

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра обробки металів тиском та спецтехнологій

ТЕХНОЛОГІЯ ХОЛОДНОГО ШТАМПУВАННЯ

Методичні рекомендації до практичних занять
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Кропивницький
2019

Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Технологія холодного штампування» до практичних занять / Укл. В. М. Боков. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019, - 59 с.

Затверджено
на засіданні кафедри «ОМТ та СТ»
Протокол № 5 від 26.02.2019 р.

Укладач: к. т. н., проф. В. М. Боков

Відповідальний за випуск В. М. Боков

Рецензент: д. т. н., проф. В. І. Носуленко

Комп'ютерний набір та верстка: В. М. Боков

Метою практичних занять з дисципліни «Технологія холодного штампування» є розвиток навичок розробки технологічних процесів листового штампування та розрахунку елементів штампового оснащення у студентів, що навчаються за спеціальності 131 «Прикладна механіка». Дані навички потрібні студенту при виконанні курсового та дипломного проектів та у подальшій виробничій діяльності після закінчення університету.

В теперішніх методичних вказівках розроблена, узагальнена та систематизована інформація, що включає в себе відомості про нормалізовані вузли та деталі штампів, розрахунок елементів штампів, раціональний розкрій вихідного матеріалу, особливості технологічних розрахунків для різних операцій холодного штампування, а також технічне нормування. Наведено умови завдань у 25 варіантах та програми розрахунку на ПК.

1. НОРМАЛІЗОВАНІ ВУЗЛИ ТА ДЕТАЛІ ШТАМПІВ

Штамп, як інструмент для виготовлення виробів та заготовок холодним штампуванням, являє собою складальну одиницю, в яку можуть входити дві групи принципово різних вузлів та деталей.

До першої групи мають відношення оригінальні вузли та деталі, форма яких тісно пов'язана з геометричними параметрами виробу чи заготовки, що штампується, або визначається ними. Прикладом їх може бути фігурний пуансон, фігурна матриця, пуансонотримач для кріплення фігурної матриці, спеціальний блок, трафарет для орієнтації деталі за контуром, спеціальні упори, фігурний знімач тощо. При проектуванні штампа на ці вузли та деталі розробляється конструкторська документація та виконуються необхідні міцності розрахунку.

До другої групи мають відношення нормалізовані вузли та деталі, форма яких постійна та встановлюється державним або галузевим стандартами, або стандартом підприємства. Прикладом їх можуть бути блоки, напрямні вузли, хвостовики, вантажні гвинти, пуансони, матриці, пуансонотримачі та матрицетримачі, підкладні плити, шпонки, крокові ножі, упори, притискачі, фіксатори, траверси, штовхачі, гвинти ступінчасті, пружини, кріпильні вироби та інші. Ці деталі та вузли не проектуються, а лише використовуються в конструкціях, що підвищує рівень уніфікації штампів, а отже знижує їх вартість. Вибір нормалізованих деталей та вузлів здійснюється за довідниками.

Далі наводиться технічна інформація про нормалізовані вузли та деталі штампа, які найбільш часто зустрічаються. Вибір їх, як правило, викликає утруднення у студентів при курсовому та дипломному проектуванні.

1.1. Блоки

Блоки штампів призначені для кріплення пакета (комплекту деталей, що забезпечує виконання заданих операцій штампування) та взаємного позиціонування робочих органів на верхній та нижній частинах штампа.

Конструктивно розрізняють наступні нормалізовані блоки штампів (рис. 1.1):

