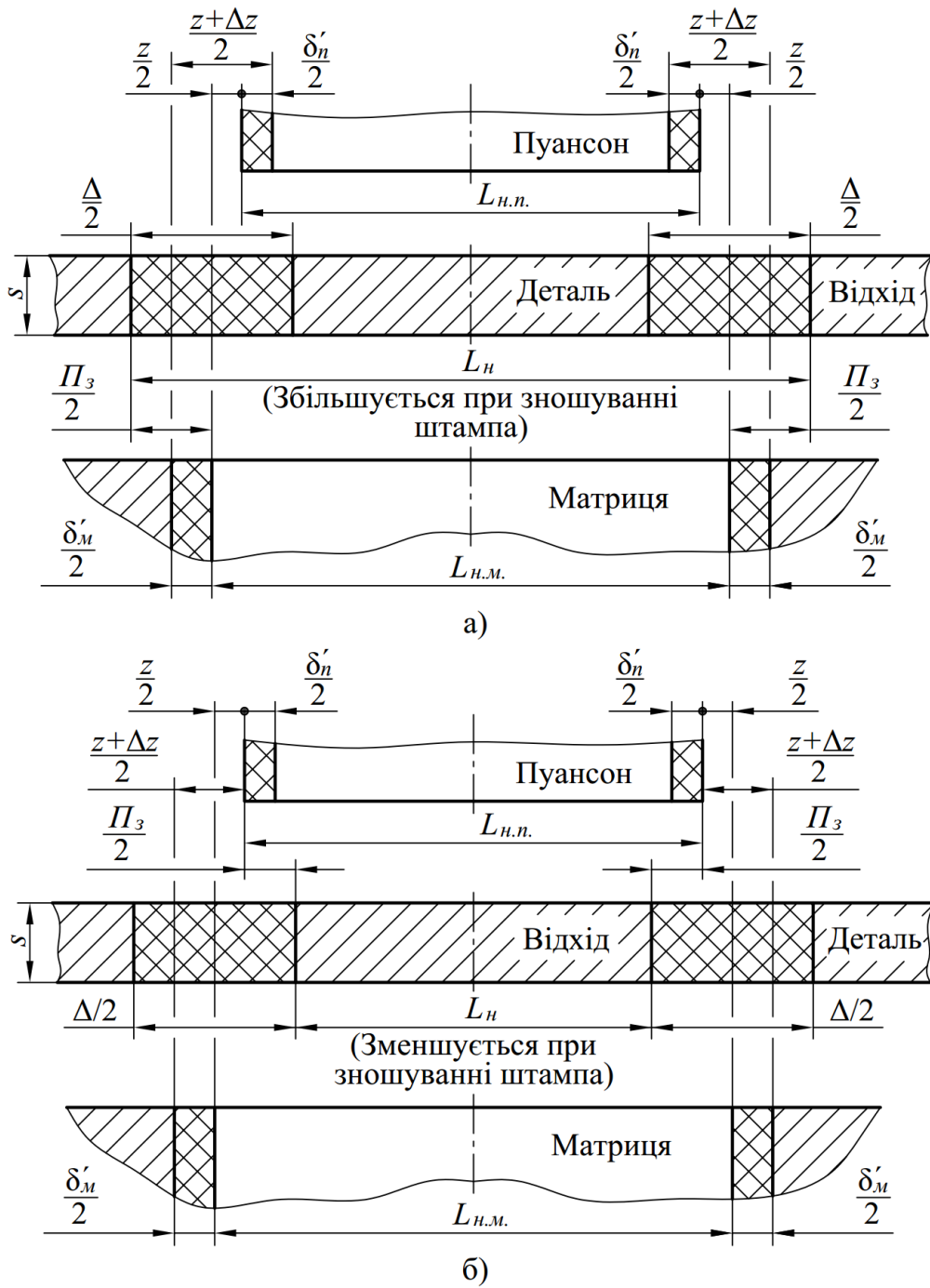


Рисунок 2.7. Схема розмірів і полів допусків елемента, який штампує, і робочих деталей штампа при їх окремому виготовленні:
 а – при вирубіванні; б – при пробиванні. Прийняті позначення див. рис. 2.6.

При цьому поля допусків матриці δ'_m і пуансона δ'_n можуть бути встановлені довільно або згідно з ДСТУ ISO 286:2002. Для останнього випадку можна скористатися даними табл. 2.7, які підібрані з дотриманням умови

$$0,84\Delta z \leq (\delta'_m + \delta'_n) \leq 1,16\Delta z.$$

Підбір полів допусків згідно з ДСТУ ISO 286-2:2002 для всіх значень Δz з дотриманням умови $(\delta'_m + \delta'_n) = \Delta z$ не завжди є можливим.

Розглянемо приклади визначення виконавчих розмірів матриці та пуансона для вирубування заготовки та пробивання отвору для випадків їх спільного і окремого виготовлення.

Приклад 1. Визначити виконавчі розміри матриці та пуансона для вирубування заготовки для випадків їх спільного і окремого виготовлення.

Вихідні дані (див. рис. 1.12, розділ 1): $l_3 = 75h12$, матеріал – електротехнічна сталь марки 2011 згідно з ДСТУ EN 10106:2022; $s = 0,35$ мм.

За табл. 2.5 для розміру $75h12$ знаходимо $P_3 = 0,25$ мм; $\delta_m = 0,06$ мм. За табл. 2.6 для товщини $0,35$ мм при $\sigma_{zp} = 430$ МПа (див. додаток Б, табл. Б1) знаходимо $z = 0,024$ мм; $\Delta z = 0,010$ мм.

Для випадку спільного виготовлення матриці та пуансона

$$L_m = (75 - 0,25)^{+0,060} = 74,75^{+0,060} \text{ мм.}$$

Розмір пуансона L_n слід забезпечити його припасовуванням до матриці з рівномірним двостороннім зазором $0,024^{+0,010}$ мм.

Для випадку окремого виготовлення в табл. 2.7 при товщині $s = 0,35$ мм і розмірі елемента, який штампують, 75 мм поля допусків розмірів матриці та пуансона не передбачені, оскільки окреме виготовлення вимагає встановлення досить жорстких допусків на розміри матриці та пуансона при дотриманні умови

$$(\delta'_m + \delta'_n) \leq 0,01 \text{ мм.}$$

Приклад 2. Визначити виконавчі розміри пуансона та матриці для пробивання отвору для випадку їх окремого виготовлення.

Вихідні дані: діаметр отвору, який пробивають, $\varnothing 134^{+0,24}_{+0,14}$ мм; матеріал – сталь марки 08 кп згідно з ДСТУ 2651:2005; $s = 0,8$ мм.

Перетворимо вираз розміру отвору

$$\varnothing 134^{+0,24}_{+0,14} = \varnothing 134,14^{+0,10} \text{ мм.}$$

За табл. 2.5 для поля допуску $\Delta = 0,10$ мм знаходимо розмір зношування $P_3 = 0,1$ мм. За табл. 2.6 знаходимо при $\sigma_{3p} = 250$ МПа (див. додаток Б, табл. Б1) при $s = 0,8$ мм, $z = 0,040$ мм, $\Delta z = +0,020$ мм.

За табл. 2.7 для товщини 0,8 мм і розміру 134,14 мм знаходимо поля допусків: для матриці $H4^{(+0,012)}$, для пуансона $h3_{(-0,008)}$.

Умова $(\delta'_m + \delta'_n) \leq 0,02$ мм виконується.

За формулами (2.30) і (2.31) знаходимо виконавчі розміри:

$$d_n = (134,14 + 0,1)_{-0,008} = 134,24_{-0,008} \text{ мм};$$

$$d_m = (134,14 + 0,1 + 0,40)^{+0,012} = 134,28^{+0,012} \text{ мм}.$$

Виконавчі розміри матриці та пуансона при односторонньому відрізуванні визначають конструктивно (рис. 2.8). Зазор z_0 між матрицею 5 та пуансоном 2 може бути прийнятий таким, що дорівнює половині двостороннього зазору, наведеного в табл. 2.6. Однак при цьому для забезпечення доброї якості поверхні зрізу, а також відсутності прогину заготовки 7, яку відрізають, і початкової заготовки 4 необхідно забезпечити їх надійне притискування зусиллями Q_1 і Q_2 , які визначають з умови рівності моментів за формулами

$$Q_1 = 2P \frac{z_0}{l_1}; \quad (2.37)$$

$$Q_2 = 2P \frac{z_0}{2}. \quad (2.38)$$

При односторонньому відрізуванні без притискування зазор

$$z_0 = K_{\text{вд}} \frac{z}{2}, \quad (2.39)$$

де $K_{\text{вд}}$ – коефіцієнт відрізування, найбільші значення якого наведено в табл. 2.8; z – найменше значення початкового оптимального двостороннього зазору див. табл. 2.6.

При значенні коефіцієнта $K_{\text{вд}}$ меншому від того, що наведено в табл. 2.8, якість відрізування покращується.

Таблиця 2.7. Рекомендовані поля допусків і граничних відхилень розмірів матриці δ'_m і та пуансона δ'_n при їх окрему виготовленні

Розмір елемента, який штампують, мм	Товщина елемента, який штампують, s, мм																
	від 0,2 до 0,5				від 0,5 до 1,0				від 1,0 до 1,5				від 1,5 до 3,0				
	Поле допуску	Граничне відхилення	Пуансон	Матриця	Поле допуску	Граничне відхилення	Пуансон	Матриця	Поле допуску	Граничне відхилення	Пуансон	Матриця	Поле допуску	Граничне відхилення	Пуансон	Матриця	Поле допуску
Від 1 до 3	H6	+0,006	h5	-0,004	H8	+0,014	h6	-0,006	H9	+0,025	h7	-0,010	H10	+0,040	h8	-0,014	
» 3 » 6	H5	+0,005	h4	-0,004	H7	+0,012	h6	-0,008	H8	+0,018	h7	-0,012	H9	+0,030	h8	-0,018	
» 6 » 10	H5	+0,006	h4	-0,004	H7	+0,015	h5	-0,006	H8	+0,022	h6	-0,009	H9	+0,036	h7	-0,015	
» 10 » 18	H4	+0,005	h4	-0,005	H6	+0,011	h5	-0,008	H7	+0,018	h6	-0,013	H9	+0,043	h7	-0,018	
» 18 » 30	H4	+0,006	h3	-0,006	H6	+0,013	h5	-0,009	H7	+0,021	h6	-0,013	H8	+0,033	h7	-0,021	
» 30 » 50	H4	+0,007	h3	-0,004	H6	+0,016	h4	-0,007	H6	+0,016	h6	-0,016	H8	+0,039	h6	-0,016	
» 50 » 80	-	-	-	-	H5	+0,013	h4	-0,008	H6	+0,019	h5	-0,013	H7	+0,030	h6	-0,019	
» 80 » 120	-	-	-	-	H4	+0,010	h4	-0,008	H5	+0,015	h5	-0,015	H7	+0,035	h6	-0,022	
» 120 » 180	-	-	-	-	H4	+0,012	h3	-0,008	H5	+0,018	h4	-0,012	H6	+0,025	h6	-0,025	
» 180 » 250	-	-	-	-	-	-	-	-	H5	+0,020	h4	-0,014	H6	+0,029	h5	-0,020	
» 250 » 315	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	H6	+0,032	h5	-0,023	
» 315 » 400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	H5	+0,025	h5	-0,025	
» 400 » 500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	H5	+0,027	h5	-0,027	

Закінчення таблиці 2.7

Розмір елемента, який штампують, мм	Товщина елемента, який штампують, s, мм															
	від 3,0 до 5,0				від 5,0 до 10,0				від 10,0 до 14,0				від 14,0 до 15,0			
	Матриця		Пуансон		Матриця		Пуансон		Матриця		Пуансон		Матриця		Пуансон	
	Поло допуску	Граничне відхилення	Поло допуску	Граничне відхилення	Поло допуску	Граничне відхилення	Поло допуску	Граничне відхилення	Поло допуску	Граничне відхилення	Поло допуску	Граничне відхилення	Поло допуску	Граничне відхилення	Поло допуску	Граничне відхилення
Від 1 до 3	H11	+0,060	h10	-0,040	H13	+0,140	h11	-0,060	H11	+0,250	h11	-0,060	H15	+0,400	h12	-0,100
» 3 » 6	H11	+0,075	h9	-0,030	H12	+0,120	h11	-0,075	H13	+0,180	h11	-0,075	H11	+0,300	h12	-0,120
» 6 » 10	H10	+0,058	h9	-0,036	H12	+0,150	h10	-0,058	H13	+0,220	h11	-0,090	H14	+0,360	h12	-0,150
» 10 » 18	H10	+0,070	h9	-0,043	H11	+0,110	h10	-0,070	H12	+0,180	h11	-0,110	H11	+0,430	h11	-0,110
» 18 » 30	H9	+0,052	h9	-0,052	H11	+0,130	h9	-0,052	H12	+0,210	h10	-0,084	H13	+0,330	h11	-0,130
» 30 » 50	H9	+0,062	h8	-0,039	H11	+0,160	h9	-0,062	H12	+0,250	h9	-0,062	H13	+0,390	h10	-0,100
» 50 » 80	H9	+0,074	h7	-0,030	H10	+0,120	h9	-0,074	H11	+0,190	h9	-0,074	H12	+0,300	h10	-0,120
» 80 » 120	H8	+0,054	h7	-0,035	H10	+0,140	h8	-0,054	H11	+0,220	h9	-0,087	H12	+0,350	h10	-0,140
» 120 » 180	H8	+0,063	h7	-0,040	H10	+0,160	h7	-0,040	H11	+0,250	h8	-0,063	H12	+0,400	h9	-0,100
» 180 » 250	H8	+0,072	h6	-0,029	H10	+0,185	h7	-0,046	H11	+0,185	h8	-0,072	H12	+0,460	h9	-0,115
» 250 » 315	H8	+0,081	h6	-0,032	H9	+0,130	h7	-0,052	H11	+0,210	h8	-0,081	H11	+0,320	h9	-0,130
» 315 » 400	H7	+0,057	h6	-0,036	H9	+0,140	h7	-0,057	H10	+0,230	h8	-0,089	H11	+0,360	h9	-0,140
» 400 » 500	H7	+0,063	h6	-0,040	H9	+0,155	h6	-0,063	H9	+0,155	h8	-0,097	H11	+0,400	h8	-0,097

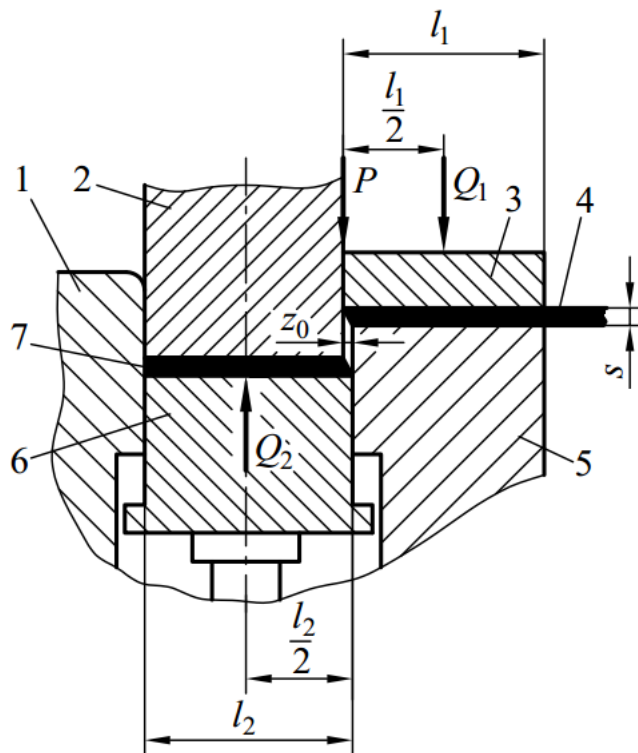


Рисунок 2.8. Схема відрізування заготовки:

1 – противідтискувач; 2 – пуансон; 3 – верхній притискувач; 4 – початкова заготовка; 5 – матриця; 6 – нижній притискувач; 7 – заготовка, яку відрізають

Таблиця 2.8. Найбільші значення коефіцієнта відрубування $K_{вд}$ для розрахунку зменшення зазору при односторонньому відрізуванні заготовки в штампі з паралельними гранями пуансона та матриці

Товщина матеріалу s , мм	Кольорові метали	Сталь	
		$\sigma_s \leq 500$ МПа	$\sigma_s > 500$ МПа
до 1,0	0,85	0,80	0,75
від 1,0 до 3,0	0,80	0,75	0,70
від 3,0 до 5,0	0,75	0,70	0,65
від 5,0 до 8,0	0,70	0,65	0,60
понад 8,0	0,65	0,60	0,55

2.4. Конструювання і розрахунок на міцність робочих деталей штампа

Матриця та пуансон штампа найбільше визначають технічні параметри штампа, такі, як працездатність, надійність і довговічність. Розрахунок і конструювання цих елементів є найважливішим етапом проектування та розроблення технічної документації на штамп.

Матриця. Форма матриці зумовлена формою і розмірами деталі, яку штамнують. Розміри прямокутної матриці визначають (орієнтовно) виходячи з розмірів її робочої зони. У табл. 2.9 наведено залежність найменших габаритних розмірів прямокутної матриці від розмірів прямокутної робочої зони. Розміри матриці уточнюють з урахуванням необхідних величин перемичок між отворами в матриці, конкретного розміщення її робочої зони та отворів тощо.

Таблиця 2.9. Залежність найменших габаритних розмірів $A_z \times B_z$ прямокутної матриці від розмірів $a_p \times b_p$ її робочої зони



$a_p \times b_p$, не більше	$A_z \times B_z$, не менше	$a_p \times b_p$, не більше	$A_z \times B_z$, не менше
30 × 20	63 × 50	100 × 100	160 × 160
40 × 20	80 × 50	110 × 100	180 × 160
50 × 20	100 × 50	130 × 100	200 × 160
40 × 30	80 × 63	180 × 100	250 × 160
50 × 30	100 × 63	200 × 100	280 × 160
70 × 30	125 × 63	220 × 100	320 × 160
40 × 40	80 × 80	110 × 100	180 × 180
50 × 40	100 × 80	130 × 100	200 × 180
70 × 40	125 × 80	150 × 100	220 × 180
80 × 40	140 × 80	180 × 100	250 × 180
100 × 40	160 × 80	200 × 100	280 × 180
50 × 50	100 × 100	220 × 100	320 × 180
70 × 50	125 × 100	250 × 100	360 × 180
80 × 50	140 × 100	130 × 130	200 × 200
100 × 50	160 × 100	150 × 130	220 × 200
110 × 50	180 × 100	180 × 130	250 × 200
130 × 50	200 × 100	200 × 130	280 × 200

Закінчення таблиці 2.9

$a_p \times b_p$, не більше	$A_z \times B_z$, не менше	$a_p \times b_p$, не більше	$A_z \times B_z$, не менше
70 × 60	125 × 125	220 × 130	320 × 200
80 × 60	140 × 125	250 × 130	360 × 200
100 × 60	160 × 125	280 × 130	400 × 200
110 × 60	180 × 125	130 × 130	220 × 220
130 × 60	200 × 125	180 × 130	250 × 220
150 × 60	220 × 125	200 × 130	280 × 220
180 × 60	250 × 125	220 × 130	320 × 220
80 × 80	140 × 140	250 × 130	360 × 220
100 × 80	160 × 140	280 × 130	400 × 220
110 × 80	180 × 140	320 × 130	450 × 220
130 × 80	200 × 140	180 × 180	250 × 250
150 × 60	220 × 140	200 × 180	280 × 250
180 × 60	250 × 140	220 × 180	320 × 250
200 × 60	280 × 140	250 × 180	360 × 250
280 × 180	400 × 250	360 × 220	500 × 320
320 × 180	450 × 250	410 × 220	560 × 320
360 × 180	500 × 250	450 × 220	630 × 320
200 × 200	280 × 280	250 × 250	360 × 360
220 × 200	320 × 280	280 × 250	400 × 360
250 × 200	360 × 280	320 × 250	450 × 360
280 × 200	400 × 280	360 × 250	500 × 360
320 × 200	450 × 280	410 × 250	560 × 360
360 × 200	500 × 280	450 × 250	630 × 360
410 × 200	560 × 280	280 × 280	400 × 400
220 × 220	320 × 320	320 × 280	450 × 400
250 × 220	360 × 320	360 × 280	500 × 400
280 × 220	400 × 320	410 × 280	560 × 400
320 × 220	450 × 320	450 × 280	630 × 400

Примітка. Прийняті в таблиці габаритні розміри $A_z \times B_z$ відповідають розробленим рекомендаціям.

Вибір діаметрів гвинтів і штифтів здійснюють орієнтовно, за допомогою табл. 2.10. Кількість гвинтів визначають з розрахунку, що відстань між двома сусідніми гвинтами не повинна перевищувати 90 мм. За певних конструктивних особливостей штампів допускається відхилення від наведених даних [2].

Кількість штифтів визначають з умови, що кожен самостійний елемент штампа, який повинен бути нерухомим відносно матриці й сама матриця (або кожна її окрема частина) повинні фіксуватися двома штифтами.

Приклад розміщення робочої зони й отворів для кріплення матриці штампа послідовної дії зображено на рис. 2.9 а. Відповідні залежності для визначення координат отворів під елементи кріплення наведено в табл. 2.11 і 2.12. Розміри і розміщення отворів повинні уточнюватися конструктивно, виходячи з конкретних форм і розмірів робочої зони матриці.

При конструюванні матриць інших штампів (простої, суміщеної дії тощо) можна також користуватися даними, наведеними в табл. 2.9 – 2.12.

Товщину матриці H_m визначають за емпіричною залежністю, мм

$$H_m = s + K_m \sqrt{a_p + b_p} + 7, \quad (2.40)$$

де s – товщина матеріалу, який штампують, мм;

a_p і b_p – розміри робочої зони матриці, мм;

K_m – коефіцієнт, який залежить від σ_g^* .

σ_g^* , МПа	До 120	від 120 до 200	від 200 до 300	від 300 до 500	від 500 до 1000	понад 1000
K_m	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5–2,0
* Тимчасовий опір розриву матеріалу, який штампують.						

Додатково за емпіричною формулою можна перевірити достатність товщини матриці, мм

$$H_m = \sqrt[3]{100P}, \quad (2.41)$$

де P – необхідне технологічне зусилля штампування, кН.

Таблиця 2.10. Діаметри гвинтів і штифтів для кріплення матриці, мм

Найбільший габаритний розмір (зовнішній діаметр) матриці, мм	Діаметри гвинтів і штифтів при технологічному зусиллі P , яке сприймає матриця, кН					
	до 500		від 500 до 1000		понад 1000	
	Гвинт	Штифт	Гвинт	Штифт	Гвинт	Штифт
до 100	M6	6	M8	6	–	–
від 100 до 125	M8	8	M10	8	–	–
від 125 до 160	M10	8	M12	10	M12	10
від 160 до 250	M10	10	M12	10	M12	10
від 250 до 280	M10	10	M12	10	M12	10
від 280 до 400	M12	10	M12	10	M12	10
понад 400	M12	10	M12	12	M16	12

Після цього слід прийняти більше зі значень H_m , отриманих за формулами 2.40 і 2.41.

Знайдене в такий спосіб значення H_m необхідно заокруглити до найближчого більшого значення з наступного ряду чисел: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80.

Співвідношення габаритних розмірів і товщини прямокутних матриць слід приймати згідно з розробленими рекомендаціями, або конструктивно.

Зовнішній діаметр матриці круглої форми приймають залежно від діаметра кола d_m , в яке вписується її робоча зона (табл. 2.13), й уточнюють залежно від розміщення отворів, форми елемента, який штамнують, тощо.

Координати і розміри отворів для кріплення круглої матриці визначають за формулами, наведеними на ескізі до табл. 2.13 з урахуванням даних табл. 2.10, і допустимих значень перемичок між отворами, наведеними на рис. 2.9 та в табл. 2.11 і 2.12.

Товщину матриці можна визначити за формулою (2.40), підставивши в неї замість $a_p + b_p$ значення $1,57 d_m$, а також за формулою (2.41). Знайдене значення товщини необхідно заокруглити до найближчого більшого значення з наведеного вище ряду чисел. Співвідношення розмірів круглих матриць слід приймати згідно з розробленими рекомендаціями, або конструктивно.

Таблиця 2.11. Розміри і координати гвинтів і штифтів для кріплення матриці (див. рис. 2.9)

Розміри, мм

Довжина A матриці	Найменші значення координат отворів під гвинти і штифти залежно від діаметра гвинта (штифта)										Кількість гвинтів в одному ряду
	М6 (6)		М8 (6; 8)		М10 (8; 10)		М12 (10; 12)		М16 (12)		
	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	
до 100	7,5	12	10	16	–	–	–	–	–	–	2
від 100 до 125	–	–	10	16	12,5	20	–	–	–	–	2
від 125 до 160	–	–	–	–	12,5	20	15	25	–	–	2
від 160 до 250	–	–	–	–	15	20	15	25	–	–	3
від 250 до 280	–	–	–	–	15	20	15	25	–	–	3
від 280 до 400	–	–	–	–	–	–	15	25	–	–	3
понад 400	–	–	–	–	–	–	15	25	20	32	3

Примітки: 1. Координати гвинтів і штифтів наведені для випадку розміщення в матриці отворів під стрижні гвинтів. Якщо в матриці розміщуються отвори під головки гвинтів (див. рис. 2.9 б), їх координати слід визначати з залежностей:

$$e_9 = e_1 + (D_{o,z} - d_{o,z}) / 2;$$

$$e_{10} = e_2 + (D_{o,z} - d_{o,z}) / 2.$$

2. Сумарне технологічне зусилля, що діє на матрицю, не перевищує 500 кН. Якщо зусилля становить 500–1000 кН, наведені в таблиці значення слід помножити на 1,2, при зусиллі понад 1000 кН – на 1,4.

Важконавантажені матриці слід перевіряти на міцність спеціальним розрахунком, який базується на визначенні напружень, що виникають у небезпечному перерізі. Небезпечним є переріз, що проходить через вузькі щілинні отвори, гострі кути тощо. Наприклад, при вирубуванні квадратного контуру небезпечним є переріз, що проходить через протилежні кути й діагоналі квадрата. При розрахунку можна виходити з того, що сила, яка розпирає матрицю в небезпечному перерізі, складає не менше 40% технологічного зусилля штампування. Перевірку виконують за формулою

$$[\sigma_p] \geq \frac{0,4P}{F}, \quad (2.42)$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження на розрив (для сталей У8А, У10А в загартованому стані $[\sigma_p] = 250$ МПа);

P – технологічне зусилля штампування, Н;

F – площа небезпечного перерізу матриці, мм².

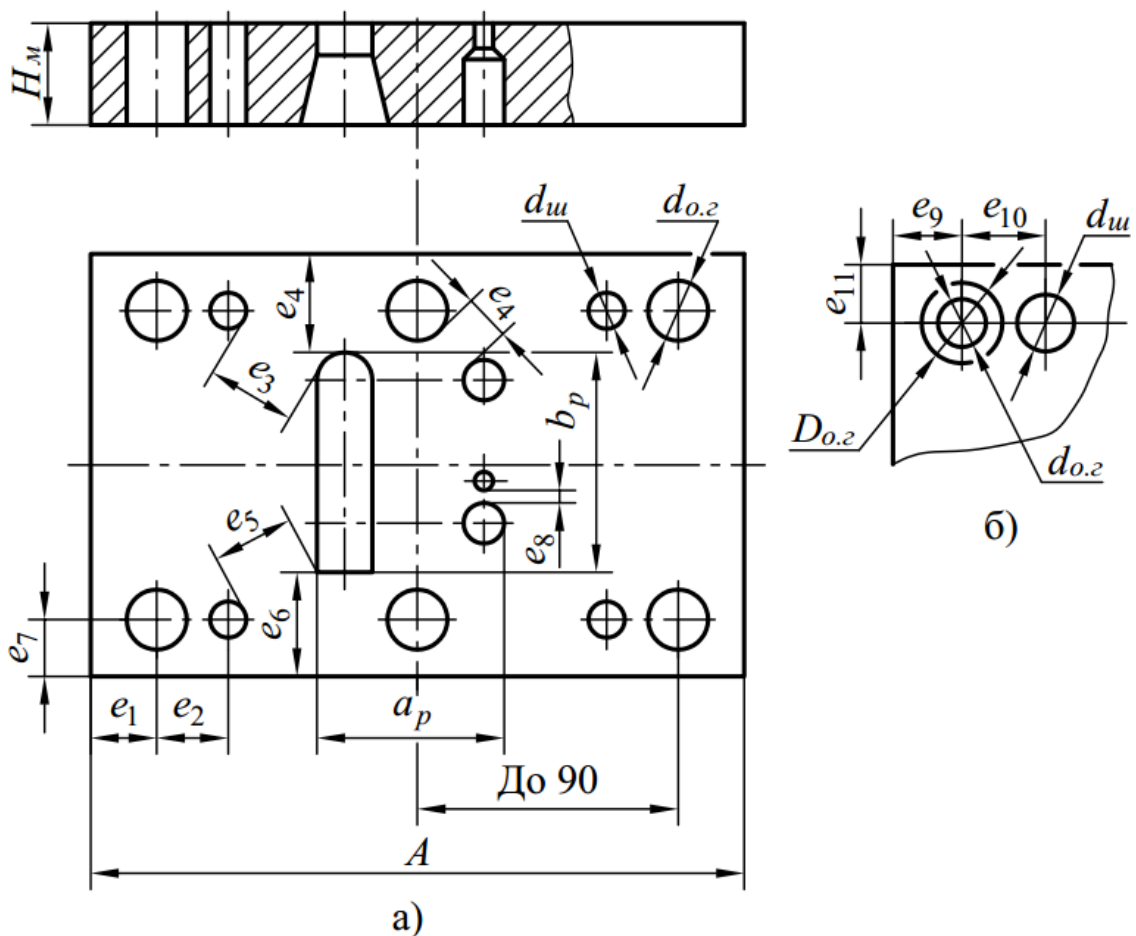


Рисунок 2.9. Матриця штампа послідовної дії:

d_2 – діаметр стрижня гвинта; D_2 – діаметр головки гвинта; $d_{o.2}$ – діаметр отвору під стрижень гвинта, $d_{o.2} = d_2 + 1$ мм; $D_{o.2}$ – діаметр заглиблення під головку гвинта, $D_{o.2} = D_2 + 2$ мм; $d_{ш}$ – діаметр отвору під штифт

Форму робочих отворів і отворів для провалювання в матрицях для пробивання і вирубівання приймають за табл. 2.14.

Таблиця 2.12. Найменші відстані між елементами сталеві матриці (див. рис. 2.9)

Матеріал матриці	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7		e_8
					$d_{o,z} \leq 8,5$	$d_{o,z} > 8,5$	
Розміри, мм							
У8А, У10А, 7ХЗ, 9ХС, 9ХВГ	$0,8d_{o,z}$	$1,2H_M$	$d_{o,z}$	$2,5H_M$	$1,2d_{o,z}$	$1,4d_{o,z}$	$2s$
Х12М, Х12Ф1	$0,6d_{o,z}$	H_M	$0,8d_{o,z}$	$2H_M$	$d_{o,z}$	$1,2d_{o,z}$	$1,5s$

Примітки:

1. Найменша відстань e_8 для матриць зі сталей У8А, У10А, 7ХЗ, 9ХС, 9ХВГ – 2 мм, для матриць зі сталей Х12М, Х12Ф1 – 1,5 мм.

2. У випадку розміщення в матриці отворів під головки гвинтів (див. рис. 2.9 б) відстань

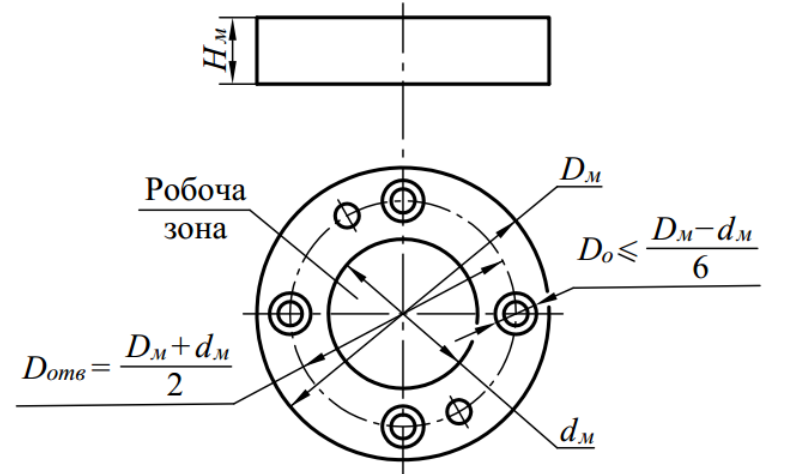
$$e_{11} = e_7 + (D_{o,z} - d_{o,z}) / 2.$$

3. 2. Сумарне технологічне зусилля, що діє на матрицю, не перевищує 500 кН. Якщо зусилля становить 500–1000 кН, наведені в таблиці значення слід помножити на 1,2, при зусиллі понад 1000 кН – на 1,4.

4. Число гвинтів в одному ряду визначають з умови, що відстань між двома сусідніми гвинтами не повинна перевищувати 90 мм.

Отвір для провалювання в матриці з будь-яким робочим контуром має, як правило, еквідистантно повторювати цей контур з урахуванням нависання робочого контуру матриці над отвором для провалювання: не більше, ніж на 1,5 мм – за наявності фасок або заокруглень (див. табл. 2.14, тип 1), або – не більше, ніж на кут β за наявності ухилу по всій висоті (див. табл. 2.14, тип 2). Допускається випрямлення окремих ділянок контуру отвору для провалювання або їх заокруглення за умови, що нависання на цих ділянках не перевищує 3 мм. За цієї умови, для робочих контурів матриці складної конфігурації отвір для провалювання можна виконувати циліндричним. Отвір для провалювання слід також заокруглювати, коли робочий контур матриці має гострі або прямі кути. При цьому в кутах допускається збільшення нависання робочого контуру матриці над контуром отвору для провалювання на 0,3–0,4 мм порівняно з прийнятим.

Таблиця 2.13. Найменший зовнішній діаметр круглої матриці, розміщення і розміри отворів (мм) для її кріплення



d_M	D_M	d_M	D_M
Розміри, мм			
до 15	50	від 115 до 130	200
від 15 до 25	63	від 130 до 150	220
від 25 до 35	80	від 150 до 180	250
від 35 до 50	100	від 180 до 210	280
від 50 до 75	125	від 210 до 250	320
Від 75 до 85	140	від 250 до 280	360
від 85 до 105	160	від 280 до 310	400
від 105 до 115	180		

Примітки:

- D_o – діаметр отвору під головку гвинта.
- Число гвинтів в одному ряду визначають з умови, що відстань між двома сусідніми гвинтами не повинна перевищувати 90 мм.

У випадку, якщо робочий контур матриці має складну форму або матриця містить елементи (отвори, щілини) досить малих розмірів, її слід виготовляти секційною, тобто складеною з окремих секцій. Секції матриці необхідно встановлювати в незагартовану обойму за посадкою $H7/n6$. Кожну секцію фіксують двома штифтами (круглу – одним).

Приклади деяких складених матриць наведено в табл. 2.15.

Для пробивання (вирубубвання) круглих контурів доцільно застосовувати стандартизовані вставні матриці, які закріплюють в матрицеутримувачі штампа.

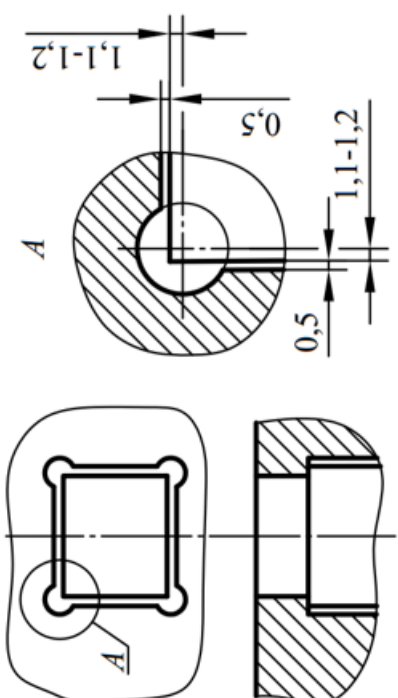
Таблиця 2.14. Форма та співвідношення розмірів отворів у матрицях для пробивання і вирубування

Тип	Форма отвору	Призначення отвору	Розміри			
			s, мм	β	α	h_m , мм
1	<p>Варіант виконання</p>	<p>Для пробивання отворів діаметром до 8 мм і для вирубування простих контурів, в яких відсутні консольно розташовані елементи, що ослаблюють переріз матриці</p>	До 0,5 мм	2°	10'	6
			від 0,5 до 1,0		15'	
			від 1,0 до 2,5	3°	20'	8-10
			від 2,5 до 4,0		30'	
			від 4,0 до 5,0		45'	
2		<p>Для матриць вирубування фігурних контурів і матриць, які мають консольно розташовані елементи</p>	від 5,0 до 10,0	3°	1°	15
			Понад 100	4°	1°	18

Продовження таблиці 2.14

Тип	Форма отвору	Призначення отвору	Розміри			
			s, мм	β,	α	h _м , мм
3		<p>Для матриць (пуансон-матриць) зі зворотнім виштовхуванням деталі. Переважно в штампах суміщеної дії.</p> <p>$\gamma = 5'$</p>				
4		<p>Для матриць і пуансон-матриць зі складним робочим контуром, який вписується в коло діаметром 10 мм.</p> <p>α – див тип 1</p>				

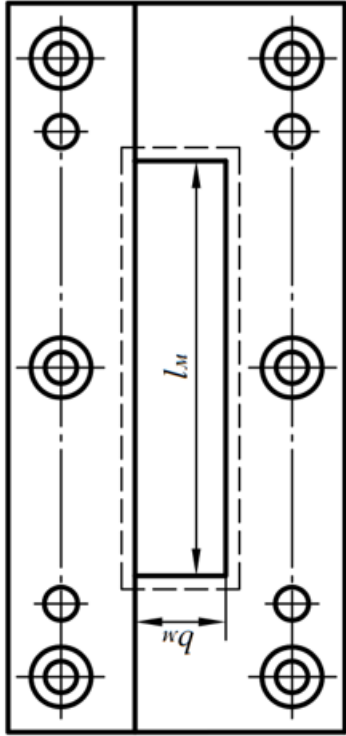
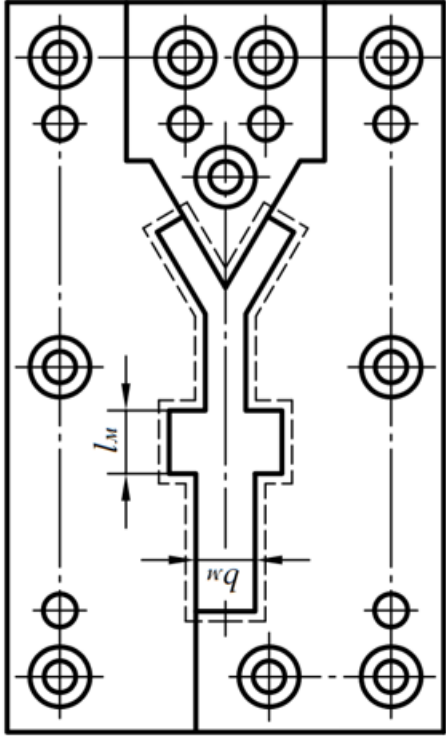
Закінчення таблиці 2.14

Тип	Форма отвору	Призначення отвору	Розміри			
			s , мм	β	α	h_M , мм
5		Для матриць та пуансон-матриць з гострими кутами робочого контуру				

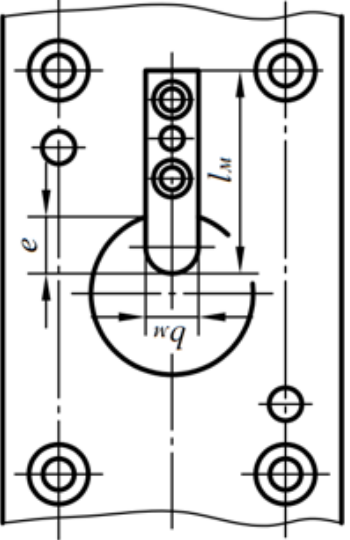
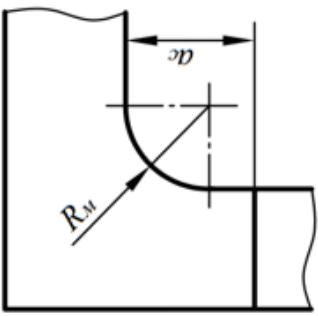
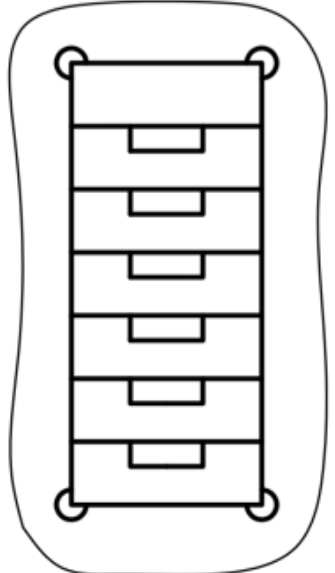
Таблиця 2.15. Приклади секційних (складених) матриць

Ескіз	Призначення	Розміри
	<p>Для виробування великих заготовок з кутами внутрішніми та зовнішніми (матриця з «замками»)</p>	<p> $A_m \geq 200 \text{ мм};$ $B_m \geq 160 \text{ мм};$ $e_1 = (0,2-0,3)e_0;$ $R_m \leq e_4;$ $e_2 = 0,1-0,3 \text{ мм};$ $e_3 = 0,5e_0;$ $e_4 = 1,5-2,5 \text{ мм}$ </p>

Продовження таблиці 2.15

Ескіз	Призначення	Розміри
	<p>Для пробивання вузьких пазів</p>	<p>$b_M \leq 2,0 \text{ мм};$ $l_M \geq 3 b_M$</p>
	<p>Для пробивання (вирубуння) отворів (заготовок) складної конфігурації і за наявності важкодоступних місць для оброблення матриці</p>	<p>$l_M \leq 1,0 \text{ мм};$ $b_M \leq 1,5 \text{ мм}$</p>

Закінчення таблиці 2.15

	<p>Для вирубування заготовки з глибокою виїмкою</p>	$e \leq 2 b_M$ $l_M \geq 3 b_M$
	<p>Для вирубування великих заготовок (матриця без «замків»)</p>	$a_c > R_M$
	<p>За наявності в матриці кількох однакових елементів</p>	<p>—</p>

Основні види вставних матриць зображені на рис. 2.10. У табл. 2.16 наведено розміри найпоширеніших типів матриць з круглим отвором без фланця (рис. 2.10 а) – звичайних і посилених, а також із фланцем (рис. 2.10 б) – звичайних і посилених.

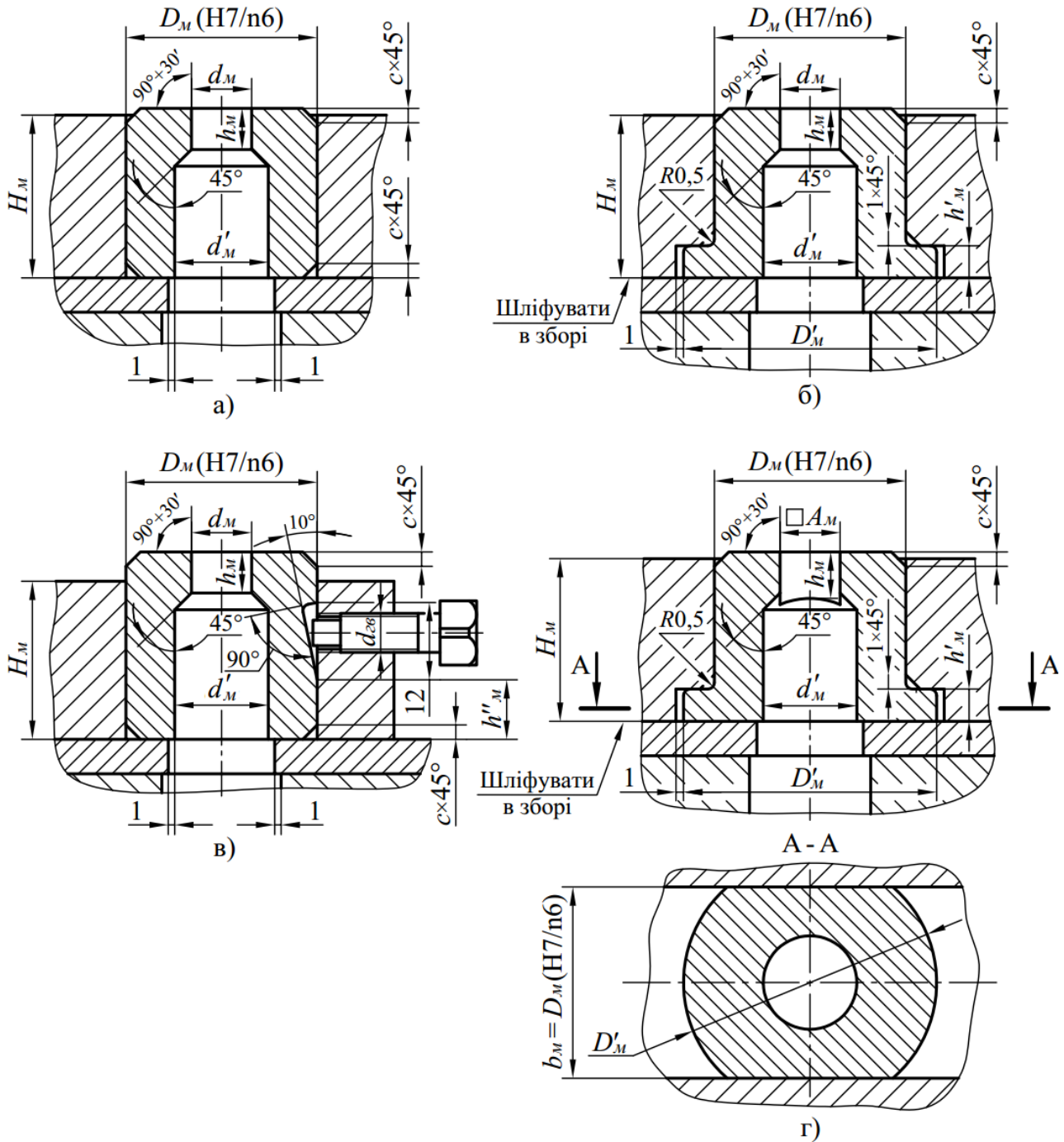


Рисунок 2.10. Основні види вставних матриць:

- а – з круглим отвором без фланця (звичайні та посилені); б – з круглим отвором і фланцем (звичайні та посилені); в – з круглим отвором швидкозмінні;
- г – з квадратним отвором

Таблиця 2.16. Основні розміри матриць з круглим отвором (див. рис. 2.10 а і б)

d_m	d'_m	D_m	D'_m	H_m/h_m
Розміри, мм				
від 1,0 до 1,5	2,0;	6,3	–	8/3
від 1,5 до 2,0	2,5	8,0	–	12/4
		8,0	12	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
від 2,0 до 2,5	3,0;	8,0	–	8/3
від 2,5 до 3,0	3,5	10	–	12/4
		10	14	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
від 3,0 до 3,5	4,0	12	–	10/3; 14/4
від 3,5 до 4,0	4,5	12	16	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
від 4,0 до 4,5	5,0	14	–	10/3; 14/4
від 4,5 до 5,0	5,5	14	18	12/4; 16/5; 20/5; 25/6
від 5,0 до 6,0	6,5	16	–	12/4; 16/5
		20	–	14/5; 18/6
		16	20	16/5; 20/5; 25/6
		18	22	28/7; 32/8
		20	24	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		22	26	36/10
від 6,0 до 7,0	7,5	18	–	12/4; 16/5
		22	–	16/5; 20/6
		16	20	16/5; 20/5; 25/6
		18	22	28/7; 32/8
		22	26	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		25	30	36/10
від 7,0 до 8,0	8,5	18		12/4; 16/5
		22		16/5; 20/6
		18	22	16/5; 20/5; 25/6
		20	24	28/7; 32/8
		22	26	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		25	30	36/10
від 8,0 до 9,0	9,5	20	–	14/4; 18/5
		25	–	18/6; 22/7
		18	22	16/5; 20/5; 25/6
		20	24	28/7; 32/8
		25	30	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		28	32	36/10

Продовження таблиці 2.16

d_m	d'_m	D_m	D'_m	H_m/h_m
від 9,0 до 10	10,5	20	–	14/4; 18/5
		25	–	18/6; 22/7
		20	24	16/5; 20/5; 25/6
		22	26	28/7; 32/8
		25	28	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		30	32	36/10
від 10 до 11	11,5	22	–	16/5; 20/5
		28	–	20/6; 22/7
від 11 до 12	12,5	22	26	16/5; 20/5; 25/6
		25	30	28/7; 32/8
		28	32	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		32	36	36/10
від 12 до 13	13,5	25	–	18/5; 22/6
		32	–	22/7; 25/7
від 13 до 14	14,5	25	30	16/5; 20/5; 25/6
		28	32	28/7; 32/8
		32	36	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		36	40	36/10; 40/12
від 14 до 15	15,5	28	–	20/5; 22/6
		36	–	22/7; 25/7
від 15 до 16	16,5	28	32	16/5; 20/5; 25/6
		32	36	28/7; 32/8;
		36	40	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		40	45	36/10; 40/12
від 16 до 17	17,5	32	–	22/6; 25/6;
		40	–	22/7; 25/7
		28	32	16/5; 20/5; 25/6
		32	36	28/7; 32/8
		36	40	20/5; 25/7; 28/8; 32/9
		40	45	36/10; 40/12
від 17 до 18	18,5	32	–	22/6; 25/6
		40	–	22/7; 25/7
		32	36	16/5; 20/5; 25/6
		36	40	28/7; 32/8; 36/8
		40	45	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		45	50	36/10; 40/12

Продовження таблиці 2.16

d_m	d'_m	D_m	D'_m	H_m/h_m
від 18 до 19	19,5	36	–	22/6; 25/6
		42	–	22/7; 25/7
		32	36	16/5; 20/5; 25/6
		36	40	28/7; 32/8; 36/8
		40	45	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
від 19 до 20	20,5	45	50	36/10; 40/12
		36	–	22/6; 25/6
		42	–	22/7; 25/7
		36	40	16/5; 20/5; 25/6
		40	45	28/7; 32/8; 36/8
від 20 до 21	21,5	40	45	20/6; 25/7; 28/8; 32/9
		45	50	36/10; 40/12
		40	–	22/6; 25/6
		45	–	22/7; 25/7
		36	40	16/5; 20/5; 25/6
від 21 до 22	22,5	40	45	28/7; 32/8; 36/8
		45	50	20/5; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
		42	–	22/6; 25/6
від 22 до 24	24,5	50	–	25/7; 28/8
		40	45	16/5; 20/5; 25/6
		45	50	28/7; 32/8; 36/8
		50	55	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
		45	–	22/6; 25/6
від 24 до 26	26,5	50	–	25/7; 28/8
		40	45	16/5; 20/5; 25/6
		45	50	28/7; 32/8; 36/8
		50	55	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
		50	–	25/6; 28/7
від 26 до 28	28,5	53	–	25/7; 28/8
		45	50	16/5; 20/5; 25/6
		50	55	28/7; 32/8; 36/8
		56	60	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
		50	–	25/6; 28/7

Продовження таблиці 2.16

d_m	d'_m	D_m	D'_m	H_m/h_m
від 28 до 30	30,5	50	–	25/6; 28/7
		56	–	25/7; 28/8
		45	50	16,5; 20/5; 25/6
		50	55	28/7; 32/8; 36/8
		56	60	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 30 до 32	32,5	53	–	25/6; 28/7
		56	–	28/8; 32/9
		50	55	16/5; 20/5; 25/6
		56	60	28/7; 32/8; 36/8
		60	65	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 32 до 34	34,5	56	–	25/6; 28/7
		60	–	28/8; 32/9
		50	55	16/5; 20/5; 25/6
		56	60	28/7; 32/8; 36/8
		60	65	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 34 до 36	36,5	56	–	28/7; 32/8
		63	–	28/8; 32/9
		56	60	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8
		63	67	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 36 до 38	38,5	60	–	28/7; 32/8
		67	–	28/8; 32/9
		60	65	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8
		67	71	20/6; 25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 38 до 40	40,5	63	–	28/7; 32/8
		67	–	32/9; 36/10
		63	67	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8
		71	75	25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 40 до 42	42,5	67	–	28/7; 32/8
		71	–	32/9; 36/10
		67	71	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8
		71	75	25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12

Закінчення таблиці 2.16

d_m	d'_m	D_m	D'_m	H_m/h_m
від 42 до 44	44,5	67	–	32/8; 36/8
		75	–	32/9; 36/10
		67	71	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8
		75	80	25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 44 до 46	46,5	71	–	32/8; 36/8
		75	–	32/9; 36/10
		71	75	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8
		75	80	25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 46 до 48	48,5	75	–	32/8; 36/8
		80	–	36/10; 40/12
		71	75	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8;
		80	85	25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
від 48 до 50	50,5	75	–	32/8; 36/8
		80	–	36/10; 40/12
від 50 до 52	52,5	75	80	16/5; 20/5; 25/6; 28/7; 32/8; 36/8
		80	85	25/7; 28/8; 32/9; 36/10; 40/12
<p>Примітка. Значення c приймають залежно від D_m:</p> <ul style="list-style-type: none"> – при $D_m \leq 8$ мм $c = 0,6$ мм; – при $10 \leq D_m \leq 20$ мм $c = 1$ мм; – при $20 \leq D_m < 60$ мм $c = 1,6$ мм; – при $D_m \geq 63$ мм $c = 2,5$ мм. 				

Поряд з наведеними в табл. 2.16 типами вставних матриць широко застосовують й інші.

Швидкозмінні матриці з круглим отвором (рис. 2.10 в) виготовляють для $d_m = 3-30$ мм. Їх розміри слід приймати згідно з уніфікацією, або при конструюванні матриці враховувати співвідношення:

- діаметр D_m необхідно приймати, як для посилених матриць без фланця;
- загальна висота матриці H_m для $d_m = 3-12$ мм повинна дорівнювати 20 або 25 мм, а при $d_m \geq 12$ мм – 20, 25, 28 або 32 мм;

– висоту робочої частини матриці h_m слід приймати залежно від H_m :

H_m , мм	20	25	28	32
h_m , мм	6	7	8	9

Залежно від загальної висоти матриці H_m необхідно приймати h''_m :

H_m , мм	20	25	28	32
h''_m , мм	3	4	6	7

– діаметр гвинта для кріплення матриці слід вибирати згідно з розмірами:

H_m , мм	20	25	28, 32
$d_{гв}$, мм	M8	M10	M12

Матриці з квадратним отвором (рис. 2.10 г) виготовляють для $A_m = 3-28$ мм. Їх розміри приймають згідно з уніфікацією, або з урахуванням співвідношень:

– діаметр D_m слід виконувати на 3–8 мм більшим, ніж для відповідних посиленних матриць з фланцем (див. табл. 2.16);

– загальну висоту матриці H_m приймають;

для $A_m = 3-10$ мм – 16, 20, 25, 28 або 32 мм;

для $A_m > 10$ мм – 16, 20, 25, 28, 32, 36 або 40 мм;

– висоту робочої частини h_m слід приймати залежно від H_m

H_m , мм	16	20	25	28	32	36	40
h_m , мм	5	6	7	8	9	10	12

– висоту h'_m приймають також залежно від H_m :

H_m , мм	16	20–32	36–40
h'_m , мм	4	6	8

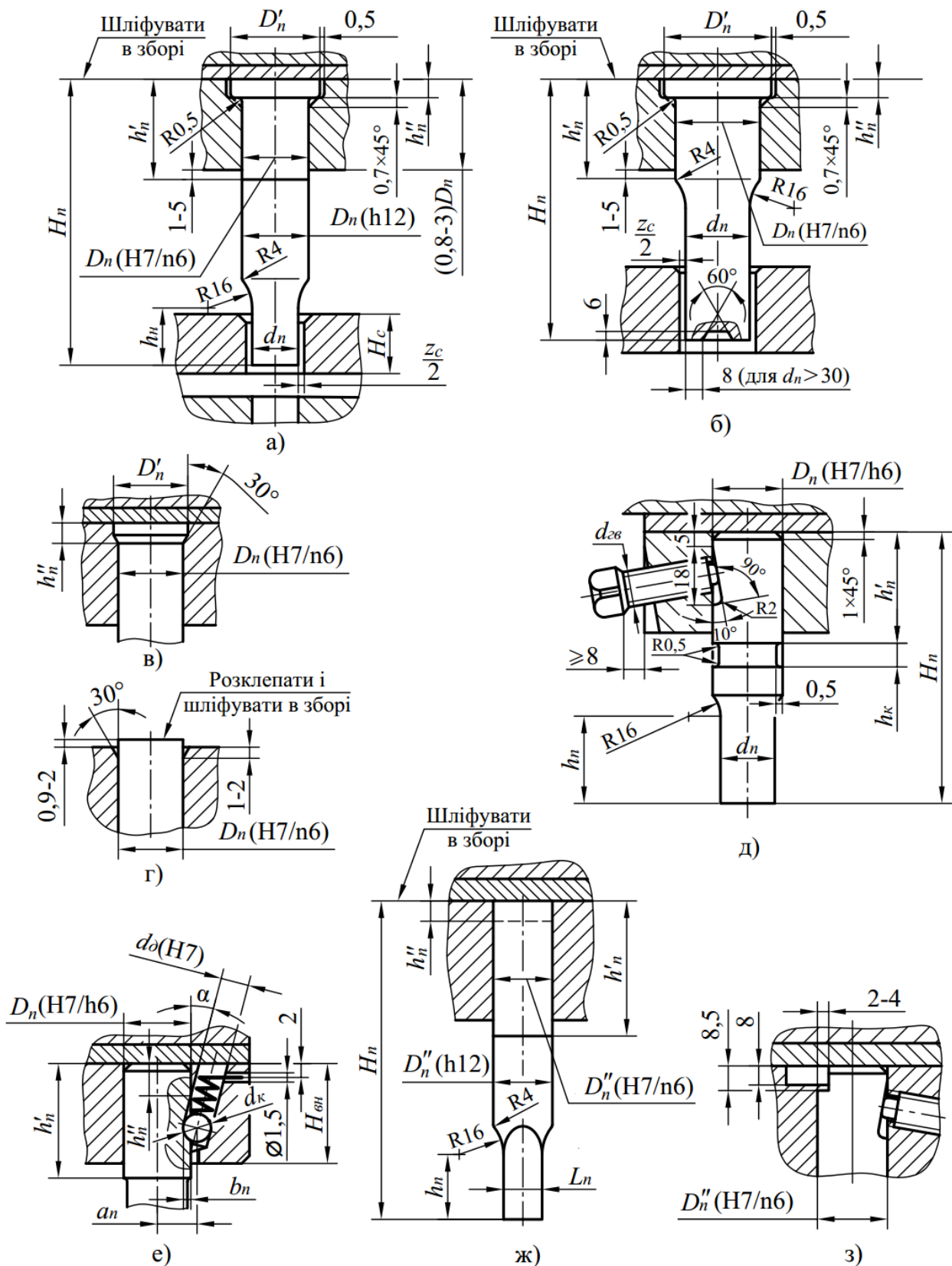


Рисунок 2.11. Встановлення пуансона з круглою посадковою частиною:
 а – діаметром 1–24 мм; б – діаметром 24–52 мм; в – з конічним фланцем; г – без фланця (під розклепування); д – діаметром 3–24 мм з гвинтовим кріпленням;
 е – діаметром 1,5–24 мм з кульковим кріпленням; ж – для некруглих отворів з фіксацією по фланцю; з – для некруглих отворів з фіксуючою шпонкою

Матриці виготовляють різних конструкцій: швидкозамінні матриці з квадратними отворами, матриці стаціонарні з продовгастим отвором і швидкозмінні, такі ж матриці з видовженим продовгастим отвором тощо.

Пуансони для пробивання круглих отворів, як правило, виготовляють за уніфікованими розмірами. Найпоширеніші конструкції пуансонів зображено на рис. 2.11.

Розміри круглих пуансонів діаметром від 1 до 24 мм та діаметром від 24 до 52 мм наведено в табл. 2.17. Для пробивання круглих отворів застосовують також пуансони зі збільшеним діаметром під посадку спряження. Форма цих пуансонів аналогічна зображеній на рис. 2.11 а, а їх діаметри становлять:

d_n	від 3 до 5	від 5 до 6	від 6 до 8	від 8 до 10	від 10 до 12
D_n/D'_n	8/12	10/14	12/16	14/18	16/20
d_n	від 12 до 14	від 14 до 16	від 16 до 18	від 18 до 21	від 21 до 24
D_n/D'_n	18/22	20/24	22/26	25/30	28/32

Загальну висоту цих пуансонів приймають із ряду значень, аналогічного наведеному в табл. 2.17.

За необхідності застосовують пуансони з подовженою робочою частиною, форма яких аналогічна зображеній на рис. 2.11 б.

Пуансони з конічним фланцем (див. рис. 2.11 в) виготовляють за такими розмірами, мм:

d_n	від 1,0 до 1,5	від 1,5 до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,5	від 3,5 до 4,5
D_n	2,0	2,5	3,2	4,0	5,0
d_n	від 4,5 до 5,5	від 5,5 до 7,0	від 7,0 до 9,0	від 9,0 до 11	від 11 до 13
D_n	6,3	8,0	10	12	14
d_n	від 13 до 15	від 15 до 17	від 17 до 19	від 19 до 21	від 21 до 24
D_n	16	18	20	22	25

При цьому діаметр D'_n фланця пуансона визначають залежно від d_n , мм:

d_n	від 1 до 7	від 7 до 13	від 13 до 17	від 17 до 21	від 21 до 24
D'_n	$D_n + 1$	$D_n + 1,5$	$D_n + 2$	$D_n + 2,5$	$D_n + 3$

Закінчення таблиці 2.17

d_n		Значення висоти елементів пуансона при його загальній висоті H_n , мм																									
		75			80			85			90			95			100			110			125				
		h_n	h'_n	h''_n	h_n	h'_n	h''_n	h_n	h'_n	h''_n	h_n	h'_n	h''_n	h_n	h'_n	h''_n	h_n	h'_n	h''_n	h_n	h'_n	h''_n	h_n	h'_n	h''_n		
Пуансони діаметром від 1 до 24 мм (див. рис. 2.11 а)																											
від 1 до 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
» 2 » 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
» 3 » 4	14	28	6	16	32	8	16	32	8	16	32	8	20	36	8	20	36	8	20	36	8	20	36	8	20	36	
» 4 » 5	14	28	6	16	32	8	16	32	8	16	32	8	20	36	8	20	36	8	20	36	8	20	36	8	20	36	
» 5 » 7	16	28	6	18	32	8	18	32	8	20	32	8	20	36	8	20	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	
» 7 » 8	16	28	6	18	32	8	18	32	8	20	32	8	20	36	8	20	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	
» 8 » 11	20	28	6	22	32	8	22	32	8	22	32	8	25	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	
» 11 » 13	20	28	6	22	32	8	22	32	8	22	32	8	25	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	
» 13 » 15	20	28	6	22	32	8	22	32	8	22	32	8	25	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	8	25	36	
» 15 » 17	22	28	6	25	32	8	25	32	8	28	32	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	
» 17 » 19	22	28	6	25	32	8	25	32	8	28	32	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	
» 19 » 21	22	28	6	25	32	8	25	32	8	28	32	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	
» 21 » 24	22	28	6	25	32	8	25	32	8	28	32	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	8	28	36	
Пуансони діаметром від 24 до 52 мм (див. рис. 2.11 б)																											
» 24 » 26	-	32	8	-	32	8	-	32	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	40	10	-	45	10
» 26 » 30	-	32	8	-	32	8	-	32	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	40	10	-	45	10
» 30 » 34	-	32	8	-	32	8	-	32	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	40	10	-	45	10
» 34 » 38	-	32	8	-	32	8	-	32	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	40	10	-	45	10
» 38 » 44	-	32	8	-	32	8	-	32	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	40	10	-	45	10
» 44 » 48	-	32	8	-	32	8	-	32	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	40	10	-	45	10
» 48 » 52	-	32	8	-	32	8	-	32	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	36	8	-	40	10	-	45	10

Висоту фланця h''_n визначають виходячи з розмірів D_n і D'_n і кута 30° . Загальну висоту пуансона вибирають з ряду значень, наведених в табл. 2.17.

Пуансони без фланця (рис. 2.11 г) виготовляють для наступного розклепування після запресовування. Їх діаметр для посадки спряження D_n приймають аналогічно до наведеного вище для пуансонів з конічним фланцем.

Крім перерахованих пуансонів, що закріплюються в пуансоноутримувачі стаціонарно, застосовують швидкозмінні пуансони з гвинтовим кріпленням (див. рис. 2.11 д) і з кульковим кріпленням (див. рис. 2.11 е).

Рекомендується приймати такі діаметри частини для посадки спряження цих пуансонів, мм:

– з гвинтовим кріпленням

d_n	від 3 до 6	від 6 до 8	від 8 до 10	від 10 до 12	від 12 до 14
D_n	10	12	14	16	18
d_n	від 14 до 16	від 16 до 18	від 18 до 21	від 21 до 24	
D_n	20	22	25	28	

– з кульковим кріпленням

d_n	від 1,5 до 2,5	від 2,5 до 4,0	від 4,0 до 5,0	від 5,0 до 10
D_n	6,3	8,0	10	12
d_n	від 10 до 13	від 13 до 16	від 16 до 19	від 19 до 24
D_n	16	20	22	25

Загальну висоту пуансонів з гвинтовим кріпленням H_n приймають з ряду значень, наведених у табл. 2.17:

- при $d_n = 3-5$ мм – від 63 до 100 мм;
- при $d_n > 5$ мм – від 63 до 125 мм.

Висоту частини h'_n пуансона для посадки спряження приймають залежно від загальної висоти H_n , мм:

H_n	63–71	75, 80	85, 90	95, 100	110	125
h'_n	30	34	38	42	53	63

Висоту робочої частини h_n і проточування h_k приймають згідно з рекомендаціями, а за необхідності – з конструктивних міркувань.

Загальну висоту пуансонів з кульковим кріпленням також приймають із ряду значень, наведених в табл. 2.17:

- при $d_n = 1,5-5$ мм – від 56 до 67 мм;
- при $d_n > 5$ мм – від 56 до 100 мм.

Висоту частини h''_n для посадки sprяження приймають залежно від H_n , мм:

H_n	56–67	71; 75	80; 85	90; 100
h''_n	30	34	38	42

Висоту робочої частини і проточування приймають згідно з рекомендаціями, а за необхідності – з конструктивних міркувань.

Висоту частини пуансона h''_n до початку канавки приймають:

- для $h'_n = 30$ мм, $h''_n = 9,8$ мм;
- для $h'_n = 34-42$ мм, $h''_n = 12,3$ мм.

Глибину канавки b_n приймають:

- для $h'_n = 30$ мм, $b_n = 2$ мм;
- для $h'_n = 34-42$ мм, $b_n = 3$ мм.

Діаметри кульок d_k для пуансонів з кульковим кріпленням приймають: 6,35; 8; 9,5; 12,5 мм. Відповідно діаметр отвору d_δ під кульку і пружину має наступні зачення:

D_n	6,3–10	12–16	20–25
d_δ	6,5	8,2; 12,7	9,8; 12,7

Для цих пуансонів застосовують спеціальні пружини з дроту діаметром 0,7; 0,8 і 1 мм із зовнішнім діаметром відповідно 5,5; 7,0 і для діаметру 1 мм – 8,5 або 11 мм.

Для виштовхування кульки виконують паз розміром $d_n = 7,5-18,5$ мм, залежно від розміру пуансона.

Пуансони для некруглих отворів при порівняно невеликих розмірах кола, в яке вони вписуються, слід виготовляти з круглою частиною для посадки sprяження і фіксувати їх положення шляхом запресовування фланця з лисками в паз пуансонотримача (див. рис. 2.11 ж) або за допомогою шпонки (див. рис. 2.11 з). Деякі із зазначених некруглих пуансонів виготовляють за уніфікованими розмірами.

При конструюванні некруглих пуансонів необхідно враховувати ряд основних вимог. Зокрема, в міру можливості, форма перерізу пуансона по всій

довжині повинна бути однаковою. Частина пуансона для посадки, в разі його виконання з однаковим по всій довжині перерізом, повинна бути основною деталлю, по якій необхідно припасовувати отвір пуансоноутримувача. При цьому проставлення відповідних розмірів з граничними відхиленнями виконують за системою вала: як правило $\frac{N7}{h6}$, а для великих зусиль $\frac{R7}{h6}$. Якщо ж частину пуансона для посадки спряження виготовляють дещо більших розмірів, ніж робочу, то може бути застосована посадка в системі отвору $\frac{H7}{n6}$.

Некруглі пуансони малих розмірів (рис. 2.12) закріплюють у пуансоноутримувачі шляхом розклепування. Припуск a_{pk} на розклепування приймають залежно від глибини фаски b_{pk} і розмірів пуансона L_n .

- При $b_{pk} = 1$ мм: – для $L_n \leq 2$ мм, $a_{pk} = 1,7$ мм;
 – для $L_n = 2-3$ мм, $a_{pk} = 1,2$ мм;
 – для $L_n = 3-4$ мм, $a_{pk} = 0,9$ мм.

- При $b_{pk} = 1,5$ мм: – для $L_n = 4-5$ мм, $a_{pk} = 1,4$ мм;
 – для $L_n = 5-6$ мм, $a_{pk} = 1,2$ мм.

- При $b_{pk} = 2$ мм: – для $L_n = 4-5$ мм, $a_{pk} = 2,5$ мм;
 – для $L_n = 5-6$ мм, $a_{pk} = 2$ мм.

Чим більше технологічне зусилля штампування, тим більшим має бути значення b_{pk} .

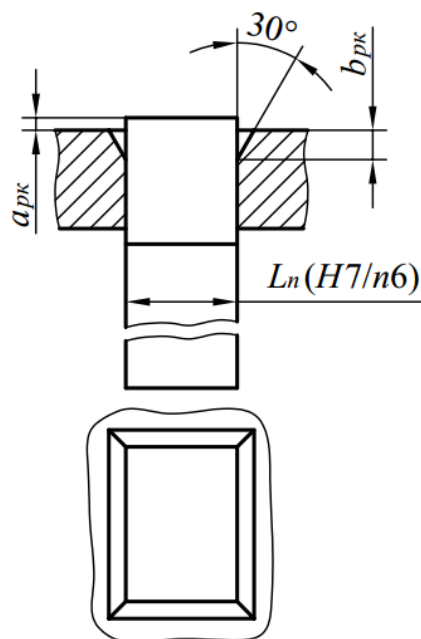


Рисунок 2.12. Припуск на розклепування пуансона

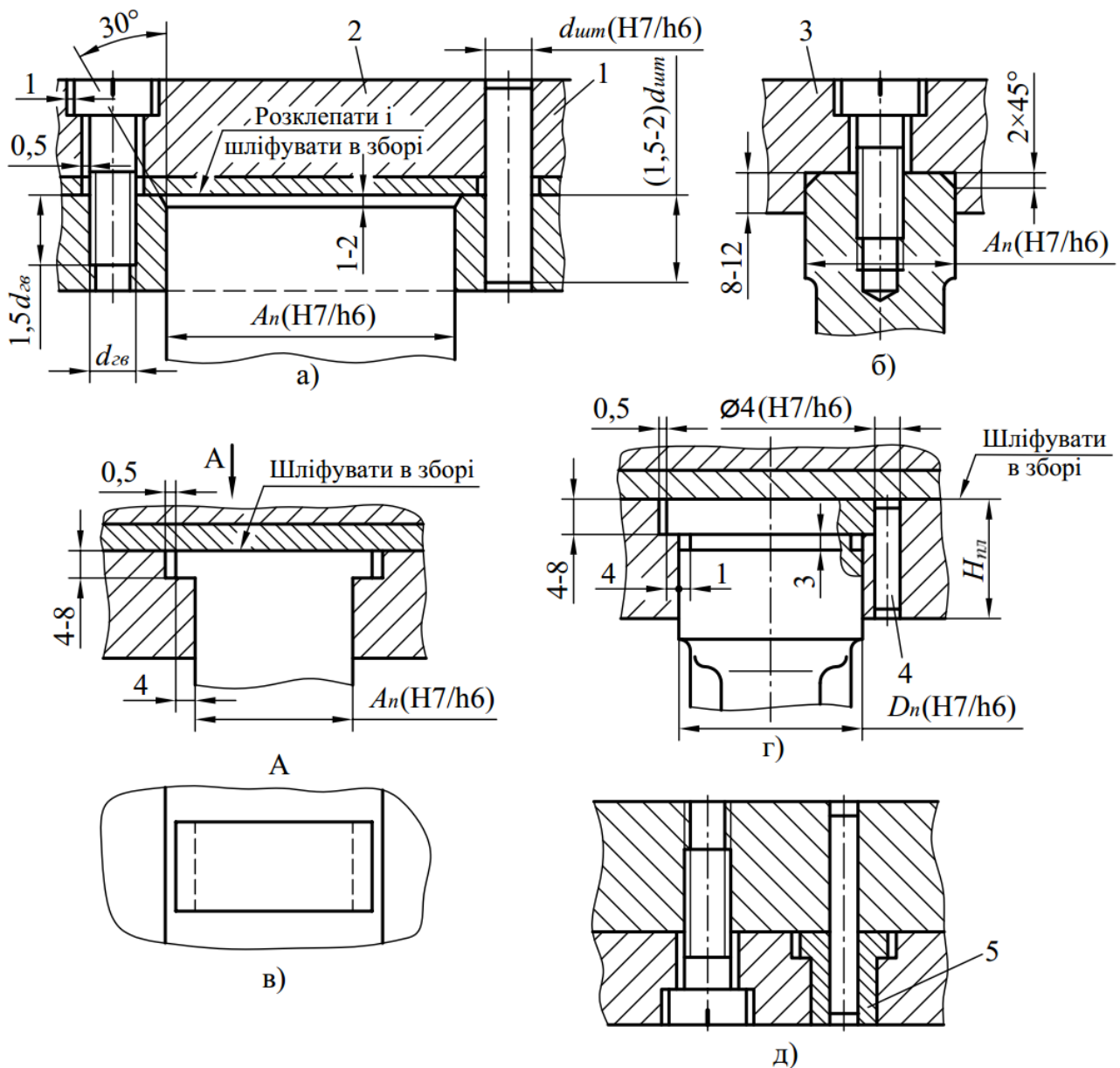


Рисунок 2.13. Способи кріплення пуансонів:

- а – в пуансоноутримувачі; б – посадкою в плиту; в – за допомогою фланця;
 г – фіксуванням круглої частини для посадки фігурного пуансона штифтом;
 д – кріпленням до плити за допомогою незагартованої пробки;
 1 – пуансоноутримувач; 2, 3 – плита верхня; 4 – штифт; 5 – пробка

Пуансони більших розмірів розчekanюють, тобто розклепують без припуску a_{pk} . Розклепування і розчekanювання застосовують для штампування металу товщиною до 4 мм. Найпоширеніші способи кріплення пуансонів зображено на рис. 2.13.

Якщо конструкція штампа дозволяє, то для кріплення матриць і пуансонів слід застосовувати державки різних конструкцій та підкладні плитки, конструкції та розміри яких теж уніфіковані.

На уніфіковані конструкцію і розміри пуансонів, матриць, державок та підкладних плиток розроблені відповідні технічні умови.

Пуансони великих розмірів і складних форм, як і матриці, можуть виготовлятися збірними з окремих секцій, посаджених в обойму або прикріплених до верхньої плити штампа. При цьому розміри і розташування отворів під гвинти і штифти визначають за даними таблиць, наведених вище для матриць.

Пуансони слід перевіряти на зминання поверхні підкладної плитки, що контактує з опорною поверхнею головки пуансона, а також на стискування й поздовжній згин самого пуансона в його найменшому січенні. Напруження зминання $\sigma_{зм}$ (МПа) поверхні головки пуансона визначають за формулою [2]

$$\sigma_{зм} = P/F_{гол}, \quad (2.43)$$

де P – технологічне зусилля штампування, яке сприймає пуансон, Н;

$F_{гол}$ – площа поверхні його головки, мм²;

$\sigma_{зм} = 300\text{--}400$ МПа.

Якщо $\sigma_{зм} > 100$ МПа, то пуансон слід виконувати з упором головкою у сталеву загартовану підкладну плитку.

Перевірку на стискування пуансона проводять з урахуванням поздовжнього згину в такій послідовності.

Спочатку визначають коефіцієнт ϕ зниження допустимого напруження $\sigma_{ст}$, що залежить від умовної гнучкості пуансона і враховує можливу втрату стійкості пуансона (його поздовжній згин). Для пуансонів круглого перерізу цей коефіцієнт залежить від параметра

$$\mu = 2,8(h_n/d_n), \quad (2.44)$$

де h_n – довжина робочої частини пуансона (див. рис. 2.11 а);

d_n – діаметр (за найменшим перерізом) робочої частини пуансона.

μ	до 4	від 4 до 8	від 8 до 12	від 12 до 16	від 16 до 23	від 23 до 30
ϕ	1,0	0,8	0,75	0,72	0,65	0,6

Для пуансонів некруглого перерізу μ визначають за формулою

$$\mu = \frac{0,7h_n\sqrt{F_{роб}}}{\sqrt{I}}, \quad (2.45)$$

де $F_{роб}$ – площа перерізу робочої частини пуансона, мм²;

I – мінімальний осьовий момент інерції поперечного перерізу робочої частини пуансона, мм⁴.

Далі визначають площу контакту F_k (мм²) робочого торця пуансона з матеріалом, який штампують. Якщо діаметр отвору, який пробивають, співрозмірний з товщиною матеріалу, $F_k \approx F_{роб}$. Якщо ж діаметр отвору, який пробивають, більший за товщину матеріалу, площу контакту F_k слід приймати рівною площі кільцевого пояса шириною a_k (рис. 2.14).

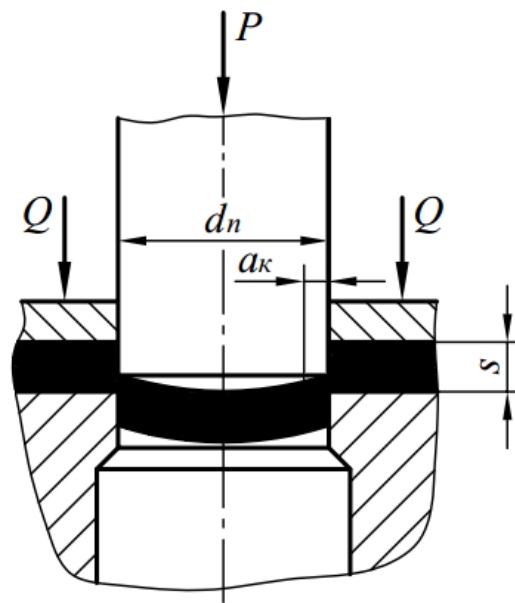


Рисунок 2.14. Схема контакту пуансона з матеріалом, який штампують

Ширина a_k кільцевого пояса залежить від відношення d_n/s , а також величини зазору й наявності нижнього притискування заготовки, яке забезпечує контакт по всій поверхні торця пуансона, при достатньому питомому зусиллі. Значення a_k визначають за табл. 2.18.

Площа кільцевого пояса

$$F_k = \pi a_k (d_n - a_k). \quad (2.46)$$

Напруження стиску σ_{cm} (МПа) визначають за формулою

$$\sigma_{cm} = \frac{P}{\phi F_k}, \quad (2.47)$$

де P – технологічне зусилля, яке сприймає пуансон, який перевіряють, Н.

Допустиме напруження на стиск для сталей У10А, У8А та інших, після гартування й відпуску приймають 1600 МПа, для сталі Х12М – 1900 МПа.

Таблиця 2.18. Дані для визначення ширини кільцевого пояска контакту пуансона з відходом при пробиванні отворів без притискування (див. рис. 2.14)

Розміри, мм

d_n/s	a_k/d_n при відносному зазорі z/s			
	0,2–0,15	0,15–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005
від 0,8 до 1,2	0,35	0,40	0,45	0,50
від 1,2 до 2,0	0,30	0,35	0,40	0,45
від 2,0 до 5,0	0,25	0,30	0,35	0,40
від 5,0 до 10,0	0,20	0,25	0,30	0,35
від 10,0 до 20,0	0,15	0,20	0,25	0,30
понад 20,0	0,10	0,15	0,20	0,25

Приклад. Визначити розміри матриці та пуансона для пробивання отвору. Вихідні дані: діаметр отвору, який пробивають, $30^{+0,13}$ мм; матеріал – сталь марки 12Х18Н9 у загартованому стані; $s = 3$ мм. Штамп сконструйований без притискування. Для забезпечення підвищеної якості поверхні зрізу деталі, яку штамнують, пуансон і матрицю штампа слід виготовити зі зниженим значенням двостороннього зазору $z = 0,015^{+0,005}$ мм (на відміну від рекомендованого в табл. 2.6 значення 0,27 мм). Оскільки $d : s = 30 : 3 = 10$, а $z : s = 0,015 : 3 = 0,005$, то коефіцієнт коригування опору зрізування (див. табл. 2.1) дорівнює 1,45. Згідно з табл. Б1, Додаток Б знаходимо $\sigma_{зр} = 1000$ МПа. Отже, для розрахунку необхідно прийняти $\sigma_{зр} = 1450$ МПа.

Необхідне технологічне зусилля штампування визначають за формулою (2.17), враховуючи, що периметр контуру вирубівання $L = \pi d$

$$P = 3,14 \cdot 30 \cdot 3 \cdot 1450 = 409770 \text{ Н} \approx 409,8 \text{ кН.}$$

Товщину матриці визначають за формулою (2.40)

$$H_m = 3 + 2\sqrt{1,57 \cdot 30} + 7 = 23,7 \text{ мм.}$$

(при $\sigma_e = 1450$ МПа приймаємо $K_m = 2$; замість $a_p + b_p$ у формулу (2.40) підставляємо $1,57d_m$).

За формулою (2.41)

$$H_m = \sqrt[3]{100 \cdot 409,8} = 34,4 \text{ мм.}$$

Заокруглюємо знайдене значення до 36 мм.

Зовнішній діаметр матриці приймаємо за табл. 2.13. Для $d_m = 36$ мм слід прийняти $D_m = 100$ мм.

За даними табл. 2.10 визначаємо, що матрицю слід кріпити гвинтами з різьбою М8 і фіксувати штифтами діаметром 8 мм. Виходячи з даних табл. 2.13, визначаємо розташування отворів для гвинтів і штифтів. Розміри отворів, що визначені за табл. 2.10, не суперечать умовам, наведеним на ескізі табл. 2.13. Остаточо приймаємо діаметр гвинтів М10 і штифтів – 8 мм (рис. 2.15 б).

За формулою (2.42) перевіряємо матрицю на розрив у небезпечному перерізі. Для цього визначаємо:

$$F = 36(100 - 32 - 2 \cdot 10,5) = 1692 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_p = \frac{0,4 \cdot 409770}{1692} = 96,9 \text{ МПа} \leq [\sigma_p].$$

Перевіримо пуансон на стиск. Конструкцію пуансона приймаємо згідно з рис. 2.15 а і вважаємо, що пуансон працює без додаткових напрямних пристроїв.

Знаходимо висоту робочої частини пуансона

$$h_n = 90 - 36 = 54 \text{ мм.}$$

За табл. 2.5 для Н11 і h11 припуск на зношування $II_3 = 0,12$ мм; $\delta_n = 0,035$ мм.

За формулою (2.29) з табл. 2.4

$$L_n = (30 + 0,12)_{-0,035} = 30,12_{-0,035} \text{ мм.}$$

Таким чином $d_n = 30,12$ мм.

З формули (2.44) отримуємо

$$\mu = 2,8 \frac{54}{30,12} = 5,02.$$

При цьому $\varphi = 0,8$ (див. вище).

За табл. 2.18 для $d_n/s = 10$ та $z/s = 0,015$ знаходимо

$$a_k = 0,30 \cdot 30,12 \approx 9,1.$$

Отже, за формулою (2.46)

$$F_k = 3,14 \cdot 9,1(30,12 - 9,1) = 600,6 \text{ мм}^2.$$

За формулою (2.47)

$$\sigma_{cm} = \frac{409770}{0,8 \cdot 600,6} = 852,8 \text{ МПа} \leq [\sigma_{cm}].$$

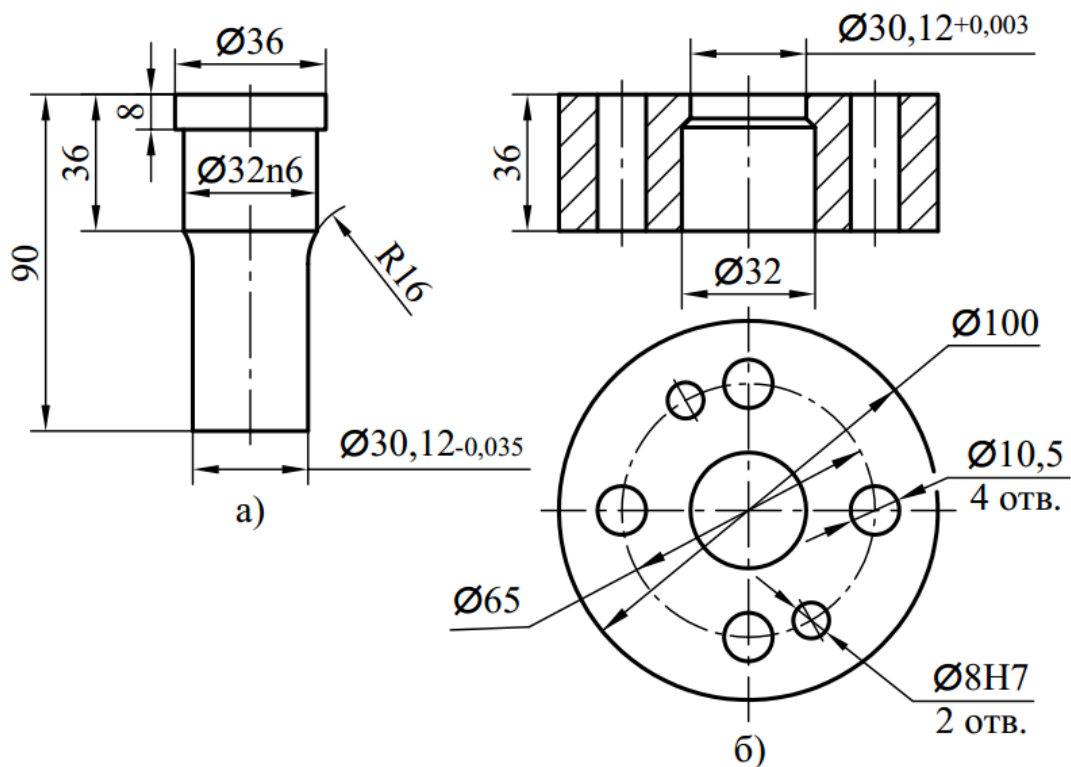


Рисунок 2.15. Пуансон (а) і матриця (б) для пробивання отвору

3. КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ ШТАМПІВ ДЛЯ РОЗДІЛЮВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

3.1. Загальні вимоги до конструкції та виготовлення штампів

Виготовлений і прийнятий в експлуатацію штамп повинен насамперед забезпечувати отримання деталей відповідно до технічної документації, безпечні умови роботи й можливість ремонту. Штамп повинен задовольняти також ряду спеціальних вимог, що зумовлюються технічними умовами.

У конструкціях штампів, що мають робочі деталі з твердих сплавів або твердосплавні вставки, повинні бути застосовані кулькові, роликові або інші напрямні вузли, що забезпечують надійність роботи штампа.

У конструкціях штампів масою понад 1000 кг (для виготовлення автомобільних кузовів, кабін тощо) необхідно передбачати можливість заміни робочих елементів, що мають підвищене зношування, без зняття штампа із преса. Пуансони й матриці повинні опиратися на загартовані підкладні плити, якщо тиск, який передається опорними поверхнями пуансонів і матриць на плити, перевищує допустиме напруження на їхнє зминання. Конструкції знімачів і притискувачів повинні забезпечувати повторне заточування різальних крайок без зняття штампа із преса. Ймовірність неправильного складання верхньої й нижньої частин штампів повинна бути виключена.

Робочі деталі штампів складної конфігурації допускається робити секційними. Довжину секцій визначають технологічними можливостями виготовлювача штампів, але не більше 300 мм. Кріплення секцій повинно виключати можливість їхнього зсуву. Секції кріплять штифтами, врізуванням у плити, збирають в обойми тощо. У місцях стику секцій зазор не допускається.

Довжина частини отворів що служить посадкою під штифти в деталях, які мають товщину більше двох діаметрів штифтів, повинна бути не більше двох діаметрів. Діаметр іншої частини отворів необхідно виконувати не менше, ніж на 1 мм більшим діаметра штифта.

У деталях, які фіксуються за допомогою циліндричних штифтів (крім штифтів із внутрішньою різьєю), де отвори під штифти не є наскрізними, необхідно передбачати різеві отвори для їх випресовування за допомогою гвинтів.

Не вказані ливарні радіуси залежно від габаритних розмірів заготовок деталей штампів повинні бути в межах від 2 до 40 мм. Не вказані формувальні нахили призначаються виготовлювачем. Допускається замість ливарних радіусів застосовувати фаски.

На необроблених поверхнях заготовок, які використовують для виготовлення деталей штампів, допускається наявність раковин й інших дефектів, що не впливають на роботу штампів, однак тріщини не допускаються.

У штампах для листового штампування рекомендовану точність деталей, які спряжуються, і шорсткість їхніх поверхонь наведено в табл. 3.1 і 3.2. Вимоги до точності блоків наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.1. Вимоги до точності виготовлення спряжуваних деталей штампів для листового штампування

Спряження	Товщина матеріалу який штампують s , мм	Характер спряження	Рекомендована посадка
1	2	3	4
Напрямна колонка в отворі втулки	до 0,5	Поздовжнє відносне переміщення без обертання	$\frac{H6}{h5}$
	від 0,5 до 3,0		$\frac{H7}{h6}$
	від 3,0 до 5,0		$\frac{H7}{h7}$
	понад 5,0		$\frac{H9}{e8}$
Гладка напрямна колонка в отворі нижньої (верхньої) плити штампа, коли напрямлювання колонки у втулці забезпечується за посадкою $\frac{H6}{h5}$	до 0,5	Нерухомі з'єднання без додаткового кріплення	$\frac{S7}{h5}$
Гладка напрямна колонка в отворі нижньої (верхньої) плити штампа, коли напрямлювання колонки у втулці забезпечується за посадками $\frac{H7}{h6}$; $\frac{H7}{h7}$ або $\frac{H9}{e8}$	понад 0,5	Нерухомі з'єднання без додаткового кріплення	$\frac{S7}{h6}$
Напрямна втулка в отворі верхньої (нижньої чи проміжної) плити	до 6,0	Нерухомі з'єднання без додаткового кріплення	$\frac{H7}{s6}$

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4
Східчаста напрямна колонка в отворі нижньої (верхньої) плити	до 6,0	Нерухомі з'єднання без додаткового кріплення	$\frac{H7}{s6}$
Пуансон (матриця, упор, фіксатор) в отворі термічно не обробленої плити (пуансонотримача, матрицетримача, державки)	до 6,0	Нерухоме з'єднання, у відповідальних випадках з додатковим кріпленням, що виключає відносне обертання (для круглих деталей) й осьове переміщення	$\frac{H7}{m6}$
Твердосплавна матриця в отворі обойми	до 6,0	Нерухоме з'єднання без додаткового кріплення	$\frac{H7}{u7}^{*1}$
			$\frac{H7}{t7}^{*2}$
Циліндричний штифт в отворі плити (матриці, матрицетримача, пуансонотримача)	до 6,0	Нерухоме з'єднання без додаткового кріплення	$\frac{H7}{n6}$
Рухома деталь в отворі нерухомої деталі штампа: – при взаємному точному centruванні (швидкозмінний пуансон у пуансонотримачі, centruючий виступ у западині тощо); – при взаємному неточному centruванні; – при взаємному вільному centruванні	до 3,0	Відносне осьове переміщення (обертання) у процесі роботи. Можливе додаткове кріплення, що забезпечує тимчасову нерухомість деталей з'єднання	$\frac{H7}{h6}$
	від 3,0 до 5,0		$\frac{H7}{f7}$
	понад 5,0		$\frac{H9}{e8}$
Дві термічно оброблені деталі, нерухомі одна відносно іншої, з яких одна охоплює іншу	будь-яка	Нерухомі з'єднання без додаткового кріплення	$\frac{H7}{k6}$
* ¹ До 24 мм і понад 40 мм. * ² Понад 24 мм і до 40 мм.			

Таблиця 3.2. Рекомендована шорсткість поверхонь деталей штампів для листового штампування*¹

Характеристика поверхонь	Приклади поверхонь деталей	<i>Ra</i> , мкм
1	2	3
Поверхні деталей, які не спряжуються з поверхнями інших деталей	Поверхні торця колонки, втулки, поверхня стержня гвинта, болта, отвору для провалювання деталей в матриці, бічні поверхні плит, поверхня торця штифта	50,0–12,5
Поверхні, що не забезпечують точних з'єднань або напрямлювання	Поверхні опорної частини головки гвинта, болта, поверхня хвостовика, що стикається з поверхнею отвору в повзуні, поверхні одноразових упорів	12,5–6,3
Торцеві й бічні поверхні, що забезпечують точні з'єднання або напрямлювання	Не робоча поверхня торця матриць і пуансонів, поверхні трафаретів, що стикаються з деталлю, поверхня торця пружин, циліндрична поверхня штифтів, поверхня, по якій здійснюється посадка фіксаторів, упорів й отворів для їхнього встановлення, поверхня напрямних отворів у знімачах	1,6–0,8
Бічні поверхні, що забезпечують особливо точні з'єднання або напрямки; опорні базові поверхні	Поверхня спряжуваних частин пуансонів, матриць, напрямних колонок і втулок; поверхні отворів для здійснення посадки пуансонів, матриць, напрямних колонок і втулок; горизонтальні поверхні плит, пуансонотримачів, матрицетримачів, неробочі плоскі поверхні пуансонів і матриць; робоча поверхня фіксаторів	0,8–0,4
Напрямні поверхні ковзання	Взаємно ковзаючі поверхні напрямних колонок і втулок	0,4–0,2
Напрямні поверхні кочення	Взаємно ковзаючі поверхні напрямних колонок і втулок	0,16–0,08

Закінчення таблиці 3.2.

1	2	3
Робочі поверхні при штампуванні сталевих деталей	Бічні й торцеві робочі поверхні пуансонів і матриць для розділювальних операцій	0,8–0,4 * ²
Робочі поверхні при штампуванні деталей з кольорових металів і неметалічних матеріалів	Бічні й торцеві робочі поверхні пуансонів і матриць для розділювальних операцій	0,2–0,1
<p>*¹ Шорсткість поверхні деталей, не включених в таблиці, визначають виходячи з їхнього призначення за аналогією з наведеними.</p> <p>*² При товщині матеріалу, який штамнують, понад 3 мм робочі поверхні матриць і пуансонів допускається виконувати із шорсткістю $Ra = 2,5-1,25$ мкм.</p>		

Таблиця 3.3. Контрольовані параметри й допустимі відхилення блоків штампів для листового штампування

Вид блоку	Відхилення від площинності баз верхньої й нижньої плит		Відхилення від перпендикулярності колонок відносно баз нижньої плити на 100 мм довжини вимірювання, мкм	Відхилення від паралельності баз верхньої й нижньої плит	
	Довжина виміру, мм	Відхилення, мкм		Довжина вимірювання, мм	Відхилення, мкм
1. З кульковими напрямними	160	10	25	160	25
	160–400	16		160–400	40
	400–1000	25		400–1000	60
2. З напрямними ковзання, які виконують за посадкою $\frac{H6}{h5}$ згідно з ДСТУ ISO 286:2010	160	16	35	160	40
	160–400	25		160–400	60
	400–1000	40		400–1000	100
3. Те саме, за посадкою $\frac{H7}{h6}$	160	25	50	160	60
	160–400	40		160–400	100
	400–1000	60		400–1000	160

Шорсткість поверхонь деталей штампів, призначених для з'єднань з допомогою клею, повинна бути не менше $Ra\ 1,25$, якщо не обумовлені особливі вимоги до клеїв і поверхонь, що склеюють. Оброблені поверхні деталей штампів не повинні мати слідів корозії, тріщин й інших механічних пошкоджень, що погіршують їхню міцність, експлуатаційні властивості й зовнішній вигляд.

Не вказані в технічній документації граничні відхилення розмірів на деталях штампів повинні відповідати для отворів – H14, для валів – h14 згідно з ДСТУ ISO 286:2010. Для радіусів заокруглень, фасок, кутів й елементів, що не відносяться до отворів і валів згідно з ДСТУ ISO 2768:2017, клас допуску – середній.

Різь метрична повинна відповідати ДСТУ ISO 261:2005. Поле допуску для зовнішньої різі 8g, для внутрішньої – 7H згідно з ДСТУ 16093:2018. На поверхнях профілю різі не допускаються викришування й зірвані витки. Шорсткість поверхні профілю різі не повинна перевищувати $Ra\ 6,3$. Розміри збігів і недорізів (недокатів) на різі – згідно з ДСТУ ISO 3508:2005 та ДСТУ ISO 4755:2007.

Відхилення від паралельності площин плит, матриць, тримачів і підкладних плит у штампах для розділювальних операцій із зазором на сторону між пуансоном і матрицею до 0,03 мм повинно відповідати шостому класу точності; при зазорах понад 0,030 мм – сьомому класу точності згідно з ДСТУ 2.308:2013 (СТ СЕВ 368-76).

Відхилення висоти штампа в закритому стані від розміру, зазначеного на кресленні, не повинно перевищувати:

- $\pm 3,0$ мм для штампів із закритою висотою до 250 мм;
- $\pm 5,0$ мм для штампів із закритою висотою від 250 до 630 мм;
- $\pm 10,0$ мм для штампів із закритою висотою понад 630 мм.

Опорні поверхні пуансонів і матриць повинні бути в одній площині з відповідною поверхнею тримача. Розбіжність опорних поверхонь не повинна перевищувати відхилень від площинності, що відповідає поверхні тримача. Втоплення пуансонів і матриць не допускається.

Якщо штамп кріпиться до преса за допомогою хвостовика, то хвостовик необхідно розміщувати так, щоб його вісь збігалася з центром тиску штампа, тобто з точкою, до якої прикладена рівнодіюча всіх сил, що діють у напрямку, паралельному осі хвостовика. Якщо штамп кріпиться без хвостовика, його встановлення на прес повинно бути виконане таким чином, щоб центр тиску штампа збігався з вертикальною віссю преса (див. п. 2.1).

Напрямні вузли рекомендують розміщувати симетрично відносно центра тиску штампа.

3.2. Види та класифікація конструктивних елементів штампів для листового штампування

Штамп – це технологічне оснащення, за допомогою якого заготовка набуває форму і (або) розміри, що відповідають поверхні або контуру робочих елементів штампа. Іншими словами штамп – це інструмент для виготовлення виробів та заготовок методом штампування [1].

Будь-який штамп, незалежно від конструкції, має рухому й нерухому частини, а заготовка, що штампується, розташовується між ними. При вертикальному компонуванні застосованого штампувального обладнання нерухома частина, як правило, є нижньою, а рухома – верхньою.

Нижня частина штампа – це, як правило, нерухома частина штампа, що прикріплюється до нижнього робочого органу ковальсько-пресової машини.

Верхня частина штампа – це, як правило, рухома частина штампа, що прикріплюється до верхнього робочого органу ковальсько-пресової машини.

Основні деталі або вузли штампа, які виконують розділювальні операції в процесі листового штампування, називають **робочими елементами штампа**.

Всі деталі штампів можуть бути поділені на дві основні групи [17]:

– деталі технологічного призначення (робочі елементи штампа), які безпосередньо беруть участь у виконанні технологічної операції, яку виконують на даному штампі, та знаходяться у взаємодії з матеріалом заготовки або виробом;

– деталі конструктивного характеру, котрі мають монтажно-складальне призначення в конструкції штампа.

Основними вузлами штампів є комплекти верхніх і нижніх частин з напрямними пристроями, так звані блоки і пакети.

Блоки – це комплекти верхніх і нижніх частин штампів, зв'язаних напрямними пристроями (колонки, планки, циліндри). Блоки, в свою чергу, поділяються на індивідуальні, призначені для окремих штампів, й універсальні або групові, призначені для встановлення різних змінних пакетів штампів.

Пакети – це верхні та нижні комплекти штампів з пуансонотримачами, заготовками матриць і знімачами, зазвичай без спеціальних напрямних пристроїв або з направленням пуансона по плиті знімача.

Пакети застосовують для встановлення на стандартних блоках з напрямними колонками, а також в якості знімних пакетних штампів на групових універсальних блоках.

3.2.1. Конструктивні особливості блоків і пакетів штампів

1. Блок штампа – це вузол штампа, що призначений для кріплення пакета штампа і (або) суміщення робочих елементів при штампуванні (рис. 3.1).

Блок штампа призначений для експлуатації зі змінними пакетами штампа, називають універсальним блоком штампа.