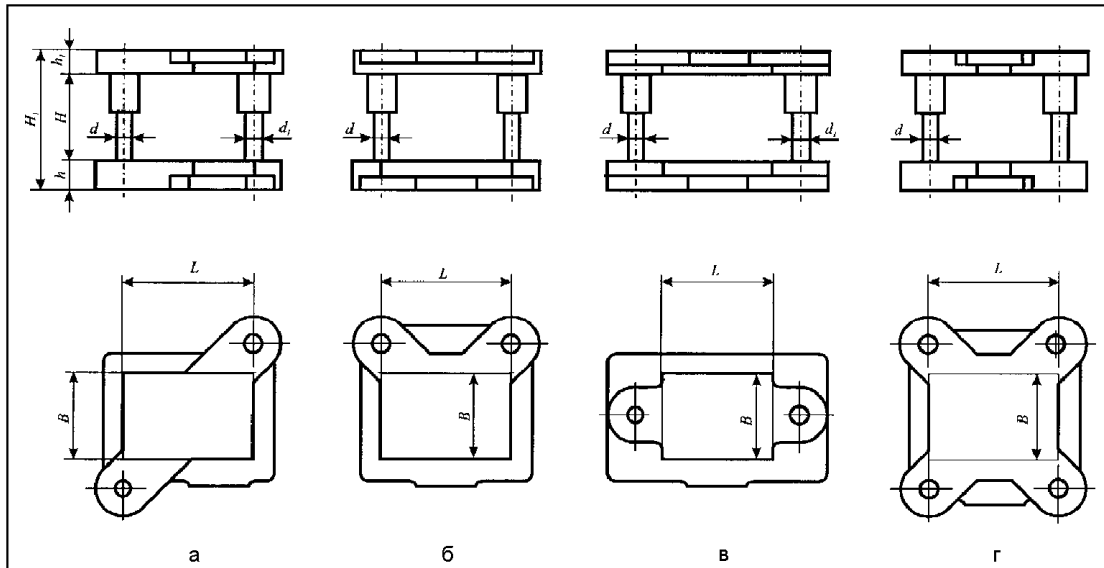


Рис. 1.1. Види стандартних блоків штампів

- з діагональним розташуванням напрямних вузлів ковзання (рис. 1.1, а) по ГОСТ 13 124-83 [1, с. 78-126];

- з заднім розташуванням напрямних вузлів ковзання (рис. 1.1, б) по ГОСТ 13 125-83 [1, с. 127-144];

- з осьовим розташуванням напрямних вузлів ковзання (рис. 1.1, в) по ГОСТ 13 126-83 [1, с. 145-176];

- з чотирма напрямними вузлами ковзання (рис. 1.1, г) по ГОСТ 21 173-83 [1, с. 177-197];

- з проміжною плитою та діагональним розташуванням напрямних вузлів ковзання по ГОСТ 21 882-83 [2, с. 3-21];

- з проміжною плитою та осьовим розташуванням напрямних вузлів ковзання по ГОСТ 21 883-83 [2, с. 22-36];

- з проміжною плитою та чотирма напрямними вузлами ковзання по ГОСТ 25 919-83 [2, с. 37-44].

Вибір типу блока, його виконання та типорозміру здійснюється в залежності від вибраної конструкції штампа; розмірів робочої поверхні, що визначається габаритними розмірами пакету у плані; висоти пакету та його конструктивного виконання; допустимої закритої висоти штампа, що визначається закритою висотою преса; засобами механізації та автоматизації; зусиллям штампування та типом виробництва.

1.2. Напрямні вузли

Напрямні вузли призначені для рухомого з'єднання верхньої та нижньої (рідше і проміжної) плит штампа, та використовуються не тільки в нормалізованих, але й в оригінальних блоках. Деякі види напрямних вузлів