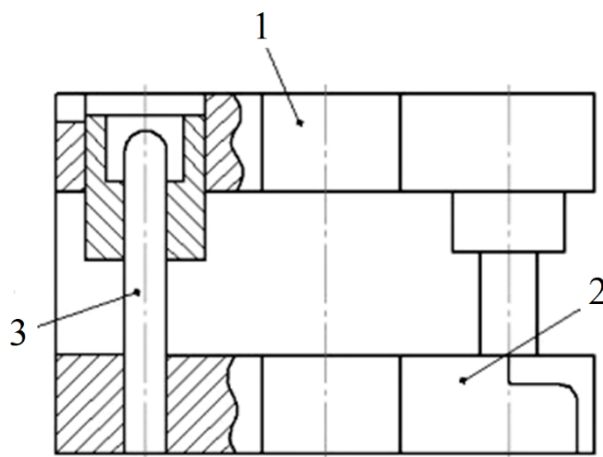


Рисунок 3.1. Загальний вигляд блока штампа:

1 – верхня плита штампа; 2 – нижня плита штампа; 3 – напрямна колонка

2. Блок штампа з діаметральним розміщенням напрямних вузлів (рис. 3.2).

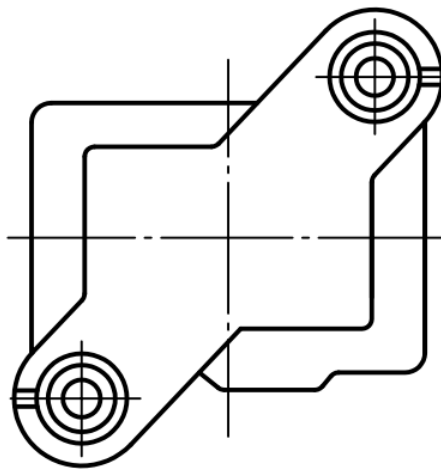


Рисунок 3.2. Загальний вигляд блока штампа з діаметральним розміщенням напрямних вузлів

3. Блок штамп з осьовим розміщенням напрямних вузлів (рис. 3.3).

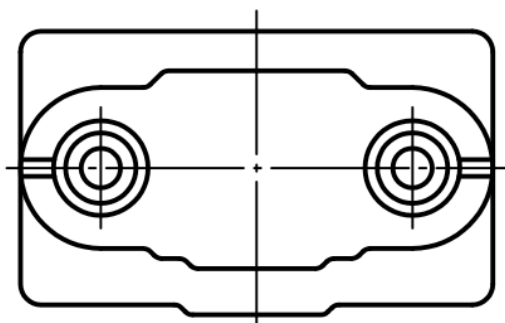


Рисунок 3.3. Загальний вигляд блока штамп з осьовим розміщенням напрямних вузлів

4. Блок штамп з заднім розміщенням напрямних вузлів (рис. 3.4).

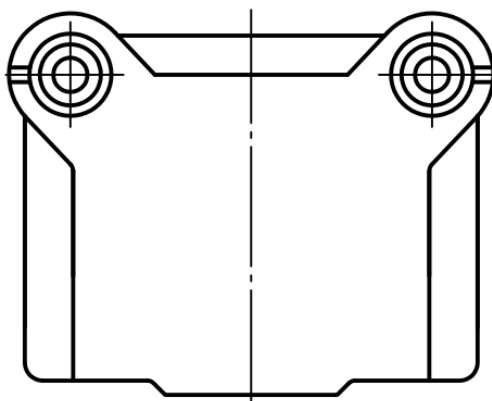


Рисунок 3.4. Загальний вигляд блока штамп зі заднім розміщенням напрямних вузлів

5. Блок штамп з чотирма напрямними вузлами (рис. 3.5).

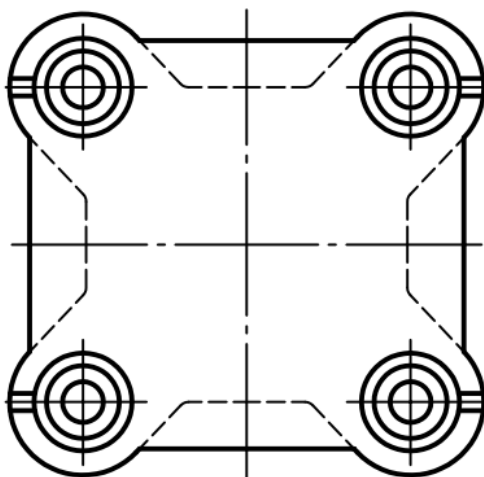


Рисунок 3.5. Загальний вигляд блока штамп з чотирма напрямними вузлами

6. Пакет штампа – це вузол для фіксації та (або) кріплення робочих елементів штампа, який закріплюють у блоці штампа (рис. 3.6).

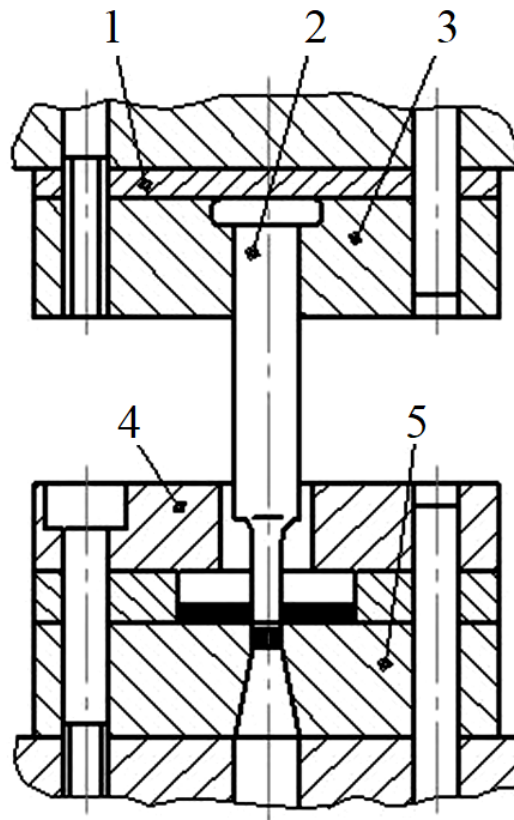


Рисунок 3.6. Загальний вигляд пакета штампа:
1 – підкладна плитка; 2 – пуансон; 3 – пуансонотримач;
4 – знімач; 5 – матриця

Пакет штампа зі змінними робочими елементами – це вузол для фіксації та (або) кріплення змінних робочих елементів штампа, який закріплюють у блоці штампа.

3.2.2. Напрявні вузли штампів

Напрявний вузол штампа – це вузол, який служить для суміщення частин штампа при їх переміщенні один відносно одного.

Циліндричний напрямний вузол штампа – це напрямний вузол штампа, що має циліндричну напрямну поверхню.

1. Циліндричний напрямний вузол ковзання штампа зображений на рис. 3.7.

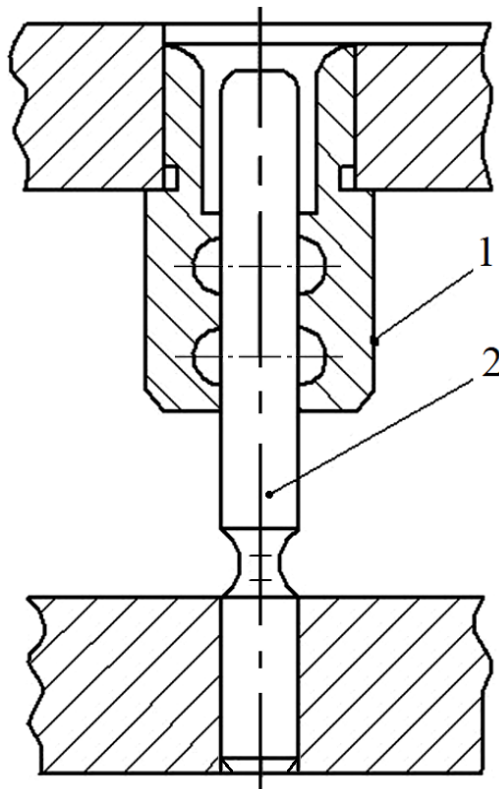


Рисунок 3.7. Загальний вигляд циліндричного напрямного вузла ковзання штампа:
1 – напрямна втулка; 2 – напрямна колонка

2. Циліндричний напрямний вузол кочення штампа (рис. 3.8).

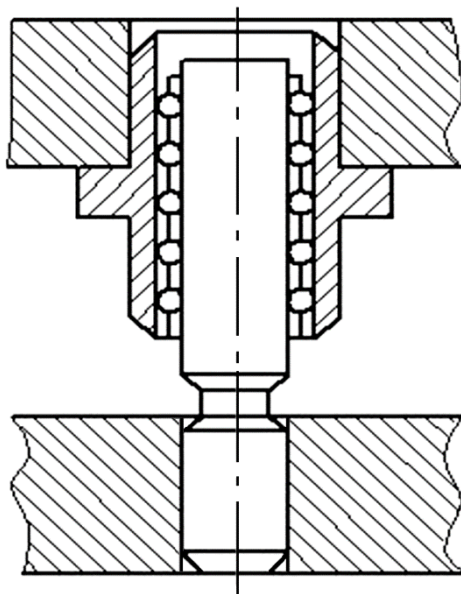


Рисунок 3.8. Загальний вигляд циліндричного напрямного вузла кочення
штампа

Напрямний вузол штампа, що має одну або кілька плоских напрямних поверхонь, називають плоским напрямним вузлом штампа.

3.2.3. Конструктивні елементи штампів

1. Клин штампа – це деталь, що слугує для зміни напрямку дії технологічного зусилля (рис. 3.9, поз. 1).

2. Повзун штампа – це деталь, що приймає зусилля від клину й передає його іншим деталям штампа (рис. 3.9, поз. 2).

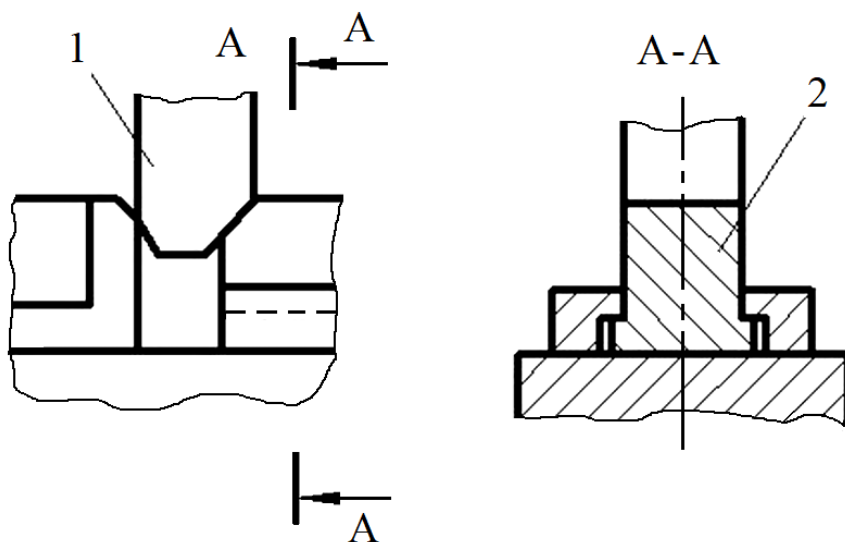


Рисунок 3.9. Загальний вигляд клина і повзуна штампа:

1 – клин; 2 – повзун

3. Верхня плита штампа – деталь, що прикріплюється до верхнього робочого органу ковальсько-пресової машини (рис. 3.1, поз. 1).

4. Нижня плита штампа – деталь, що прикріплюється до нижнього робочого органу ковальсько-пресової машини (рис. 3.1, поз. 2).

5. Напрямна втулка штампа – деталь циліндричного напрямного вузла штампа, що має внутрішню напрямну поверхню (рис. 3.7, поз. 1).

6. Напрямна колонка штампа – деталь циліндричного напрямного вузла штампа, що має зовнішню напрямну поверхню (рис. 3.7, поз. 2).

7. Хвостовик штампа – деталь штампа для центрування і (або) кріплення верхньої частини штампа до повзуна преса (рис. 3.10).

8. Матриця штампа – робочий елемент штампа, що охоплює матеріал і (або) є нерухомим (рис. 3.6, поз. 5).

9. Секційна матриця штампа – така конструкція матриці штампа, яка складається з окремих секцій (рис. 3.11).

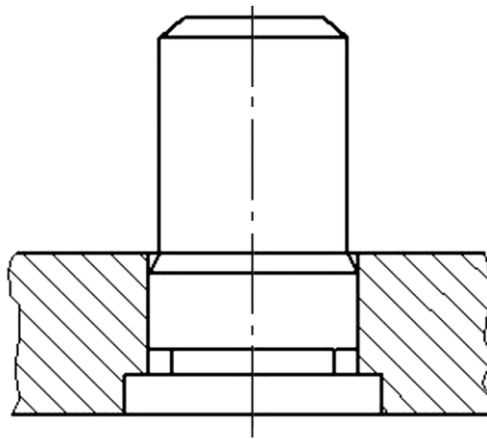


Рисунок 3.10. Загальний вигляд хвостовика штампа

10. Вставка штампа – змінна частина робочого елемента штампа (рис. 3.11, поз. 1).

11. Секція матриці штампа – частина матриці штампа, що утворює у поєднанні з іншими секціями робочий контур матриці (рис. 3.11, поз. 2).

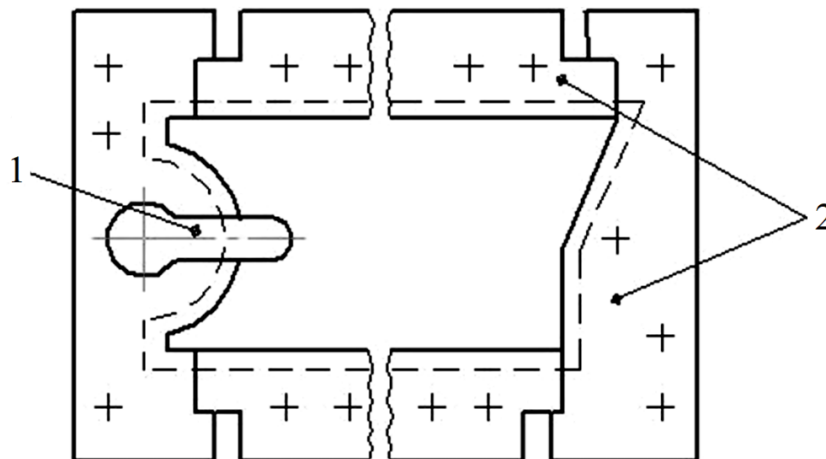


Рисунок 3.11. Загальний вигляд секційної матриці штампа:

1 – вставка штампа; 2 – секції матриці

12. Пуансон штампа – робочий елемент штампа, що в процесі штампування охоплюється матеріалом, який штампують, і (або) є рухомих (рис. 3.6, поз. 2).

13. Секційний пуансон штампа – така конструкція пуансона штампа, який складається з окремих секцій (рис. 3.12).

14. Секція пуансона штампа – частина пуансона штампа, що утворює у поєднанні з іншими секціями пуансона робочий контур пуансона (рис. 3.12, поз. 2).

Робочий елемент штампа, що має ознаки пуансона і матриці штампа, називають пуансон-матриця штампа.

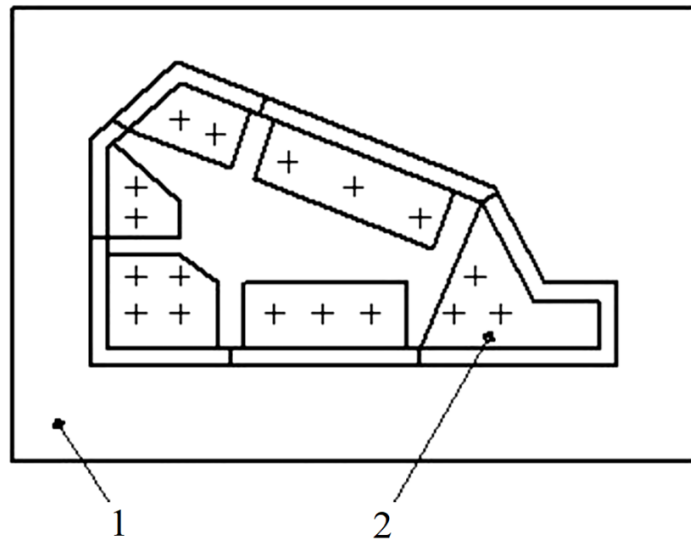


Рисунок 3.12. Загальний вигляд секційного пуансона штампа:
1 – обойма штампа; 2 – секція пуансона

15. Пуансонотримач штампа – деталь штампа, призначена для центрування та кріплення пуансона і (або) пуансон-матриці штампа (рис. 3.6, поз. 3).

16. Матрицетримач штампа – деталь штампа, призначена для центрування та кріплення матриці штампа (рис. 3.13, поз. 1).

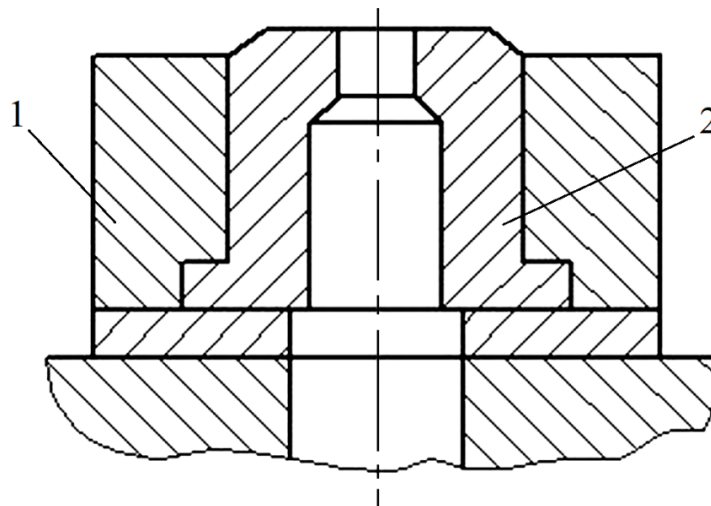


Рисунок 3.13. Загальний вигляд матрицетримача в зборі:
1 – матрицетримач; 2 – матриця

17. Обойма штампа – деталь штампа для взаємної фіксації секцій матриці, пуансона або пуансон-матриці (рис. 3.12, поз. 1).

18. Підкладна плитка штампа – деталь штампа для запобігання деформації верхньої та (або) нижньої плит штампа під дією пуансона (матриці) (рис. 3.6, поз. 1).

19. Напрямна планка штампа – деталь штампа, призначена для направлення заготовки в штампі (рис. 3.14, поз 1).

20. Опорна планка штампа – деталь штампа, що оберігає смугу або стрічку від вигину при подачі її в робочу зону штампа (рис. 3.14, поз. 2).

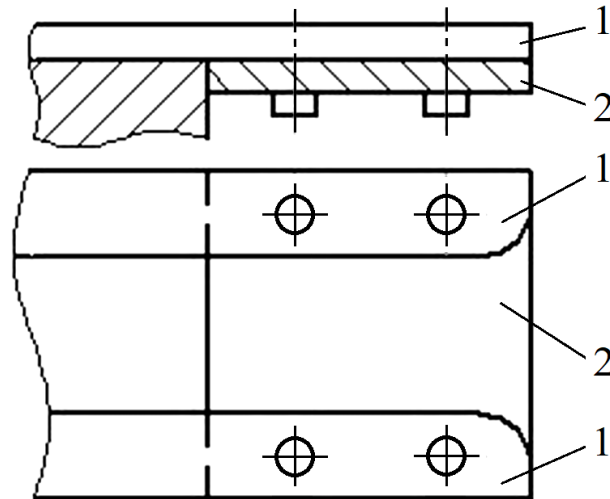


Рисунок 3.14. Схема встановлення напрямних і опорної планок штампа:

1 – напрямні планки; 2 – опорна планка

21. Кроковий ніж штампа – пуансон штампа, що забезпечує покрокову точність подачі заготовок у вигляді смуги або стрічки (рис. 3.15, поз. 1).

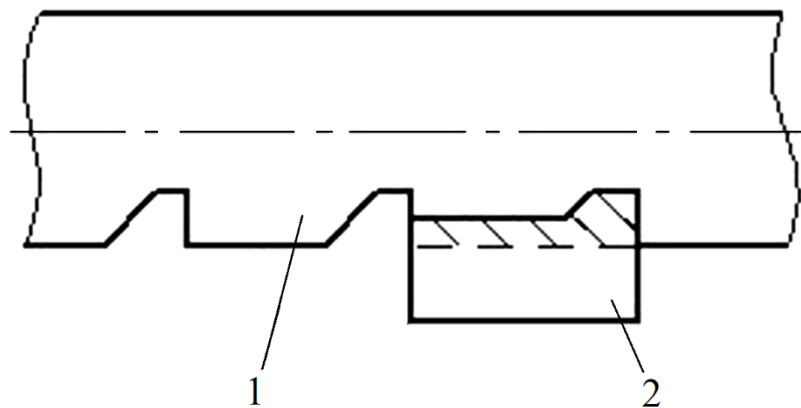


Рисунок 3.15. Схема розміщення крокового ножа:

1 – заготовка; 2 – кроковий ніж

22. Трафарет штампа – деталь штампа, що служить для орієнтації по контуру штучних заготовок в штампі (рис. 3.16, поз. 1).

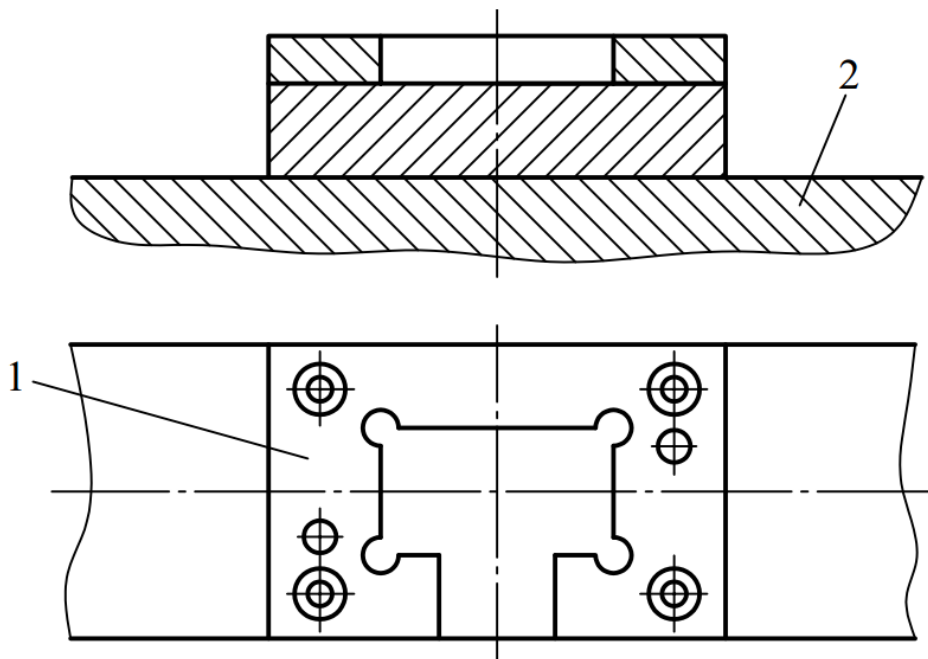


Рисунок 3.16. Схема встановлення трафарета штампа:

1 – трафарет штампа; 2 – плита

24. Упор штампа – деталь штампа, що служить для обмеження подачі заготовки в штампі (рис. 3.17, поз 1).

23. Фіксатор штампа – деталь штампа, призначена для центрування в штампі заготовки по її отворах (рис. 3.17, поз 2).

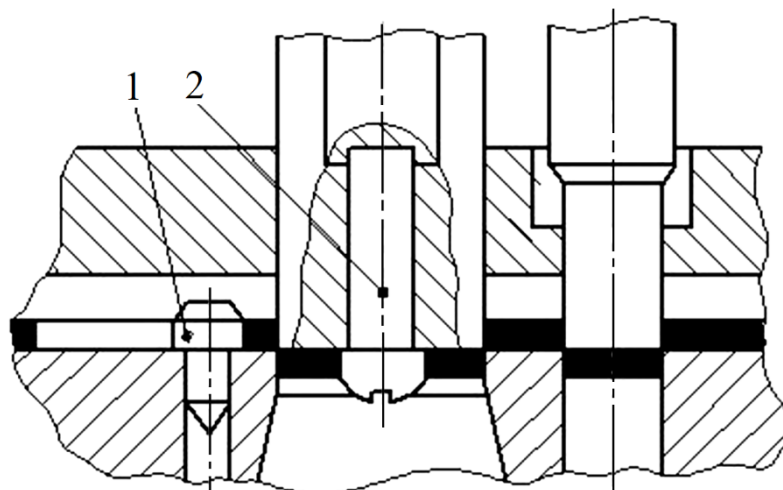


Рисунок 3.17. Принцип дії штампа, оснащеного фіксатором і упором:

1 – упор; 2 – фіксатор

25. Притискувач штампа – деталь штампа, призначена для притискування заготовки, яку штампують, до робочих і (або) базових поверхонь (рис. 3.18 а і б, поз. 1, 2).

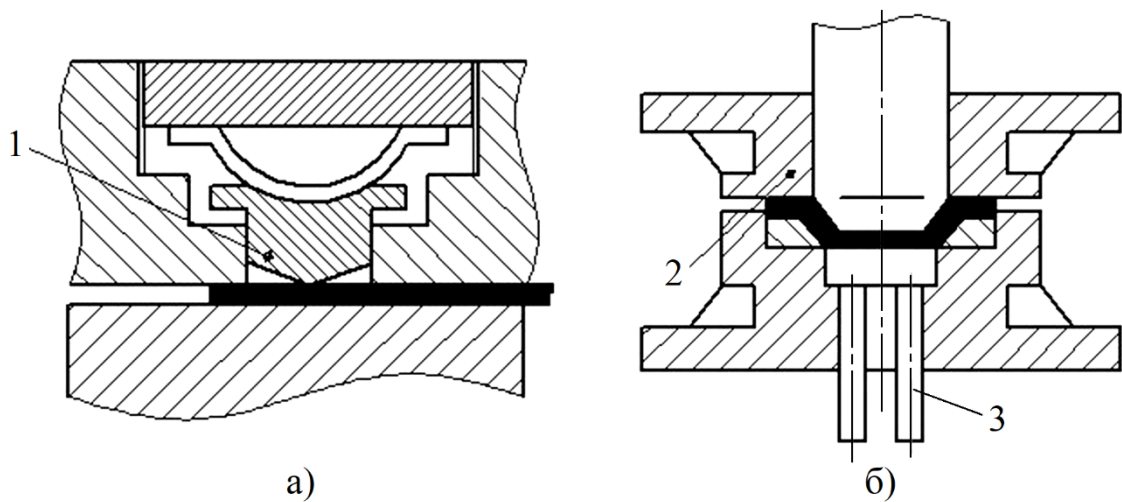


Рисунок 3.18. Принцип дії штампа, оснащеного притискувачем:
 а – для розділювальних операцій; б – для формозмінних операцій;
 1 – притискувач пружинного типу; 2 – притискувач механічний; 3 – виштовхувач

26. Знімач штампа – деталь штампа призначена для знімання виробу або відходу з пуансона або пуансон-матриці штампа (рис. 3.6, поз. 4).

27. Виштовхувач штампа – деталь штампа, призначена для виштовхування виробу чи відходу з порожнини матриці або пуансон-матриці штампа.

28. Траверса штампа – деталь штампа, призначена для розподілу та передавання зусилля штовхачам штампа (рис. 3.19, поз. 1).

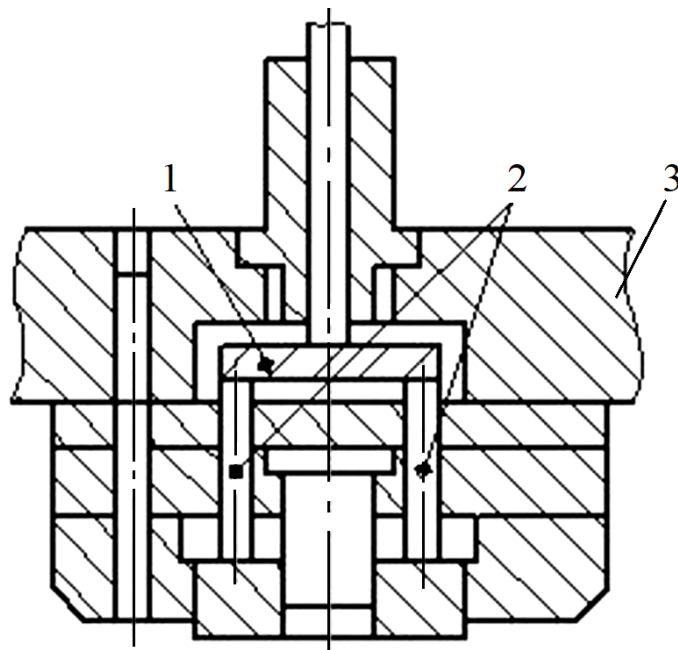


Рисунок 3.19. Загальний вигляд вузла виштовхування штампа:
 1 – траверса; 2 – штовхачі штампа; 3 – плита нижня

29. Штовхач штампа – деталь штампа, що служить для передавання зусилля виконавчому механізму штампа, призначеного для забезпечення виштовхування та (або) знімання виробу чи відходу (рис 3.19, поз. 2).

30. Буфер штампа – пружний елемент або вузол штампа з пружним елементом, що забезпечує необхідне зусилля для притискування і (або) виштовхування деталі, яку штампують, або заготовки (рис. 3.20).

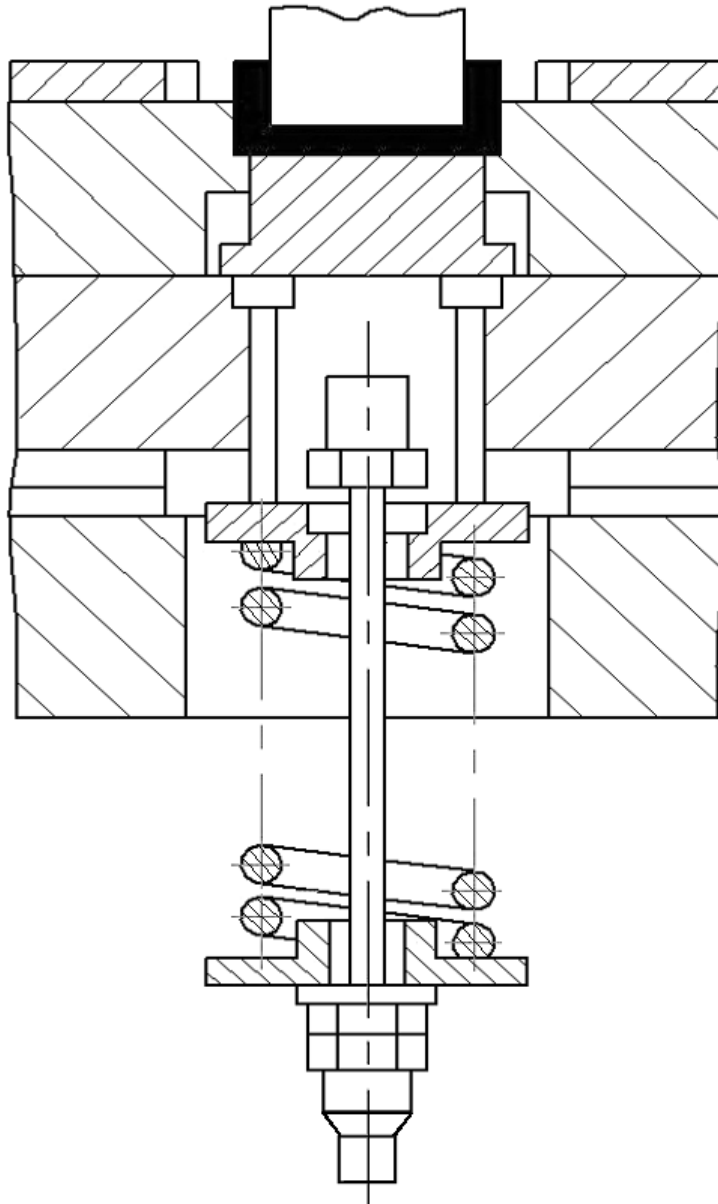


Рисунок 3.20. Загальний вигляд буфера штампа

31. Противідтискувач штампа – деталь штампа, що служить для захисту іншої деталі або частини штампа від зміщення або згину в процесі штампування (рис. 3.21, поз 1).

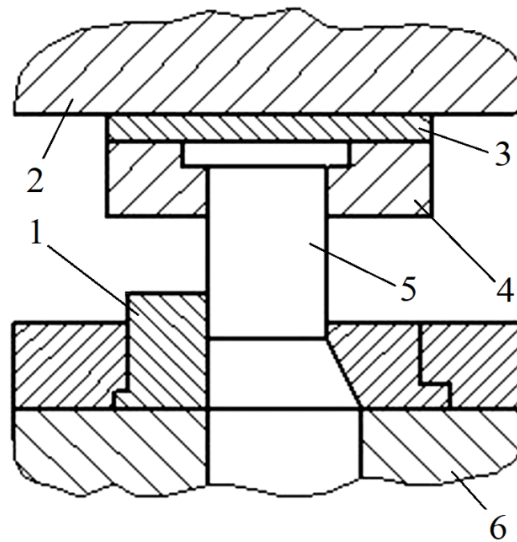


Рисунок 3.21. Схема встановлення протидітискувача штампа:
 1 – протидітискувач; 2 – плита верхня; 3 – підкладна плитка; 4 –
 пуансонотримач; 5 – пуансон; 6 – плита нижня

32. Обмежувач штампа – деталь штампа, що служить для обмеження ходу рухомої частини штампа (рис. 3.22, поз 4).

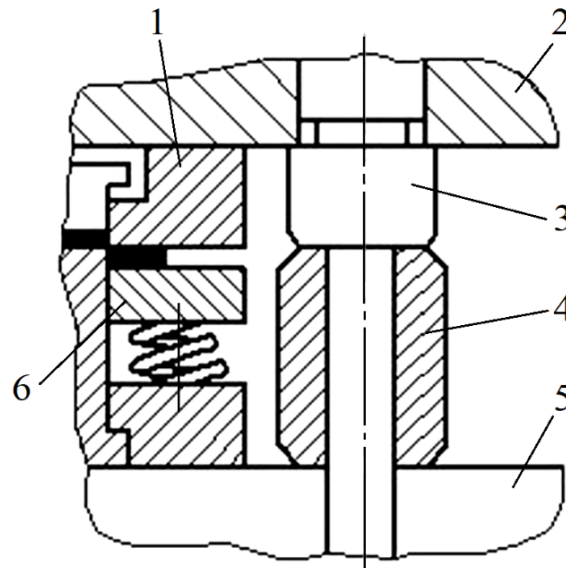


Рисунок 3.22. Схема встановлення обмежувача штампа:
 1 – пуансон; 2 – плита верхня; 3 – штифт; 4 – обмежувач; 5 – плита нижня;
 6 – виштовхувач

33. Відлиплювач штампа – деталь або вузол штампа, призначений для запобігання прилипанню деталей, які штампують, чи відходу (рис. 3.23).

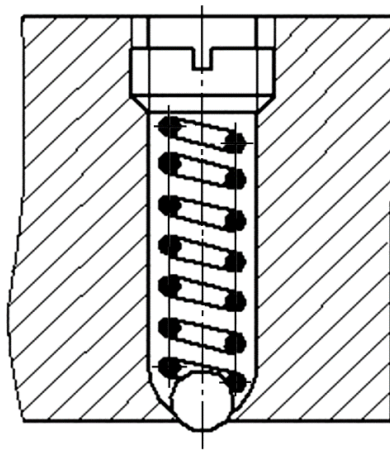


Рисунок 3.23. Загальний вигляд відлиплювача штампа

34. Скидувач штампа – деталь або вузол штампа, призначений для видалення деталі, яку штамнують, або заготовки та/або відходу із зони штампування.

35. Перетяжне ребро – деталь штампа, що служить для створення зусилля гальмування листової заготовки при втягуванні її в матрицю штампа при витягуванні деталі (рис. 3.24, поз. 3).

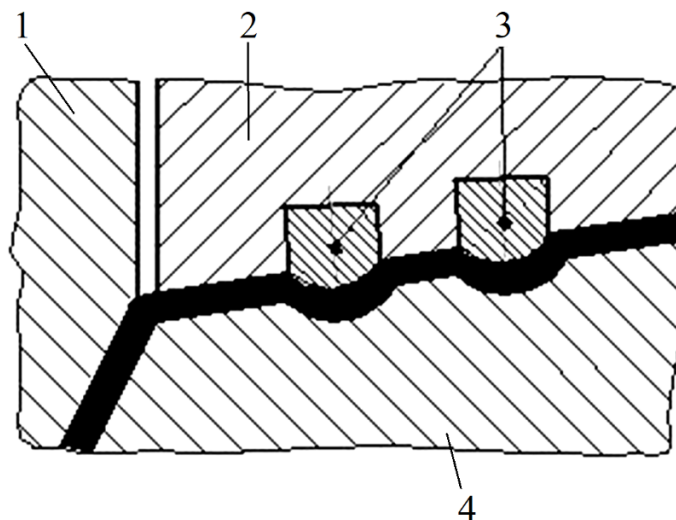


Рисунок 3.24. Схема встановлення перетяжних ребер штампа:

1 – пуансон; 2 – притискувач; 3 – перетяжні ребра; 4 – матриця

36. Перетяжний поріг штампа – частина або окремий елемент матриці штампа, який розташований на її витяжній крайці і призначений для посилення гальмування листової заготовки при її втягуванні в матрицю при витягуванні деталі.

37. Штампувальний поясок – частина робочого елемента штампа, яка безпосередньо виконує розділювання або формоутворення заготовки.

38. Штампувальний облой – заздалегідь передбачений технологічний надлишок металу, витіснений за межі штампувального пояска.

39. Облойна канавка штампа – частина робочого елемента штампа, призначена для розміщення облою.

40. Штампувальний заусениць – непередбачена заздалегідь крайка, яка утворилася на деталі в результаті штампування.

3.3. Розміщення основних елементів штампа в його робочій зоні

При конструюванні штампів простої та суміщеної дії координати окремих пуансонів і матриць (елементів матриці), а також інших деталей, розміщених у робочій зоні (в зоні, яка безпосередньо прилягає до робочих деталей – пуансонів і матриць) штампа і забезпечують задане розташування початкової заготовки відносно матриці, визначають тільки залежно від розташування відповідних конструктивних елементів деталі, яку штампують.

При конструюванні штампів послідовної дії вказані значення координат визначають з урахуванням ряду додаткових умов залежно від поєднання засобів, які застосовують для забезпечення крокової подачі та фіксації початкової заготовки.

В усіх випадках проставлення на кресленні розмірів зазначених координат слід виконувати, зберігаючи незмінними номінальні значення міжосьових відстаней так, аби будь-які відхилення виконавчих розмірів матриць, пуансонів та інших деталей штампа відносно їх номінальних значень не впливали на відстані між цими деталями.

На рис. 3.25 а наведено приклад деталі, яку виготовляють штампуванням у штампі послідовної дії, а на рис. 3.25 б і в – можливі схеми розкрою смуги. Очевидно, що номінальне значення кроку штампування $t = L_{\delta} + b$. Допуск δ_t на крок штампування приймають рівним половині допуску на розмір l . В інших випадках допуск на крок штампування встановлюють аналогічно, виходячи з конкретних вимог точності відносного розташування елементів деталі, яку штампують, що залежить від кроку штампування.

Перша схема штампа, який забезпечує штампування вказаної деталі, зображена на рис. 1.11, розділ 1. Крок штампування забезпечується одноразовим упором 10, грибковим упором 7 і фіксатором 8.

Для першого ходу штампа початкова смуга подається до одноразового упору 10, який для цього випадку висувається натискуванням пальця у напрямку стрілки на таку відстань, щоб пуансон 4 при ходові вниз не зрізав його. Для того, щоб при першому ходові цей пуансон не відрізав крайку смуги, одноразовий упор 10 розміщують так, щоб його передня грань відступала від крайки матриці

на 0,1–0,2 мм. Для цього відстань a_y від осі отвору в матриці до одноразового упору повинна бути

$$a_y = \left(\frac{L_n}{2} + b - l - 0,2 \right)^{+0,1}, \quad (3.1)$$

де L_n – номінальне значення розміру L_∂ деталі, яку штамнують.

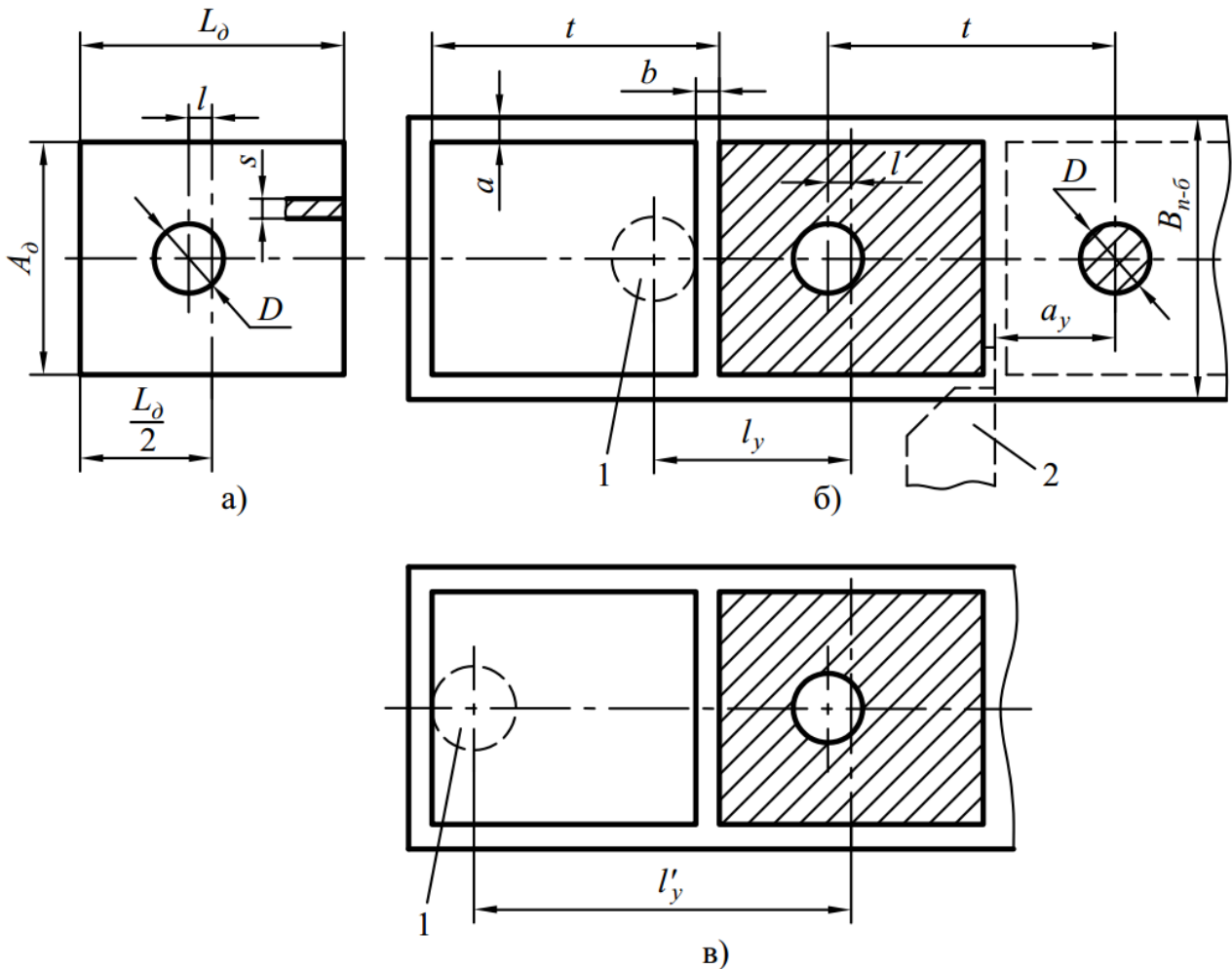


Рисунок 3.25. Приклад деталі, яку виготовляють штампуванням у штампі послідовної дії та можливі схеми розкрою смуги:
 а – ескіз деталі; б і в – приклади розкрою смуги;
 1 – грибоквий упор; 2 – одноразовий упор

При $l = 0$

$$a_y = \left(\frac{L_n}{2} + b - 0,2 \right)^{+0,1}.$$

При першому ходові пуансоном 9 у смузі пробивають отвір діаметром D . Одноразовий упор повертається у початкове розташування і смугу проштовхують вперед до грибкового упору 7. Останній повинен розміщуватися на такій відстані l_y від осі отвору 6 матриці, щоб при ходові пуансона 4 фіксатор 8 увійшов в пробитий в смузі отвір D і на 0,1–0,2 мм повернув смугу до одноразового упору. В іншому випадку може відбутися зминання перемички b або пошкодження упору 7. З цією метою відстань між осями отворів у матриці та упору повинна дорівнювати

$$l_y = \left(\frac{L_n}{2} + \frac{d_y}{2} + b - 0,2 \right)_{-0,1} . \quad (3.2)$$

Фіксатор 8 розміщують на відстані l від осі b пуансона 5 з допуском, який рівний половині допуску на розмір l деталі, яку штампують.

У результаті зазначеного коригування розмірів поперечна перемичка виявиться дещо вужчою від номінальної. Якщо ж це неприпустимо, то слід відповідно (на 0,1–0,2 мм) збільшити номінальні значення перемички.

Якщо упор 7 встановлений, як зображено на рис. 3.25 в, тоді

$$l'_y = \left(\frac{3L_n}{2} + \frac{d_y}{2} + b - 0,2 \right)^{+0,1} . \quad (3.3)$$

Якщо фіксатор відсутній, то у формулах (3.2) і (3.3) слід виключити віднімання величини 0,2 мм.

Діаметр фіксатора

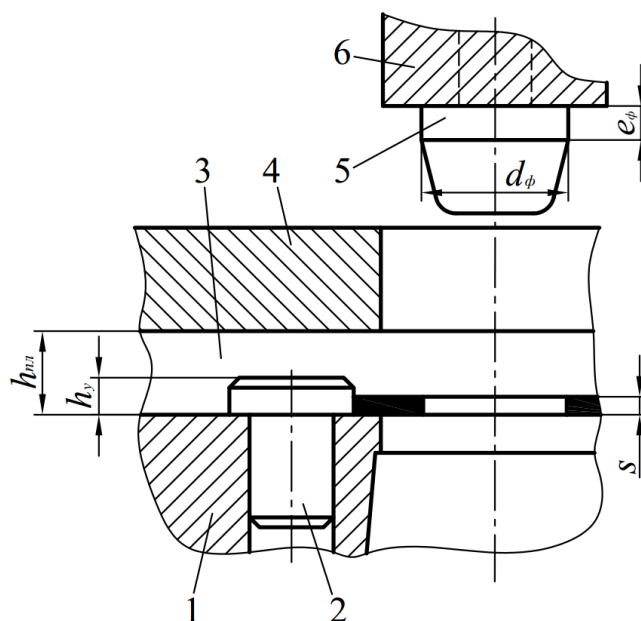
$$d_\phi = (d_n - \delta_n) \frac{\delta_n}{2} , \quad (3.4)$$

де d_n – номінальне значення виконавчого розміру відповідного пуансона для пробивання отвору (див. формули табл. 2.4, розділ 2, в яких цей розмір позначений для загального випадку L_n , а також рис. 1.11, розділ 1);

δ_n – допуск на розмір пуансона (див. табл. 2.5 і 2.7, розділ 2).

Розміри h_{nl} і h_y (див. рис. 1.11, розділ 1) приймають за табл. 3.4. Висоту пояса фіксатора e_ϕ і його конусної частини приймають залежно від товщини матеріалу, який штампують, і діаметра d_ϕ (див. нижче).

Таблиця 3.4. Висота грибкового упору і товщина напрямних планок



Товщина матеріалу s , мм	h_y	h_{nl} (поле допуску $h10$)		
		за наявності упору і довжини напрямних планок		за наявності крокових ножів
		до 200 мм	понад 200 мм	
до 1	2	4	8	4
від 1 до 2	3	8	12	4
від 2 до 3	3	10	14	6
від 3 до 4	4	12	16	6
від 4 до 6	6	16	20	8
від 6 до 8	8	20	24	—
від 8 до 10	10	20	26	—
від 10 до 12	10	26	30	—
від 12 до 16	14	30	34	—

Примітки:

1. Позначення: 1 – матриця; 2 – грибковий упор; 3 – напрямна планка; 4 – знімач; 5 – фіксатор; 6 – пуансон; див. також позначення на рис. 1.11, розділу 1 і рис. 3.26.

2. Конструкція і розміри грибкового упору наведені в Додатку А, табл. 3. Грибковий упор можна замінити упором зі скосом, або Г-подібним упором та ін.

3. Конструкція і розміри фіксатора наведено в Додатку А, табл. 4. Крім фіксаторів стрижневих застосовують фіксатори грибкові, фіксатори стрижневі подовжені та посилені, фіксатори з різевими та східчастими отворами.

Друга схема штампування (розкрою) зображена на рис. 3.26. У штампі з кроковим ножом від початкової смуги 5 відрізають заготовку розмірами $A_{\delta} \times L_{\delta}$. Розмір

$$L_{\delta} = L_n - \Delta,$$

де L_n – номінальне значення розміру L_{δ} ;

Δ – допуск на розмір L_{δ} .

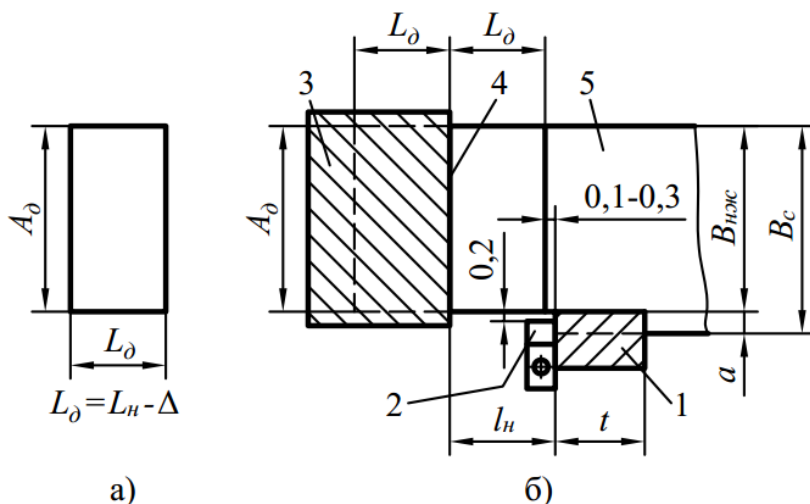


Рисунок 3.26. Схема відрізування заготовки без перемичок у штампі з кроковим ножом:

- а – заготовка, яку відрізають; б – схема штампа і розкрою смуги;
 1 – кроковий ніж; 2 – упор крокового ножа; 3 – пуансон; 4 – різальна крайка матриці; 5 – початкова смуга

Спочатку смугу подають до упору 2 і вона впирається в нього своїм переднім торцем. При першому ходові штампа кроковий ніж 1 здійснює вирубання в смугі уступу з розмірами $t \times a$. Цим уступом смуга впирається в упор 2 перед кожним з наступних ходів штампа і таким чином забезпечується її подавання на заданий крок t . За такою схемою штампування крок t визначає розмір заготовки, яку відрізають. Для того, щоб фактичний розмір заготовки знаходився в межах допуску Δ , необхідне дотримання умови

$$t = \left(L_n - \frac{\Delta}{2} \right) \frac{\Delta}{4}. \quad (3.5)$$

При цьому розмір заготовки, яку відрізують, спочатку буде дорівнювати $(L_n - \Delta/2)_{-\frac{\Delta}{4}}$, а в процесі зношування матриці буде збільшуватися, наближаючись до номінального значення L_n .

Щоб при другому ходові штампа пуансон не відрізав крайку початкової смуги, необхідне дотримання умови

$$l_n = (L_n + 0,2) \pm 0,1. \quad (3.6)$$

За дотримання умов (3.5) і (3.6) крок штампування t завжди буде меншим за відстань l_n :

$$0,1 + \frac{\Delta}{2} \leq (l_n - t) \leq 0,3 + \frac{3\Delta}{4}.$$

Ширину смуги B_c розраховують за формулами, наведеними у розділі 1, п. 1.3.1.

Третя схема штампування зображена на рис. 3.27. У штампі з кроковим ножом здійснюють **вирубкування** заготовки розмірами $A_\partial \times L_\partial$. Спочатку смугу подають до упору 2 і вона впирається в нього своїм переднім торцем. При першому ходові штампа кроковий ніж 1 здійснює в смугі вирубкування уступу розмірами $t \times a$. Цим уступом смуга впирається в упор 2 перед кожним з наступних ходів штампа й таким чином забезпечується її подавання на заданий крок t . У даному випадку крок t визначає лише розмір перемички b , оскільки розміри заготовки, яку штамнують, забезпечуються виконавчими розмірами матриці та пуансона.

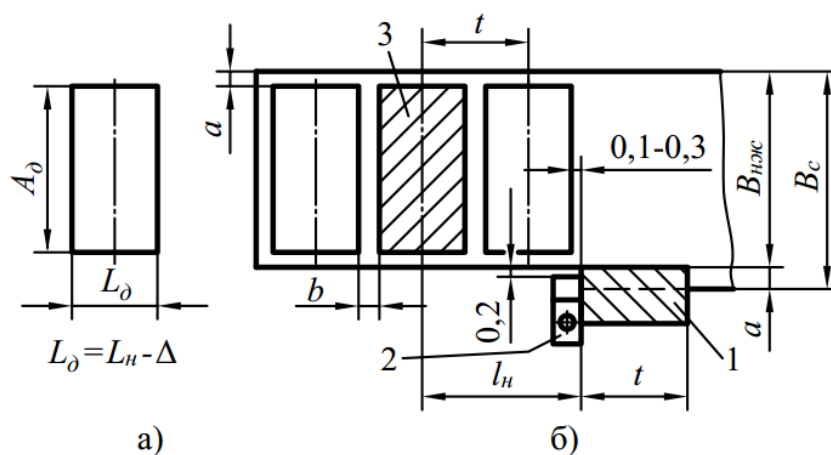


Рисунок 3.27. Схема вирубкування заготовки в штампі з кроковим ножом:

- а – заготовка, яку штамнують; б – схема штампа та розкрою смуги;
- 1 – кроковий ніж; 2 – упор крокового ножа; 3 – пуансон (матриця)

Крок штампування (і довжину ножа) визначають за формулою

$$t = (L_n + b)_{-0,05b}, \quad (3.7)$$

де L_n – номінальне значення розміру L_d .

Щоб при другому ходові штампа пуансон не відрізає крайку початкової смуги, повинна бути виконана умова

$$l_n = \left(\frac{2}{3} L_n + b + 0,2 \right) \pm 0,1. \quad (3.8)$$

Ширину смуги B_c розраховують за формулами, наведеним в розділі 1, п. 1.3.1.

Четверта схема штампування зображена на рис. 3.28. У штампі з кроковим ножом у початковій смузі спочатку пробивають отвори діаметром D , після чого здійснюють вирубкування деталі по контуру розмірами $A_d \times L_d$.

Смугу перед першим ходом штампа подають до упору 2 і вона впирається в нього своїм переднім торцем. При першому ходові штампа кроковий ніж 1 здійснює вирубкування в смузі уступу з розмірами $t \times a$, і пуансони 3 пробивають в ній отвори діаметром D , розташовані відносно зазначеного уступу так, щоб при черговому переміщенні смуги на величину кроку було забезпечено поєднання осей отворів з осями фіксаторів 5. При наступних ходах одночасно здійснюють вирубкування чергового уступу, пробивання отворів діаметром D і вирубкування пуансоном 4 контуру деталі $A_d \times L_d$; $A_d = (A_n)_{-\Delta}$; $L_d = (L_n)_{-\Delta}$.

В даному випадку порівняно з третьою схемою штампування вимоги до точності кроку подачі смуги значно зростають, оскільки крок подачі визначає точність суміщення пробитих на першій робочій позиції отворів з осями їх розташування в готовій деталі, яку вирубують на другій робочій позиції. Тому точність кроку подачі смуги залежить від необхідної точності розташування отворів діаметром D відносно контуру деталі $A_d \times L_d$, тобто від допуску Δ_1 :

$$t = (L_n + b) \pm \frac{\Delta_1}{2}. \quad (3.9)$$

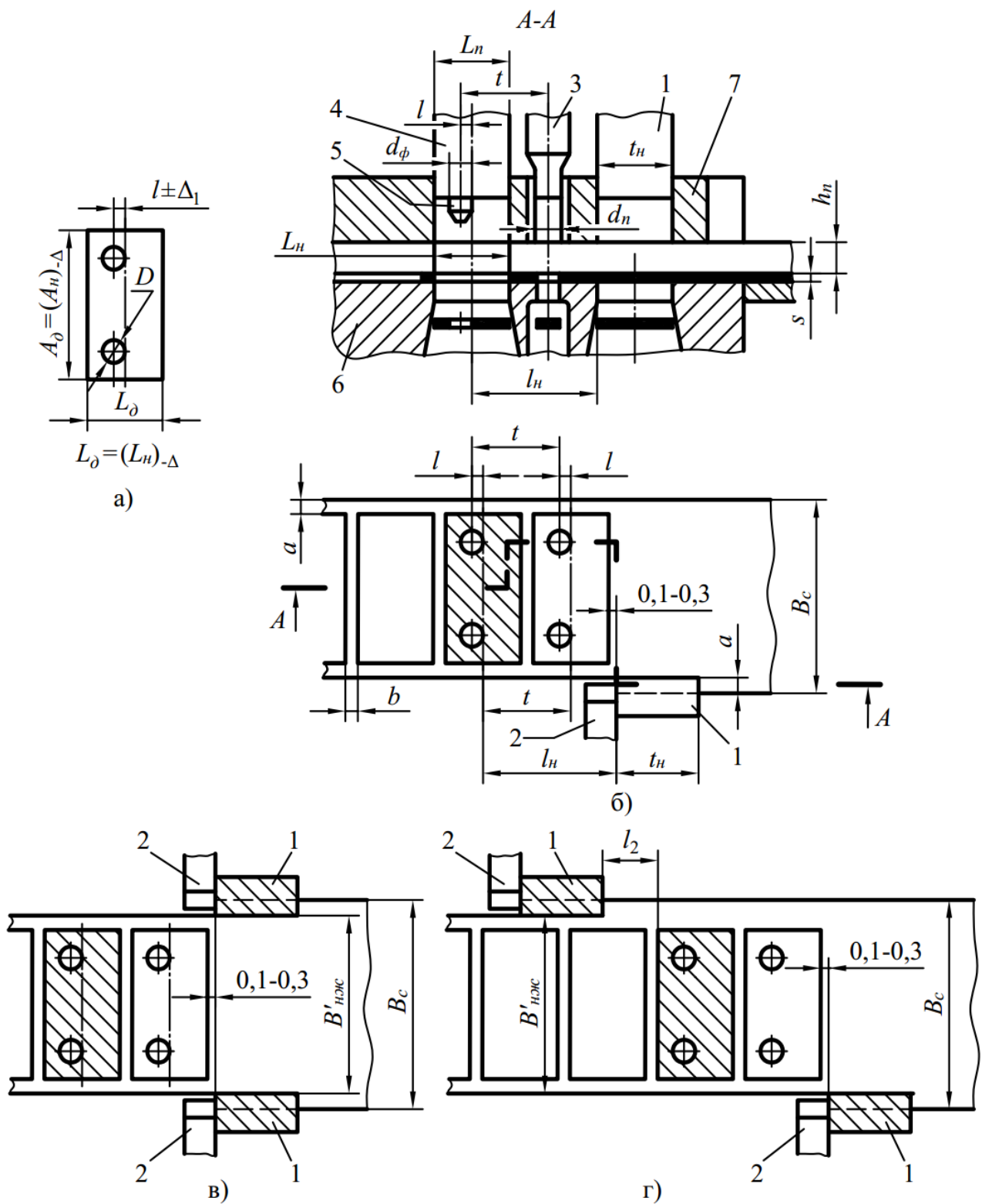


Рисунок 3.28. Схема штампування в штампі послідовної дії з кроковими ножами: а – деталь, яку штампують; б – схема розкрою в штампі з одним кроковим ножом; в, г – схеми розкрою в штампі з двома кроковими ножами; 1 – кроковий ніж; 2 – упор крокового ножа; 3 – пуансон для пробивання отвору; 4 – пуансон для вирубування деталі; 5 – фіксатор; 6 – матриця; 7 – знімач

Якщо $l=0$, то допуск на величину кроку t визначається значенням відповідного допуску точності розташування отворів діаметром D на осі деталі. Точність кроку подавання смуги визначається, в свою чергу, точністю довжини крокового ножа. Разом з тим, довжина крокового ножа t_n повинна бути дещо більшою за величину кроку подавання смуги для того, щоб фіксатори 5, входячи в пробиті отвори D , в жодному випадку не спричиняли переміщення смуги вперед, бо це може викликати пошкодження фіксаторів чи пробитих у смугі отворів тощо. При вході фіксаторів в отвори, смуга повинна повертатися назад на 0,1–0,2 мм.

Щоб довжина t_n задовольняла обидві умови, її слід обчислювати за формулою

$$t_n = (L_n + b + 0,2) \frac{\Delta_1}{4}. \quad (3.10)$$

Відстань від осі пуансона (матриці) до передньої грані упору 2 для даної схеми штампування повинна визначатися за формулою (3.8).

У випадку використання даної схеми штампування без застосування фіксаторів крок штампування обчислюють за формулою (3.9), а довжину ножа за формулою

$$t_n = \left(L_n + b + \frac{\Delta_1}{4} \right) \frac{\Delta_1}{4}. \quad (3.11)$$

Поряд з наведеними вище схемами штампування можуть застосовуватися й інші, з різним розміщенням робочих і допоміжних елементів штампів. У кожному окремому випадку координати цих елементів повинні визначатися за відповідними формулами, що відповідають конкретним умовам.

3.4. Конструювання конструктивних елементів штампів

3.4.1. Конструювання знімачів

Нерухомий знімач, який призначений тільки для знімання відходу смуги з пуансона (рис. 3.29), виконують з отвором, що повторює контур відповідного пуансона з зазором, який визначають за табл. 3.5. При перевищенні зазору понад

значення, вказаного в табл. 3.5, відбувається затягування матеріалу в зазор між пуансоном і знімачем при підніманні пуансона.

У випадку застосування ступеневого пуансона, у якого $D_n - d_n > z_c$, отвір під пуансон у знімачі слід також виконувати ступеневим.

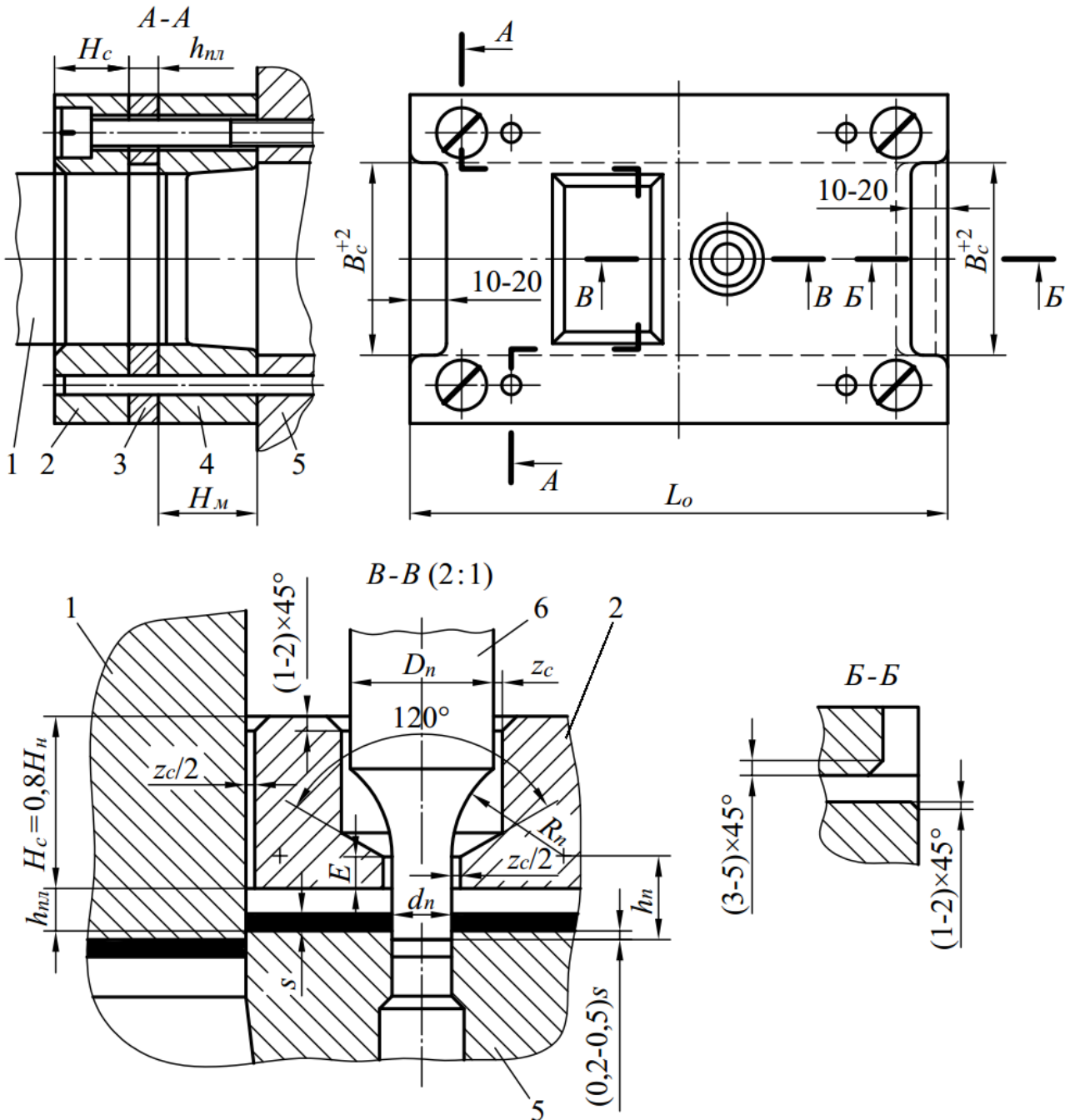


Рисунок 3.29. Конструкція нерухомого знімача:

1 – пуансон для вирубівання; 2 – плита; 3 – знімач; 4 – матриця; 5 – пуансон-матриця; 6 – пуансон для пробивання

Таблиця 3.5. Найбільший двосторонній зазор z_c , між знімачем і пуансоном

Товщина матеріалу, s , мм	$\sigma_{зр}$ матеріалу, який штампують, МПа			
	до 200	від 200 до 360	від 360 до 520	понад 520
Розміри, мм				
до 0,1	0,04	0,07	0,11	0,14
від 0,1 до 0,2	0,08	0,15	0,21	0,28
від 0,2 до 0,3	0,12	0,21	0,30	0,40
від 0,3 до 0,4	0,16	0,27	0,37	0,48
від 0,4 до 0,7	0,28	0,45	0,62	0,80
від 0,7 до 0,9	0,36	0,60	0,85	1,10
від 0,9 до 1,1	0,44	0,76	1,08	1,40
від 1,1 до 1,4	0,56	0,94	1,32	1,70
від 1,4 до 1,9	0,76	1,21	1,67	2,10
від 1,9 до 2,4	0,96	1,60	2,25	2,90
від 2,4 до 2,9	1,16	1,97	2,78	3,60
від 2,9 до 3,9	1,56	2,47	3,38	4,30
від 3,9 до 6,0	1,8	3,1	4,4	5,8
від 6,0 до 9,0	2,7	4,3	5,9	7,4
від 9,0 до 12,0	3,6	5,4	7,2	9,1
від 12,0 до 15,0	4,5	6,6	8,7	10,9
від 15,0 до 20,0	6,0	8,3	10,5	12,8

При цьому висоту E циліндричного пояска в отворі знімача необхідно приймати з умови

$$E \leq h_n - h_{n.n} - 0,5s - \Delta_{n.n}, \quad (3.12)$$

де $\Delta_{n.n}$ – припуск на перешліфовування робочого торця пуансона, $\Delta_{n.n} = 2-4$ мм.

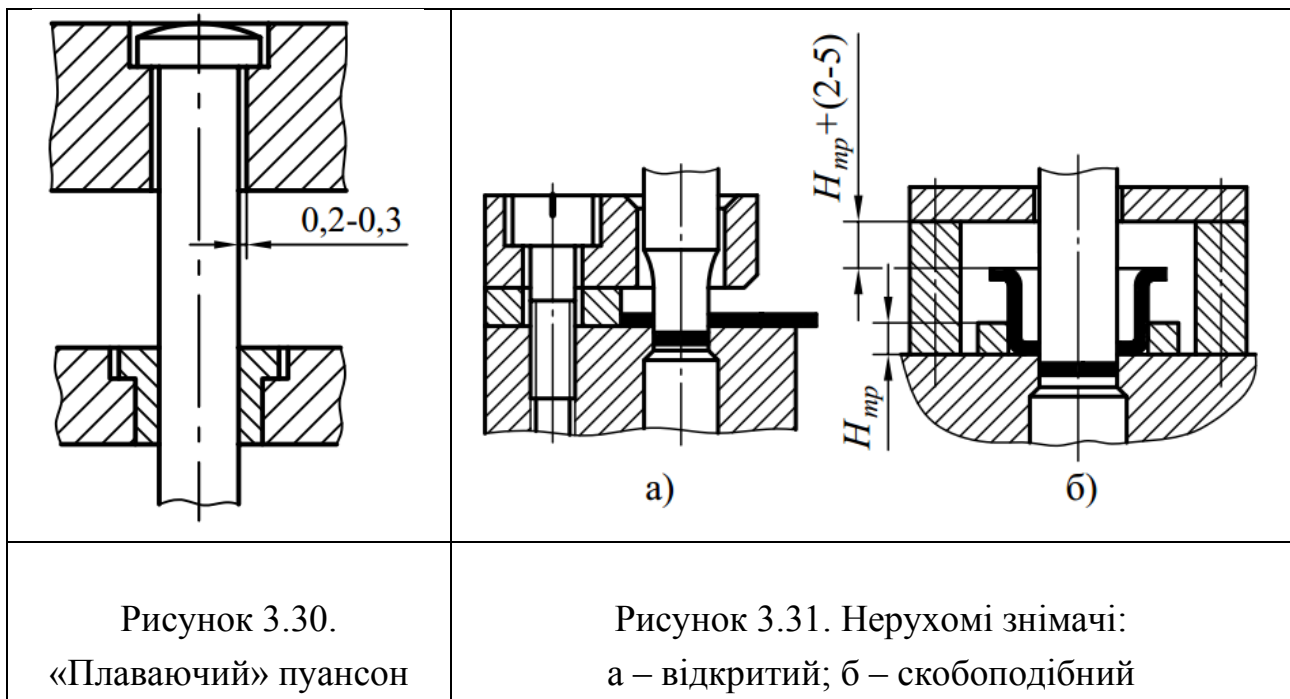
Якщо ж $D_n - d_n < z_c$, то отвір у знімачі можна виконувати наскрізним (див. рис. 3.28).

У випадку використання знімача, як напрямного елемента (в штампах без напрямних колонок, при штампуванні тонких металевих і неметалевих матеріалів, при великій кількості пуансонів малих діаметрів, тощо) зазор z_c визначають із співвідношення

$$z_c \leq 0,8 z, \quad (3.13)$$

де z – двосторонній зазор між матрицею і пуансоном.

При цьому, якщо в конструкції штампа є багато пуансонів, то їх можна встановлювати в пуансонотримачі не по нерухомій посадці, а з зазором 0,2–0,3 мм (рис. 3.30). Нерухомий знімач може бути закритим (див. рис. 3.29), відкритим (консольним) і скобоподібним (рис. 3.31).



Рухомий знімач одночасно може виконувати різні функції, наприклад притискувача (див. рис. 2.4, поз. 3 і рис. 3.32, поз. 15) і виштовхувача (рис. 3.32, поз. 13). У тому й іншому випадку методи визначення зазорів між знімачем і пуансоном залишаються такими самими, як і для нерухомого знімача (див. табл. 3.5).

Операційний ескіз

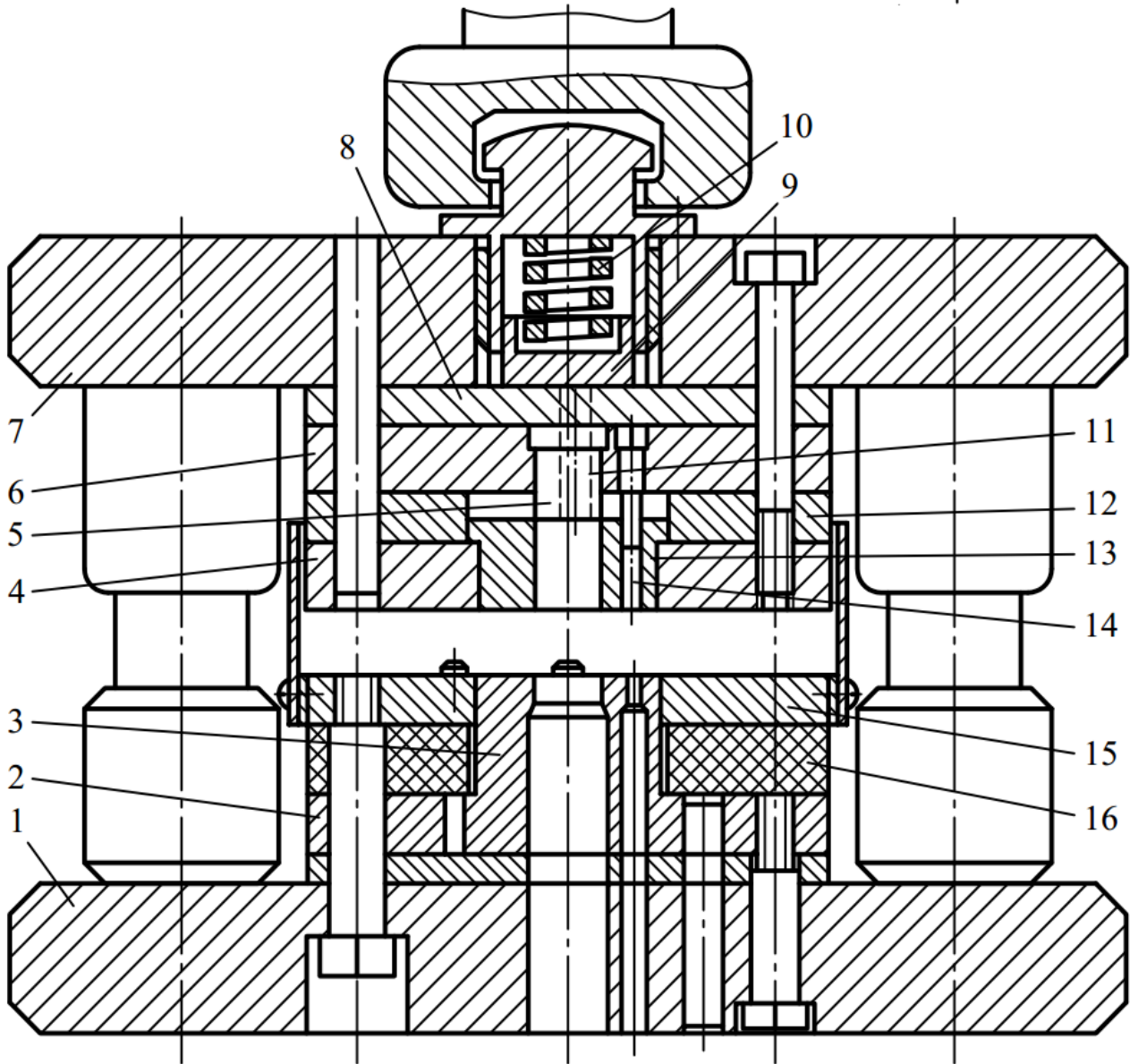
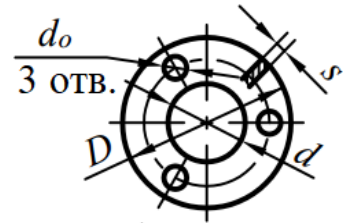


Рисунок 3.32. Штамп суміщеної дії для пробивання і вирубування:

1 – плита нижня; 2 – матрицетримач; 3 – пуансон-матриця; 4 – матриця для вирубування контуру деталі по діаметру D ; 5 – пуансон для пробивання отвору діаметром d ; 6 – пуансонотримач; 7 – плита верхня; 8 – підкладна плита; 9 – кільце пружини; 10 – пружина; 11 – штовхач; 12 – проміжна плита; 13 – виштовхувач; 14 – пуансони для пробивання отворів діаметром d_o ; 15 – знімач; 16 – буфер

3.4.2. Конструювання крокових ножів

Робочу частину крокових ножів (крім випадків, коли потрібен фігурний кроковий ніж), як правило, виконують у двох варіантах:

- з гладкою робочою поверхнею (рис. 3.33 а і в);
- з виступом для протидітискування (рис. 3.33 б і г).

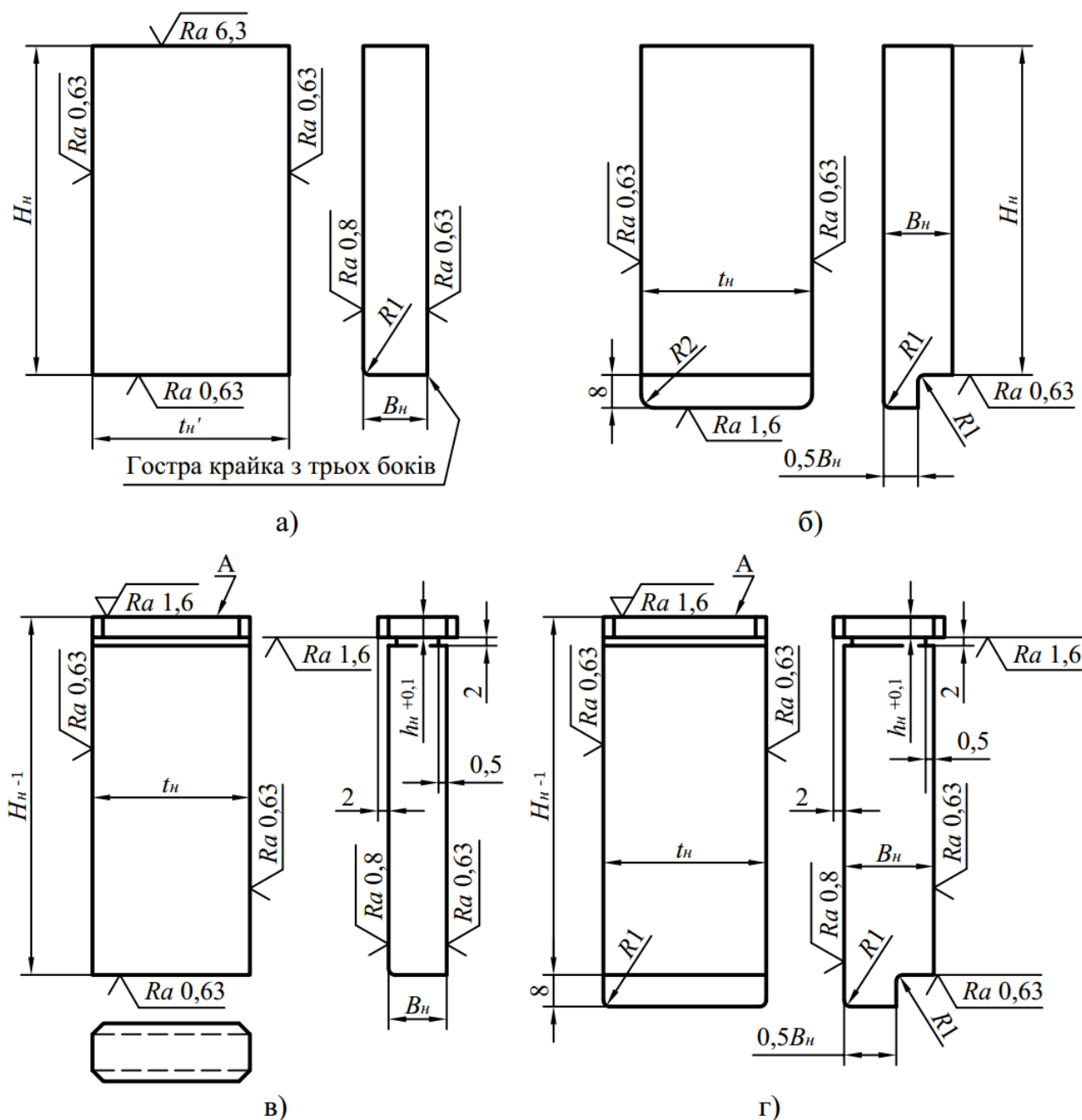


Рисунок 3.33. Конструкції крокових ножів:

а, б – з гладкою робочою поверхнею; в, г – з виступом для протидітискування.

Поверхню А шліфувати після складання

Крокові ножі з гладкою робочою поверхнею застосовують лише для штампування тонких матеріалів ($s \leq 0,5$ мм) і в тих випадках, коли виступ на пуансоні замінюється елементом для протидітискування, який забезпечується конструкцією інших деталей штампа.

Тильну частину крокових ножів виконують двох типів:

- гладка (під розклепування), як зображено на рис. 3.33 а і б;
- з фланцем для кріплення (рис. 3.33 в і г).

Довжину t_n крокового ножа обчислюють за формулами (3.10) і (3.11). Якщо при цьому граничне відхилення $\Delta_1/4$ виявиться більшим, ніж за квалітетом h_6 , то поле допуску на довжину t_n слід приймати за h_6 . Якщо ж граничне відхилення $\Delta_1/4$ виявиться меншим, ніж за h_6 , то на довжину t_n призначають той допуск, який отриманий при розрахунку за формулами (3.10) і (3.11).

Залежно від значення t_n за табл. 3.6 визначають інші розміри крокових ножів. Отвір у матриці під кроковий ніж повинен підганятися по ньому таким чином, щоб по упорних гранях зазор між ножем і матрицею дорівнював нулю, а по різальних гранях – відповідав половині значення, яке визначають за табл. 2.7, розділ 2.

Таблиця 3.6. Розміри крокових ножів

t_n	B_n	h_n при H_n												
Поле допуску h_6		32	36	40	45	50	55	63	67	71	75	80	84	89
Розміри, мм														
від 6 до 12	6	4	4	4	6	6	6	6	–	–	–	–	–	–
від 12 до 24	8	4	4	4	6	6	6	6	6	6	–	–	–	–
від 24 до 36	10	–	–	4	6	6	6	6	6	6	6	6	–	–
від 36 до 50	12	–	–	–	6	6	6	6	6	6	6	6	8	–
від 50 до 100	14	–	–	–	–	6	6	6	6	6	6	6	8	8

Примітки:

1. У таблиці наведені значення H_n для ножів з фланцем (рис. 3.33 в, г). Для ножів без фланця (рис. 3.33 а, б) висоту H_n слід приймати більшою на 1 мм (для розклепування в пуансонотримачі).

2. Матеріал крокових ножів – сталь У8А або У10А, твердість робочої частини на довжині $(0,5-0,75)H_n$ повинна бути 55–59 HRCe, твердість іншої частини 41,5–51 HRCe.

Якщо знімач штампа виконує лише функцію знімання відходу, то зазор між отвором в знімачі та ножем, для випадку застосування ножів без противідтискування по упорних гранях, має дорівнювати нулю, а по різальних гранях – відповідати половині значення, яке визначають за табл. 3.5. Для випадку застосування ножів з противідтискуванням зазор по всіх гранях може відповідати значенням, наведеним в табл. 3.5.

Якщо ж знімач є напрямним, то крокові ножі без противідтискування застосовувати не слід, а для ножів з противідтискуванням зазор між отвором у знімачі й ножем по упорних гранях повинен дорівнювати нулю, а по різальних гранях складати 0,4 від значень, які вказані в табл. 2.6, розділ 2.

Отвори в напрямних планках для проходження крокових ножів виконують з зазором по ножеві розміром 0,5 мм (див. рис. 3.35).

3.4.3. Конструювання напрямних планок, притискувачів, упорів і фіксаторів

Напрямні планки. При конструюванні штампів послідовної дії за схемою, зображеною на рис. 1.11, розділ 1, без одноразових упорів, крокових ножів, бічних притискувачів тощо, напрямні планки виконують у вигляді двох призматичних плоских пластин (рис. 3.34). Їх ширину $b_{пл}$ і довжину $L_{пл}$ визначають конструктивно. Значення товщини $h_{пл}$ наведено в табл. 3.4.

Обидві напрямні планки слід шліфувати одночасно за одне встановлення із забезпеченням їх однакової товщини для того, щоб виключити перекошення знімача відносно матриці.

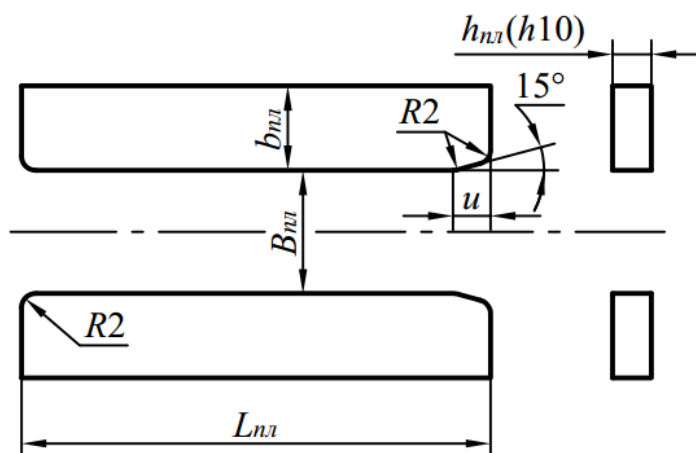


Рисунок 3.34. Конструкція призматичних напрямних планок

Схема встановлення напрямних планок у штампі послідовної дії з одним кроковим ножом для вирубування деталі шириною A_d з двома отворами (див. рис. 3.28) зображена на рис. 3.35 а. Для випадку вирубування тієї ж деталі в штампі з двома кроковими ножами схеми розкрою зображені на рис. 3.28 в і г. Форма і розміри пазів у напрямній планці для розміщення крокового ножа з упором зображені на рис. 3.35 б. Розміри упору і паза можна визначити за табл. 3.7.

Таблиця 3.7. Розміри упору для крокового ножа та паза в напрямній планці для його встановлення (див. рис. 3.35)

$h_{пл}$ (h10)	$h_{у.н}$ (b12)	h'_y (h9)	$h'_{пл}$ (H9)	$b'_{пл}$ (H7)	b_y (h6)	l_0	L_y	l''_y	$d_{ш}$ $\left(\frac{H7}{h6}\right)$
Розміри, мм									
4	4	2	2	6	6	7,5	12	4	3
6	6	3	3	6	6	7,5	12	4	3
6	6	3	3	8	8	10	16	4	3
8	8	4	4	8	8	12	16	4	3
8	8	4	4	8	8	12	20	4	3
6	6	3	3	10	10	12	18	6	4
6	6	3	3	10	10	16	25	6	4
8	8	4	4	10	10	12	18	6	4
8	8	4	4	10	10	16	25	6	4
10	10	5	5	10	10	12	18	6	4
10	10	5	5	10	10	16	25	6	4
12	12	6	6	10	10	16	25	6	4
Примітки: 1. У дужках дані поля допусків і посадки. 2. Матеріал упору – сталь У10А, твердість 57–61 HRCe; допускається застосування сталі Р6М5 твердістю 59–63 HRCe.									

Відстань між напрямними планками при штампуванні з кроковими ножами і без них визначають залежно від ширини смуги $B_c^{ном}$, гарантованого зазору z_n між смугою й планками та допуску δ' на цю відстань (див. розділ 1, табл. 1.19) за формулою

$$B_c = \left(B_c^{ном} + z_n \right)^{+\delta'} \quad (3.14)$$

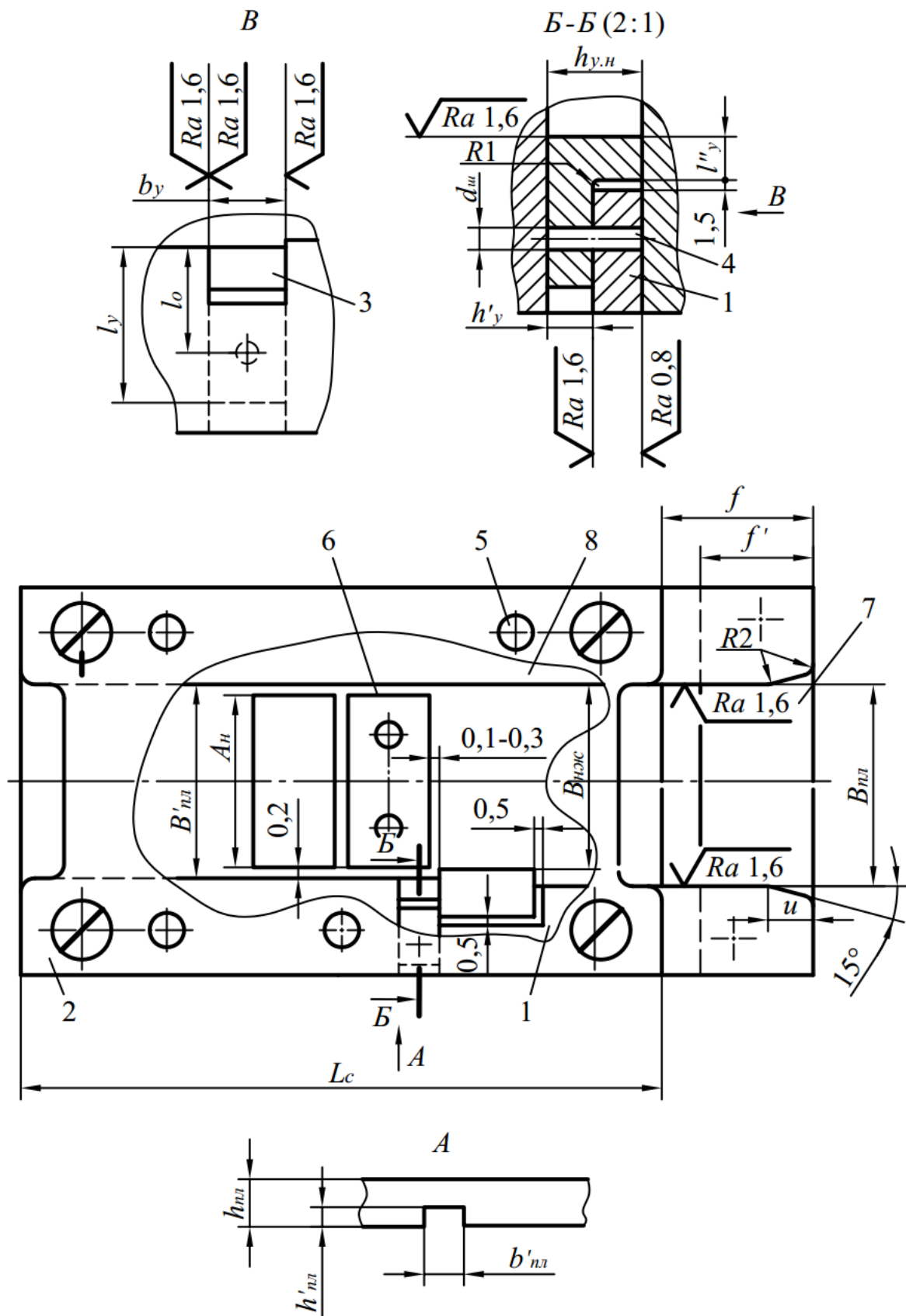


Рисунок 3.35. Напрямні планки в штампі послідовної дії з одним кроковим ножом: 1, 8 – напрямні планки; 2 – знімач; 3 – упор крокового ножа; 4, 5 – штифти; 6 – матриця; 7 – опорна планка

Відстань від базової напрямної планки 8 до крокового ножа $B_{\text{нж}}$ в штампі з одним кроковим ножом (див. рис. 3.35 а) визначають, виходячи з умови, щоби ножом зрізувалася крайка шириною не менше a (див. розділ 1, розкрій матеріалу).

$$B_{\text{нж}} = (A_{\delta} + 2a)^{+\delta_{\text{нж}}}, \quad (3.15)$$

де A_{δ} – ширина деталі, яку штампують (див. рис. 3.28);

$\delta_{\text{нж}}$ – допуск на відстань між ножами, який визначають із залежності $\delta_{\text{нж}} \approx 0,25 \delta'$ й заокругляють з точністю до 0,1 мм (див. розділ 1, формули (1.8), (1.9), (1.10)).

У штампі з двома кроковими ножами

$$B'_{\text{нж}} = (A_{\delta} + 2a)^{+\delta_{\text{нж}}}, \quad (3.16)$$

Відстань $B'_{\text{пл}}$ між напрямними планками на виході смуги в штампах з одним кроковим ножом виконують на 0,2 мм, в штампах з двома кроковими ножами – на 0,4 мм більшою $B_{\text{нж}}$ або $B'_{\text{нж}}$ відповідно. Таке збільшення компенсує певне розширення смуги при штампуванні.

Приклад. Визначити ширину смуги, відстань між напрямними планками та між кроковими ножами в штампі послідовної дії.

Вихідні дані (див. рис. 3.28 і 3.35): $A_{\delta} = 81$ мм; $s = 1,0$ мм; $a = 1,7$ мм (див. розділ 1, табл. 1.13); $\delta = 0,5$ мм (див. розділ 1, табл. 1.17); $z_{\text{н}} = 1,0$ мм; $\delta' = 0,35$ мм (див. розділ 1, табл. 1.19); $\delta_{\text{нж}} = 0,25 \delta' = 0,25 \times 0,35 = 0,1$ мм.

За формулою (1.10) розділ 1 визначаємо ширину смуги

$$B_c = [81 + 2(2 \times 1,7 + 0,5) + 1 + 0,35 + 0,1]_{-0,5} = 90,25_{-0,5} \text{ мм.}$$

За формулою (3.14) визначаємо відстань між напрямними планками

$$B_{\text{пл}} = (90,25 + 1,0)^{+0,35} = 91,25^{+0,35} \text{ мм.}$$

За формулою (3.16) визначаємо відстань між кроковими ножами

$$B'_{\text{нж}} = (81 + 2 \cdot 1,7)^{+\delta_{\text{нж}}} = 84,4^{+0,1} \text{ мм.}$$

Відстань між напрямними планками на виході смуги

$$B'_{\text{пл}} = B'_{\text{нж}} + 0,4 = 84,4 + 0,4 = 84,8 \text{ мм.}$$

Аналіз отриманих розмірів показує, що при їх найнесприятливіших співвідношеннях величина перемички a та крайки, яка зрізується ножом, не буде меншою за 1,7 мм, а найменший зазор між смугою і напрямними планками складе 1 мм.

Розмір виступання напрямних планок $f = (0,2-0,4) L_c$. Ширина опорної планки $f' = (0,5-1,0) f$, а довжина західної фаски напрямних планок $u = (0,2-0,4) f$.

Зазначену вище відстань між напрямними планками приймають для випадку штампування без бічного притискування смуги. Якщо штампування здійснюють з бічним притискуванням, відстань між планками може мати більше значення (залежно від конструкції притискувача).

Притискувачі. У випадку застосування бічного колодкового притискувача (Додаток А, табл. А3) в напрямній планці для його розміщення виконують паз (рис. 3.36), який буває двох типорозмірів (табл. 3.8). Співвідношення товщини планки і притискувача при цьому слід приймати за табл. 3.9.

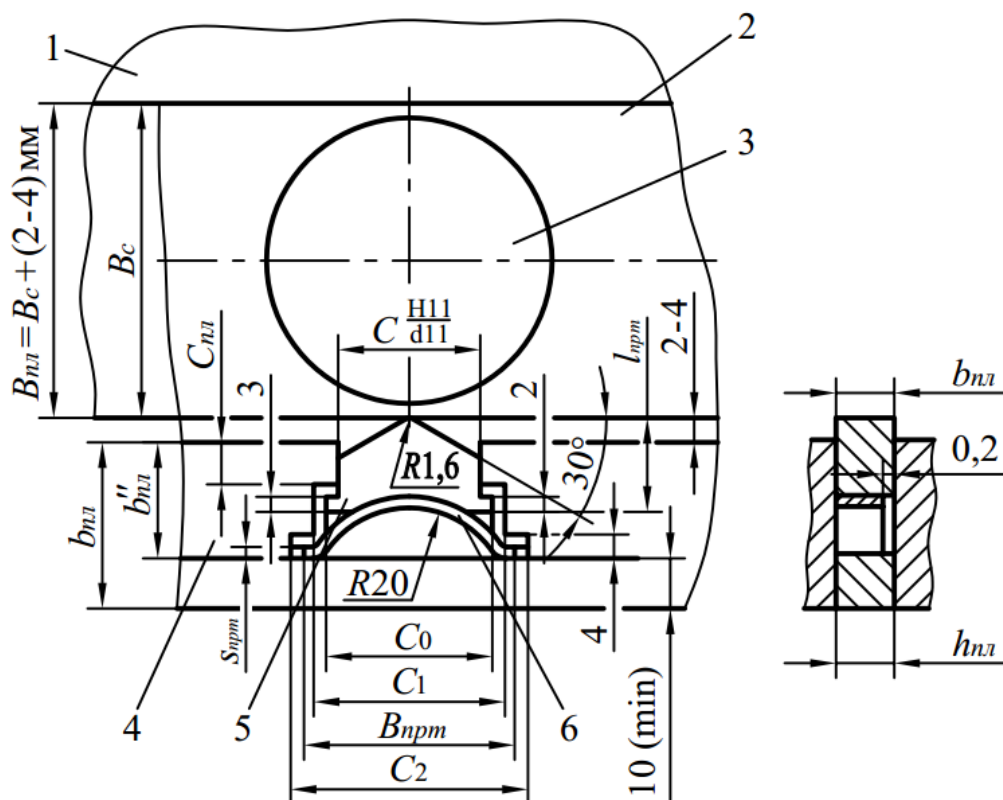


Рисунок 3.36. Конструкція напрямної планки з бічним колодковим притискувачем смуги:

- 1 – базова напрямна планка; 2 – початкова смуга; 3 – контур, який штамнують;
4 – напрямна планка; 5 – притискувач; 6 – пружина

Таблиця 3.8. Розміри колодкового притискувача і паза в напрямній планці для її розміщення в штампі (див. рис. 3.36)

Типо-розмір	C	C_0	C_1	C_2	B_{npt}	b_{nl} , не менше	c_{nl}	b''_{nl}	b_{npt}	s_{npt}
Розміри, мм										
1	20	25	28	40	32	25,5	6	15,5	14	0,5
2	25	30	34	45	36	30,5	8	20,5	16	1,0
Примітка: Матеріал притискувача – сталь 45, твердість 42–46 HRCe.										

Таблиця 3.9. Товщина колодкового притискувача та напрямної планки (див. рис. 3.36)

	Розміри, мм						
b_{np} (с11)	$4_{-0,145}^{-0,070}$	$6_{-0,145}^{-0,070}$	$8_{-0,170}^{-0,080}$	$10_{-0,170}^{-0,080}$	$12_{-0,205}^{-0,095}$	$16_{-0,205}^{-0,095}$	$20_{-0,240}^{-0,110}$
h_{nl} (h10)	$4_{-0,048}$	$6_{-0,048}$	$8_{-0,058}$	$10_{-0,058}$	$12_{-0,070}$	$16_{-0,070}$	$20_{-0,084}$

Якщо застосовують пружинний (зі стрічки товщиною 0,5 або 1 мм) бічний притискувач, для його розміщення в планці виконують паз, форма і розміри якого зображені на рис. 3.37. Висоту пружинного притискувача c'_{npt} залежно від h_{nl} приймають рівною 4 (d11) або 6 (d11) мм; відстань c_{npt} при товщині $s_{npt} = 0,5$ мм приймають 2,7 мм, при товщині $s_{npt} = 1$ мм, $c_{npt} = 3,2$ мм.

У випадку, коли в штампі застосовують кроковий ніж і бічний притискувач, ймовірність отримання потрібних параметрів деталі, яку штампують, підвищується. При цьому (рис. 3.38) відстань між напрямними планками на виході смуги може бути виконана на 2–4 мм більшою за $B_{нож}$ (а не на 0,2 мм більшою, як зображено на рис. 3.35).

Одне з виконань бічного колодкового притискувача для випадку застосування нерухомого знімача зображено на рис. 3.39 а. Розміри притискувача й паза в напрямній планці наведено в табл. 3.10. Якщо знімач 1 – рухомий, то притискувач можна повернути на 180° (рис. 3.39 б). Притискувач в такому виконанні доцільно застосовувати для штампування тонкого матеріалу й при нерухомому знімачі, оскільки зазор (0,2 мм) у цьому випадку утворюється не між матрицею й притискувачем, а між притискувачем і знімачем.