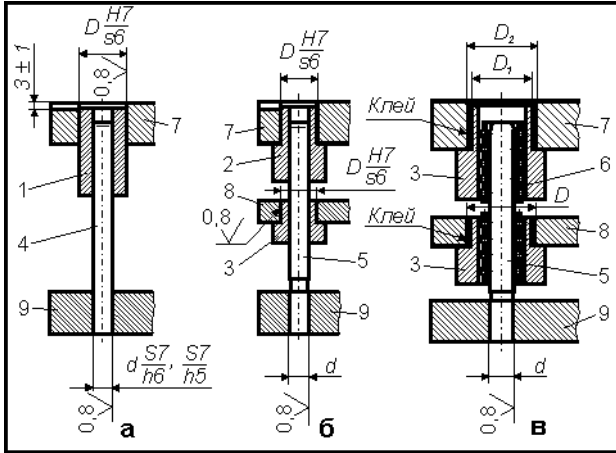


Рис. 1.2. Способи закріплення деталей напрямних вузлів у плитах штампа

а, б) та кочення (рис. 1.2, в). Напрямні вузли кочення найбільш частіше використовуються в загальному машинобудуванні у зв'язку з меншою трудомісткістю їх виготовлення та більш простими умовами експлуатації. Однак, наявність гарантованого зазору у парі, що ковзається, обмежує їх галузь застосування. Напрямні вузли кочення (кулькові напрямні вузли) - беззазорні. За цією причиною їх слід застосовувати у прецизійних штампах для розділових операцій з пуансонами та матрицями із інструментальних сталей при двобічному зазорі між матрицею та пуансоном не більш 0,026 мм, з пуансонами та матрицями із твердих сплавів при двобічному зазорі між матрицею та пуансоном не більш 0,1 мм [1, с. 20].

Конструктивно відрізняють наступні нормалізовані деталі напрямних вузлів кочення (див. рис. 1.2):

- гладкі напрямні колонки по ГОСТ 13 118-83 [1, с. 50-54];
- ступінчасті напрямні колонки по ГОСТ 13 119-83 [3, с. 3-32];
- гладкі напрямні втулки по ГОСТ 13 120-83 [1, с. 55-65];
- ступінчасті напрямні втулки по ГОСТ 13 121-83 [1, с. 66-67].

Вибір типу деталей напрямних вузлів, їх варіантів виконання, типорозмірів та кількості здійснюється в залежності від потрібної точності штампування, конструкції та габаритних розмірів штампів, засобів механізації та автоматизації та обладнання, що використовувалися, зусилля штампування, виду технологічної операції та типу виробництва.

1.3. Хвостовики

Хвостовики призначені для закріплення верхньої (рухомої) частини штампа до повзуна преса та знаходять застосування на пресах зусиллям до 1000 кН.

показано на рис. 1.2, де позначено: 1 – гладка напрямна втулка; 2 – ступінчаста напрямна втулка; 3 – ступінчаста напрямна втулка для кулькового напрямного вузла; 4 – гладка напрямна колонка; 5 – ступінчаста напрямна колонка; 6 – сепаратор з кульками; 7 – плита верхня; 8 – плита проміжна; 9 – плита нижня.

В залежності від конструктивного виконання розрізняють напрямні вузли кочення (рис. 1.2,

В залежності від конструктивного виконання принципово розрізняють хвостовики з жорстким кріпленням до штампу (рис. 1.3, а-д)

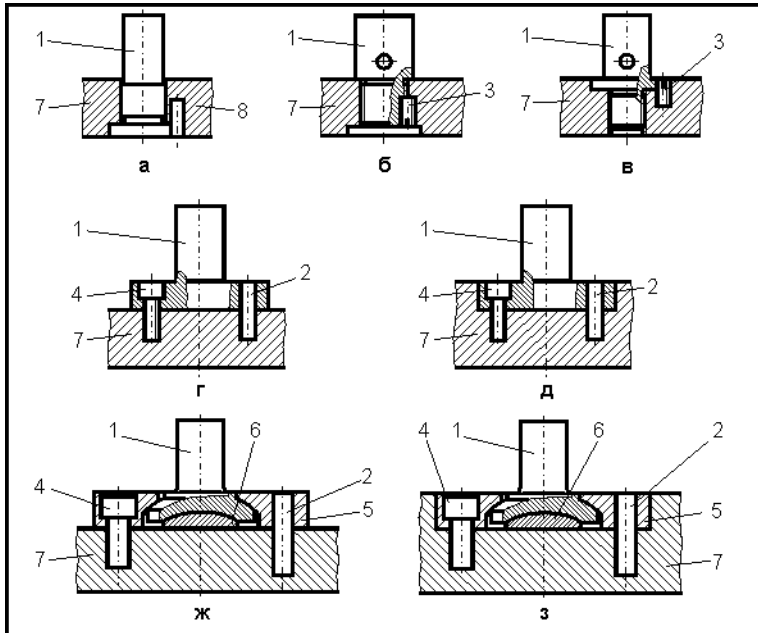


Рис. 1.3. Види хвостовиків: 1 - хвостовик; 2 - штифт по ГОСТ 3128-70; 3 - винт по ГОСТ 1477-75; 4 - гвинт по ГОСТ 11 738-72; 5 - фланець; 6 - підп'ятник; 7 - плита верхня

(рис. 1.3, в) по ГОСТ 16 717-71 [4, с. 12-15];

- із фланцем (рис. 1.3, г, д) по ГОСТ 17 718-71 [4, с. 16-18];

- плаваючі (рис. 1.3, ж, з) по ГОСТ 16 719-71 [4, с. 19-28].

1.4. Вантажні гвинти

Вантажні гвинти призначені для транспортування штампа за допомогою цехових під'ємно-транспортних засобів, та застосовуються при масі штампа більше 25 кг.

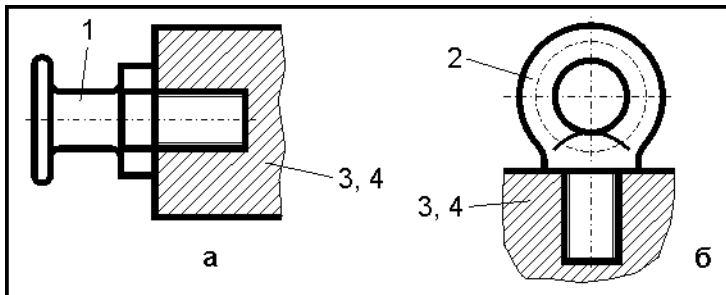


Рис. 1.4. Грузові гвинти: 1 - гвинт-цапфа по ГОСТ 8922-69 [5, с. 657]; 2 - рим-болт по ГОСТ 4751-73 [5, с. 655-657]; 3 - верхня плита; 4 - нижня плита

Із нормалізованих вантажних гвинтів розрізняють гвинти-цапфи (рис. 1.4, а) та рим-болти (рис. 1.4, б). Поширене застосування набули гвинти-цапфи, як більш зручні та надійні в експлуатації, а також прості у виготовленні. Рим-болти застосовуються у виключних випадках, наприклад, коли габаритні розміри верхньої частини штампа у плані значно менші габаритних розмірів нижньої частини. В крупних штампах рим-болти іноді застосовуються разом з гвинтами-цапфами. При цьому гвинти-цапфи встановлюються на верхній та нижній плитах, а в крупно-

та з рухомим (рис. 1.3, ж, з). Останні дозволяють розвантажити напрямні колонки від радіальних деформацій і тим самим підвищити точність штампування. Хвостовики звичайно встановлюють у центрі тиску штампа.

Крім того, розрізняють нормалізовані хвостовики:

- з буртиком (рис. 1.3, а) по ГОСТ 16 715-71 [4, с. 3-7];

- з різьбою (рис. 1.3, б) по ГОСТ 16 716-71 [4, с. 8-11];

- з різьбою та буртиком

габаритних деталях штампа передбачаються місця (різьби) під рим-болти, але останні в них при штампуванні не встановлюються. Встановлюють їх лише перед транспортуванням при виготовленні даних деталей, або при їх ремонті.

1.5. Пуансони

Пуансон – розділовий інструмент штампа з зовнішнім робочим контуром, що безпосередньо діє на виріб або заготовку, яка виготовляється.

За конструкцією розрізняють наступні різновиди нормалізованих пуансонів, що призначено переважно для пробивання отворів:

- круглі (з циліндричним буртиком) діаметром від 1 до 24 мм по ГОСТ 16 621-80 [6, с. 5-20];

- круглі (з циліндричним буртиком) діаметром від 24 до 52 мм по ГОСТ 16 625-80 [6, с. 21-30];

- круглі (з циліндричним буртиком) зі збільшеним посадочним діаметром по ГОСТ 16 523-80 [6, с. 31-62];

- круглі (з циліндричним буртиком) з подовженою робочою частиною по ГОСТ 24 023-80 [6, с. 63-74];