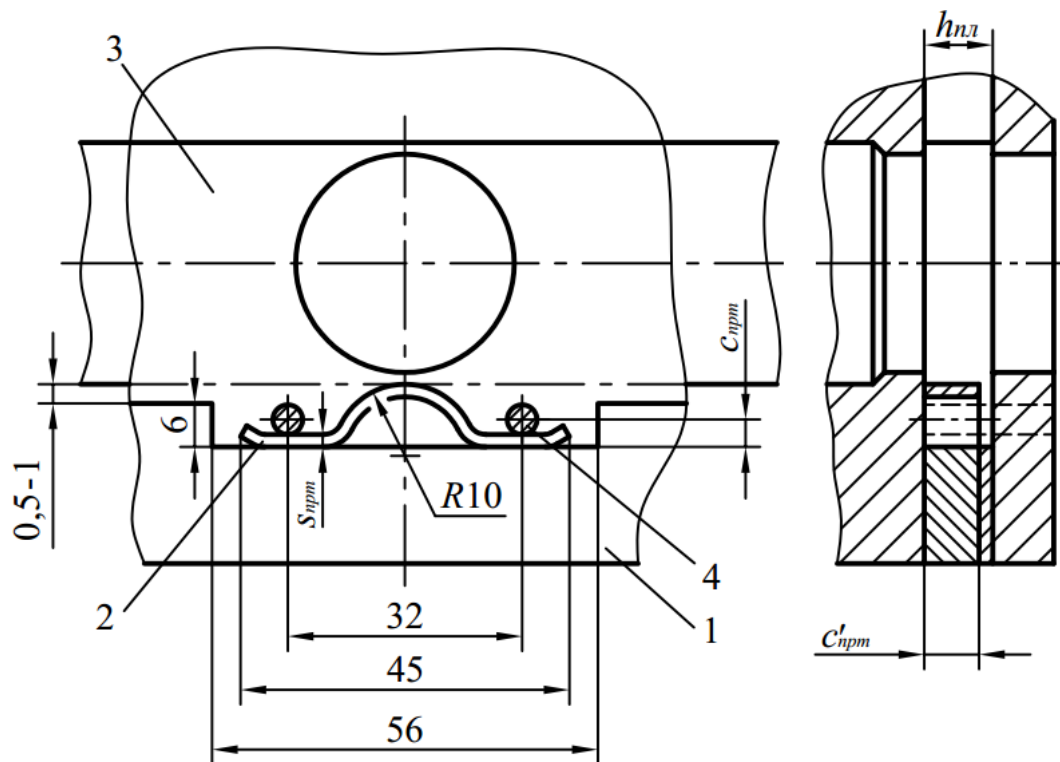


Рисунок 3.37. Конструкція напрямної планки з пружинним притискувачем смуги:
 1 – напрямна планка; 2 – пружинний притискувач; 3 – початкова смуга; 4 – штифт

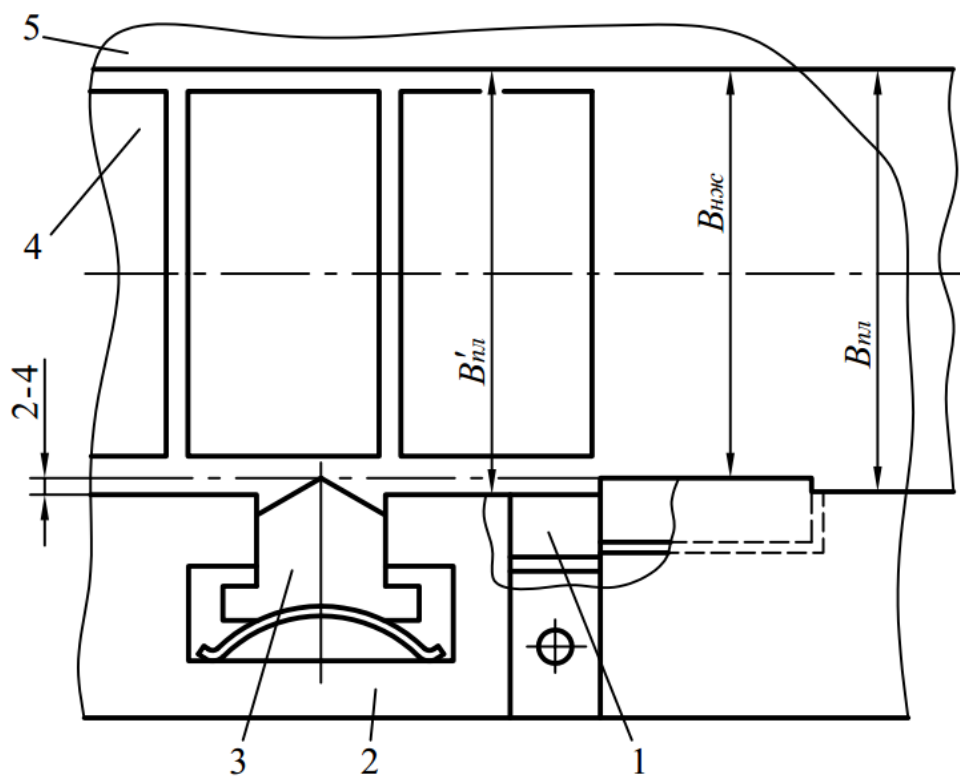


Рисунок 3.38. Конструкція напрямної планки з кроковим ножом і бічним притискувачем: 1 – упор крокового ножа; 2, 5 – напрямні планки;
 3 – притискувач; 4 – початкова смуга

Довжину притискувача l_{npm} приймають за табл. 3.10 таким чином, щоб були забезпечені зазори, зображені на рис. 3.39

$$l_{npm} \approx b_{nl} + (12-13,5) \text{ мм.}$$

Для роликів притискувачів (рис. 3.40) у напрямній планці виконують паз шириною 25 Н11 мм. Розміри поперечного перерізу паза (див. рис. 3.39) b_{npm} і b'_{npm} аналогічні пазу для упору (Додаток А, табл. А3).

Таблиця 3.10. Розміри притискувача і паза в напрямній планці для його встановлення в штампі (див. рис. 3.39)

h_{nl} (h10)*1	b_{npm}	b'_{npm} $\left(\frac{H11}{d11}\right)$	C $\left(\frac{H11}{d11}\right)$	b''_{npm}	C_0	l_{npm}	d_{ze}	l_0
Розміри, мм								
4	3,8	2	16	22	20	30–40	M6	13
6	5,8	3	16	25	20	30–50	M6	13
8	7,8	4	18	30	22	40–60	M8	15
10	9,8	5	18	32	22	45–71	M8	15
12	11,8	6	20	36	25	50–75	M10	17
16	15,8	8	20	40	25	50–80	M10	17
<p>Примітки:</p> <ol style="list-style-type: none"> У дужках вказані поля допусків і посадки. Матеріал притискувача – сталь 45, твердість 41,5–46,5 HRCe. 								

Застосування притискувачів інших конструкцій зумовлює певну форму та розміри відповідних пазів у напрямних планках.

Крім описаних вище деталей спеціального призначення, які застосовують в штампах для розділювальних операцій листового штампування, в цих штампах мають широке застосування і ряд деталей загального призначення. Нижче наведено конструкції та розміри окремих з цих деталей і елементів конструкцій штампа, що спрягаються з ними.

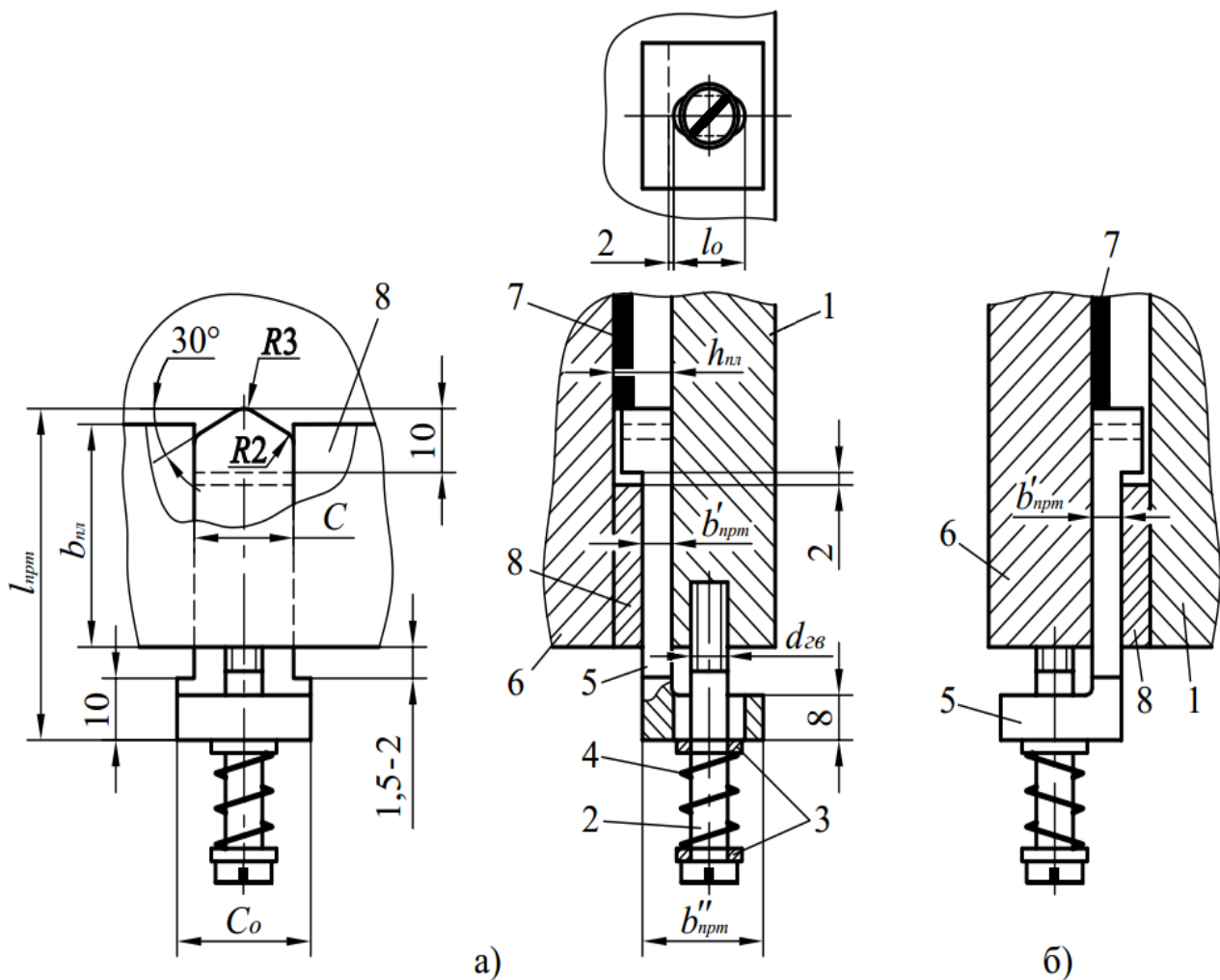


Рисунок 3.39. Конструкція напрямної планки з бічним притискувачем:
 1 – знімач; 2 – гвинт; 3 – шайба; 4 – пружина; 5 – притискувач; 6 – матриця;
 7 – смуга матеріалу, який штамнують; 8 – напрямна планка

Упори. У пазу напрямної планки розміщують також одноразовий упор. Установлення одного з виконань одноразового упору з пружиною повернення зображено на рис. 3.41 а. Розміри одноразових упорів наведено в табл. 3.11, 3.12. Довжину L_y слід приймати такою, щоб вільний хід упору, що дорівнює s , забезпечував його висунення з планки на мінімальну відстань, достатню для фіксування розташування смуги. У кожному окремому випадку слід звертати увагу на те, щоб упор не був висунутий під пуансон і як наслідок був відрубаний ним при ходові пуансона вниз (див. рис. 1.11, розділ 1).

Одноразові упори, які переміщаються без допомоги пружини і мають у перерізі ті самі розміри, що й упори з пружиною повернення, також вмонтовують у напрямну планку (рис. 3.41 б, табл. 3.12).

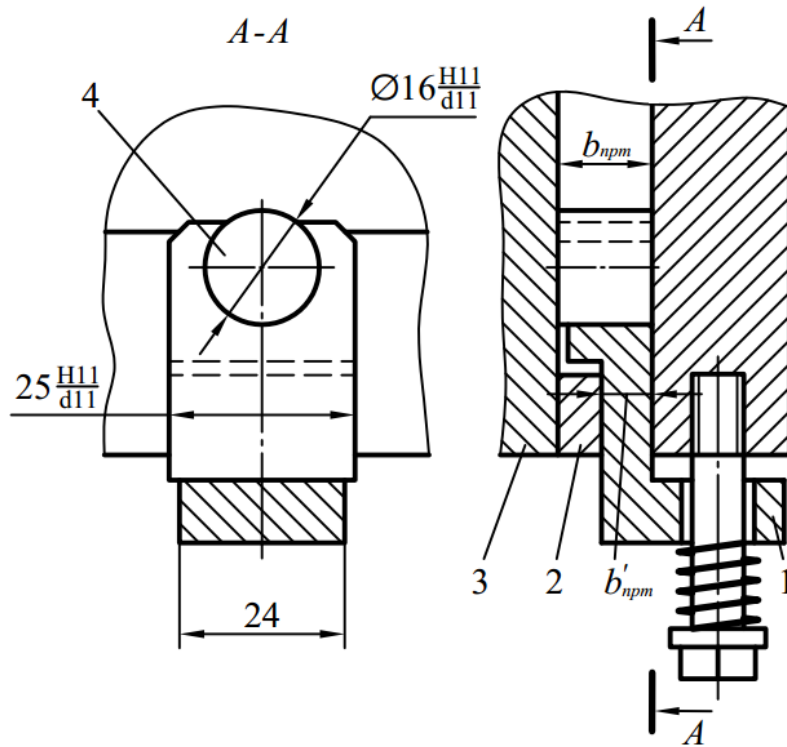


Рисунок 3.40. Роликовий притискувач:

1 – притискувач; 2 – напрямна планка; 3 – матриця; 4 – ролик

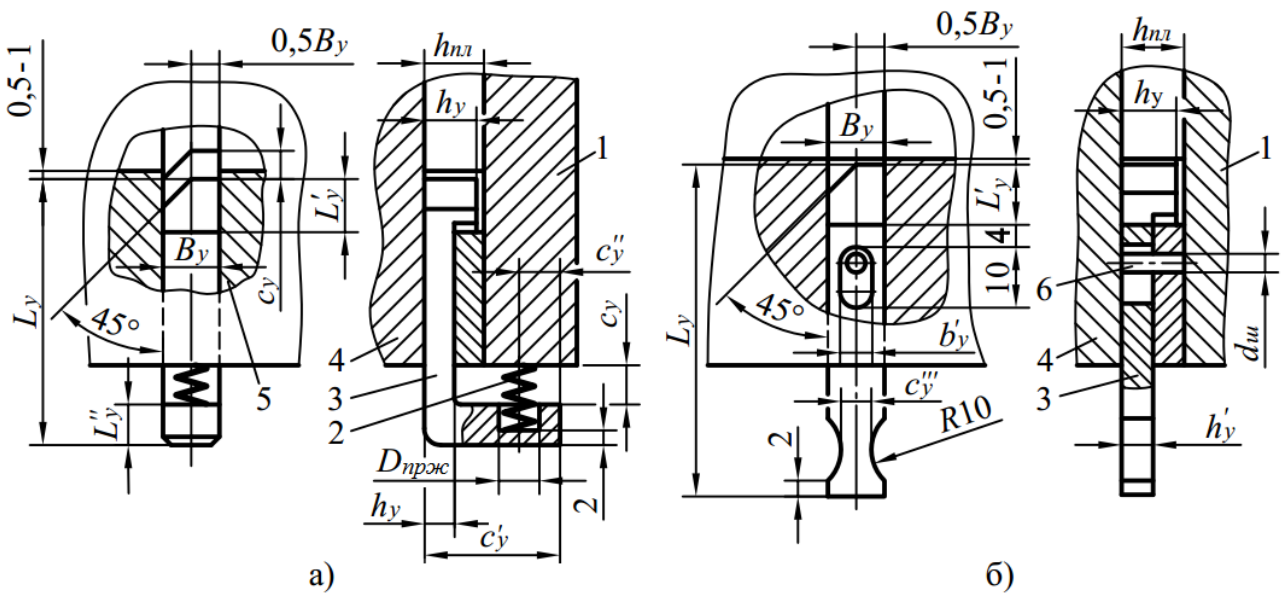


Рисунок 3.41. Установлення одnorазових упорів:

а – з пружиною повернення; б – вільного переміщення;

1 – знімач; 2 – пружина; 3 – одnorазовий упор; 4 – матриця;

5 – напрямна планка; 6 – штифт

Таблиця 3.11. Установлюючі розміри одноразових упорів з пружиною повернення (див. рис. 3.41 а)

h_{nl} (h10) ^{*1}	Одноразовий упор									
	h_y	$\frac{h'_y}{\left(\frac{H11}{d11}\right)}$	$\frac{B_y}{\left(\frac{H11}{d11}\right)}$	c_y	c'_y	L_y	L'_y	L''_y	c''_y	$D_{прж}$
Розміри, мм										
4	3,8	2	8	4	16	25–40	6	10	5	6
6	5,8	3	8	4	18	25–45	6	10	5	6
4	3,8	2	10	4	18	30–50	6	10	6	7
6	5,8	3	10	4	20	30–50	8	10	6	7
8	7,8	4	10	5	22	35–56	8	12	6	7
8	7,8	4	12	5	25	40–60	10	12	8	9
10	9,8	5	12	5	28	40–71	10	12	8	9
12	11,8	6	12	5	28	45–71	10	12	8	9
16	15,8	8	16	5	32	50–85	12	14	8	9
h_{nl} (h10) ^{*1}	Пружина повернення									
	$D_{прж}$	$d_{прж}$	$t_{прж}$	$H_{прж}$	$P_{прж}^{max}$, Н	$h_{прж}$				
4	5	0,5	1,96	14,5	8	8,19				
6	5	0,5	1,96	14,5	8	8,19				
4	6	0,6	2,30	14,7	11,2	8,16				
6	6	0,6	2,30	14,7	11,2	8,16				
8	6	0,6	2,30	14,7	11,2	8,16				
8	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74				
10	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74				
12	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74				
16	8	0,8	3,08	22,8	20,0	12,74				
Примітки:										
1. У дужках дано поля допусків і посадки.										
2. Позначення для пружини: $D_{прж}$ – зовнішній діаметр пружини; $d_{прж}$ – діаметр дроту, з якого виготовлена пружина; $P_{прж}^{max}$ – найбільше робоче зусилля притискування пружини; $H_{прж}$ – висота пружини у вільному стані; $h_{прж}$ – величина стиснення пружини, при якому виникає зусилля $P_{прж}^{max}$; $t_{прж}$ – крок навивання пружини.										
3. Значення c_y наведено орієнтовно й повинні бути уточнені з конструктивних міркувань.										
4. Матеріал упорів – сталь 45, твердість робочої частини 41,5–46,5 HRCe на довжині до 10 мм.										

Таблиця 3.12. Установлюючі розміри одноразових упорів вільного переміщення (див. рис. 3.41 б)

$h_{нл}$ (h10)*1	h_y	$\frac{h'_y}{\left(\frac{H11}{d11}\right)}$	$\frac{B_y}{\left(\frac{H11}{d11}\right)}$	c'''_y	L_y	L'_y	b'_y	$\frac{d_{нл}}{\left(\frac{H7}{h7}\right)}$
Розміри, мм								
4	3,8	2	8	5	40–75	4	3,4	3
6	5,8	3	8	6	45–0	5	3,4	3
6	5,8	3	10	6	45–80	6	4,5	4
8	7,8	4	10	6	45–80	6	4,5	4
10	9,8	5	12	8	50–85	8	4,5	4
12	11,8	6	12	8	60–100	8	4,5	4
16	15,8	8	16	10	71–100	10	4,5	4

Примітки: див. примітки до табл. 3.11.

У табл. 3.13–3.16 наведено основні розміри упорів, що не втоплюються, які застосовують у штампах: циліндричних, грибоквих, зі скосом та Г-подібних.

Таблиця 3.13. Основні розміри (мм) циліндричних упорів

Ескіз	d_y (h12)	$d_{o,y} \left(\frac{H7}{n6}\right)$	$\frac{H_y}{h_y}$
Розміри, мм			
	6,3	4,0	14/6; 16/6
	8,0	6,3	18/8; 20/10; 25/14
	10	8,0	20/8; 22/10; 28/16; 32/20
	12	10	22/8; 25/10; 32/16; 36/20; 40/25
	16	12	28/10; 36/16; 40/20; 45/25; 50/32
	20	16	56/32

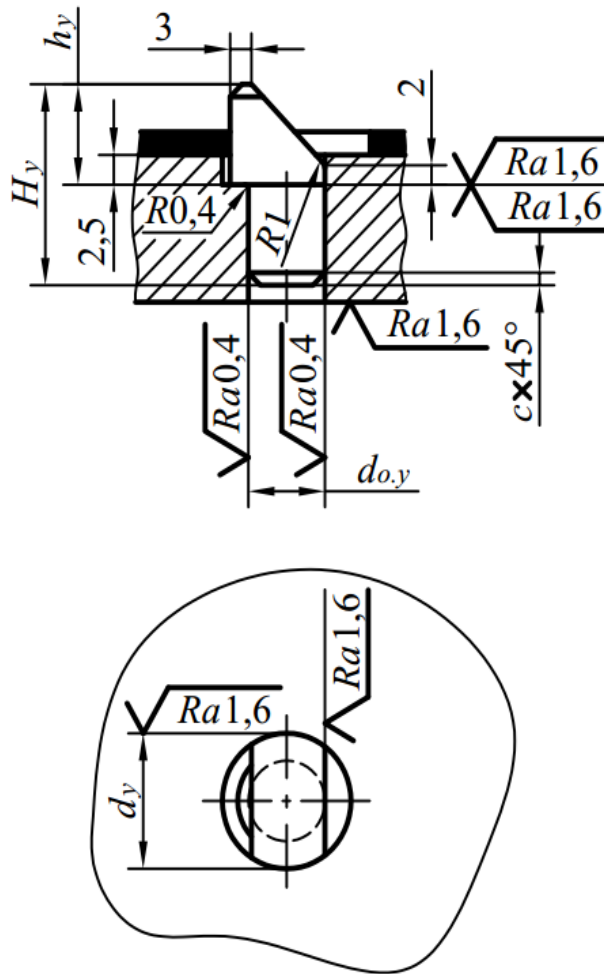
Примітки:

1. При $d_y < 10$ мм, $c = 0,6$ мм; при $d_y > 10$ мм, $c = 1,0$ мм.
2. Матеріал сталь 45, твердість 41,5–46,5 HRCe.

Таблиця 3.14. Основні розміри грибкових упорів

d_y (h11)	$d_{o.y} \left(\frac{H7}{n6} \right)$	$\frac{H_y}{h_y}$
Розміри, мм		
4	3,2	8/2
6	3,2	8/2; 10/3
8	4,0	10/2; 12/3
10	4,0	12/3
12	6,3	16/4
16	6,3	16/4
16	8,0	22/6
20	8,0	20/4; 22/6; 25/8; 25/10
25	10	25/6; 25/8; 28/10; 30/12
32	10	25/6; 25/8; 28/10; 30/12
40	12	28/6; 28/8; 32/10; 32/12
40	16	36/8; 36/10; 40/12; 40/14
<p>Примітка:</p> <p>1. При $d_y \leq 32$ мм, $c = 0,6$ мм; при $d_y = 40$ мм, $c = 1,0$ мм.</p> <p>2. Матеріал сталь 45, твердість 41,5–46,5 HRCe.</p>		

Таблиця 3.15. Основні розміри упорів зі скосом



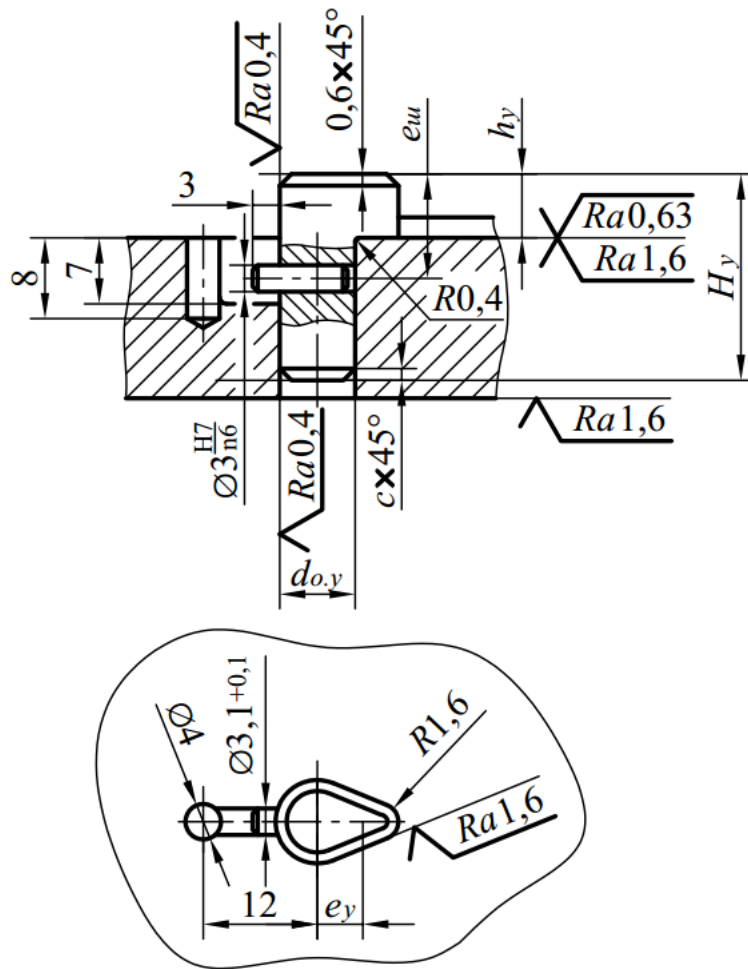
d_y (h11)	$d_{o,y} \left(\frac{H7}{n6} \right)$	H_y	h_y
Розміри, мм			
12; 14	8	22	8
16; 18	10	25	8
20; 25; 28	12	28	10
32; 36	16	36	10

Примітка:

1. При $d_y = 12-18$ мм, $c = 0,6$ мм; при $d_y = 20-36$ мм, $c = 1,0$ мм.

2. Матеріал упору сталь 45, твердість 41,5–46,5 HRCe.

Таблиця 3.16. Основні розміри (мм) Г-подібних упорів



e_y (h11)	$d_{o,y} \left(\frac{H7}{n6} \right)$	e_u	H_y	h_y
6	6,3	4	12	2,0
8		5,0		3,0
10	8,0	6,0	20	4,0
12		7,5		5,0
16		6,0		4,0
20	10,0	7,5	25	5,0
		12,0	30	
25	12,0	8,5	25	6,0
		13,5	30	

Примітка:

1. При $e_y = 6-20$ мм, $c = 0,6$ мм; при $e_y = 25$ мм, $c = 1$ мм.
2. Твердість 41,5–46,5 HRCe.

На рис. 3.42 і в табл. 3.17 і 3.18 наведено конструкцію й основні розміри упорів, які втоплюються, а також елементів штампа, що спряжені з ними. Упор з пластиною застосовують у випадках, коли його не можна розмістити в безпосередній близькості до робочої деталі штампу. Довжина пластини L_y за необхідності може відрізнятись від значень, наведених в табл. 3.18.

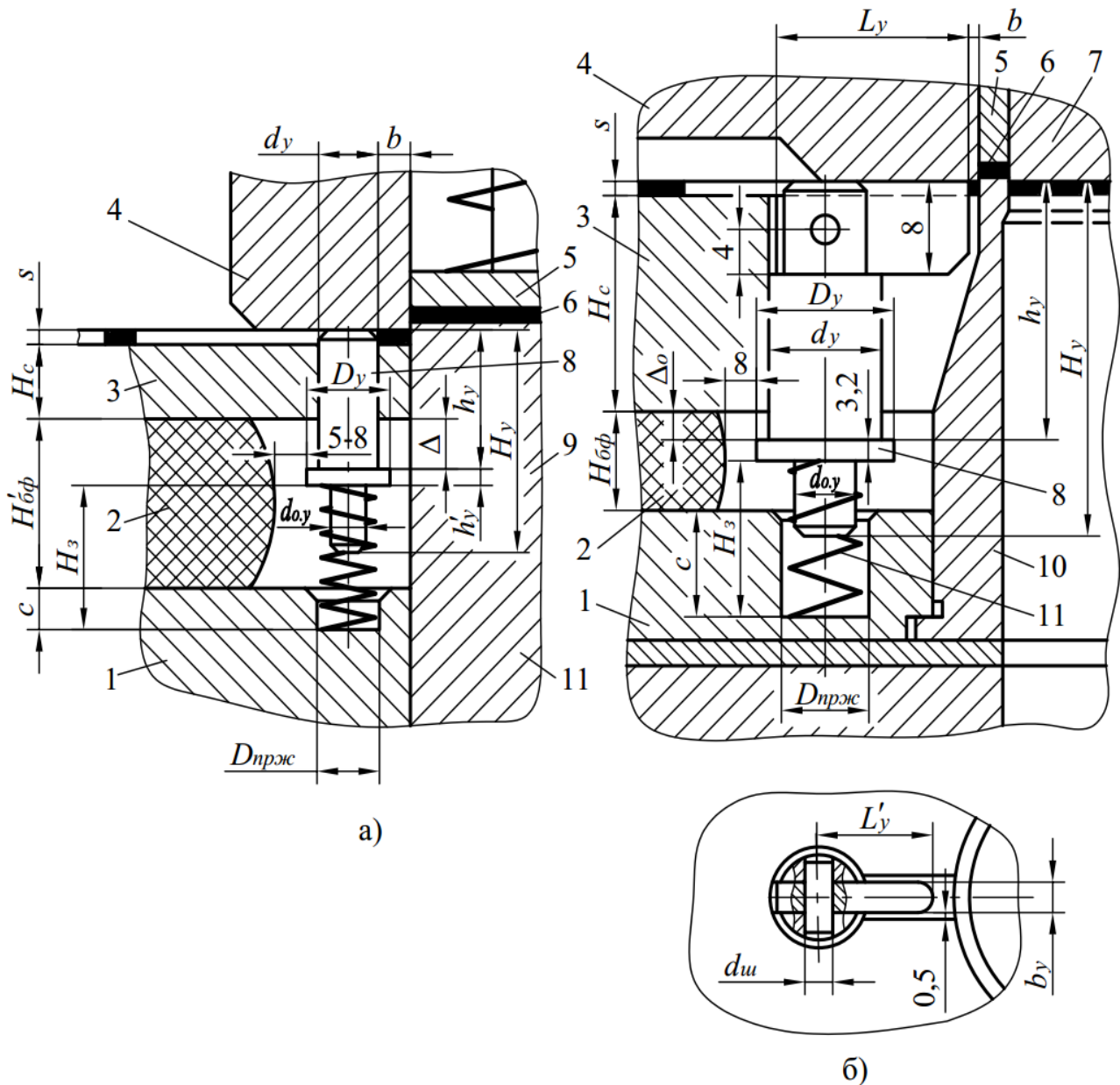


Рисунок 3.42. Установлення ступеневих упорів, які втоплюються: а – без планки; б – з планкою;

1 – пуансоно-матрицетримач; 2 – буфер; 3 – нижній знімач; 4 – матриця; 5 – виштовхувач; 6 – деталь, яку штампують; 7 – пуансон; 8 – упор; 9 – пуансон; 10 – пуансон-матриця; 11 – пружина повернення упору

Таблиця 3.17. Основні розміри ступеневих упорів, які втоплюються, пружин для повернення та місць їх встановлення (див. рис. 3.42, а)

H_c	Ступеневий упор							Пружина					
	$d_y \left(\frac{H8}{d9} \right)$	$d_{o,y}$	D_y	$D_{пруж}$	c	H_s	$\frac{H_y}{h_y}$	$D'_{пруж}$	$d_{пруж}$	$t_{пруж}$	$H_{пруж}$	$R_{пруж}^{max}$, Н	$h_{пруж}$
4-8	2,0	2,5	4,0	6	2	11	14/8; 16/10	5	0,5	1,96	26,3	8,0	15,21
4-10	3,2	3,2	5,0	7	3	13	14/8; 16/10; 18/12	6	0,6	2,30	30,8	11,2	17,68
4-12	4,0	3,2	6,3	7	3	13	14/8; 16/10; 18/12; 20/14	6	0,6	2,30	30,8	11,2	17,68
6-16	6,3	5,0	8,0	9	4	18	20/10; 22/12; 24/14; 28/18	8	0,8	3,08	41,2	20,0	23,66
8-20	8,0	7,1	10	11	5	20	25/12; 28/14; 30/16; 32/18; 34/20; 36/22	10	1,0	3,73	46,3	30,0	26,28
10-26	10	7,1	12	11	5	20	30/14; 32/16; 34/18; 36/20; 38/22; 40/25; 44/28, 45/30	10	1,0	3,73	46,3	30,0	26,28
14-32	12	7,1	14	13	6	25	36/18; 38/20; 40/22; 42/25; 46/28; 48/30; 50/32; 56/36	11	1,2	3,61	52,3	42,5	27,02
22-36	16	11	20	17	8	40	48/25; 50/28; 53/30; 56/32; 60/36; 63/40	15	1,8	4,54	79,9	100	37,23
26-40	20	11	25	17	8	40	53/30; 56/32; 60/36; 63/40; 71/45	15	1,8	4,54	79,9	100	37,23

Примітки: 1. Прийняті позначення для пружини: $D'_{пруж}$ – зовнішній діаметр; $d_{пруж}$ – діаметр дроту; $t_{пруж}$ – крок; $H_{пруж}$ – висота у вільному стані; $R_{пруж}^{max}$ – найбільше робоче зусилля; $h_{пруж}$ – найбільше стиснення, при якому виникає $R_{пруж}^{max}$.

2. Для кожного номера пружини розмір c встановлений з урахуванням значення $R_{пруж}^{max}$. Виходячи з конкретних умов, значення $H_{пруж}$ і H_s можуть бути змінені з урахуванням дійсного зусилля, меншого $R_{пруж}^{max}$.

3. Розмір Δ_o слід приймати рівним $s + (1 \dots 3)$ мм.

4. Висоту буфера в стиснутому стані слід обчислювати за формулою $H'_{оф} = H_s - c + h'_y + \Delta_o$.

5. Матеріал упору сталь 45 (для $d_y > 5$ мм) і 40Х (для $d_y < 5$ мм), твердість 41,5–46,5 HRCe.

Таблиця 3.18. Основні розміри ступеневих упорів, які втоплюються, з пластиною, пружин для їх повернення і місць їх установлення (див. рис. 3.42 б)

H_c	Ступеневий упор, який втоплюється									
	$d_y \left(\frac{H8}{d9} \right)$	$d_{o,y}$	D_y	$D_{прж}$	c	H_3	$\frac{H_y}{h_y}$			
Розміри в мм										
10–12	6,3	5,0	8	9	4	18	22/14			
12–14	8,0	7,1	10	11	5	20	28/16			
14–16	8,0	7,1	10	11	5	20	32/18			
16–18	8,0	7,1	10	11	5	20	36/20			
16–18	10,0	7,1	12	11	5	20	36/20			
21–23	10,0	7,1	12	11	5	20	40/25			
21–23	12,0	7,1	14	13	6	25	45/25			
H_c	Пружина повернення						Пластина			
	$D'_{прж}$	$d_{прж}$	$t_{прж}$	$H_{прж}$	$P_{прж}^{\max}$	$h_{прж}$	L_y	L'_y (js13)	$\frac{b_y}{\left(\frac{H9}{b9} \right)}$	$\frac{d_{ум}}{\left(\frac{H7}{n6} \right)}$
10–12	8	0,8	3,08	41,2	20,0	23,66	11,0	8	2,0	2
12–14	10	1,0	3,73	46,3	30,0	26,88	13,0	10	2,0	2
14–16	10	1,0	3,73	46,3	30,0	26,88	12,5	9	2,0	3
16–18	10	1,0	3,73	46,3	30,0	26,88	14,5	11	2,0	3
16–18	10	1,0	3,73	46,3	30,0	26,88	14,5	10	3,2	3
21–23	10	1,0	3,73	46,3	30,0	26,88	16,5	12	3,2	3
21–23	11	1,2	3,61	52,3	42,5	27,02	19,0	14	3,2	3
Примітки: Див. примітки до табл. 3.17.										

Застосовують також інші конструкції упорів, які втоплюються: з пружиною кручення (рис. 3.43, табл. 3.19); з пластинчастою пружиною (рис. 3.44 табл. 3.20); дротовий, конструкція якого зображена на рис. 3.45. При штампуванні з перевертанням смуги застосовують спеціальні поворотні упори або складені упори для фіксування повернутої смуги.

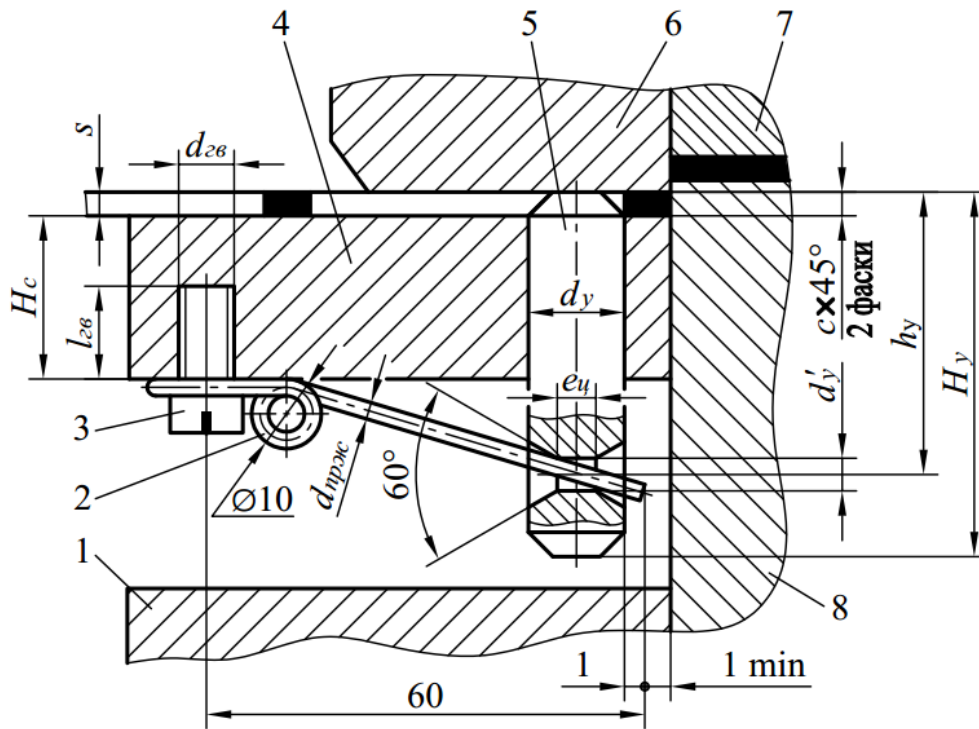


Рисунок 3.43. Установлення упору, який втоплюється, з пружиною кручення:
 1 – пуансонотримач; 2 – пружина; 3 – гвинт; 4 – знімач; 5 – упор; 6 – матриця;
 7 – виштовхувач; 8 – пуансон

Таблиця 3.19. Основні розміри упорів, які втоплюються, з пружиною кручення та місць їх установлення (див. рис. 3.43)

H_c	$d_y \left(\frac{H8}{d9} \right)$	d'_y	e_y	$\frac{H_y}{h_y}$	$d_{прж}$	d_{28}	l_{28}
Розміри, мм							
від 8 до 10	2,5	0,8	1	16/13; 18/15	0,6	M4	8
від 9 до 12	3,2	0,8	1	16/13; 20/17	0,6	M4	8
від 10 до 13	4,0	1,6	2	18/14; 22/18	1,0	M5	10
від 11 до 15	6,3	1,6	2	20/16; 24/20	1,0	M5	10
від 12 до 18	8,0	2,5	4	22/17; 25/20	2,0	M6	12
від 18 до 22	10	2,5	4	28/23; 32/27	2,0	M6	12
від 22 до 30	12	2,5	4	36/31; 40/35	2,0	M6	12
від 30 до 36	16	2,5	6	45/37; 50/42	2,0	M6	12
Примітки: 1. При $d_y \leq 3,2$ мм, $c = 0,2$ мм; при $d_y \geq 4$ мм, $c = 0,6$ мм.							
2. Матеріал упору – сталь 45, твердість 41,5–46,5 HRCe, матеріал пружини – дрід класу II згідно з ДСТУ ISO 8458-1:2007.							

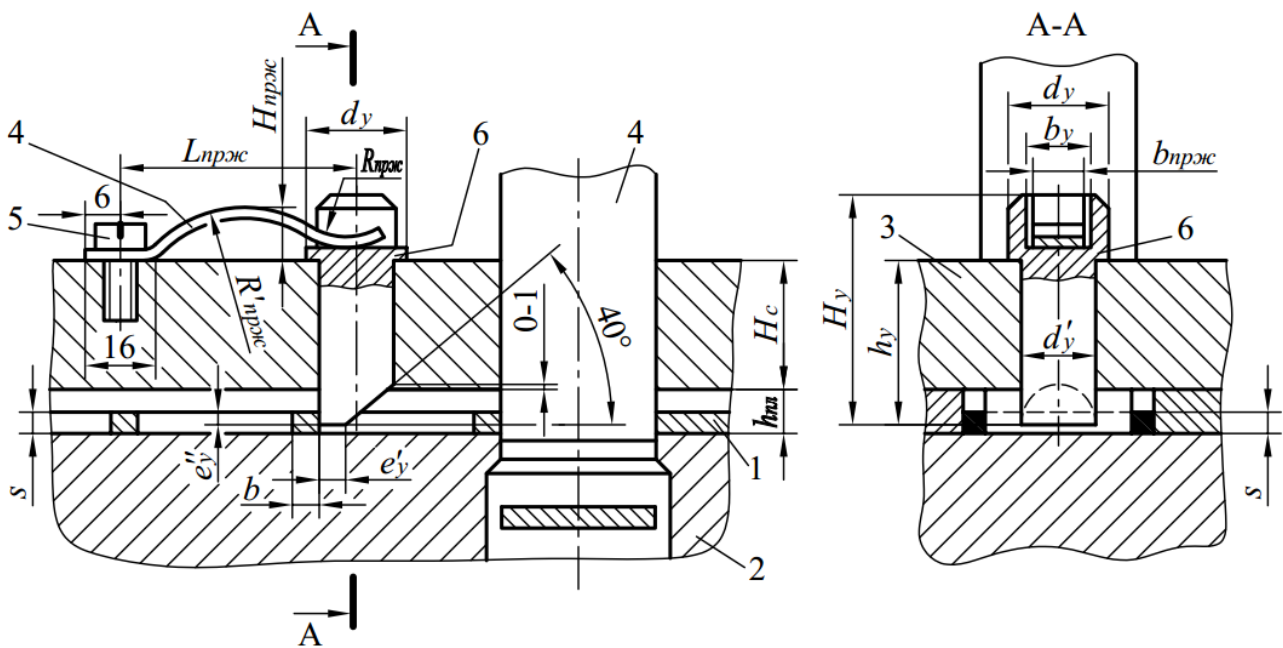


Рисунок 3.44. Установлення упору зі скосом з пластинчастою пружиною:

- 1 – смуга матеріалу, який штамнують; 2 – матриця; 3 – знімач;
4 – пластинчаста пружина; 5 – гвинт; 6 – упор; 7 – пуансон

Таблиця 3.20. Основні розміри упорів, які втоплюються, з пластинчастою пружиною і місце їх встановлення (рис. 3.44)

H_c	d_y	$d'_y \left(\frac{H8}{d9} \right)$	e_y	$\frac{H_y}{h_y}$	$L_{прж}$	$R_{прж}$	$R'_{прж}$	$H_{прж}$	$b_{прж}$
Розміри, мм									
від 10 до 13	10	6,3	1,6	20/14; 22/16	36	6	20	5	5
від 13 до 15	12	8,0	1,6	22/16; 24/18; 26/20	42	10	25	5	5
від 15 до 18	14	10	2,0	26/20; 28/22; 30/24	42	10	25	5	8
від 18 до 24	16	12	2,0	32/26; 34/28; 40/32	56	10	30	8	10

Примітки:

1. При $2 < s \leq 12$ мм, $e''_y = 5$ мм; при $s > 12$ мм, $e''_y = 7$ мм.
2. Висота $H_{прж}$ вказана у вільному стані.
3. При $d'_y = 8$ мм, $b_y = 5,3$ мм; при $d'_y = 10$ мм, $b_y = 8,5$ мм; при $d'_y = 12$ мм, $b_y = 10,5$ мм.
4. Матеріал упору – сталь 45, твердість 41,5–46,5 HRCe.

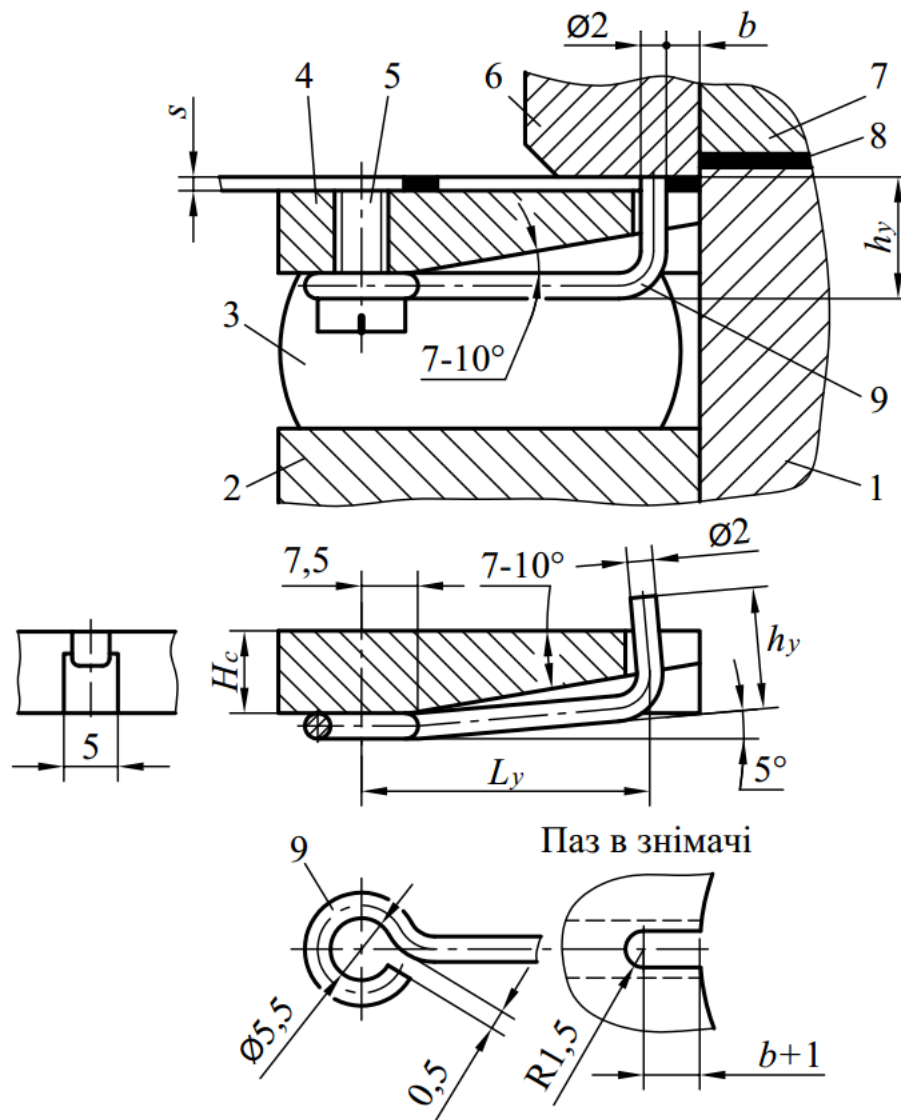


Рисунок 3.45. Встановлення дротового упору:

1 – пуансон; 2 – пуансонотримач; 3 – буфер; 4 – знімач; 5 – гвинт; 6 – матриця;
 7 – виштовхувач; 8 – деталь, яку штамнують; 9 – упор ($L_y = 28; 32; 36$ і 40 мм);
 $h_y = H_c + s + 2$ мм

Фіксатори. Для штамів розділювальних операцій застосовують фіксатори, які встановлюють у пуансоні для забезпечення центрування контуру вирубання відносно раніше пробитого отвору (рис. 3.46).

Виконавчий розмір робочої частини фіксатора d_ϕ визначають за формулою (3.4). При встановленні фіксаторів у штампах з нерухомим знімачем необхідно забезпечувати виступання e_ϕ циліндричної частини з пуансона залежно від товщини матеріалу, який штамнують:

- при $s \leq 1$ мм, $e_\phi = s + 2$ мм;
- при $1 \leq s \leq 3$ мм, $e_\phi = s + 1$ мм;
- при $3 \leq s \leq 5$ мм, $e_\phi = s$;
- при $s > 5$ мм, $e_\phi = 0,7s$.

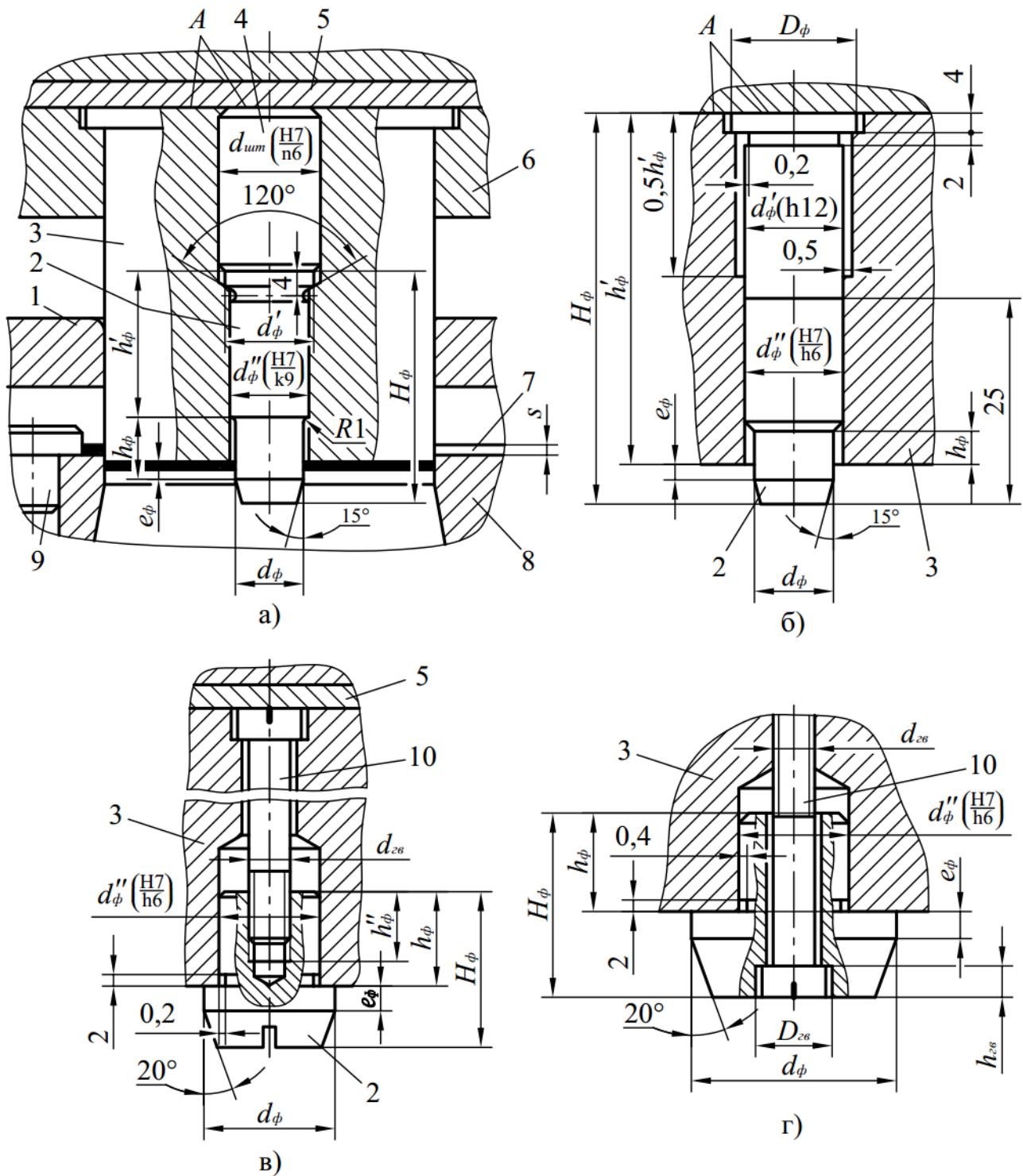


Рисунок 3.46. Встановлення фіксаторів:

- а – стрижневих фіксаторів для отворів діаметром 1,0–12 мм;
- б – стрижневих подовжених фіксаторів для отворів діаметром 1,5–10 мм;
- в – фіксаторів з різевими отворами для отворів діаметром 10–18 мм;
- г – фіксаторів зі ступінчастим отвором для отворів діаметром 18 – 50 мм;
- 1 – знімач; 2 – фіксатор; 3 – пуансон; 4 штифт; 5 – плита підкладна;
- 6 – пуансонотримач; 7 – матеріал, який штамнують; 8 – матриця;
- 9 – грибоквий упор; 10 – гвинт

У штампах з верхнім притискувачем для всіх товщин s розмір e_ϕ може бути прийнятий у межах 2–3 мм, однак його остаточно встановлюють для даного діаметра d_ϕ .

Розміри стрижневих фіксаторів (рис. 3.46 а) визначають залежно від діаметра робочої частини d_ϕ за табл. 3.21. Довжину штифта 4 приймають із конструктивних міркувань. Площини A шліфують у зборі.

Діаметри d''_ϕ і d'_ϕ стрижневих подовжених фіксаторів (див рис. 3.46 б) можуть бути також визначені за табл. 3.21. Для відповідних діаметрів d_ϕ їх розміри за висотою h_ϕ , H_ϕ і h'_ϕ наведено в табл. 3.22.

Розміри фіксаторів з різевими і ступінчастими отворами наведено в табл. 3.23.

Застосовують також фіксатори посилені (для отворів діаметром 2–21 мм) та грибкові (для діаметрів 3–50 мм), призначені для кріплення в деталях нижньої частини штампа (матриці, виштовхувачі тощо).

Таблиця 3.21. Основні розміри стрижневих фіксаторів і місць їх установлення (див. рис. 3.46 а)

d_ϕ	d''_ϕ	d'_ϕ	h_ϕ	H_ϕ	h'_ϕ	$d_{ум}$
Розміри, мм						
від 1,0 до 1,5	3,2	5,0	3	16	12	6
від 1,5 до 2,0				18	13	
від 2,0 до 2,8				20	14	
від 2,8 до 3,8	4,0	6,0	4	25	18	8
від 3,8 до 4,8	5,0	7,1	6	28		
від 4,8 до 6,0	6,3	8,0				10
від 6,0 до 7,8	8,0	10,0	8	32	20	12
від 7,8 до 9,8	10,0	12,0		40	26	14
від 9,8 до 11,8	12,0	14,0				16
Примітка. Матеріал фіксатора сталь У8А, твердість 51,5–55,2 HRCe						

Таблиця 3.22. Розміри стрижневих подовжених фіксаторів (див. рис. 3.46 б)

d_ϕ	h_ϕ	H_ϕ / h'_ϕ
Розміри, мм		
від 1,5 до 2,3	6	35/33,5; 39/37,5; 43/41,5; 48/46,5; 53/51,5; 59/57,5; 66/64,5
від 2,3 до 3,0	6	36/33,5; 40/37,5; 44/41,5; 49/46,5; 54/51,5; 60/57,5; 67/64,5
від 3,0 до 3,8	6	37/34,5; 41/38,5; 45/42,5; 50/47,5; 55/52,5; 61/58,5; 68/65,5
від 3,8 до 4,8	8	38/34,5; 42/38,5; 46/42,5; 51/47,5; 56/52,5; 62/58,5; 69/65,5; 73/69,5
від 4,8 до 6,0	8	38/34,5; 42/38,5; 46/42,5; 51/47,5; 56/52,5; 62/58,5; 69/65,5; 73/69,5; 77/73,5
від 6,0 до 9,8	10	40/34,5; 44/38,5; 48/42,5; 53/47,5; 58/52,5; 54/58,5; 71/65,5; 75/69,5; 79/73,5; 83/77,5; 88/82,5
Примітка. Матеріал сталь У8А, твердість 51,5–55,2 HRCe.		

Таблиця 3.23. Основні розміри фіксаторів з різевими отворами (див. рис. 3.46 в) і ступеневими отворами (див. рис. 3.46 г) для кріплення та місць їх установлення

d_ϕ	d''_ϕ	h_ϕ	Висота фіксатора H_ϕ						
			16		18		20		
			e_ϕ	h_ϕ	e_ϕ	h_ϕ	e_ϕ	h_ϕ	
Розміри, мм									
від 10 до 12	8	8	1; 2	–	3; 4	–	–	–	
від 12 до 15	10	8	1; 2	–	3; 4	–	–	–	
від 15 до 18	12	10	–	–	1; 2	–	3; 4	–	
від 18 до 24	14	8	–	–	1; 2	6	3; 4	8	
від 24 до 32	18	10	–	–	–	–	–	–	
від 32 до 40	22	10	–	–	–	–	–	–	
від 40 до 50	25	12	–	–	–	–	–	–	
d_ϕ	Висота фіксатора H_ϕ						$d_{2\phi}$	d''_ϕ	$D_{2\phi}$
	22		25		28				
	e_ϕ	h_ϕ	e_ϕ	h_ϕ	e_ϕ	h_ϕ			
від 10 до 12	–	–	–	–	–	–	М4	8	–
від 12 до 15	–	–	–	–	–	–	М5	10	–
від 15 до 18	–	–	–	–	–	–	М6	10	–
від 18 до 24	6	10	–	–	–	–	М6	–	11
від 24 до 32	1; 2; 3	8	4; 6	10	–	–	М8	–	14
від 32 до 40	1; 2; 3	10	4; 6	12	–	–	М10	–	17
від 40 до 50	–	–	1; 2; 3	10	4; 6; 8	12	М10	–	17
Примітка: Матеріал фіксаторів сталь У8А, твердість 51,5–55,2 HRCe.									

3.4.4. Конструювання виштовхуючих пристроїв, траверс і відлиплювачів

Для виштовхування із порожнини матриці (або інших деталей штампа) вирубаних заготовок (відходів) у конструкції штамів передбачають спеціальні пристрої. Найпростіший з них зображено на рис. 3.47. Діаметр штовхача 5 і його різевого кінця приймають конструктивно. Верхній кінець штовхача повинен виступати над торцем хвостовика 4 на таку відстань, аби була забезпечена взаємодія торця штовхача с коромислом 7 (або іншим елементом) виштовхуючого пристрою, розміщеного в повзуні 6 преса. Штифт 8 розміщують таким чином, щоб виштовхуюча шайба 1 могла виступати із матриці 2 на 0,5–1,0 мм. В отворі верхньої плити 3 штовхач 5 повинен проходити вільно.

Як правило, в штампах суміщеної дії зусилля на виштовхуючу шайбу (виштовхувач) передається через проміжну траверсу і штовхачі (рис. 3.48 а).

Розміри (мм) круглих траверс наступні.

$D_{трв}$	20; 22	25; 28	32; 36	40; 45	50; 56	63; 71
$H_{трв}$	5,0	6,3	8,0	10,0	12,0	14,0

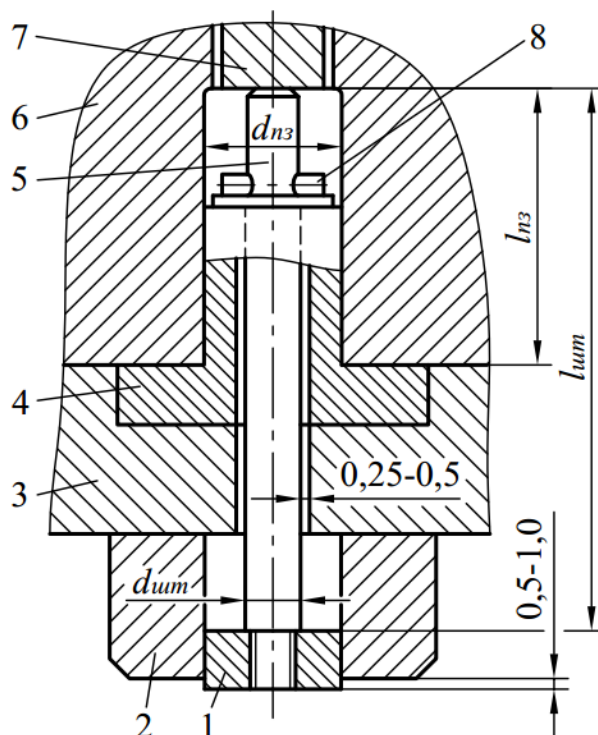


Рисунок 3.47. Схема верхнього виштовхуючого пристрою штампа і його взаємодії з виштовхуючим пристроєм преса:

l_{nz} – глибина отвору в повзуні преса; l_{um} – довжина штовхача штампа;

1 – виштовхуюча шайба; 2 – матриця; 3 – плита верхня; 4 – хвостовик;

5 – штовхач; 6 – повзун преса; 7 – коромисло; 8 – штифт

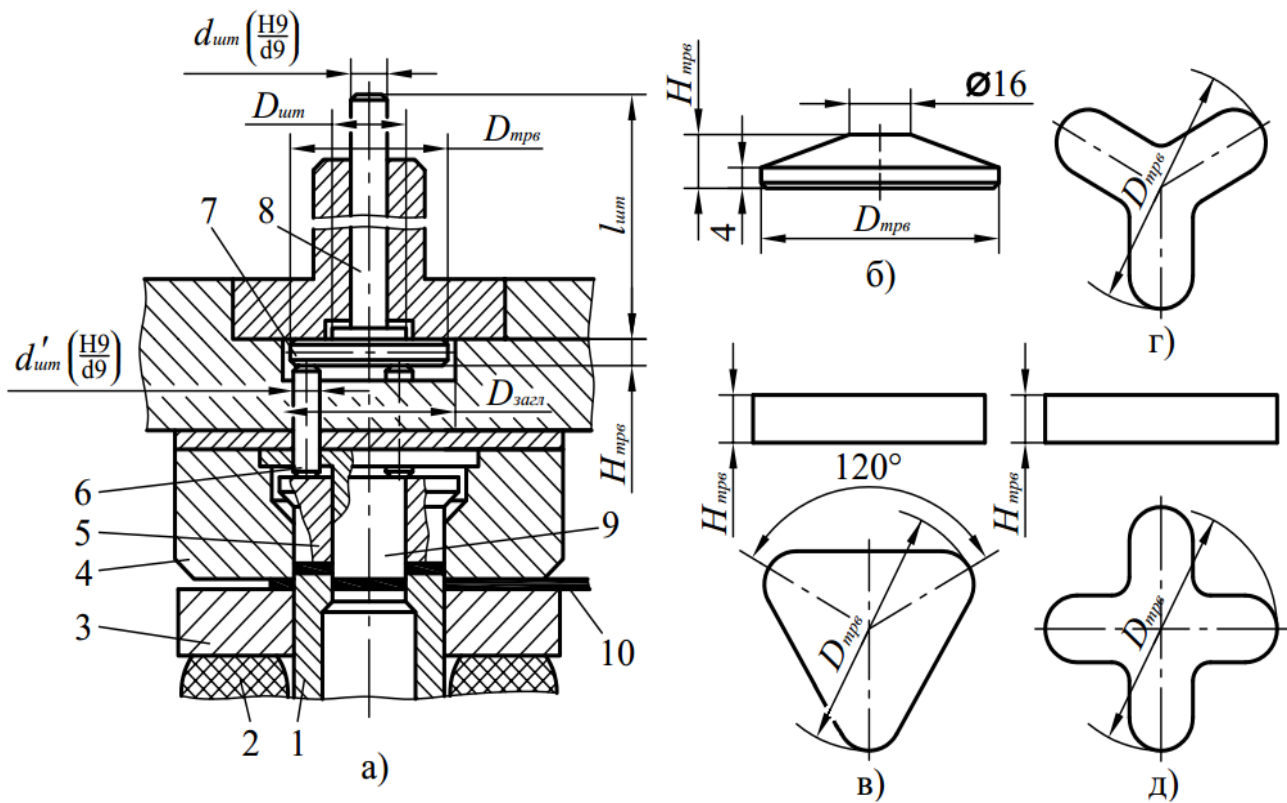


Рисунок 3.48. Застосування проміжних траверс:

а – схема верхнього виштовхуючого пристрою з проміжними траверсами і штовхачами; б – кругла траверса з формою зрізаного конуса; в – триопорна траверса; г – триопорна траверса з виступами; д – чотириопорна траверса; 1 – пуансон-матриця; 2 – буфер; 3 – знімач; 4 – матриця; 5 – виштовхувач; 6 – проміжний штовхач; 7 – траверса; 8 – штовхач; 9 – пуансон; 10 – матеріал, який штамнують

Круглі траверси можуть мати також форму зрізаного конуса (рис. 3.48 б) з розмірами $D_{трв}$ і $H_{трв}$, наведеними вище. За необхідності, коли для посилення верхньої плити в ній замість круглого заглиблення діаметром $D_{загл}$ виконують фігурне, застосовують триопорні або чотириопорні траверси (рис. 3.48 в, г і д) з діаметром $D_{трв} \leq 160$ мм і товщиною $H_{трв} \leq 25$ мм зі сталі 45 твердістю 41,5–46,5 HRCe.

Штовхач 8 можна прийняти розмірами $d_{um} = 4\text{--}58$ мм, $D_{um} = 6,3\text{--}67$ мм, довжиною $l_{um} = 30\text{--}800$ мм. Як проміжні штовхачі 6 застосовують спеціальні гладкі стрижні або штифти діаметром d'_{um} (поле допуску d9). У штампах суміщеної дії для матеріалу $s \leq 0,6$ мм рекомендується застосовувати відлиплювачі (рис. 3.49).

Основні розміри відлиплювачів наведено у табл. 3.24.

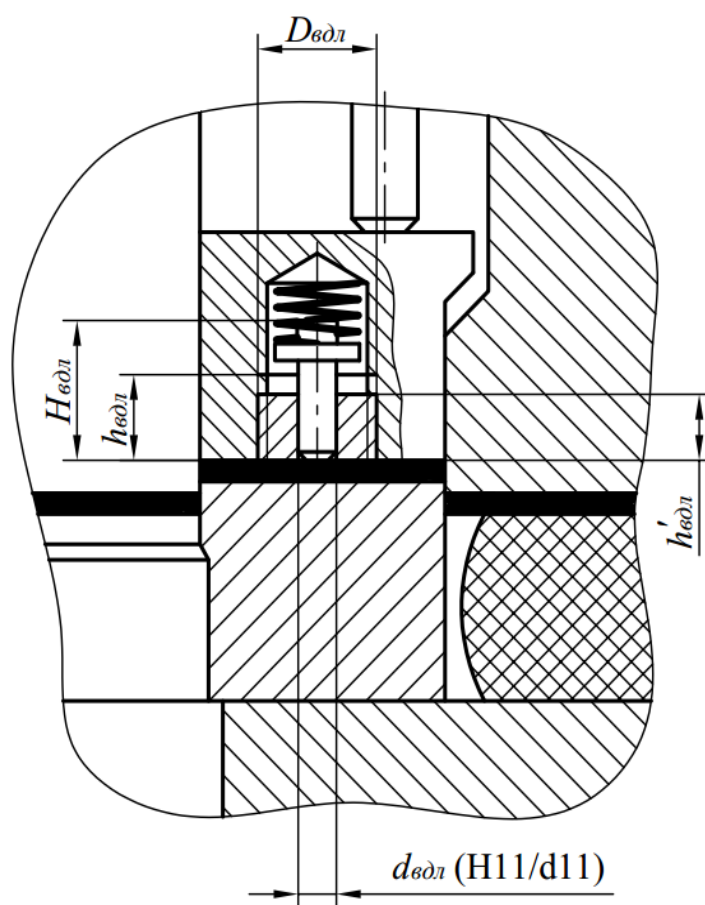


Рисунок 3.49. Схема встановлення відлиплювача

Відлиплювачі виконують з пружинами згідно з ДСТУ EN 13906-1-2013: при $d_{вдл} = 2$ мм – пружина $D = 3$ мм, $d = 0,45$ мм; при $d_{вдл} = 4$ мм – пружина $D = 6$ мм, $d = 0,6$ мм.

Матеріал відлиплювача сталь У8А, твердість 43,5–49,5 HRCe, гайки – сталь 40, твердість 37–42 HRCe.

Таблиця 3.24. Основні розміри відлиплювача

$d_{вдл}$	$D_{вдл}$	$H_{вдл}$	$h_{вдл}$	$h'_{вдл}$
Розміри, мм				
2	M6×0,75	16	9,5	8
4	M8×1,0	18	11,5	10

4. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ШТАМПІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

4.1. Особливості конструювання штампів для чистового вирубування

Суть чистового вирубування (пробивання) полягає в тому, що розділювання матеріалу, який штампують, здійснюють при його напружено-деформівному стані об'ємного стиснення в зоні розділювання. Зазначений стан досягають за рахунок двох факторів:

- 1) затиску всіх елементів металу, який розділяють (початкової заготовки, відходу й деталі, яку штампують), високими питомими зусиллями;
- 2) вдавлення клиноподібного ребра в заготовку (відхід) по лінії, еквідистантній щодо лінії розділювання (контуру вирубування або пробивання) на незначній відстані від неї.

Перший фактор забезпечується при застосуванні спеціалізованих пресів потрібної дії (або відповідним чином модернізованих пресів загального призначення), другий – конструкцією штампа.

Технологічні вимоги до чистового вирубування й пробивання. Чистове вирубування (пробивання) застосовують для штампування деталей із конструкційних і легованих сталей, латуні зі вмістом міді не менше 63 %, бронзи зі вмістом міді не менше 92 %, а також із алюмінію й алюмінієвих сплавів з границею міцності при розтягуванні не більше 300 МПа.

При штампуванні заготовок з листа товщиною понад 2 мм зі сталей 40, 45, 50, У8 у стані постачання (нагартованих) різко знижується стійкість штампів і на поверхні зрізування утворюються відколи. Тому перед штампуванням слід вихідні (початкові) заготовки піддавати спеціальним видам термооброблення, яке забезпечує зниження зношування штампа й усунення сколів. Точність, яка досягається при чистовому штампуванні, наведено в табл. 1.9, розділ 1.

Шорсткість поверхні зрізування досягає $Ra = 0,4\text{--}1,6$ мкм, відхилення поверхні зрізування від перпендикулярності до площини матеріалу, який штампують, у межах 0,001–0,004 мм на 1 мм товщини, відхилення від площинності деталі 0,01–0,02 мм на 100 мм довжини. В деталях можна здійснювати штампування її конструктивних елементів розмірами, наведеними в табл. 4.1. При цьому на гострих краяхках відштампованої деталі утворюються напливи, величиною до 25% товщини матеріалу.

Таблиця 4.1. Розміри конструктивних елементів деталі, які штамнують, у частках товщини матеріалу при чистовому вирубіванні та пробиванні

σ_B матеріалу, який штамнують, МПа	α_d , град	r_1	r_2	e_1	e_2	e_3	e_4	D
		не менше						
до 500	до 90°	0,1	0,08	0,5	0,5	1,0	0,4	0,5
	понад 90°	0,2	0,1	0,5	0,5	1,0	0,4	0,5
понад 500	до 90°	0,1	0,08	0,6	0,6	1,0	0,4	0,6
	понад 90°	0,2	0,1	0,6	0,6	1,0	0,4	0,6

Схеми штампування і вибір обладнання. Загальна схема чистового вирубівання-пробивання зображена на рис. 4.1. За такої схеми забезпечується штампування деталі (шайби) 6 із початкової заготовки 2: одночасне вирубівання контуру шайби діаметром D і пробивання отвору діаметром d .

До початку процесу розділювання металу початкову заготовку 2 (див. рис. 4.1 а) затискають зусиллям $P_{прт}$ між притискувачем 1 і матрицею 3. У заготовку 2 вдавлюються клиноподібні ребра, розташовані на притискувачі 1 та матриці 3. Відхід 10 затискають тим самим зусиллям $P_{прт}$ між нижнім виштовхувачем 9 і пуансоном 5. У відхід 10 також вдавлюється клиноподібне ребро, розташоване на виштовхувачі 9. Деталь (шайба) 6, яку штамнують, затискається зусиллям протидітиску $P_{нд}$ між пуансон-матрицею 7 і верхнім виштовхувачем 4, при цьому $P_{нд} < P$, де P – технологічне зусилля штампування.

У результаті того, що технологічне зусилля $P > P_{nd}$ (див. рис. 4.1 б), виштовхувач 4 втоплюється і деталь 6, яку штамнують, відділяється від початкової заготовки 2. Після повернення частин штампа в початкове розташування деталь 6 виштовхується верхнім виштовхувачем 4 із кільцевої порожнини між матрицею 3 і пуансоном 5, а відхід 10 відділяється від нижнього виштовхувача 9 відлиплювачем 8.

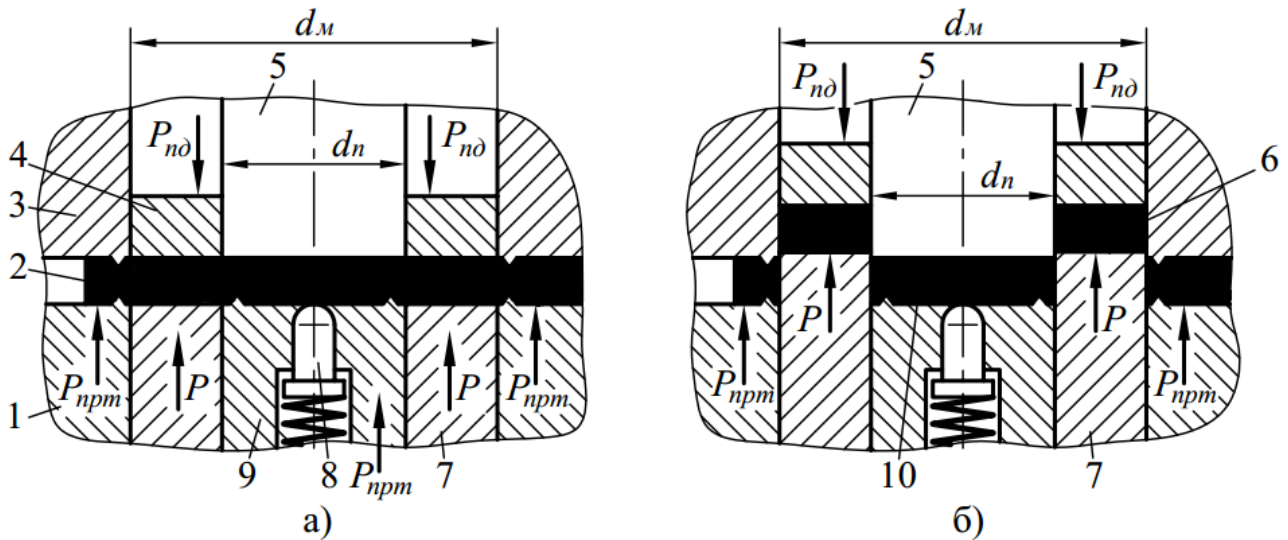


Рисунок 4.1. Загальна схема процесу чистового вирубання:

а – початок штампування; б – закінчення штампування;

1 – притискувач, 2 – початкова заготовка, 3 – матриця,

4 – верхній виштовхувач, 5 – пуансон, 6 – деталь, 7 – пуансон-матриця,

8 – відлиплювач, 9 – нижній виштовхувач, 10 – відхід

Розрахунок зусилля чистового штампування. Технологічне зусилля чистового штампування (головного повзуна) $P_{в.н.}$ можна визначати як для звичайного вирубання (пробивання) за формулою (2.17), розділ 2. Зусилля протидітиску P_{nd} має складати 25% від зусилля для вирубання й пробивання $P_{в.н.}$, а зусилля притискування $P_{прт}$ – 50% від $P_{в.н.}$. Таким чином, сумарне зусилля $P_{ч}$, необхідне для чистового вирубання (пробивання), становить

$$P_{ч} = P_{в.н.} + P_{nd} + P_{прт} = 1,75 P_{в.н.} \quad (4.1)$$

Преси потрійної дії характеризуються трьома силовими параметрами: зусиллям головного повзуна (зусиллям для забезпечення процесу вирубання і пробивання) $P_{в.н.}$, зусиллям протидітиску P_{nd} і зусиллям притискування $P_{прт}$. Зазначені силові параметри преса перебувають приблизно в тих же

співвідношеннях, які вказані вище. Тому вибір преса можна здійснювати тільки за головним технологічним зусиллям P , виходячи із умови, що $Pk \geq P_c$, де $k = 1,25$ – коефіцієнт запасу.

Штампи для чистового вирубування та пробивання поділяють на два основних види: з рухомою пуансон-матрицею (пуансоном) і нерухомим притискувачем та з нерухомою пуансон-матрицею (пуансоном) і рухомим притискувачем. Терміни «Рухомий» і «Нерухомий» для цих конструктивних елементів штампа в обох випадках є умовними. Мова йде про їх рухомий чи нерухомий стан відносно початкової заготовки в напрямку, перпендикулярному до її поверхні в процесі вирубування чи пробивання.

На рис. 4.2 зображена схема штампа першого виду. У штампі здійснюють чистове вирубування деталі по контуру і пробивання отворів. Контур, який вирубують, – це круг або інша фігура, яка вписується в коло діаметром d (розміри пуансона і матриці відповідно d_n і D_m).

Штамп змонтований на блоці, що складається з потовщених (для підвищення жорсткості) нижньої плити 9 і верхньої плити 13, з'єднаних кульковими напрямними вузлами з потовщеними напрямними втулками 19 та напрямними колонками 20.

Нижню плиту 9 встановлюють і кріплять на притискному (нижньому) столі преса. Хвостовик 3 кріпиться різьбовим кінцем до головного повзуна преса. Верхня плита 13 монтується до верхнього стола преса, а підп'ятник 17 впирається в поршень гідроциліндра протидітиску преса.

На початку процесу штампування при ходові притискного стола головного повзуна преса вгору початкова заготовка затискається між притискувачем 7 і матрицею 12, закріпленої в обоймі 14. Потім деталь, яку штампують, затискають в зоні, прилеглої до зони штампування пуансон-матрицею 5 і виштовхувачем (контрпуансоном) 10, а місця утворення відходів затискаються між пуансонами 11 і виштовхувачами 1 і 6.

У процесі штампування пуансон-матриця 5 переміщається вгору під дією зусилля P головного повзуна преса, яке передається їй через хвостовик 3. Притискувач 7 залишається нерухомим, забезпечуючи постійне притискання початкової заготовки зусиллям $P_{прт}$, яке передається через нижню плиту 9 притискному столу преса. Одночасно підтримується постійне притискання цим самим зусиллям місць утворення відходів, оскільки виштовхувачі 1 і 6 через траверсу 4 і штовхачі 2 також спираються на притискний стіл преса 21.

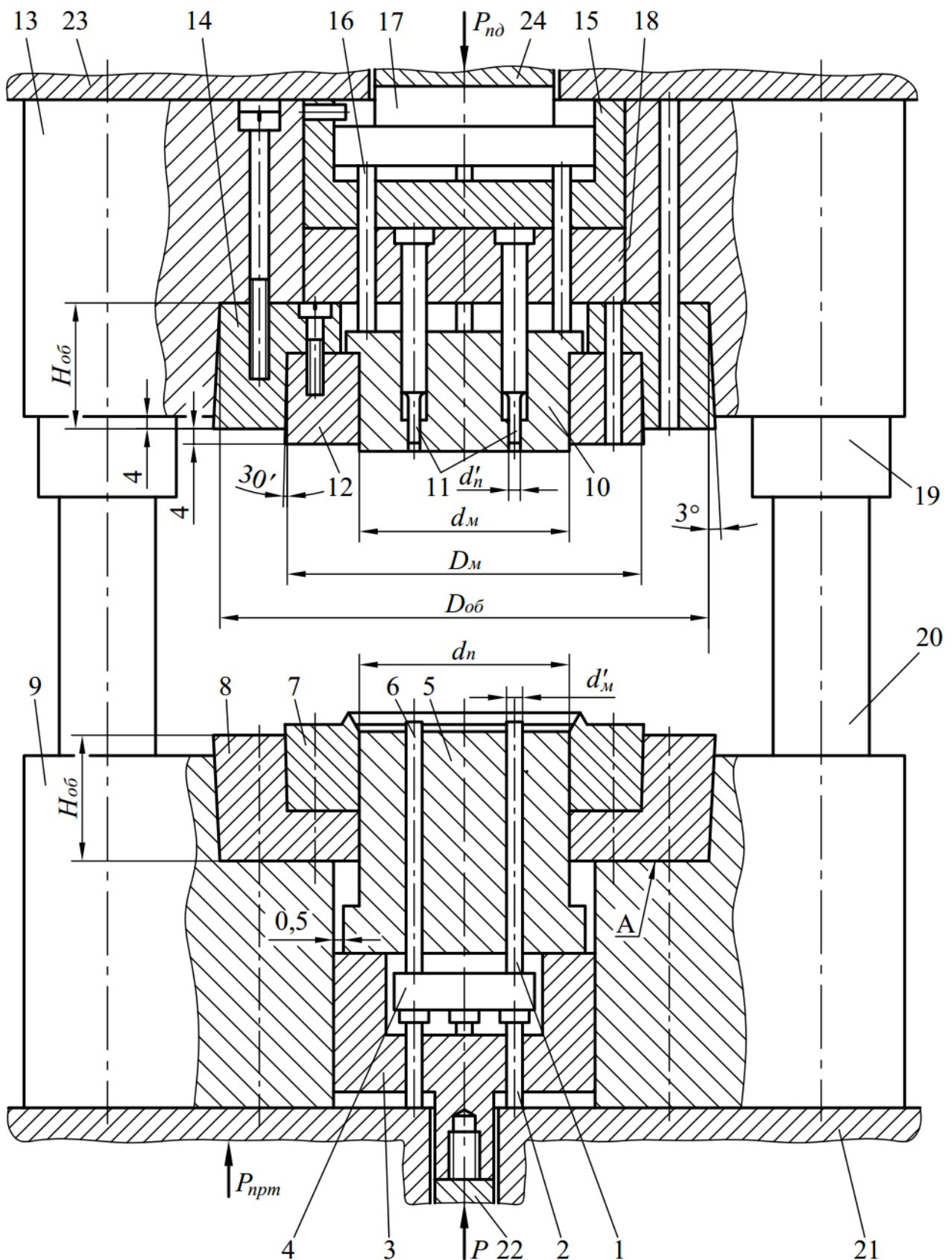


Рисунок 4.2. Схема штампа з рухомою пуансон-матрицею і нерухомим притискувачем: 1 і 6 – виштовхувачі; 2 – штовхачі; 3 – хвостовик; 4 – траверса; 5 – пуансон-матриця; 7 – притискувач; 8 – плита проміжна; 9 – плита нижня; 10 – виштовхувач; 11 – пуансони; 12 – матриця; 13 – плита верхня; 14 – обойма; 15 – опора; 16 – штовхачі; 17 – підп'ятник; 18 – пуансоноутримувач; 19 – втулка напрямна; 20 – колонка напрямна; 21 – притискний і 23 – верхній столи преса; 22 – головний повзун і 24 – поршень гідроциліндра преса

Під час переміщення пуансон-матриці 5 вгору виштовхувач 10 втоплюється відносно матриці 12 і пуансонів 11, закріплених у пуансоноутримувачі 18, які через опору 15 впираються у верхній стіл преса і залишаються нерухомими. При цьому зусилля $P_{нд}$ від виштовхувача 10 через штовхачі 16 і підп'ятник 17 передається на поршень гідросистеми преса. Потім здійснюється вирубування деталі по контуру і пробивання отворів. При зворотному ходові пуансон-матриця 5 опускається, потім опускаються притискувач 7 і виштовхувачі 1 і 6, а виштовхувач 10 під дією зусилля гідросистеми преса виштовхує відштамповану деталь із порожнини матриці 12.

Пуансон-матриця 5 може кріпитися до головного повзуна преса безпосередньо, без проміжного хвостовика 3. У цьому випадку траверсу 4 виконують фігурною і вона входить у відповідне фігурне гніздо пуансон-матриці.

Описаний штамп з нерухомим притискувачем і рухомою пуансон-матрицею застосовують для штампування деталей порівняно невеликих розмірів, що містять кілька отворів. У штампах простої дії замість пуансон-матриць застосовують пуансон, який в першому випадку є рухомим, а в другому – нерухомим.

Деталі великих розмірів зі значною кількістю отворів штампують у штампах другого виду – з нерухомою пуансон-матрицею і рухомим притискувачем. Ці штампи (рис. 4.3) конструктивно виконують аналогічно до штампів суміщеної дії для звичайного вирубування і пробивання.

Схема штампа з рухомою пуансон-матрицею і рухомим притискувачем теж монтується на блоці, що складається з нижньої 9 і верхньої 13 плит, а також проміжної плити 8, з'єднаних напрямними втулками 19 і колонками 20.

Верхня частина штампа ідентична описаній вище конструкції штампа з рухомою пуансон-матрицею і нерухомим притискувачем (див. рис. 4.2): у верхній плиті 13 нерухомо закріплена обойма 14 з матрицею 12, в якій переміщується виштовхувач 10, що передає зусилля верхній гідроопорі преса (плунжеру протидітиску) через штовхачі 16 і підп'ятник 17. Так само закріплений пуансоноутримувач 18 з пуансонами 11, які опираються на опору 15 і через неї – на стіл преса.

Виштовхувач 10 підтримується гвинтами 21. На нижній плиті 9 на прокладці 4 встановлена і закріплена пуансон-матриця 5, в якій переміщуються виштовхувачі 6, що через штовхачі 1 спираються на нижню гідроподушку (притискний плунжер) преса і забезпечують затискання місць утворення відходу

при пробиванні отворів. По пуансон-матриці 5 переміщується притискувач 7, закріплений у проміжній плиті 8, яка переміщається по напрямних колонках 20. Проміжна плита 8 утримується гвинтами 3 і через штовхачі 2 передає зусилля нижній гідроподушці преса, забезпечуючи затискання початкової заготовки.

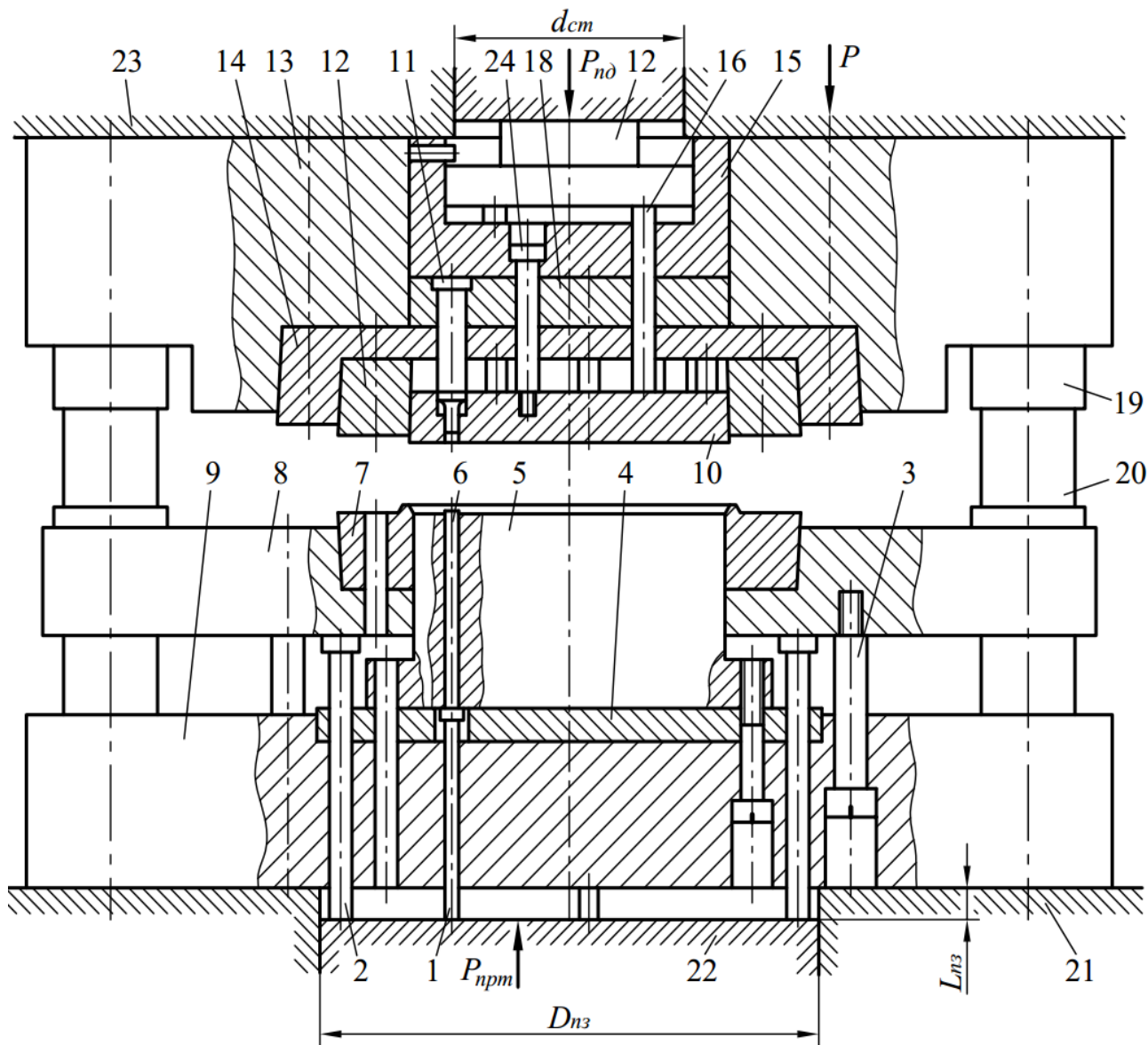


Рисунок 4.3. Схема штампа з нерухомою пуансон-матрицею і рухомих притискувачем: 1 – штовхачі; 2 – штовхачі; 3 – гвинт; 4 – прокладка; 5 – пуансон-матриця; 6 – виштовхувачі; 7 – притискувач; 8 – плита проміжна; 9 – плита нижня; 10 – виштовхувач; 11 – пуансони; 12 – матриця; 13 – плита верхня; 14 – обойма; 15 – опора; 16 – штовхачі; 17 – підп’ятник; 18 – пуансоноутримувач; 19 – втулка напрямна; 20 – колонка напрямна; 21 – повзун преса; 22 – притискувальний плунжер преса; 23 – стіл преса; 24 – гвинти

Наведені дві основні схеми штампів не обмежують усіх варіантів конструктивного виконання штампів для чистового вирубання і пробивання. Можливі й інші конструкції, проте всі вони повинні забезпечувати вписування хвостовиків, штовхачів, підп'ятників, що передають зусилля $P_{нд}$ і $P_{прт}$ на гідроопори преса, у відповідні кола, діаметри яких $D_{нз}$ і $d_{нз}$, вказані в паспорті преса. У штампах для чистового вирубання можна застосувати перехідні траверси відповідних розмірів, які розміщують у заглибленні нижньої (верхньої) плит штампа або повзуна преса (рис. 4.4).

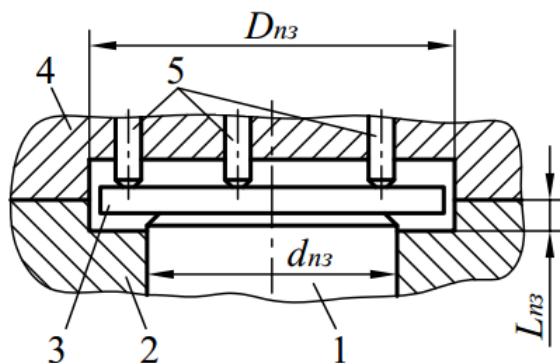


Рисунок 4.4. Передача зусилля $P_{прт}$ за допомогою проміжної траверси:

- 1 – плунжер гідроопори преса; 2 – повзун преса; 3 – траверса;
4 – нижня плита штампа; 5 – штовхачі штампа

Конструювання елементів штампів повинно здійснюватися з урахуванням ряду особливостей.

Виконавчі розміри матриці й пуансона (пуансон-матриці) визначають аналогічно до штампів для звичайного вирубання і пробивання за формулами, наведеними в табл. 2.4, розділ 2. При цьому двосторонній зазор z між матрицею і пуансоном визначають за формулою

$$z = 0,01s^{\Delta z}, \quad (4.2)$$

де s – товщина матеріалу, який штампують;

Δz – граничне відхилення зазору.

Граничне відхилення двостороннього зазору залежно від товщина матеріалу, який штампують, вибирають згідно з рекомендаціями:

s , мм	до 2,0	від 2,0 до 6,0	від 6,0 до 10,0	від 10 до 12
Δz , мм	0,005	0,010	0,020	0,030

Крок штампування розраховують з урахуванням розмірів перемичок, наведених в табл. 1.14, розділ 1.

Пуансон для пробивання отворів (див. рис. 4.2 і 4.3, поз. 11) на робочих крайках заокруглюють радіусом 0,1–0,2 мм (рис. 4.5 а). Розміри пуансона (d_n й ін.) слід приймати за таблицями, наведеними для звичайних пуансонів (див. вище). Виштовхувач направляєтся по пуансону з зазором не більше 0,003 мм на сторону. По зовнішньому контуру виштовхувача і в отворі під пуансон у виштовхувачі виконують фаску розміром c :

s , мм	до 2	від 2 до 4	від 4 до 6	від 6 до 10	від 10 до 12
c , мм	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5	0,5 – 0,6

Отвір в пуансоноутримувачі (рис. 4.5 б) виконують за діаметром пуансона d_n з зазором на сторону 0,05 мм.

Матрицю (див. рис. 4.2 і 4.3, поз. 12) виконують без ухилу (в робочому отворі). Різальні крайки заокруглюють радіусом r_m (див. рис. 4.5 в) або виконують з фаскою $r_m \times 45^\circ$. Радіус r_m приймають рівним розміру фаски c (див. вище).

Суцільні матриці кріплять безпосередньо до плити (див. рис. 4.5 в), забезпечуючи посадку з гарантованим натягом за рахунок конусного отвору. До затягування гвинтів по площині A повинен бути забезпечений зазор між торцем вікна в плиті й торцем матриці. Зазор визначають залежно від розміру D_m :

- при $D_m \leq 120$ мм приймають $z = 1,75$ мм;
- при $120 < D_m \leq 160$ мм приймають $z = 2,5$ мм;
- при $D_m > 160$ мм приймають $z = 2,75$ мм.

Після затягування гвинтів зазор повинен бути повністю вибраний.

Розміри круглих матриць слід приймати за табл. 4.2. Для некруглих профілів, які вписуються в діаметр d_m , розміри D_m і H_m також можна приймати за цією таблицею. При $d_m > 120$ мм розмір D_m слід визначати орієнтовно, виходячи з умови, що ширина стінки матриці повинна складати приблизно 0,4 від її робочого розміру.

Складену матрицю монтують в обоймі 14 (див. рис. 4.2 і 4.3). Матрицю в обоймі кріплять так само, як у плиті (див. рис. 4.5 в). Обойму в плиті кріплять як зображено на рис. 4.2 і 4.3. При цьому, як і для кріплення матриці, посадку забезпечують за рахунок зазору по площинах A між торцем обойми і торцем плити. Незалежно від розмірів обойми зазор приймають рівним 0,4 мм. Затягуванням гвинтів зазор повинен бути повністю вибраний. Розміри круглої обойми приймають за табл. 4.2.

Таблиця 4.2. Основні розміри (мм) круглих матриць і обойм для чистового вирубання (див. рис. 4.2)

Розміри, мм

d_m	D_m	H_m	$D_{об}$	$H_{об}$
до 25	75	20	120	28
від 25 до 32	85		130	
від 32 до 40	95	25	150	36
від 40 до 50	110		170	
від 50 до 63	130	32	190	45
від 63 до 80	150		210	
від 80 до 100	170	40	240	56
від 100 до 120	210		270	

Притискувачі (див. рис. 4.2 і 4.3, поз. 7) виготовляють розмірами, що дорівнюють розмірам матриць (див. табл. 4.2) і кріплять безпосередньо до плит в обоймі (див. рис. 4.2, поз. 8) аналогічно матрицям. Робочу поверхню притискувача обробляють як зображено на рис. 4.5 г.

Клиноподібне ребро виконують поблизу крайки притискувача, розташовуючи його еквідистантно контуру вирубання-пробивання. Ділянки контуру складної форми (гострі кути, пази тощо) клиноподібне ребро має плавно огинати.

Клиноподібне ребро також розташовують на притискувачі при штампуванні матеріалів усіх товщин. При штампуванні матеріалів товщиною понад 4 мм клиноподібне ребро розташовують також і на матриці. Якщо дозволяє розмір виштовхувача, що розташований навпроти пуансона для пробивання отвору, клиноподібне ребро розташовують і на виштовхувачі (див. рис. 4.1).

Розміри клиноподібного ребра приймають залежно від товщини матеріалу, який штамнують, за табл. 4.3 і за даними рис. 4.5 г.

Виштовхувачі (див. рис. 4.1, поз. 1 і 6 та рис. 4.2, поз. 6) виконують як зображено на рис. 4.5 д. Торець круглого виштовхувача виконують сферичним, а торець прямокутного й фасонного виштовхувачів по дузі висотою 0,2–0,5 мм.

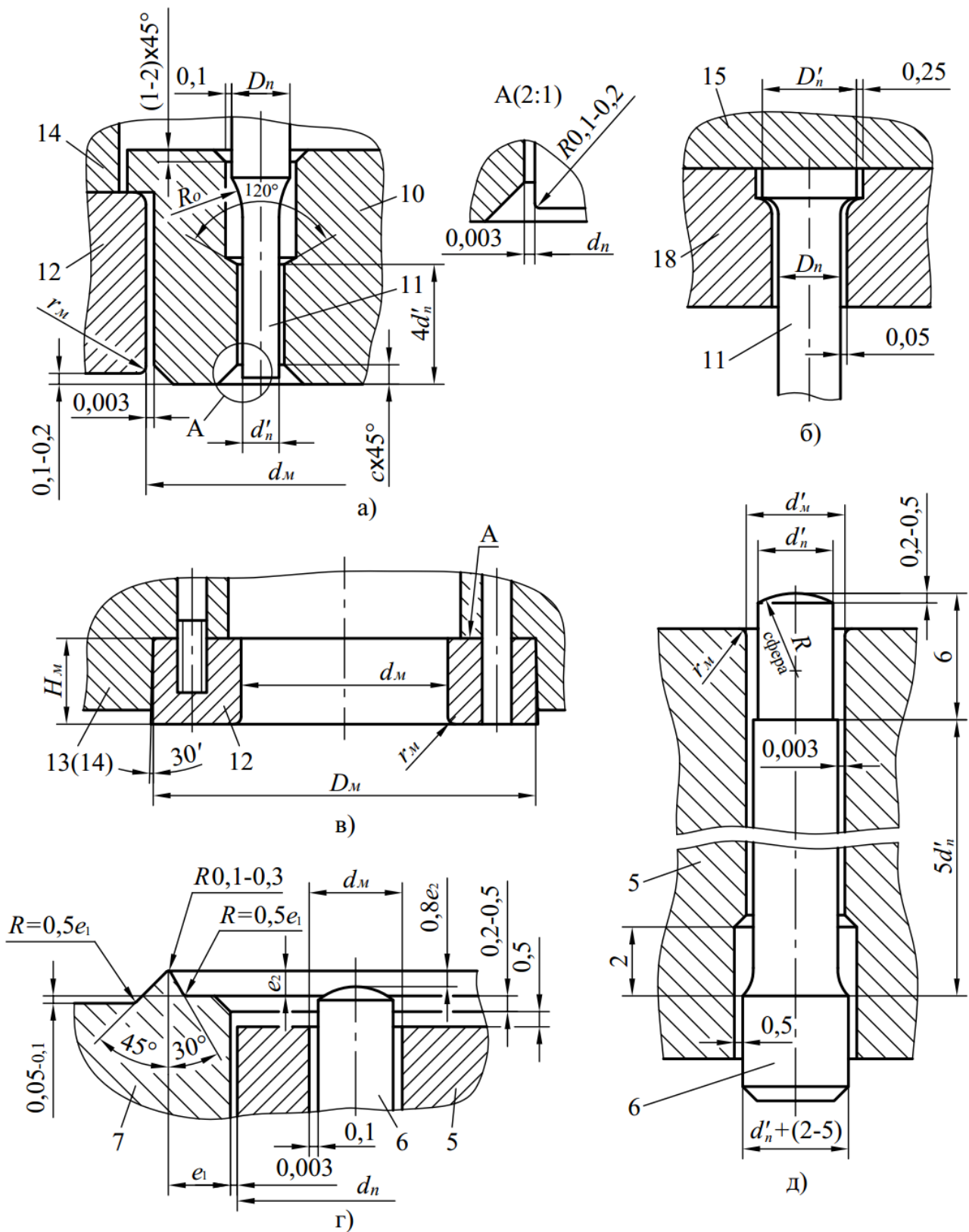


Рисунок 4.5. Конструктивні елементи штамп для чистового вирубвання-пробивання (номери позицій – див. рис. 4.2 і 4.3):
 а – робоча частина пуансона, виштовхувач і матриця; б – пуансон і пуансоно-утримувач; в – кріплення матриці до плити; г, д – притискувач, виштовхувач і пуансон-матриця; 5 – пуансон-матриця; 6 – виштовхувач; 7 – притискувач; 10 – виштовхувач; 11 – пуансони; 12 – матриця; 14 – обойма; 15 – опора; 18 – пуансоноутримувач

Таблиця 4.3. Розміри перерізу клиноподібного ребра (див. рис. 4.5 з)

Розміри, мм

s	e_1	e_2
до 2	1,2	0,5
від 2 до 4	2,2	0,7
від 4 до 6	3,0	0,9
від 6 до 8	3,8	1,2
від 8 до 10	4,6	2,6
від 10 до 12	5,4	2,0

4.2. Особливості конструювання штампів для зачищування

Виконанням операції зачищування забезпечують підвищення якості поверхні й точності заготовок, отриманих з використанням звичайних штампів для вирубання і пробивання. При цьому можна досягнути шорсткості поверхні $Ra = 1,25-0,32$ мкм і точності за 7–8 квалітетами.

Суть зачищування полягає в тому, що після операцій вирубання (пробивання), виконаних у звичайному штампі, по контуру деталі (отвору) зрізується додатково шар металу, що гарантує отримання якісної деталі. Чим менша товщина шару, що зрізується, тим вища якість зачищування.

Застосовують дві схеми зачищування методом зрізування припуску: для зачищування зовнішніх контурів і отворів зачищування здійснюють пуансоном, меншим від матриці (рис. 4.6 а і б); для зачищування зовнішніх контурів – пуансоном, більшим від матриці (рис. 4.6 в).

У першому випадку заготовка (відхід) проштовхується пуансоном у матрицю на всю свою товщину. Пуансон в нижньому положенні не доходить до площини матриці на 0,05–0,1 мм. При цьому до закінчення зачищування частина стружки на верхньому краю заготовки відламується, що погіршує якість деталі. У другому випадку пуансон не доходить до площини матриці на 0,2–0,4 мм, частина зрізаного припуску розплющується в тонку плівку, і в зоні різання створюється напружений стан об'ємного стиснення. Розплющена плівка відділяється від деталі наступною заготовкою. При цьому якість деталей отримується вищою порівняно з їх якістю при застосуванні першого методу.

У випадку застосування притискування заготовки схема зачищування пуансоном, більшим від матриці, не може бути застосована.

Розміри зовнішнього контуру деталі після зачищування (рис. 4.6 а і в) задаються матрицею, а розміри отвору (рис. 4.6 б) – пуансоном.

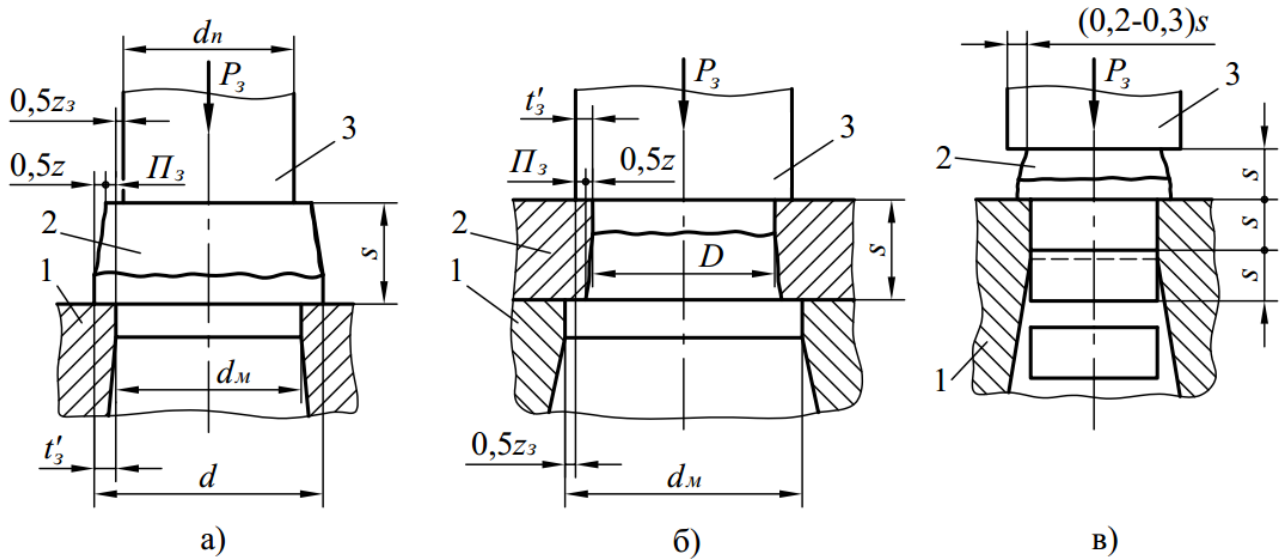


Рисунок 4.6. Основні схеми зачищування:

а і б – зачищування зовнішніх контурів і отворів пуансоном, меншим від матриці; в – зачищування зовнішніх контурів пуансоном, більшим від матриці;
1 – матриця; 2 – деталь, яку штамкують; 3 – пуансон

Зачищування виконують за одну або кілька операцій (табл. 4.4). У першому випадку (рис. 4.6 а і б) за один хід пуансона зрізується шар металу товщиною

$$t'_3 = \frac{z}{2} + П_3, \quad (4.3)$$

де $\frac{z}{2}$ – величина сколу, що дорівнює односторонньому зазору між матрицею і пуансоном штампа для вирубівання (пробивання);
 $П_3$ – односторонній припуск на одноразове зачищування (див. табл. 4.4).

У другому випадку, коли зачищування виконують за кілька операцій (багаторазове зачищування), за першу операцію знімається шар t'_3 , а за кожен наступну

$$t'_3 = 0,7П_3. \quad (4.4)$$

Таким чином, загальна товщина шару, що знімається, при виконанні N_3 зачищувальних

$$T_3 = П_3 (0,7N_3 + 0,3) + \frac{z}{2}. \quad (4.5)$$

Таблиця 4.4. Значення припуску P_3 на перше (або одноразове) зачищування*¹ і кількість операцій зачищування

Товщина матеріалу s , мм	Сталь марок 10, 20, мідь, латунь, алюміній			Сталь марок 25, 35, 45, алюмінієві сплави, бронза			Сталь марок 50, 65Г, У8		
	Односторонній припуск P_3 , мм	Кількість N_3 операцій зачищування		Односторонній припуск P_3 , мм	Кількість N_3 операцій зачищування		Односторонній припуск P_3 , мм	Кількість N_3 операцій зачищування	
		плавного контуру * ²	складного контуру * ³		плавного контуру * ²	складного контуру * ³		плавного контуру * ²	складного контуру * ³
до 1,5	0,075	1	2	0,100	2	3	0,125	3	4
від 1,5 до 3	0,100	1	2	0,125	2	3	0,150	3	4
від 3 до 4	0,125	2	3	0,150	3	4	0,175	4	5
від 4 до 6	0,150	2	3	0,175	3	4	0,200	4	5

*¹ При багаторазовому зачищуванні плавних контурів припуск на кожне зачищування, починаючи з другої операції, приймають рівним $0,7P_3$. При багаторазовому зачищуванні складних контурів: у западинах і при гострих кутах менше 60° припуск слід приймати для всіх операцій в два рази меншим значення, наведеного в таблиці й розрахункового; на виступаючих елементах і при кутах понад 60° табличні значення припуску слід збільшувати в 1,5–2 рази.

*² Радіуси заокруглення між ділянками, які спряжуються, $R \geq 5s$.

*³ Контур з гострими кутами (радіуси заокруглення $R \leq 5s$).

Зусилля P_3 (кН), необхідне для першої операції зачищування, обчислюють за формулою

$$P_3 = L(t'_3 + 0,1sn_3)\sigma_{зр}, \quad (4.6)$$

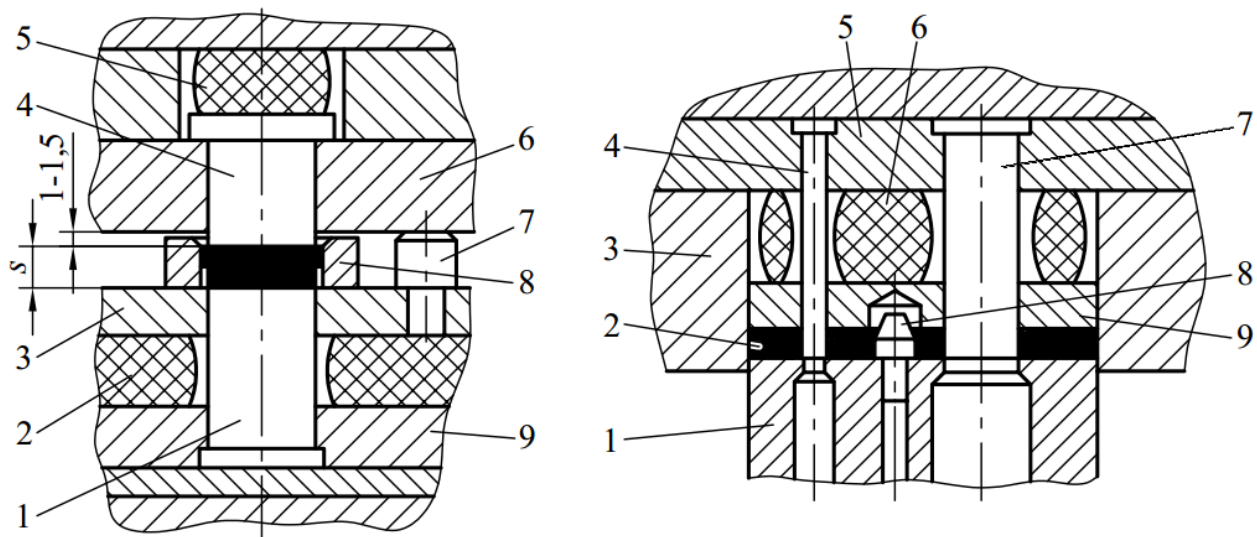
де L – периметр зрізування, мм;

n_3 – кількість заготовок, що одночасно знаходяться в матриці.

Зусилля для наступних операцій зачищування визначають за такою самою формулою, але замість t'_3 у неї підставляють значення t_3 , яке визначають за формулою (4.4).

Зачищування виконують на звичайних пресах. Штampi для зачищування за конструктивним виконанням принципово не відрізняються від звичайних штампів для вирубування і пробивання. Особливостями штампів для зачищування є, зокрема, наявність сильного притискування відходу й деталі, а також точне фіксування заготовки в трафареті або по отворах, що забезпечують високу якість зачищування; хвостовик бажано застосовувати плаваючий; слід також застосовувати кулькові напрямні вузли. Трафарети й інші фіксуючі елементи штампа необхідно піддавати термообробленню, а саме гартуванню.

При зачищуванні лише зовнішнього контуру рекомендується застосовувати схему штампа, зображену на рис. 4.7 а з верхнім розташуванням матриці 6. Пуансон 1 закріплюють в пуансоноутримувачі 9. Знімач 3 встановлюють на буфері 2. Заготовку фіксують в трафареті 8, товщина якого повинна бути такою, щоб надійно фіксувати заготовку. У знімачі встановлюють дистанційні упори 7, що забезпечують зазор між трафаретом і матрицею для виходу стружки. Заготовка притискається виштовхувачем 4 під дією буфера 5.



1 – пуансон; 2 – буфер; 3 – знімач; 4 – виштовхувач; 5 – буфер; 6 – матриця; 7 – упор; 8 – трафарет; 9 – пуансоноутримувач

а)

1 – пуансон-матриця; 2 – заготовка; 3 – матриця; 4, 7 – пуансони; 5 – пуансоноутримувач; 6 – буфер; 8 – фіксатор; 9 – виштовхувач;

б)

Рисунок 4.7. Схеми штампів для зачищування:

а – з верхнім розташуванням матриці; б – штамп суміщеної дії для зачищування зовнішніх та внутрішніх контурів

Зовнішній та внутрішній контури зачищають у штампах суміщеної дії (рис. 4.7 б). Заготовку 2 укладають на пуансон-матрицю 1, вставляючи пробитими отворами, що не підлягають зачищуванню (або попередньо зачищеними) на

фіксатори 8. Зачищування здійснюється матрицею 3 і пуансонами 4, 7. Попередньо заготовка притискається виштовхувачем 9 під дією буфера 6. Пуансони кріплять в пуансоноутримувачі 5.

Для вирубубвання складних контурів застосовують складені (секційні) матриці. За необхідності забезпечення заданого опускання пуансонів чи матриць застосовують обмежувачі.

Виконавчі розміри матриці для зачищування зовнішнього контуру обчислюють за формулами табл. 2.4, розділ 2, а пуансон припасовують до неї з зазором $0,5z_3 = 0,0025-0,005$ мм на сторону. Виконавчі розміри пуансонів для зачищування отвору обчислюють за формулами табл. 2.4, розділ 2, а матрицю припасовують до нього з зазором $0,5z_3 = 0,015-0,025$ мм на сторону. За необхідності отримання після зачищування отворів з розмірами по 7–8 квалітетах слід також враховувати пружну деформацію деталі після виходу зачищувального пуансона з отвору. З цією метою виконавчі розміри пуансона і матриці для зачищування отворів додатково збільшують: при штампуванні кольорових металів і сплавів – на 0,005–0,01 мм, м'якої сталі – на 0,008–0,015 мм.

Вирубубання контуру й пробивання отвору, призначених для подальшого зачищування, слід виконувати з відповідним припуском, для чого виконавчі розміри матриці та пуансона, розраховані за формулами табл. 2.4, розділ 2, при вирубубанні повинні бути збільшені на T_3 , а при пробиванні зменшені на цю ж величину.

4.3. Особливості конструювання штампів для магнієвих і титанових сплавів і неметалевих матеріалів

Заготовки з магнієвих сплавів при товщині листа до 2 мм штампують у холодному стані з припуском на подальше оброблення. При товщині листа понад 2 мм штампування здійснюють при нагрітому матеріалі до температури 150–400°C.

Для штампування цих матеріалів, як правило, застосовують, штампи суміщеної дії, які відрізняються тим, що різальні крайки матриці 4 при холодному штампуванні виконують загостреними під кутом 45° (рис. 4.8). Щоб за відсутності матеріалу не стався удар гострої крайки матриці до знімача 2, встановлюють дистанційні упори 3, розміщуючи їх таким чином, щоб вони не заважали просуванню смуги матеріалу, який штампують. Пуансон-матриця 1, виштовхувач 5, пуансони 6 й інші деталі конструктивних особливостей не мають.

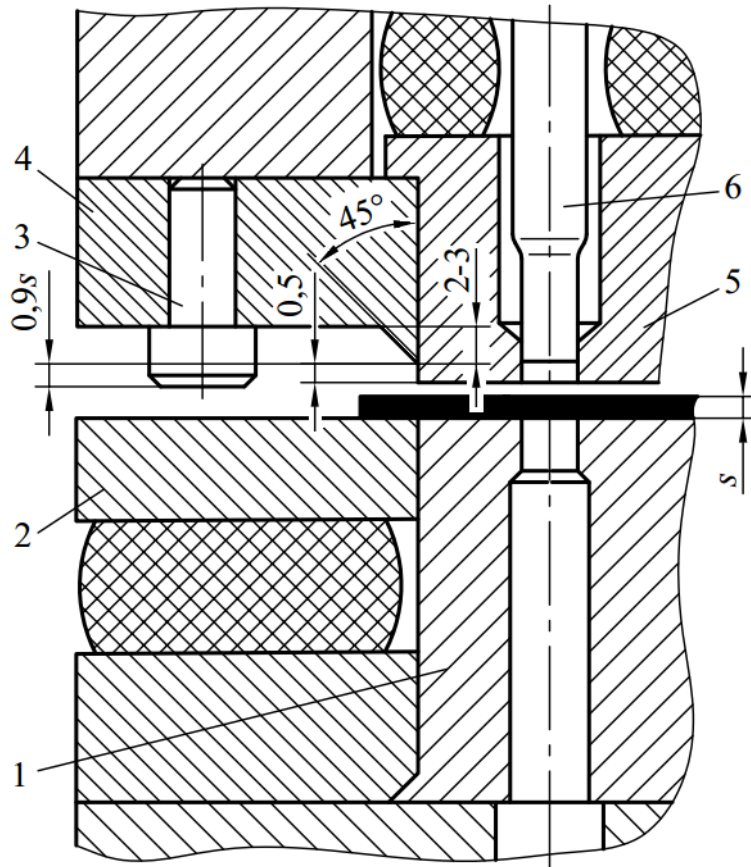


Рисунок 4.8. Штамп зі загостреною крайкою матриці:

- 1 – пуансон-матриця; 2 – знімач; 3 – упор; 4 – матриця;
5 – виштовхувач; 6 – пуансон

При штампуванні з підгрівом матеріалу слід враховувати лінійне звуження заготовки після її охолодження. Тому виконавчі розміри робочих деталей штампа збільшують на величину A

$$A = L \alpha_p,$$

де L – розрахунковий виконавчий розмір, обчислений за формулами табл. 2.4, розділ 2;

α_p – температурний коефіцієнт лінійного розширення, який приймають для магнієвих сплавів залежно від температури нагрівання.

$T, ^\circ\text{C}$	150	200	250	300	350	400
α_p	0,004	0,005	0,0065	0,008	0,0096	0,011

Для зниження тепловіддачі нагрітої заготовки 3 (рис. 4.9) у знімачі 1 встановлюють опори 2, що втоплюються.

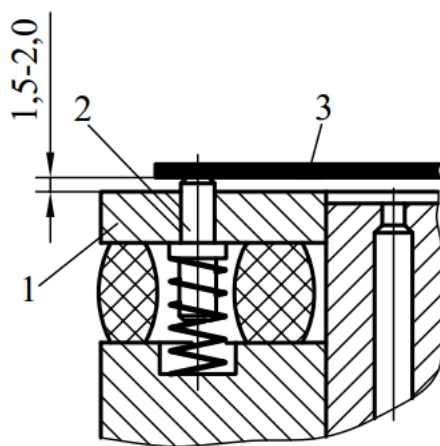


Рисунок 4.9. Опора штампа, що втоплюється:

1 – знімач; 2 – опора; 3 – заготовка

Зазори між матрицею і пуансоном при штампуванні магнієвих сплавів наведено в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Двосторонні зазори (мм) між матрицею і пуансоном при вирубунанні (пробиванні) заготовок з магнієвих сплавів (з підігрівом і без підігріву)

Розміри, мм

Товщина матеріалу, s	Зазор, z	Граничне відхилення, $+\Delta z$	Товщина матеріалу, s	Зазор, z	Граничне відхилення, $+\Delta z$
0,5	0,017	–	2,0	0,070	0,025
0,6	0,020	0,010	2,2	0,077	0,025
0,7	0,025	0,010	2,5	0,090	0,025
0,8	0,030	0,010	2,8	0,098	0,025
0,9	0,034	0,010	3,0	0,105	0,025
1,0	0,035	0,010	3,5	0,122	0,025
1,2	0,042	0,015	4,0	0,140	0,025
1,5	0,052	0,015	4,6	0,157	0,050
1,8	0,062	0,025	5,0	0,175	0,050

Заготовки із титанових сплавів штамнують у холодному та нагрітому стані залежно від марки сплаву й товщини матеріалу: з відносним видовженням $\delta > 10\%$ і товщиною до 2 мм – в холодному стані; товщиною понад 2 мм – з підігрівом до 550–700°C.

Особливістю конструювання штампів для вирубування й пробивання з підігрівом матеріалу є врахування лінійного звуження деталі, яку штампують, після її охолодження і необхідність, у зв'язку з цим, збільшувати виконавчі розміри матриці та пуансона на величину A (див. вище).

Значення зазорів між матрицею і пуансоном наведено в табл. 4.6.

Таблиця 4.6. Двосторонні зазори між матрицею і пуансоном при вирубуванні (пробиванні) заготовок з титанових сплавів

Розміри, мм

Товщина матеріалу, s	Сплави з $\delta > 10\%$ без підігріву і з $\delta \leq 10\%$ при $s > 2$ мм з підігрівом		Сплави з $\delta \leq 10\%$ при $s < 2$ мм без підігріву		Товщина матеріалу, s	Сплави з $\delta > 10\%$ без підігріву і з $\delta \leq 10\%$ при $s > 2$ мм з підігрівом		Сплави з $\delta \leq 10\%$ при $s < 2$ мм без підігріву	
	z	Δz	z	Δz		z	Δz	z	Δz
0,5	0,030	—	0,075	—	1,8	0,125	0,050	0,288	0,020
0,6	0,036	0,020	0,090	0,008	2,0	0,140	0,050	0,320	0,020
0,7	0,042	0,020	0,105	0,008	2,2	0,176	0,050	0,374	0,020
0,8	0,048	0,020	0,120	0,008	2,5	0,200	0,050	0,425	0,020
0,9	0,054	0,020	0,135	0,008	2,8	0,224	0,050	0,475	0,020
1,0	0,060	0,020	0,150	0,008	3,0	0,240	0,050	0,510	0,020
1,2	0,084	0,030	0,192	0,012	3,5	0,315	0,050	0,595	0,020
1,5	0,105	0,030	0,240	0,012	4,0	0,400	0,050	0,680	0,020

Заготовки з гетинаксу, текстоліту й подібних до них пошарових пластиків штампують у холодному і нагрітому стані (табл. 4.7).

Гетинакс товщиною понад 2 мм можна штампувати без підігріву, але при цьому між пуансоном і матрицею слід збільшувати зазори порівняно з номінальними.

Для штампування цих матеріалів застосовують в основному штампи суміщеної дії з притисканням вихідного матеріалу й відходу. Зусилля вирубування і пробивання визначають за формулою (2.17), розділ 2. Необхідне зусилля притискування, H

$$P_{npt} \geq L q s, \quad (4.7)$$

де L – периметр зрізування, мм;

s – товщина матеріалу, який штамнують, мм;

q – питоме зусилля, Н/мм².

s , мм	до 1,0	від 2,0 до 2	від 2 до 3	від 3 до 6,5
q , Н/мм ²	6–10	10–15	15–20	20–25

Таблиця 4.7. Технологічні параметри штампування пошарових пластиків

Матеріал, який штамнують	Температура в холодному (нагрітому) стані, $T^{\circ}\text{C}$	Найбільша товщина матеріалу, який штамнують, мм			Квалітет точності, залежно від товщини s , мм			
		Вирубубання			до 1	від 1 до 2	від 2 до 3	від 3 до 6,5
		простого контуру	складного контуру	пробивання отворів				
Гетинакс	20° (90–120)°	1,5	1,0	1,5	11–12	12–14	–	–
		3,0	2,5	3,0	12–14	14–16	–	–
Текстоліт	20° (80–90)°	2,0	1,5	2,0	11–12	12–14	–	–
		6,5	5,0	6,5	12–14	14–15	14–15	15–16

Конструкцією відповідних елементів штампа слід забезпечити концентрацію зусиль притискування на мінімальній площі, за можливості ближче до лінії зрізування, а також здійснення притискування заготовки до початку вирубубання-пробивання (рис. 4.10).

Для зниження шорсткості поверхні зрізування застосовують також загострені матриці (див. рис. 4.8).

Ряд конструктивних особливостей слід враховувати при проектуванні штампів для пробивання в заготовках типу плат великої кількості отворів у тих випадках, коли через малі відстані між пуансонами відсутнє місце для розміщення верхнього буфера в порожнині між притискувачем і пуансоноутримувачем. У цих випадках буфер слід розміщувати над пуансоноутримувачем, додаючи в штамп додатково проміжну плиту для утворення відповідної порожнини (рис. 4.11). Притискувач переміщається по напрямних колонках штампа, зусилля передається йому від буфера через штовхачі.

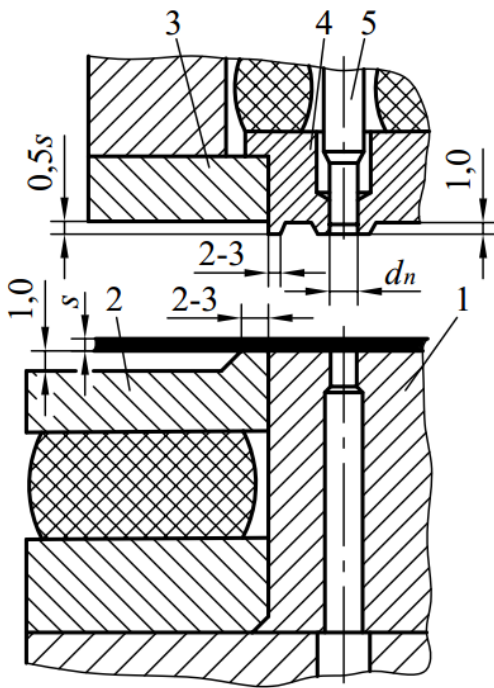


Рисунок 4.10. Елементи конструкції штампа для пошарових пластиків:
 1 – пуансон-матриця;
 2 – знімач; 3 – матриця;
 4 – притискувач; 5 – пуансон

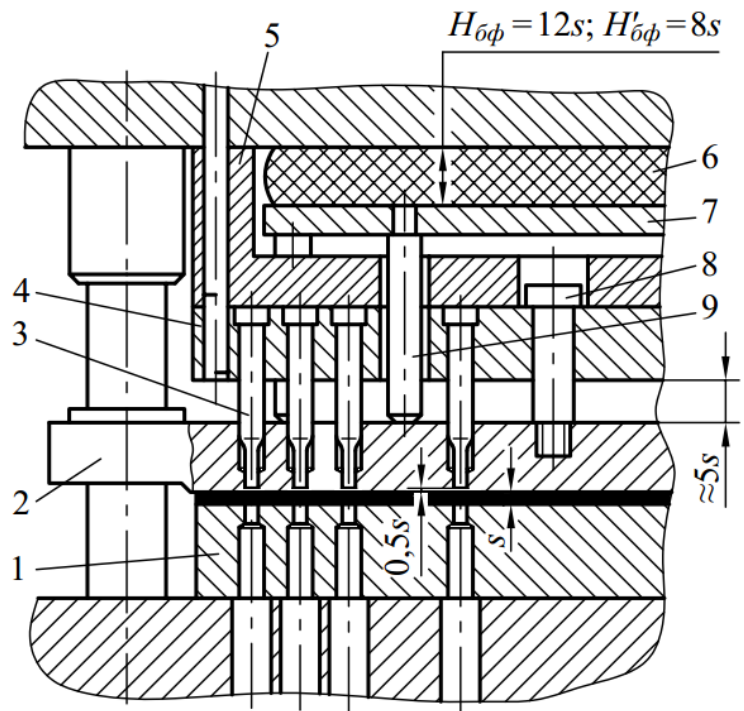


Рисунок 4.11. Схема штампа для пробивання отворів: 1 – матриця; 2 – притискувач;
 3 – пуансон; 4 – пуансоноутримувач;
 5 – проміжна плита; 6 – буфер;
 7 – рухома плита; 8 – упорний гвинт;
 9 – штовхач

Аналогічно буфер може розташовуватися і в штампі суміщеної дії для вирубання і пробивання. Однак, у цьому випадку, через наявність матриці неможливо переміщувати притискувач по напрямних колонках штампа, то його направляють по спеціальних колонках, розміщених всередині матриці (рис. 4.12).

Після штампування без підігріву в результаті пружної деформації пробиті отвори зменшуються, а заготовки, отримані вирубанням, збільшуються. При цьому величина пружної деформації для гетинаксу становить у середньому 4%, а для текстоліту – 5% від товщини s матеріалу, який штампують.

При штампуванні гетинаксу без підігріву розмір пуансона для пробивання отвору обчислюють за формулою

$$L_{\text{по}} = \left(L_H + \frac{\Delta}{2} + 0,04s \right)_{-\delta_n}, \quad (4.8)$$

розмір матриці

$$L_{\text{мо}} = (L_{\text{по}} + z), \quad (4.9)$$

де L_H – номінальний розмір отвору, який пробивають, мм;

Δ – допуск на вказаний номінальний розмір, мм;

s – товщина матеріалу, який штамнують, мм;

δ_n – допуск на розмір пуансона, який визначають за табл. 2.7, розд. 2;

z – двосторонній зазор між матрицею і пуансоном, який визначають за табл. 4.8.

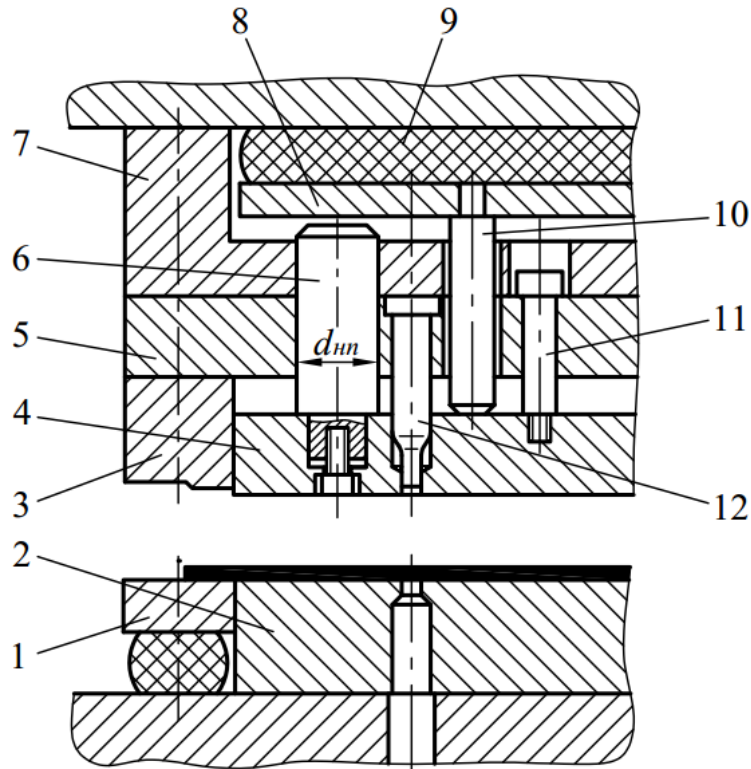


Рисунок 4.12. Схема штампа для вирубівання-пробивання отворів:

1 – знімач; 2 – пуансон-матриця; 3 – матриця; 4 – притискувач;
5 – пуансоутримувач; 6 – напрямна колонка; 7 – проміжна плита; 8 – рухома
плита; 9 – буфер; 10 – штовхач; 11 – упорний гвинт; 12 – пуансон

Формули для розрахунку розмірів пуансона і матриці при штампуванні текстоліту без підігріву аналогічні наведеним, тільки коефіцієнт 0,04 у формулі (4.8) замінюють на 0,05.

При вирубіванні зовнішнього контуру заготовки з гетинаксу:
розмір матриці

$$L_{Mк} = \left(L_H - \frac{\Delta}{2} - 0,04s \right)^{+\delta_m}, \quad (4.10)$$

розмір пуансона

$$L_{Пк} = (L_{Mк} - z), \quad (4.11)$$

де δ_m – допуск на розмір матриці, який визначають за табл. 2.7, розд. 2.

Таблиця 4.8. Двосторонні зазори між матрицею і пуансоном при вирубванні (пробиванні) заготовок із неметалевих матеріалів

Розміри, мм

Товщина матеріалу, s	Гетинакс і текстоліт (з підігрівом і без підігріву)		Картон, папір, шкіра, азбест, гума		Товщина матеріалу, s	Гетинакс і текстоліт (з підігрівом і без підігріву)		Картон, папір, шкіра, азбест, гума	
	z	Δz	z	Δz		z	Δz	z	Δz
0,1	0,004	–	0,002	–	1,5	0,030	0,015	0,022	0,012
0,2	0,005	0,005	0,003	0,003	1,8	0,036	0,025	0,027	0,020
0,3	0,006	0,005	0,004	0,003	2,0	0,040	0,025	0,030	0,020
0,4	0,008	0,005	0,005	0,003	2,2	0,044	0,025	0,040	0,020
0,5	0,010	0,005	0,006	0,003	2,5	0,050	0,025	0,045	0,020
0,6	0,012	0,010	0,008	0,008	2,8	0,056	0,025	0,048	0,020
0,7	0,014	0,010	0,009	0,008	3,0	0,060	0,025	0,053	0,020
0,8	0,016	0,010	0,010	0,008	3,5	0,070	0,025	0,060	0,020
0,9	0,018	0,010	0,012	0,008	4,0	0,080	0,025	0,060	0,020
1,0	0,020	0,010	0,015	0,008	4,5	0,090	0,050	0,060	0,020
1,2	0,024	0,015	0,018	0,012	5,0	0,100	0,050	0,060	0,020

Для текстоліту – аналогічно, але у формулі (4.10) коефіцієнт 0,04 відповідно змінюють на 0,05.

Якщо штампування здійснюють з підігрівом, то крім пружної деформації діє температурне звуження матеріалу: отвір і вирубаний контур зменшуються. Отже, пружна деформація отвору додається до температурного звуження, в зв'язку з чим отвір завжди буде меншим від пуансона, а пружна деформація зовнішнього контуру спрямована проти температурного звуження, у зв'язку з чим заготовка отримана вирубанням може бути меншою, або більшою від матриці залежно від співвідношення абсолютних значень пружної деформації та температурного звуження.

Для спрощення розрахунків виконавчих розмірів пуансона та матриці у випадку штампування з підігрівом в табл. 4.9–4.12 наведено значення комплексного припуску, який слід додавати до номінального розміру отвору, який пробивають, або контуру, який вирубують, щоб отримати номінальний виконавчий розмір пуансона або матриці. Значення комплексного припуску враховує частину допуску на номінальний розмір деталі, яку штамнують, її

пружну деформацію і температурне звуження. Тому для вирубування контуру цей припуск може мати як додатне, так і від'ємне значення, а для пробивання отвору – тільки додатне.

Виконавчі розміри робочих деталей при цьому обчислюють за такими формулами:

При пробиванні отвору розмір пуансона

$$L_{\Pi o}^t = (L_{Ho} + \Pi_{Ko})_{-\delta_n}, \quad (4.12)$$

розмір матриці

$$L_{Mo}^t = L_{\Pi o}^t + z. \quad (4.13)$$

При вирубуванні зовнішнього контуру розмір матриці

$$L_{Mk}^t = (L_{Hk} + \Pi_{Kk})^{+\delta_m}, \quad (4.14)$$

розмір пуансона

$$L_{\Pi k}^t = L_{Mk}^t - z, \quad (4.15)$$

де $L_{\Pi o}^t$, L_{Mo}^t – виконавчі розміри відповідно пуансона і матриці для пробивання отвору з урахуванням пружної деформації і температурного звуження матеріалу; L_{Ho} – номінальний розмір отвору, який пробивають;

Π_{Ko} – комплексний припуск при пробиванні отвору, що визначають за табл. 4.9 і 4.10; δ_n – припуск на розмір пуансона, який визначають за табл. 2.7, розділ 2;

L_{Mk}^t , $L_{\Pi k}^t$ – виконавчі розміри відповідно матриці та пуансона для вирубування зовнішнього контуру з урахуванням його пружної деформації і температурного звуження матеріалу;

L_{Hk} – номінальний розмір зовнішнього контуру, який штампують;

Π_{Kk} – комплексний припуск при вирубуванні зовнішнього контуру, який визначають за табл. 4.11 і 4.12;

δ_m – допуск на розмір матриці, який визначають за табл. 2.7, розділ 2.

При штампуванні без підігріву деталей з гетинаксу й текстоліту виконавчі розміри робочих деталей, які не змінюються при зношуванні штампа (наприклад, міжосьові відстані, розміри уступів), визначають за формулами, наведеними в табл. 2.4, розділ 2.

Таблиця 4.9. Комплексний припуск P_{K0} на розмір пуансона для пробивання отворів у заготовках з гетинаксу з підгіривом

Розміри, мм

Номінальний розмір отвору, що пробивають	Точність отвору, який пробивають														
	Н11							Н12							Н14
	Товщина матеріалу, який штампується, s														
до 3	до 1,0	від 1,0 до 1,5	від 1,5 до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0	до 1,0	від 1,0 до 1,5	від 1,5 до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0	від 2,5 до 3,0	від 1,0 до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0	
від 3 до 6	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13	0,14	0,14	0,25	0,25	0,25	
від 6 до 10	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16	0,16	0,16	0,16	0,18	0,18	0,30	0,30	0,30	
від 10 до 18	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,20	0,20	0,20	0,20	0,22	0,22	0,36	0,36	0,36	
від 18 до 25	0,14	0,15	0,17	0,18	0,21	0,24	0,24	0,24	0,25	0,28	0,28	0,43	0,43	0,43	
від 25 до 30	0,16	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,28	0,28	0,30	0,33	0,33	0,52	0,52	0,52	
від 30 до 40	0,17	0,20	0,22	0,25	0,29	0,34	0,34	0,34	0,36	0,40	0,40	0,62	0,62	0,62	
від 40 до 50	0,21	0,24	0,27	0,32	0,35	0,34	0,34	0,36	0,41	0,44	0,44	0,62	0,62	0,62	
від 50 до 60	0,24	0,27	0,30	0,34	0,40	0,40	0,42	0,46	0,43	0,49	0,49	0,62	0,62	0,62	
від 60 до 70	0,28	0,32	0,36	0,40	0,47	0,40	0,45	0,50	0,50	0,57	0,57	0,74	0,74	0,74	
від 70 до 80	0,30	0,35	0,39	0,44	0,52	0,40	0,48	0,53	0,54	0,62	0,62	0,74	0,74	0,74	
від 80 до 90	0,33	0,38	0,43	0,48	0,57	0,43	0,54	0,59	0,58	0,67	0,67	0,74	0,74	0,74	
від 90 до 100	0,36	0,42	0,47	0,53	0,63	0,48	0,57	0,63	0,65	0,75	0,75	0,87	0,87	0,87	
від 100 до 150	0,39	0,45	0,51	0,57	0,68	0,51	0,57	0,63	0,69	0,80	0,80	0,95	0,95	0,95	

Таблиця 4.10. Комплексний припуск P_{Ko} на розмір пуансона для пробивання отворів в заготовках з текстоліту з підігрівом

Розміри, мм

Номинальний розмір отвору, що пробивають	Точність отвору що пробивається							
	Н11			Н12			Н14	
	Товщина матеріалу, який штамнують, s							
	до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0	до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0	від 2,0 до 2,5	від 2,0 до 3,0
до 3	0,12	0,14	0,16	0,15	0,17	0,19	0,25	0,25
від 3 до 6	0,14	0,16	0,18	0,18	0,20	0,22	0,30	0,30
від 6 до 10	0,16	0,18	0,21	0,21	0,23	0,26	0,36	0,36
від 10 до 18	0,19	0,21	0,24	0,25	0,27	0,30	0,43	0,43
від 18 до 25	0,21	0,24	0,28	0,28	0,31	0,35	0,52	0,52
від 25 до 30	0,23	0,26	0,30	0,30	0,33	0,37	0,52	0,52
від 30 до 40	0,26	0,30	0,34	0,35	0,39	0,43	0,62	0,62
від 40 до 50	0,29	0,33	0,38	0,38	0,42	0,47	0,62	0,62
від 50 до 60	0,34	0,38	0,44	0,44	0,48	0,54	0,74	0,74
від 60 до 70	0,36	0,41	0,47	0,46	0,51	0,57	0,74	0,74
від 70 до 80	0,39	0,44	0,51	0,49	0,54	0,61	0,74	0,78
від 80 до 90	0,42	0,48	0,55	0,54	0,60	0,67	0,87	0,87
від 90 до 100	0,45	0,51	0,59	0,57	0,63	0,71	0,87	0,91

При штампуванні з підігрівом виконавчі розміри матриці та пуансона, які не змінюються при зношуванні штампа, визначають за формулою

$$L_{M,\Pi} = L_H (1 + y_t) \pm 0,5\Delta, \quad (4.16)$$

де $L_{M,\Pi}$ – виконавчий розмір пуансона й матриці, що відповідає номінальному розміру L_H деталі, яку штамнують;

y_t – коефіцієнт температурного звуження матеріалу, який визначають за табл. 4.13;

Δ – допуск на розмір деталі, яку штамнують.

Деталі з фібри, склотекстоліту, органічного скла й інших неметалічних матеріалів штамнують в штампах, конструкція яких аналогічна тим, які застосовують для штампування гетинаксу й текстоліту. Деталі з паперу, картону також можна штампувати такими штампами, однак часто для їх штампування застосовують просікання. Просіканням переважно штамнують деталі з гуми, шкіри тощо. У цьому випадку розділювальну операцію називають висікання або просікання (див. розділ 1, табл. 1.1, поз. 9, 10).

Таблиця 4.1.1. Комплексний припуск P_{Σ} на розмір матриці для виробування з підігрівом деталей з гетинаксу

Розміри, мм

Номінальний розмір контуру, який штамнують	Точність контуру, який штамнують									
	h12					h14				
	Товщина матеріалу s , який штамнують									
	до 1,0	від 1,0 до 1,5	від 1,5 до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0	до 1,0	від 1,0 до 1,5	від 1,5 до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0
до 3	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,12	-0,14	-0,15	-0,16	-0,17	-0,18
від 3 до 6	-0,10	-0,11	-0,12	-0,12	-0,13	-0,18	0,20	-0,21	-0,21	-0,22
від 6 до 18	-0,11	-0,12	-0,13	-0,13	-0,13	-0,20	-0,21	-0,22	-0,22	-0,23
від 18 до 30	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,23	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24
від 30 до 50	-0,11	-0,10	-0,10	-0,10	-0,05	-0,24	-0,27	-0,24	-0,24	-0,19
від 50 до 70	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,26	-0,26	-0,25	-0,24	-0,24
від 70 до 80	-0,07	-0,08	-0,05	-0,04	-0,03	-0,24	-0,24	-0,22	-0,21	-0,20
від 80 до 100	-0,06	-0,07	-0,03	-0,02	0,00	-0,26	-0,25	-0,23	-0,20	-0,20
від 100 до 110	-0,04	-0,06	-0,01	+0,01	+0,03	-0,24	-0,23	-0,21	-0,19	-0,17
від 110 до 120	-0,02	-0,02	+0,02	+0,03	+0,06	-0,22	-0,21	-0,18	-0,17	-0,14
від 120 до 130	-0,02	-0,01	+0,03	+0,03	+0,06	-0,27	-0,25	-0,23	-0,21	-0,18
від 130 до 140	-0,01	+0,01	+0,04	+0,06	+0,09	-0,25	-0,23	-0,20	-0,18	-0,15
від 140 до 150	+0,01	+0,03	+0,06	+0,08	+0,12	-0,23	-0,21	-0,18	-0,16	-0,12
від 150 до 170	+0,05	+0,07	+0,11	+0,14	+0,18	-0,20	-0,17	-0,13	-0,10	-0,06
від 170 до 180	+0,07	+0,10	+0,14	+0,16	+0,21	-0,19	-0,14	-0,10	-0,08	-0,03
від 180 до 190	+0,08	+0,08	+0,15	+0,18	+0,22	-0,18	-0,19	-0,15	-0,12	-0,02
від 190 до 210	+0,09	+0,12	+0,17	+0,21	+0,26	-0,18	-0,15	-0,10	-0,06	-0,01
від 210 до 220	+0,11	+0,14	+0,20	+0,24	+0,29	-0,16	-0,13	-0,07	-0,03	-0,01
від 220 до 230	+0,13	+0,16	+0,22	+0,26	+0,31	-0,14	-0,11	-0,05	-0,01	+0,04
від 230 до 240	+0,15	+0,19	+0,25	+0,29	+0,35	-0,12	-0,08	-0,02	+0,02	+0,08
від 240 до 250	+0,17	+0,21	+0,27	+0,31	+0,38	-0,10	-0,06	0,00	+0,04	+0,11

Таблиця 4.12. Комплексний припуск $P_{Кк}$ на розмір матриці для вирубання з підігрівом деталей з текстоліту

Розміри, мм

Номінальний розмір контуру, який штампують	Точність контуру, який штампують					
	h12			h14		
	Товщина матеріалу, який штампують, s					
	до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0	до 2,0	від 2,0 до 2,5	від 2,5 до 3,0
до 3	-0,13	-0,15	-0,17	-0,19	-0,21	-0,23
від 3 до 6	-0,15	-0,17	-0,18	-0,24	-0,26	-0,27
від 6 до 18	-0,16	-0,18	-0,19	-0,25	-0,27	-0,28
від 18 до 30	-0,16	-0,17	-0,18	-0,28	-0,29	-0,30
від 30 до 50	-0,15	-0,15	-0,15	-0,29	-0,29	-0,29
від 50 до 70	-0,14	-0,13	-0,12	-0,29	-0,30	-0,29
від 70 до 80	-0,12	-0,11	-0,10	-0,29	-0,30	-0,27
від 80 до 100	-0,11	-0,09	-0,07	-0,29	-0,30	-0,27
від 100 до 110	-0,09	-0,07	-0,04	-0,29	-0,30	-0,26
від 110 до 120	-0,08	-0,05	-0,02	-0,29	-0,30	-0,26
від 120 до 130	-0,07	-0,04	-0,01	-0,32	-0,29	-0,26
від 130 до 140	-0,06	-0,02	+0,01	-0,30	-0,26	-0,23
від 140 до 150	-0,04	0,00	+0,04	-0,28	-0,24	-0,20
від 150 до 170	0,00	+0,05	+0,09	-0,28	-0,19	-0,16
від 170 до 180	0,00	+0,06	+0,11	-0,28	-0,19	-0,16
від 180 до 190	+0,02	+0,07	+0,12	-0,27	-0,19	-0,16
від 190 до 210	+0,04	+0,10	+0,17	-0,23	-0,17	-0,10
від 210 до 220	+0,06	+0,13	+0,20	-0,21	-0,14	-0,07
від 220 до 230	+0,08	+0,15	+0,23	-0,19	-0,12	-0,04
від 230 до 240	+0,10	+0,18	+0,25	-0,17	-0,09	-0,02
від 240 до 250	+0,12	+0,20	+0,28	-0,15	-0,07	+0,01

Таблиця 4.13. Коефіцієнт γ_t температурного звуження

Товщина матеріалу, який штампують, мм	Гетинакс	Текстоліт
1	0,0010	0,0007
2	0,0015	0,0010
3	0,0020	0,0015

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування : навч. посіб. Кіровоград : Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс – ЛТД», 2005. 216 с.
2. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Проектування розділових штампів : навч. посіб. Кіровоград : Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс – ЛТД», 2006. 274 с.
3. Боков В. М. Проектування штампів : підручник. Кропивницький : ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. 364 с.
4. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Практикум : навч. посіб. Кіровоград : Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс – ЛТД», 2005. 132 с.
5. Боков В.М., Мірзак В.Я. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування : навч. посіб. Кіровоград : Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс – ЛТД». 2010. 250 с.
6. Гожій С. П., Сабоп С. Ф., Кліско А. В. Ковальсько-штампувальне обладнання. Гідравлічні преси : посібник. Київ : КПІ, 2020. 158 с.
7. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головка О. М. Теорія процесів обробки металів тиском : підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2008. 372 с.
8. Данченко В. М. Обробка металів тиском : навч. посіб. Дніпропетровськ : Пороги, 2006. 183 с.
9. Дубина В. І. Технологія холодного штампування : конспект лекцій. Електронна версія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2007. 70 с.
10. Орлюк М. В. Вишневський П. С. Технологія холодного штампування та конструювання штампів : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 80 с.
11. Пилипець М. І., Васильків В. В. Проектування секційних гвинтових заготовок : монографія. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2013. 180 с.
12. Плєснецов Ю. О., Маковей В. О. Ковальсько-штампувальне обладнання. Механічні преси : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», 2014. 236 с.
13. Радик Д. Л., Васильків В. В., Радик М. Д. Розрахунок технологічних операцій холодного листового штампування : методич. посіб. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2013. 76 с.
14. Середа Б. П. Обробка металів тиском : навч. посіб. Запоріжжя : Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2009. 342 с.

15. Технологічні процеси за фахом. Кування і штампування : навч. посіб. / Кухар В. В. та ін. Маріуполь : ПДТУ, 2017. 144 с.
16. Холодне листове штампування : навч. посіб. / Убизький М. М., Кулик О. В., Фесенко А. Г., Шевчук Д. І. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2008. 124 с.
17. Швець С. В., Сєдінкін Л. М. Штампи та прес-форми, конструювання та технологія виготовлення : навч. посіб. Суми : Вид-во СумДУ, 2005. 118 с.
18. Швець С. В., Швець У. С., Борисюк В. М. Моделювання мехатронної ковальсько-пресової системи : навч. посіб. Суми : Сумський державний університет, 2022. 177 с.
19. Шепельський М. В. Теорія та проектування процесів холодного штампування : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2005. 262 с.
20. Широкобоков В. В., Дубина В. І. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Проектування та розрахунок штампового оснащення для холодного штампування». Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. 46 с.
21. Чухліб В. Л., Юрченко О. А., Ашкелянєць А. В.. Технологія процесів листового штампування: Навчально-методичний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів спеціальності 131 "Прикладна механіка". Харків : НТУ "ХП", 2021. 76 с.
22. ASM Handbook, Vol. 14B. Metalworking: Sheet Forming. ASM International, Materials Park, Ohio, 2006. 924 p.
23. Eary D. F., Reed E. A. Techniques of Pressworking Sheet Metal: An Engineering Approach to Die Design, 2nd ed. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1974. 596 p.
24. Handbook of Metalforming Processes. Edited by Henry E. Theis. Herr-Voss Corporation Callery, Pennsylvania, 1999. 651 p.
25. Mikell P. Groover. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems. 4th Edition: John Wiley & Sons Canada Ltd [online], 2010. 1024 p.
26. Schey J. A. Introduction to Manufacturing Processes, 3rd ed. McGraw-Hill Book Company, New York, 2000. 741 p.
27. Sheet Metal Forming. Fundamentals. Edited by Taylan Altan and A. Erman Tekkaya. ASM International Materials Park, Ohio, 2012. 346 p.

28. Sheet Metal Forming. Processes and applications. Edited by Taylan Altan and A. Erman Tekkaya. ASM International Materials Park, Ohio, 2012. 381 p.
29. Ahmad Razlee Ab Kadir, Mohd Zaki Bin Abdul Razak, Norzalina bt. Othman, Muhammad Izham Arief Mohd Sani, Pranesh Krishnan. Design and Analysis of Stage Progressive Die for a Sheet Metal Component. International Journal of Recent Technology and Engineering. November 2019. Vol.-8, Is.-4. P. 834-841. URL: <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i4/D7417118419.pdf> (Last accessed: 15.03.2026).
30. Nam Ho Kim, Kyung Kook Choi, Jiun Shyan Chen. Die shape design optimization of sheet metal stamping process using meshfree method. International journal for numerical methods in engineering. August 2001. Vol.-51(12). P. 1385–1405. URL: https://www.researchgate.net/publication/227599478_Die_shape_design_optimization_of_sheet_metal_stamping_process_using_meshfree_method (Last accessed: 15.03.2026).
31. Jean-Louis Batoz , Hakim Naceur , Ying-Qiao Guo. Sheet Metal Stamping Analysis and Process Design based on the Inverse Approach. 10th Isoform conference on material forming, American Institute of Physics. April 2007. Vol. 907, Is.-1. P. 1448-1453. URL: https://www.researchgate.net/publication/234871913_Sheet_Metal_Stamping_Analysis_and_Process_Design_based_on_the_Inverse_Approach (Last accessed: 15.03.2026).

**Уніфіковані конструктивні елементи штампів
для розділювальних операцій листового штампування**

Таблиця А1. Позначення і розміри круглих матриць

Виконання 1	Виконання 2	d Н6, Н7, Н9	d_1^*	H	D пб	h	c	Вага не більше, кг
Позначення заготовки матриці	Позначення заготовки матриці	Розміри, мм						
		1110-1301	1110-1302	Від 1,0 до 1,5	2,0	8	6,3	3
1110-1303	1110-1304	12	8,0			4	0,004	
1110-1305	1110-1306	Від 1,5 до 2,0	2,5	8	6,3	3	0,003	
1110-1307	1110-1308			12	8,0	4	0,004	
1110-1309	1110-1311	Від 2,0 до 2,5	3,0	8	8,0	3	0,005	
1110-1312	1110-1313			12		10,0	4	1,0
1110-1314	1110-1315	Від 2,5 до 3,0	3,5	8	8,0	3	0,6	0,005
1110-1316	1110-1317			12	10,0	4	0,009	
1110-1318	1110-1319	Від 3,0 до 3,5	4,0	10	12,0	3	1,0	0,008
1110-1321	1110-1322			14		4		0,011
1110-1323	1110-1324	Від 3,5 до 4,0	4,5	10		3		0,008
1110-1325	1110-1326			14		4		0,011
1110-1327	1110-1328	Від 4,0 до 4,5	5,0	10	14,0	3	1,0	0,008
1110-1329	1110-1331			14		4		0,011
1110-1332	1110-1333	Від 4,5 до 5,0	5,5	10		3		0,007
1110-1334	1110-1335			14		4		0,010
1110-1336	1110-1337	Від 5,0 до 6,0	6,5	12	16,0	4	1,0	0,016
1110-1338	1110-1339			16		5		0,021
1110-1341	1110-1342	Від 6,0 до 7,0	7,5	12	18,0	4	1,0	0,020
1110-1343	1110-1344			16		5		0,027
1110-1345	1110-1346	Від 7,0 до 8,0	8,5	12		4		0,019
1110-1347	1110-1348			16		5		0,026

Продовження таблиці А1

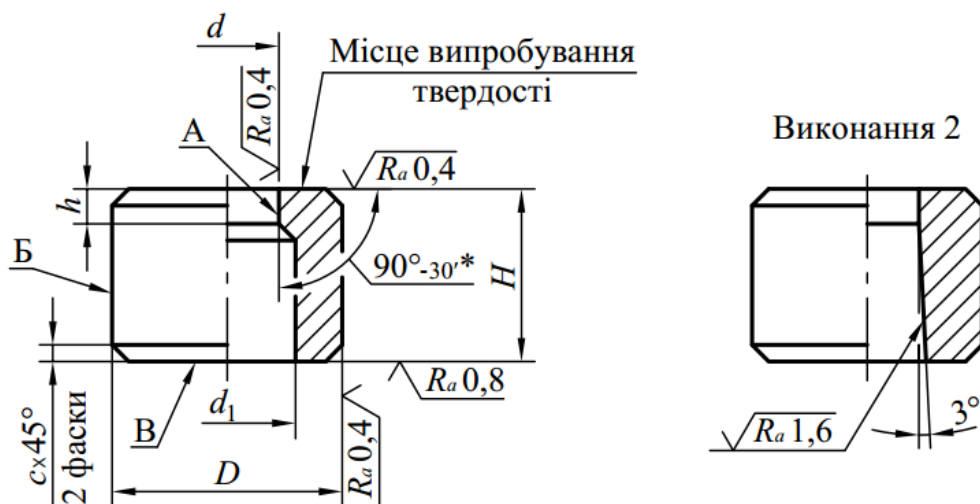
Виконання 1	Виконання 2	d Н6, Н7, Н9	d_1^*	H	D пб	h	c	Вага не більше, кг
Позначення заготовки матриці	Позначення заготовки матриці	Розміри, мм						
1110-1349	1110-1351	Від 8,0 до 9,0	9,5	14	20,0	4	1,0	0,027
1110-1352	1110-1353			18		5		0,036
1110-1354	1110-1355	Від 9,0 до 10,0	10,5	14		4		0,027
1110-1356	1110-1357			18				0,034
1110-1358	1110-1359	Від 10,0 до 11,0	11,5	16	22,0	5	1,6	0,036
1110-1361	1110-1362			20				0,045
1110-1363	1110-1364	Від 11,0 до 12,0	12,5	16				0,033
1110-1365	1110-1366			20				0,042
1110-1367	1110-1368	Від 12,0 до 13,0	13,5	18	25,0		0,051	
1110-1369	1110-1371			22		6	0,062	
1110-1372	1110-1373	Від 13,0 до 14,0	14,5	18		5	0,048	
1110-1374	1110-1375			22		6	0,058	
1110-1376	1110-1377	Від 14,0 до 15,0	15,5	20	28,0	5	0,069	
1110-1378	1110-1379			22		6	0,076	
1110-1381	1110-1382	Від 15,0 до 16,0	16,5	20		5	0,065	
1110-1383	1110-1384			22		6	0,072	
1110-1385	1110-1386	Від 16,0 до 17,0	17,5	22	32,0		0,100	
1110-1387	1110-1388			25			0,113	
1110-1389	1110-1391	Від 17,0 до 18,0	18,5	22		0,095		
1110-1392	1110-1393			25		0,108		
1110-1394	1110-1395	Від 18,0 до 19,0	19,5	22	36,0	6	0,127	
1110-1396	1110-1397			25			0,144	
1110-1398	1110-1399	Від 19,0 до 20,0	20,5	22			0,121	
1110-1401	1110-1402			25			0,138	
1110-1403	1110-1404	Від 20,0 до 21,0	21,5	22	40,0		0,157	
1110-1405	1110-1406			25		0,179		

Продовження таблиці А1

Виконання 1	Виконання 2	d Н6, Н7, Н9	d_1^*	H	D п6	h	c	Вага не більше, кг	
Позначення заготовки матриці	Позначення заготовки матриці	Розміри, мм							
		1110-1407	1110-1408	Від 21,0 до 22,0	22,5	22	40,0	6	1.6
1110-1409	1110-1411	25	0,172						
1110-1412	1110-1413	Від 22,0 до 24,0	24,5	22	42,0'	0,197			
1110-1414	1110-1415			25		0,223			
1110-1416	1110-1417	Від 24,0 до 26,0	26,5	22	45,0	0,183			
1110-1418	1110-1419			25		0,208			
1110-1421	1110-1422	Від 26,0 до 28,0	28,5	25	50,0	0,264			
1110-1423	1110-1424					28	0,296		
1110-1425	1110-1426	Від 28,0 до 30,0	30,5	25		7	0,247		
1110-1427	1110-1428			28		7	0,277		
1110-1429	1110-1431	Від 30,0 до 32,0	32,5	25		53,0	6	0,308	
1110-1432	1110-1433			28			7	0,345	
1110-1434	1110-1435	Від 32,0 до 34,0	34,5	25		56,0	6	0,288	
1110-1436	1110-1437			28			7	0,323	
1110-1438	1110-1439	Від 34,0 до 36,0	36,5				32	8	0,398
1110-1441	1110-1442			8				0,454	
1110-1443	1110-1444	Від 36,0 до 38,0	38,5	28	60,0		7	0,372	
1110-1445	1110-1446			32			8	0,426	
1110-1447	1110-1448	Від 38,0 до 40,0	40,5	28	63,0		7	2.5	0,453
1110-1449	1110-1451			32			8		0,518
1110-1452	1110-1453	Від 40,0 до 42,0	42,5	28	67,0		7		0,425
1110-1454	1110-1455			32			0,486		
1110-1456	1110-1457	Від 42,0 до 44,0	44,5		36	71,0	8		0,585
1110-1458	1110-1459			0,658					
1110-1461	1110-1462	Від 44,0 до 46,0	46,5	32	75,0	8	0,550		
1110-1463	1110-1464			36			0,618		
1110-1465	1110-1466	Від 46,0 до 48,0	48,5	32	75,0	8	0,655		
1110-1467	1110-1468			36			0,737		

Закінчення таблиці А1

Виконання 1	Виконання 2	d Н6, Н7, Н9	d_1^*	H	D п6	h	c	Вага не більше, кг
Позначення заготовки матриці	Позначення заготовки матриці	Розміри, мм						
		1110-1469	1110-1471	Від 48,0 до 50,0	50,5	32		
1110-1472	1110-1473	36						0,694
1110-1474	1110-1475	Від 50,0 до 52,0	52,5	32				0,576
1110-1476	1110-1477			36				0,649



Конструкція круглих матриць

* Тільки для 1-го виконання

Примітка. Маса підрахована для мінімального розміру робочої матриці.

Приклад умовного позначення заготівлі матриці розмірами d в інтервалі від 1 до 1,5 мм, $H = 8$ мм, зі сталі марки У10А згідно з ДСТУ 3833-98 виконання 1:

Матриця 1110-1301 – У10А ДСТУ 3833-98

Приклад запису в специфікації креслення штампу для матриці з робочими розмірами $d = 1,47$ мм (з інтервалу від 1 до 1,5 мм) з полем допуску Н9, $H = 8$ мм зі сталі марки У10А згідно з ДСТУ 3833-98, виконання 1:

Матриця 1110-1301 - 1,47Н9 – У10А ДСТУ 3833-98

Допуск радіального биття поверхні А щодо поверхні Б для матриць з полем допуску робочого розміру d :

- по Н6 – не нижче 4 ступеня точності;
- по Н7 – не нижче 5 ступеня точності;
- по Н9 – не нижче 7 ступеня точності;

Допуск перпендикулярності осі отвору А щодо поверхні В:

- не нижче 6 ступеня точності згідно з ДСТУ ГОСТ 24643:2009.

Допуск циліндричності поверхні Б по всій довжині:

- не нижче 7 ступеня точності згідно з ДСТУ ГОСТ 24643:2009.

Таблиця А2. Пуансони круглі діаметром від 1 до 24 мм

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D п6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг
	Розміри, мм								
1141-2001	Від 1,0 до 1,5	32	3,2	-	6	-	-	5	0,002
1141-2002		36						4	
1141-2003		40							
1141-2004		45							
1141-2005		50							
1141-2006		56							
1141-2007		63							
1141-2008		67							
1141-2009	Від 1,5 до 2,0	32	3,2	-	6	-	-		5
1141-2011		36						4	
1141-2012		40							
1141-2013		45							
1141-2014		50							
1141-2015		56							
1141-2016		63							
1141-2017		67							
1141-2018	Від 2,0 до 2,5	32	5,0	-	8	-	-		8
1141-2019		36						6	
1141-2021		40							
1141-2022		45							
1141-2023		50							
1141-2024		56							
1141-2025		63							
1141-2026		67							
1141-2027	Від 2,5 до 3,0	32	5,0	-	8	-	-		8
1141-2028		36						4	
1141-2029		40							
1141-2031		45							
1141-2032		50							
1141-2033		56							
1141-2034		63							
1141-2035		67							
1141-2036	Від 3,0 до 3,5	32	-	-	-	-	-		8
1141-2037		36						4	
1141-2038		40							
1141-2039		45							
1141-2041		50							
									6

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D п6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг				
	Розміри, мм												
1141-2042	Від 3,0 до 3,5	56	5,0	5,0	8	25	12	6	0,008				
1141-2043		63							0,009				
1141-2044		67					14		0,010				
1141-2045		71							0,011				
1141-2046		75				28	16	8	0,012				
1141-2047		80							0,013				
1141-2048		85				32	16	8	0,014				
1141-2049		90							0,014				
1141-2051	Від 3,5 до 4,0	32	5,0	-	8	-	8	4	0,005				
1141-2052		36							0,006				
1141-2053		40				10	-		-	10	6	0,007	
1141-2054		45										0,008	
1141-2055		50		12		5,0	-	-	-	-	0,009		
1141-2056		56									0,010		
1141-2057		63		25		5,0	-	-	-	-	0,011		
1141-2058		67									0,012		
1141-2059		71	14	5,0	-	-	-	-	0,013				
1141-2061		75							0,014				
1141-2062		80	28	5,0	-	-	-	-	0,015				
1141-2063		85							16	5,0	-	-	-
1141-2064		90	32	16	8	0,015							
1141-2065		Від 4,0 до 4,5	32	6,3	-	10	-	8	4	0,008			
1141-2066			36							0,009			
1141-2067			40				10	-		-	-	-	-
1141-2068	45		0,012										
1141-2069	50		12		6,3		-	-	-	-	0,013		
1141-2071	56										0,014		
1141-2072	63		25		6,3		-	-	-	-	0,015		
1141-2073	67										0,016		
1141-2074	71		14	6,3	-	-	-	-	0,017				
1141-2075	75								0,018				
1141-2076	80		28	6,3	-	-	-	-	0,019				
1141-2077	85								16	6,3	-	-	-
1141-2078	90		32	16	8	0,020							
1141-2079	Від 4,5 до 5,0		32	6,3	-	10	-	8	4	0,008			
1141-2081			36							0,009			
1141-2082			40					10	-	-	-	-	-
1141-2083		45	0,011										
1141-2084		50	12					16	6	0,012			

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг,
	Розміри, мм								
1141-2085	Від 4,5 до 5,0	56	6,3	6,3	10	25	14	6	0,013
1141-2086		63							0,014
1141-2087		67							0,015
1141-2088		71							0,016
1141-2089		75				0,017			
1141-2091		80				0,018			
1141-2092		85				0,020			
1141-2093		90				0,022			
1141-2094	Від 5,0 до 6,0	32	8,0	-	-	-	10	4	0,013
1141-2095		36							0,015
1141-2096		40							0,016
1141-2097		45				0,018			
1141-2098		50				0,019			
1141-2099		56				0,021			
1141-2101	Від 5,0 до 6,0	63	8,0	8,0	-	25	14	6	0,023
1141-2102		67							0,025
1141-2103		71							0,027
1141-2104		75							0,030
1141-2105		80				0,031			
1141-2106		85				0,033			
1141-2107		90				0,035			
1141-2108		95				0,037			
1141-2109		100				0,039			
1141-2111		Від 6,0 до 7,0				32	8,0	-	12
1141-2112	36		0,015						
1141-2113	40		0,017						
1141-2114	45		0,019						
1141-2115	50		0,021						
1141-2116	56		0,023						
1141-2117	63		0,025						
1141-2118	67		0,027						
1141-2119	71		0,029						
1141-2121	75		0,031						
1141-2122	80		0,033						
1141-2123	85		0,035						
1141-2124	90		0,037						
1141-2125	95		0,039						
1141-2126	100		0,040						

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг		
	Розміри, мм										
1141-2127	Від 7,0 до 8,0	32	10,0	10,0	14	-	-	10	4	0,021	
1141-2128		36						10		0,023	
1141-2129		40						12	0,025		
1141-2131		45							0,028		
1141-2132		50						14	6	0,033	
1141-2133		56								0,035	
1141-2134		63								0,038	
1141-2135		67								25	0,041
1141-2136		71								16	0,044
1141-2137		75									0,047
1141-2138		80						18	8	0,050	
1141-2139		85								0,053	
1141-2141		90						20	0,056		
1141-2142		95							0,059		
1141-2143		100						36	0,062		
1141-2144		Від 8,0 до 9,0						32	12,0	-	16
1141-2145	36		10	0,032							
1141-2146	40		12	0,034							
1141-2147	45			0,039							
1141-2148	50		14	6	0,043						
1141-2149	56				0,047						
1141-2151	Від 8,0 до 9,0	63	12,0	12,0	16	-	-	25	6	0,051	
1141-2152		67						16		0,054	
1141-2153		71						18		0,059	
1141-2154		75						20		0,063	
1141-2155		80						22	0,067		
1141-2156		85							0,074		
1141-2157		90						32	8	0,080	
1141-2158		95								0,083	
1141-2159		100						36	0,086		
1141-2161		Від 9,0 до 10,0						32	-	-	-
1141-2162	36		10	0,033							
1141-2163	40		12	0,036							
1141-2164	45			0,040							
1141-2165	50		14	6	0,044						

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг	
	Розміри, мм									
1141-2166	Від 9,0 до 10,0	56	12,0	12,0	16	25	14	6	0,049	
1141-2167		63					16		0,053	
1141-2168		67					18		0,059	
1141-2169		71					20		0,061	
1141-2171		75				28	8	0,065		
1141-2172		80						22	0,072	
1141-2173		85						32	25	0,077
1141-2174		90				0,083				
1141-2175		95				0,086				
1141-2176		100				36	0,089			
1141-2177	Від 10,0 до 11,0	32	12,0	-	16	-	10	4	0,031	
1141-2178		36					12		0,034	
1141-2179		40					25		6	0,037
1141-2181		45								14
1141-2182		50				16		0,046		
1141-2183		56				28	8	0,050		
1141-2184		63						18	0,055	
1141-2185		67						20	0,060	
1141-2186		71				22	0,063			
1141-2187		75				32	25	0,068		
1141-2188	80	0,073								
1141-2189	85	0,078								
1141-2191	90	36	8	0,082						
1141-2192	95			0,088						
1141-2193	100			0,091						
1141-2194	Від 11,0 до 12,0	32	14,0	-	18	-	10	4	0,040	
1141-2195		36					12		0,044	
1141-2196		40					14		0,049	
1141-2197		45				25	6	0,055		
1141-2198		50						16	0,059	
1141-2199		56						18	0,066	
1141-2201	Від 11,0 до 12,0	63	14,0	14,0	18	25	16	6	0,071	
1141-2202		67					18		0,077	
1141-2203		71					20		0,083	
1141-2204		75				28	8	0,089		
1141-2205		80						22	0,093	
1141-2206		85						32	25	0,099
1141-2207		90				0,105				
1141-2208		95				0,111				
1141-2209		100				36	0,117			

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг					
	Розміри, мм													
1141-2211	Від 12,0 до 13,0	32	14,0	14,0	18	-	10	4	0,041					
1141-2212		36							0,045					
1141-2213		40							0,050					
1141-2214		45							0,056					
1141-2215		50							0,062					
1141-2216		56							0,069					
1141-2217		63	14,0	18	25	16	6	0,074						
1141-2218		67						0,080						
1141-2219		71						0,086						
1141-2221		75						0,092						
1141-2222		80	16,0	16,0	20	28	20	8	0,097					
1141-2223		85							0,103					
1141-2224		90							0,109					
1141-2225		95							0,115					
1141-2226		100							0,121					
1141-2227		32							16,0	16,0	20	-	10	4
1141-2228	36	0,057												
1141-2229	40	0,063												
1141-2231	45	0,071												
1141-2232	50	0,078												
1141-2233	56	0,086												
1141-2234	63	16,0	20	25	16	6	0,093							
1141-2235	67						0,100							
1141-2236	71						0,108							
1141-2237	75						0,116							
1141-2238	80	16,0	16,0	20	28	20	8	0,123						
1141-2239	85							0,131						
1141-2241	90							0,137						
1141-2242	95							0,145						
1141-2243	100							0,153						
1141-2244	32							14,0						
1141-2245	36	0,058												
1141-2246	40	0,065												
1141-2247	45	0,073												
1141-2248	50	16,0	16,0	20	14	6	0,080							
1141-2249	56						0,088							

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг	
	Розміри, мм									
1141-2251	Від 14,0 до 15,0	63	6,0	16,0	20	25	16	6	0,096	
1141-2252		67					18		0,103	
1141-2253		71					20		0,111	
1141-2254		75				32	28	22	8	0,119
1141-2255		80					25	0,127		
1141-2256		85					36	0,135		
1141-2257		90				100	18,0	22	8	0,142
1141-2258		95								0,150
1141-2259		100								0,158
1141-2261	Від 15,0 до 16,0	32	18,0	18,0	22	25	10	6	0,065	
1141-2262		36					12		0,071	
1141-2263		40					14		0,078	
1141-2264		45					16		0,088	
1141-2265		50				32	18,0	22	8	0,097
1141-2266		56								0,106
1141-2267		63								0,116
1141-2268		67								0,126
1141-2269		71	100	18,0	22	8	0,136			
1141-2271		75					0,144			
1141-2272		80					0,156			
1141-2273		85					0,166			
1141-2274		90	18,0	18,0	22	8	0,175			
1141-2275		95					0,189			
1141-2276		100					0,195			
1141-2277		32					18,0	18,0	22	8
1141-2278	36	0,073								
1141-2279	40	0,080								
1141-2281	45	0,090								
1141-2282	50	18,0	18,0	22	8	0,100				
1141-2283	56					0,110				
1141-2284	63					0,120				
1141-2285	67					0,130				
1141-2286	71	18,0	18,0	22	8	0,140				
1141-2287	75					0,150				
1141-2288	80					0,160				

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг			
	Розміри, мм											
1141-2289	Від 16,0 до 17,0	85	18,0	18,0	22	32	25	8	0,170			
1141-2291		90							0,180			
1141-2292		95				36	28		0,190			
1141-2293		100							0,200			
1141-2294	Від 17,0 до 18,0	32	20,0	-	24	-	10	4	0,080			
1141-2295		36					12		0,090			
1141-2296		40					14		0,098			
1141-2297		45				16	6	0,110				
1141-2298		50						0,122				
1141-2299		56						0,135				
1141-2301		63				20,0	20,0	24	25	18	6	0,146
1141-2302		67										0,159
1141-2303		71										20
1141-2304		75	28	22	0,182							
1141-2305		80			0,189							
1141-2306		85	32	25	8				0,200			
1141-2307		90							0,212			
1141-2308		95							36	28	0,224	
1141-2309		100									0,240	
1141-2311		Від 18,0 до 19,0	32	20,0	-				24	-	10	4
1141-2312			36			12	0,092					
1141-2313			40			14	0,100					
1141-2314			45			16	6	0,112				
1141-2315	50		0,125									
1141-2316	56		0,138									
1141-2317	63		25					18		0,150		
1141-2318	67					0,163						
1141-2319	71			20	0,174							
1141-2321	75		20,0	28	22	0,186						
1141-2322	80					0,193						
1141-2323	85					32	25	0,205				
1141-2324	90							0,216				
1141-2325	95					36	28	8	0,228			
1141-2326	100							0,242				

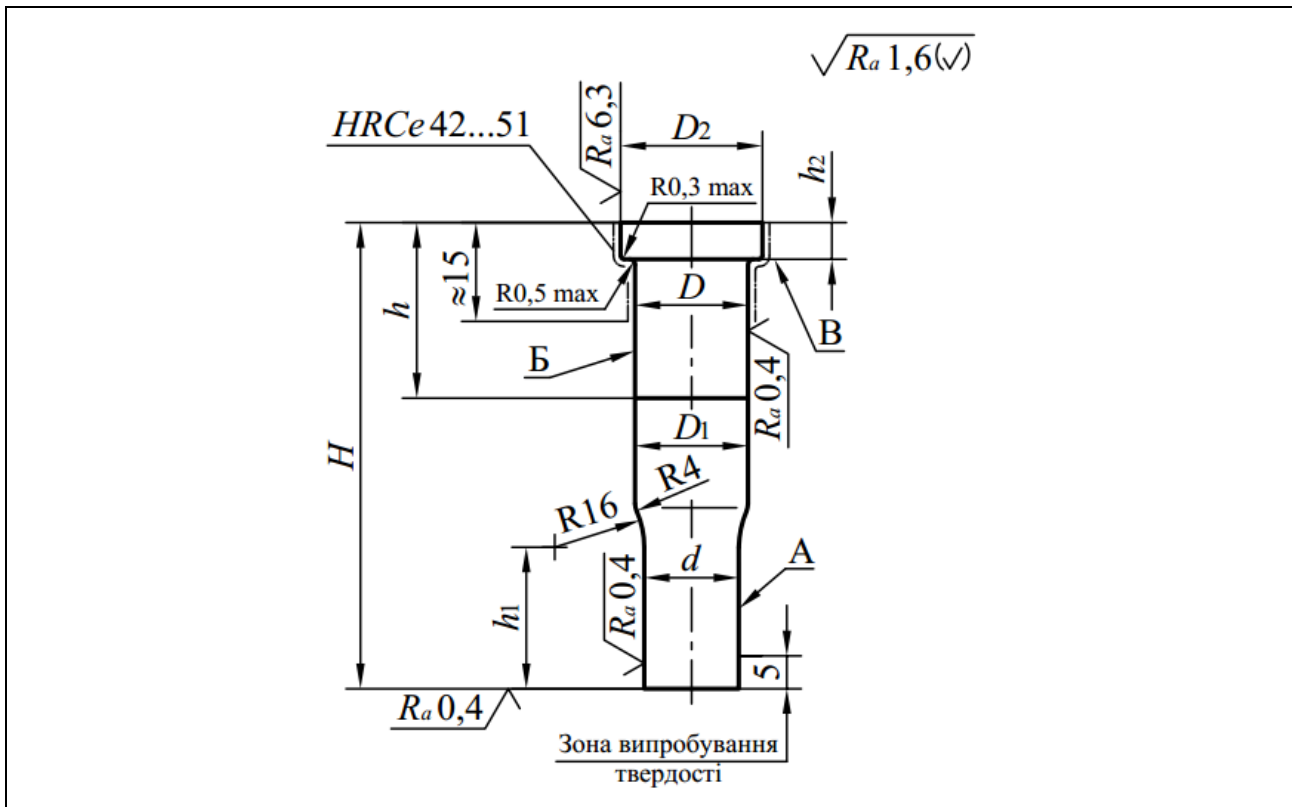
Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг													
	Розміри, мм																					
1141-2327	Від 19,0 до 20,0	32	22,0	22,0	26	-	-	10	4	0,097												
1141-2328		36						12		0,109												
1141-2329		40						14		0,120												
1141-2331		45						6		0,125												
1141-2332		50							16	0,149												
1141-2333		56						22,0	26	25	-	-	-	6	0,163							
1141-2334		63													18	0,177						
1141-2335		67													20	0,192						
1141-2336		71													8	0,205						
1141-2337		75												22		0,220						
1141-2338		80												28	25	0,233						
1141-2339		85													32	0,248						
1141-2341		90												8	28	0,262						
1141-2342		95													36	0,277						
1141-2343		100												28	0,292							
1141-2344		Від 20,0 до 21,0												32	22,0	22,0	26	-	-	10	4	0,099
1141-2345														36						12		0,111
1141-2346	40		14	0,123																		
1141-2347	45		6	0,138																		
1141-2348	50			16	0,152																	
1141-2349	56		22,0	26	25	-	-							-						6	0,166	
1141-2351	63																				18	0,185
1141-2352	67							20	0,200													
1141-2353	71							8	0,210													
1141-2354	75								22	0,225												
1141-2355	80							28	25	0,239												
1141-2356	85								32	0,254												
1141-2357	90							8	28	0,268												
1141-2358	95								36	0,283												
1141-2359	100							28	0,298													

Продовження таблиці А2

Позначення заготовки пуансона	d h5, h6, h8	H	D n6	D_1 h12	D_2	h	h_1	h_2 +0,1	Маса не більше, кг							
	Розміри, мм															
1141-2361	Від 21,0 до 22,0	32	25,0	25,0	30	-	-	10	4	0,124						
1141-2362		36						12		0,135						
1141-2363		40						14		0,153						
1141-2364		45						6	0,172							
1141-2365		50							16	0,190						
1141-2366		56							18	0,209						
1141-2367		63							20	0,223						
1141-2368		67						25	18	6	0,243					
1141-2369		71						22	20	0,263						
1141-2371		75						28	22	0,282						
1141-2372		80						25	25	0,298						
1141-2373		85						8	32	0,318						
1141-2374		90							28	0,339						
1141-2375		95							36	0,353						
1141-2376		100						28	0,373							
1141-2377		Від 22,0 до 24,0						32	25,0	25,0	30	-	-	10	4	0,130
1141-2378								36						12		0,141
1141-2379	40		14	0,160												
1141-2381	45		6	0,179												
1141-2382	50			16	0,192											
1141-2383	56			18	0,212											
1141-2384	63			20	0,235											
1141-2385	67		25	18	6	0,255										
1141-2386	71		22	20	0,273											
1141-2387	75		28	22	0,292											
1141-2388	80		25	25	0,310											
1141-2389	85		8	32	0,330											
1141-2391	90			28	0,348											
1141-2392	95			36	0,367											
1141-2393	100		28	0,387												

Примітка: Вага підрахована для максимального робочого розміру пуансона.



Пуансони круглі діаметром від 1 до 24 мм

Приклад умовного позначення заготовки пуансона розмірами d в інтервалі від 1 до 1,5 мм, $H = 32$ мм, зі сталі марки У10А згідно з ДСТУ 3833-98:

Пуансон 1141-2001 – У10А ДСТУ 3833-98

Приклад запису в специфікації креслення штампку для пуансона робочими розмірами $D = 1,45$ мм (із інтервалом від 1 до 1,5 мм) з полем допуску по $h8$, $H = 32$ мм, зі сталі марки У10А згідно з ДСТУ 3833-98:

Пуансон 1141-2001-1,45 $h8$ – У10А ДСТУ 3833-98

Допуск радіального биття поверхні A відносно поверхні B для пуансонів з полем допуску робочого розміру d :

- по $h5$ – не нижче 4-го ступеня точності;
- по $h6$ – не нижче 5-го ступеня точності;
- по $h8$ – не нижче 7-го ступеня точності згідно з ДСТУ ГОСТ 24643:2009.

Допуск циліндричності поверхні A по всій довжині для пуансонів з полем допуску робочого розміру d :

- по $h5$ – не нижче 5-го ступеня точності;
- по $h6$ – не нижче 6-го ступеня точності;
- по $h8$ – не нижче 9-го ступеня точності згідно з ДСТУ ГОСТ 24643:2009.

Допуск циліндричності поверхні B по всій довжині – не нижче 7-го ступеня точності згідно з ДСТУ ГОСТ 24643:2009.

Допуск торцевого биття поверхні B відносно поверхні B – не нижче 7-го ступеня точності згідно з ДСТУ ГОСТ 24643:2009.

Таблиця А3. Позначення і розміри упорів грибоквих

Позначення упору грибоквого	Виконання	D (поле допуску $h11$)	d (поле допуску $n6$)	d_1	H	h	h_1	c	Вага 1000 шт. не більше, кг							
		Розміри, мм														
1050-0831	1	4			8	2			0,48							
1050-0832	2								0,36							
1050-0833	1	6	3,2		10	3			1,07							
1050-0834	2								0,87							
1050-0835	1								1,31							
1050-0836	2								0,96							
1050-0837	1	8	4,0	-		2	-		1,79							
1050-0838	2								1,39							
1050-0839	1								2,28-							
1050-0841	2	10			12	3			1,68							
1050-0842	1								3,08							
1050-0843	2								2,08							
1050-0844	1	12	6,3			4			6,70							
1050-0845	2								4,70							
1050-0846	1	16			16	4			8,70							
1050-0847	2								5,70							
1050-0848	1								15,30							
1050-0849	2								10,80							
1050-0851	1	20	8,0	M4	22	6	10		16,30							
1050-0852	2								11,30							
1050-0853	1					21,30										
1050-0854	2					13,80										
1050-0855	1				25			8			26,70					
1050-0856	2										16,70					
1050-0857	1							10								30,60
1050-0858	2															18,20

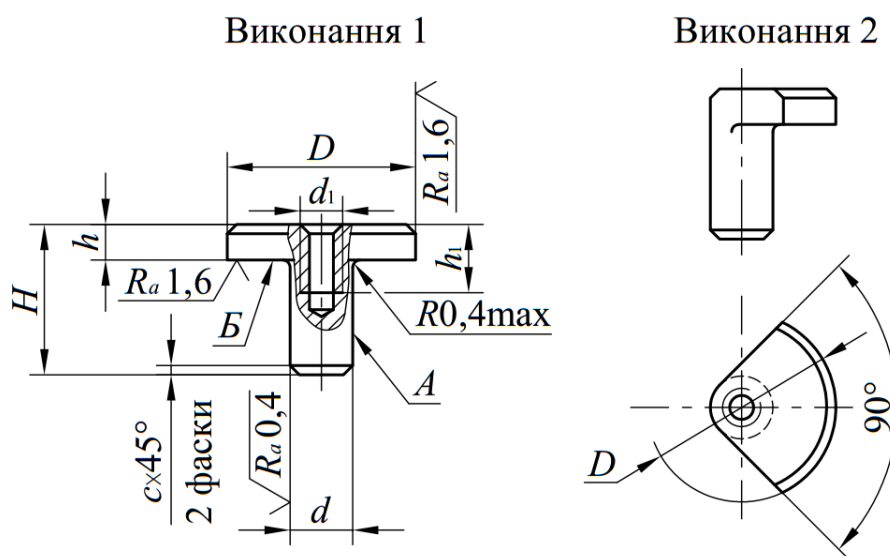
Продовження таблиці А3

Позначення упору грибкового	Виконання	D (поле допуску h11)	d (поле допуску п6)	d_1	H	h	h_1	c	Вага 1000 шт. не більше, кг					
1050-0859	1	25	10,0	M6	25	6	14	0,6	34,70					
1050-0861	2					23,20								
1050-0862	1					8			41,50					
1050-0863	2					26,00								
1050-0864	1				28	10			49,60					
1050-0865	2				30	12			30,30					
1050-0866	1				32	12,0			M6	25	6	14	0,6	56,10
1050-0867	2										8			33,00
1050-0868	1	28	10	49,70										
1050-0869	2	30	12	30,70										
1050-0871	1	40	12,0	M6			28	6		14	1,0			61,50
1050-0872	2							8						36,00
1050-0873	1							10						74,20
1050-0874	2							12						42,65
1050-0875	1				32	10	M6	28	6			14	1,0	85,70
1050-0876	2								8					47,80
1050-0877	1								10					75,90
1050-0878	2								12					46,40
1050-0879	1	40	12,0	M6	32	6	14	1,0	96,81					
1050-0881	2					8			57,79					
1050-0882	1					10			117,53					
1050-0883	2					12			69,47					
1050-0884	1					10			138,54					
1050-0885	2	12	76,77											

Закінчення таблиці А3

Позначення упору грибкавого	Виконання	D (поле допуску h11)	d (поле допуску п6)	d_1	H	h	h_1	c	Вага 1000 шт. не більше, кг			
1050-0886	1	40	16,0	М8	36	8	16	1,0	123,20			
1050-0887	2					83,70						
1050-0888	1					10			139,70			
1050-0889	2					10			90,30			
1050-0891	1				40	16,0	М8	40	12	16	1,0	162,60
1050-0892	2								103,40			
1050-0893	1								14			179,10
1050-0894	2								14			110,55

$\sqrt{Ra\ 6,3(\checkmark)}$



Конструкція упорів грибкових

Приклад умовного позначення упору грибкавого розмірами $D = 8$ мм, $h = 3$ мм, виконання 1:

Упор 1050-0839.

Матеріал: сталь марки 45 згідно з ДСТУ 7809:2015.

Твердість: 42–46 HRCe.

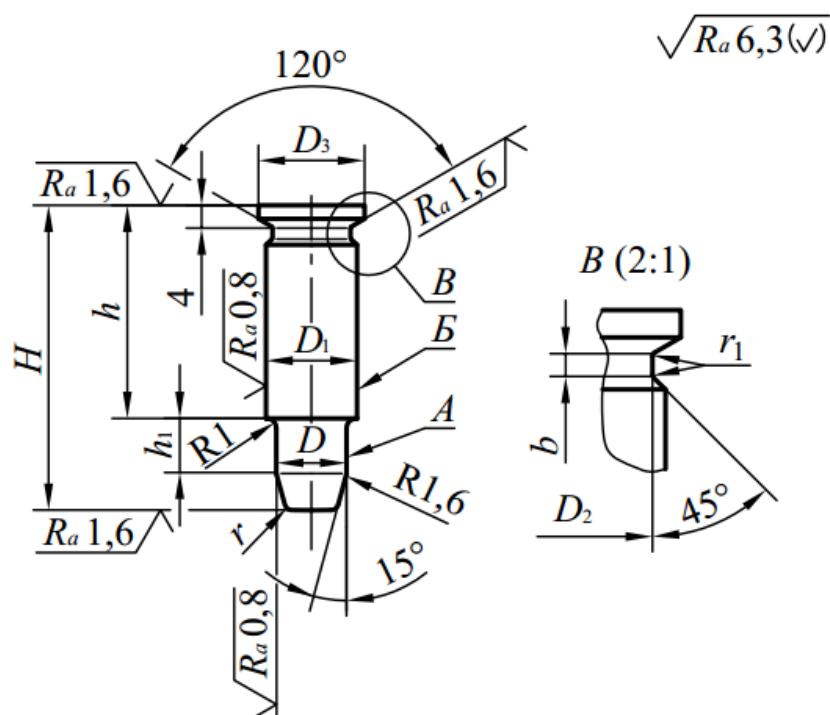
Допуск торцевого биття поверхні B щодо поверхні A – за 7-м ступенем точності згідно з ДСТУ ГОСТ 2.308:2013.

Допускається виконання упору без отвору різьбового d_i на глибину h_i .

Таблиця А4. Позначення і розміри фіксаторів стрижневих

Позначення фіксаторів стрижневих	D (поле допуску h9)	D ₁ (поле допуску k6)	D ₂	D ₃	H	h	h ₁	b	r	r ₁	Вага, не більше, кг
1052-0871	Від 1,0 до 1,5				16	12					
1052-0872	Понад 1,5 до 2,0	3,2	2,8	5,0	18	13	3	0,6			0,001
1052-0873	Понад 2,0 до 2,8				20	14					
1052-0874	Понад 2,8 до 3,8	4,0	3,6	6,0	25	4	4	1,6		0,2	0,003
1052-0875	Понад 3,8 до 4,8	5,0	4,6	7,1	28	18	6				0,004
1052-0876	Понад 4,8 до 6,0	6,3	5,9	8,0							0,006
1052-0877	Понад 6,0 до 7,8	8,0	7,6	10,0	32	20			1,0		0,013
1052-0878	Понад 7,8 до 9,8	10,0	9,6	12,0	40	26	8				0,025
1052-0879	Понад 9,8 до 11,8	12,0	11,2	14,0							0,036

Примітка. Вага обчислена для найбільшого значення робочого розміру D фіксатора стрижневого.



Конструкція фіксатора стрижневого

Приклад умовного позначення фіксатора стрижневого розміром $D = 1,85$ мм:
Фіксатор 1052-0872.

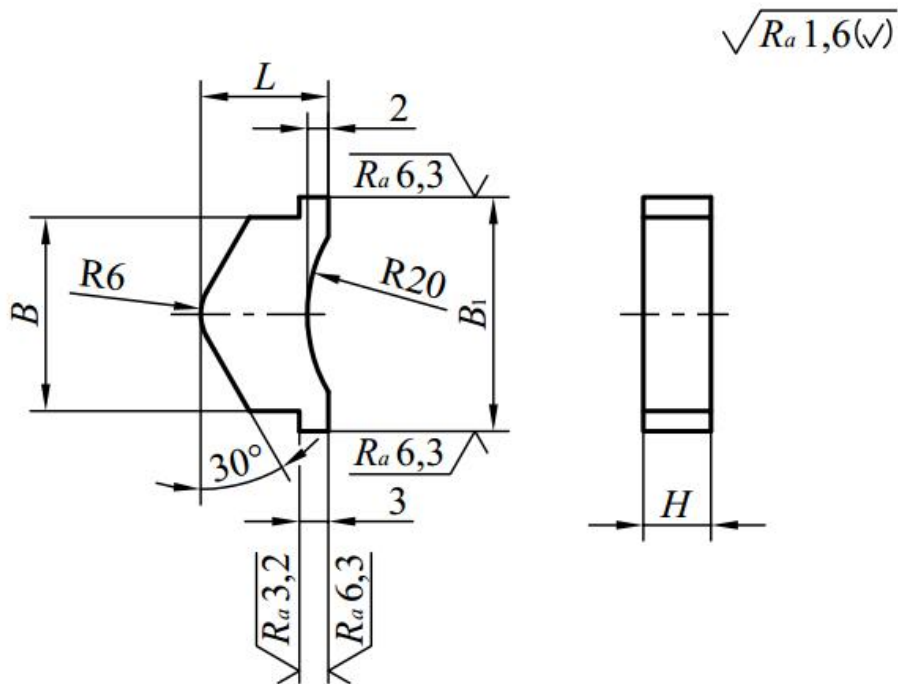
Матеріал: сталь марки У8А згідно з ДСТУ 3833-98.

Твердість: 51–55 HRCe.

Допуск радіального биття поверхні *A* щодо поверхні *B* – за 6-м ступенем точності згідно з ДСТУ ГОСТ 2.308:2013

Таблиця А5.1. Позначення і розміри притискувачів колодкових

Позначення притискувачів колодкових	H (поле допуску с11)	B (поле допуску d11)	B_1	L	Вага не більше, кг
	Розміри, мм				
1040-0031	4	20	25	14	0,007
1040-0032	6				0,010
1040-0033	8				0,014
1040-0034	10				0,017
1040-0035	12	25	30	16	0,030
1040-0036	14				0,035
1040-0037	16				0,040
1040-0038	20				0,052



Конструкція притискувача колодкового

Приклад умовного позначення притискувача колодкового розміром $B = 6$ мм:

Притискувач 1040-0032.

Матеріал: сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015.

Твердість: 42–46 HRCe.

Таблиця А5.2. Розміри паза у напрямній планці для притискувача колодкового

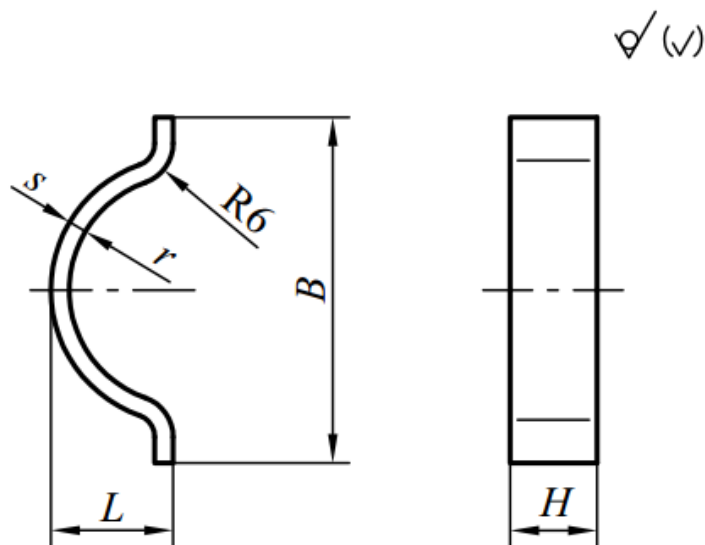
Позначення притискувачів колодкових	B (поле допуску d 11)	B_1	B_2	L	L_1
	Розміри, мм				
1040-0031	20	28	40	15,5	6
1040-0032					
1040-0033					
1040-0034					
1040-0035	25	34	45	20,5	8
1040-0036					
1040-0037					
1040-0038					

Таблиця А6. Позначення і розміри пружин до притискувачів колодкових

Позначення пружин до притискувачів колодкових	H	s	B	L	r	Вага 1000 шт, не більше, кг
	Розміри, мм					
1086-0421	3,8	0,5	32	9	10	0,500
1086-0422		1,0				1,000
1086-0423	5,8	0,5				2,000
1086-0424		1,0				1,500'
1086-0425	7,8	0,5				3,000
1086-0426		1,0				2,000
1086-0427	9,8	0,5				4,000
1086-0428		1,0				

Закінчення таблиці А6

Позначення пружин до притискувачів колодкових	H	s	B	L	r	Вага 1000 шт, не більше, кг
	Розміри, мм					
1086-0429	11,8	0,5	36	12	12	2,250
1086-0431		1,0				4,500
1086-0432	13,8	0,5				2,750
1086-0433		1,0				5,500
1086-0434	15,8	0,5				3,000
1086-0435		1,0				6,000
1086-0436	19,8	0,5				4,000
1086-0437		1,0				8,000



Конструкція пружин до притискувачів колодкових

Приклад умовного позначення пружини для притискувача колодкового розмірами $H = 3,8$ мм, $s = 1,0$ мм:

Пружина 1086-0422.

Матеріал: лист 65Г згідно з ДСТУ 8429:2015

Твердість: 45–49 HRCe.

Механічні властивості матеріалів для листового штампуванняТаблиця Б1. Механічні властивості листової та рулонної сталі*¹

Марка сталі	σ_b , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_{10} , %
Сталь згідно з ДСТУ 2834-94			
08Ю	323	258	46
08кп	363	280	34
Сталь згідно з ДСТУ 7808:2015			
08кп	380	250	30
10кп	420	270	28
15	450	320	26
20	450	320	26
25	500	360	24
30	600	430	21
35	650	460	18
40	670	490	17
Сталь згідно з ДСТУ 2834-94			
40	568	490	17
45	598	520	15
50	627	540	13
55	647	557	–
58	598	520	–
60	676	582	–
Ст0	-	270	–
Ст2кп	420	360	26
Ст3кп	470	400	21
Ст4кп	520	450	19
Ст5пс	640	550	15
Ст6пс	Понад 600	Понад 520	11
Сталь згідно з ДСТУ 8969:2019 і ДСТУ 7806:2015			
25ХГСА	700	600	17
30ХГСА	750	640	16
12Х2НМФА	750	640	11
23Х2НВФА	800	720	15
Сталь згідно з ДСТУ 7806:2015 у відпаленому стані			
60Г	800	680	14
65Г	850	720	12
70Г	900	760	10
25ХГСА	700	600	15
30ХГСА	750	640	16

Закінчення таблиці Б1

Марка сталі	σ_B , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_{10} , %
Сталь згідно з ДСТУ 7349:2013 після пом'ягшуючого термооброблення			
20X13	500	430	20* ²
40X13	560	480	15* ²
08X13	400	340	21* ²
12X18H9	550	470	35* ²
08X18H10	520	440	45* ²
08X18H10T	520	440	40* ²
Сталь згідно з ДСТУ 7349:2013 в нагартованому стані			
12X18H9	1250	1000	13* ²
08X18H10	950	810	10* ²
12X18H10T	750	635	25* ²
Сталь електротехнічна згідно з ДСТУ 8133:2015			
3411 (Э310)	400	340	16* ³
2011 (Э0100)	600	430	30* ³
1211 (Э11)	400	340	16* ³
3421 (Э340)	400	340	16* ³
Стрічка згідно з ДСТУ 8154:2015 із сталей марок 50, 60, У7А – У12 А, 70, 65Г, 60С2А та ін. Група точності:			
1П	1600	1200	3,0
2П	1900	1500	2,5
3П	Понад 1900	Понад 1500	2,0
Стрічка згідно з ДСТУ 8153:2015 у відпаленому стані			
50Г	750	650	10* ³
У7А	750	650	10* ³
У12А	850	700	10* ³
У13А	900	770	10* ³
60Г	750	680	10* ³
65Г	750	720	10* ³
85	750	650	10* ³
60С2А	900	780	8* ³
Х6ВФ	900	780	–
Р9	900	780	–

Примітки: *¹ В таблиці наведено найбільші значення границі міцності при розтягу σ_B і опору зрізування $\sigma_{зр}$, а також найменші значення відносного видовження δ_{10} . Значення σ_B наведено для вирубування (пробивання) в штампах з нормальним зазором між пуансоном і матрицею.

*² Наведені значення δ_5 . *³ Наведені значення δ_4 .

Таблиця Б2. Механічні властивості кольорових металів і сплавів

Марка сталі	σ_b , МПа	$\sigma_{зр}$, МПа	δ_{10} , %
Листи, смуги і стрічки із міді			
М1–М3 у твердому стані	294	260	3
М1–М3 у м'якому стані	196	180	30
Листи, смуги і стрічки із м'якої латуні			
Л90	340	296	35
Л85	350	302	38
Л80	370	322	40
Л68	370	322	42
Л63	400	350	38
ЛС59-1	470	410	25
ЛМц58-2	470	410	30
Листи, смуги і стрічки із твердої латуні			
Л90	350	300	3
Л85	390	340	3
Л80	390	340	3
Л68	540	470	10
Л63	630	550	4
ЛС59-1	610	530	5
Смуги і стрічки із твердої бронзи			
БрКМц3-1	770	600	–
БрОЦС4-2,5	539	440	5
ВрБ2	930	550	–
БрА7	800	650	3
БрОФ6.5-0,15	760	610	3
Смуги і стрічки із м'якої бронзи			
БрКМц3-1	360	300	28
БрОЦС4-2,5	294	240	35
БрБ2	590	500	30
БрА7	600	480	5
БрОФ6,5-0,15	300	240	35
Смуги із молібдену			
М4	784	630	2
Смуги і стрічки із твердих мідно-нікелевих сплавів			
Мельхиор МН19	400	340	3
Нейзильбер МНЦ15-20	700	610	2
Монель НМЖМц28-2,5-1,5	580	510	6,5

Продовження таблиці Б2

Нікель і нікелеві сплави			
НП1-НП4 та інші.	540	460	2
Листи і стрічки із алюмінію та алюмінієвих сплавів у відпаленому стані			
A7M-A5M	59	47	20
AMЦM	88	70	18
AMЦCM	90	72	20
Д12M	160	128	14
AMγ2M	167	133	16
AMγ5M	275	220	15
ABM	147	118	15
Д1AM	235	200	12
Д16AM	235	200	10
B95-2BM	245	196	10
Листи і стрічки із алюмінію та алюмінієвих сплавів у нагартованому стані			
A7H-A5H	147	118	3
AMЦH	186	149	1
AMЦCM	190	152	2
AMγ2H	264	211	3
AMγ6H	372	298	6
Листи із магнієвих сплавів			
MA2-1	260	208	8
MA8	230	185	6
MA15	260	210	4
Листи із титану і титанових сплавів			
BT1-00	300	240	20
BT1-0	380	305	20
OT4-0	480	385	20
OT4	700	600	10
BT6	900	770	8
BT14	1200	950	4
BT20	950	800	8

Закінчення таблиці Б2

Інші кольорові метали і сплави			
Цинк	230	200	36
Свинець	40	30	50
Ковар	600	520	35
Пермалой	700	600	30
Ніхром	800	700	35
Феронікель	750	640	30
Константан	650	600	—

Таблиця Б3. Опір зрізу неметалевих матеріалів при штампуванні зсувом

Матеріал	$\sigma_{зр}$, МПа	Матеріал	$\sigma_{зр}$, МПа
Шкіра м'яка	7	Поліетилен	40
Фанера	20	Шкіра дублена	50
Ебоніт	30	Целулоїд	60
Клінгеріт	40	Картон коробковий	60
Папір	40	Бакеліт	70
Гума	80	Картон азбестовий	120
Вініпласт	80	Склотекстоліт	150
Електропресшпан	80	Фібра	170
Оргскло	90	Текстоліт	180
Міканіт	100	Гетинакс	200
Слюда	100		

Радик Д. Л., Ткаченко І. Г.

**Основи проєктування штампів
для розділювальних операцій
листового штампування
Навчальний посібник**

Редактор – Є. І. Гриценко
Коректор – Н. Б. Коваль
Верстка – Н. Б. Коваль

Формат 60×90/16. Обл. вид. арк. 7,8. Тираж 20 прим. Зам. № 3863.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.
46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4226 від 08.12.11.