- круглі з конічним фланцем (буртиком) та без фланця (буртика) по ГОСТ 16 622-80 [6, с. 75-141];

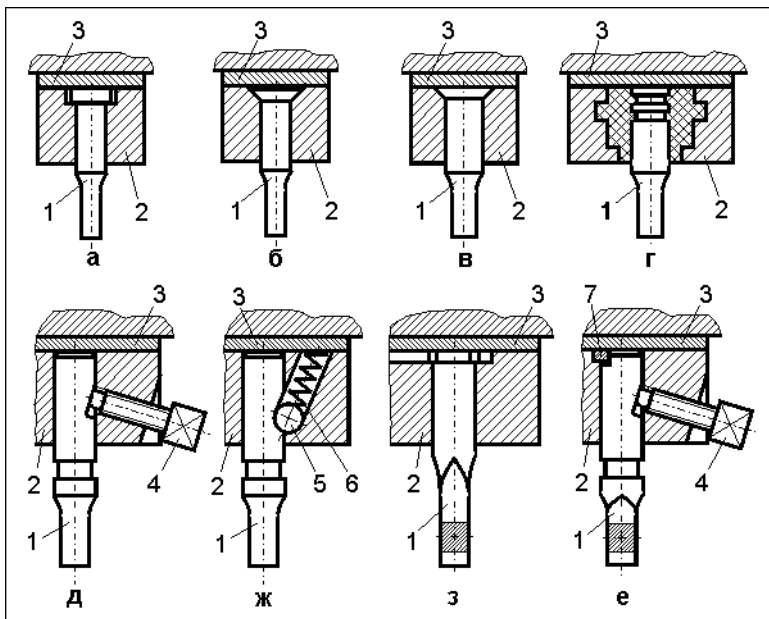


Рис. 1.5. Способи закріплення нормалізованих пуансонів: 1 - пуансон; 2 - пуансонотримач; 3 - підкладна плитка; 4 - гвинт; 5 - кулька; 6 - пружина; 7 - шпонка

Кріплення круглих нормалізованих пуансонів здійснюється: за допомогою циліндричного (рис. 1.5, а) або конічного (рис. 1.5, б) буртика; шляхом розклепування (рис. 1.5, в); заливанням легкоплавким сплавом або пластмасою, що швидко твердіє (рис. 1.5, г); гвинтом (рис. 1.5, д);

- круглі швидкозмінні для гвинтового кріплення по ГОСТ 16 629-80 [6, с. 142-160];

- круглі швидкозмінні для кулькового кріплення по ГОСТ 16 626-80 [6, с. 161-175];

- квадратні швидкозмінні по ГОСТ 16 632-80 [6, с. 191-198];

- довгасті по ГОСТ 16 633-80 [6, с. 199-212];

- довгасті швидкозмінні по ГОСТ 16 634-80 [6, с. 213-229];

- подовжено-довгасті по ГОСТ 16 635-80 [6, с. 230-244].

кулькою, на яку діє пружина (рис. 1.5, ж). Не круглі пуансони кріпляться за допомогою бурта з паралельно обрізаними краями для фіксації пуансона від повороту за відповідним пазом у пуансонотримачі (рис. 1.5, з) або гвинтом з фіксацією пуансона від повороту шпонкою (рис. 1.5, е).

1.6. Матриці

Матриця – розділовий інструмент штампа з внутрішнім робочим контуром, що безпосередньо діє на виріб, який виготовляється, або на заготовку.

За конструктивним виконанням розрізняють наступні основні різновиди нормалізованих матриць, що призначені переважно для пробивання отворів:

- з круглим отвором (циліндричної форми) по ГОСТ 16 637-80 [6, с. 245-250];
- з круглим отвором підсилені (циліндричної форми) по ГОСТ 16638-80 [6, с. 251-255];
- з круглим отвором та фланцем (буртиком) по ГОСТ 16 639-80 [6, с. 256-266];
- з круглим отвором та фланцем (буртиком) підсилені по ГОСТ 16 640-80 [6, с. 267-275];

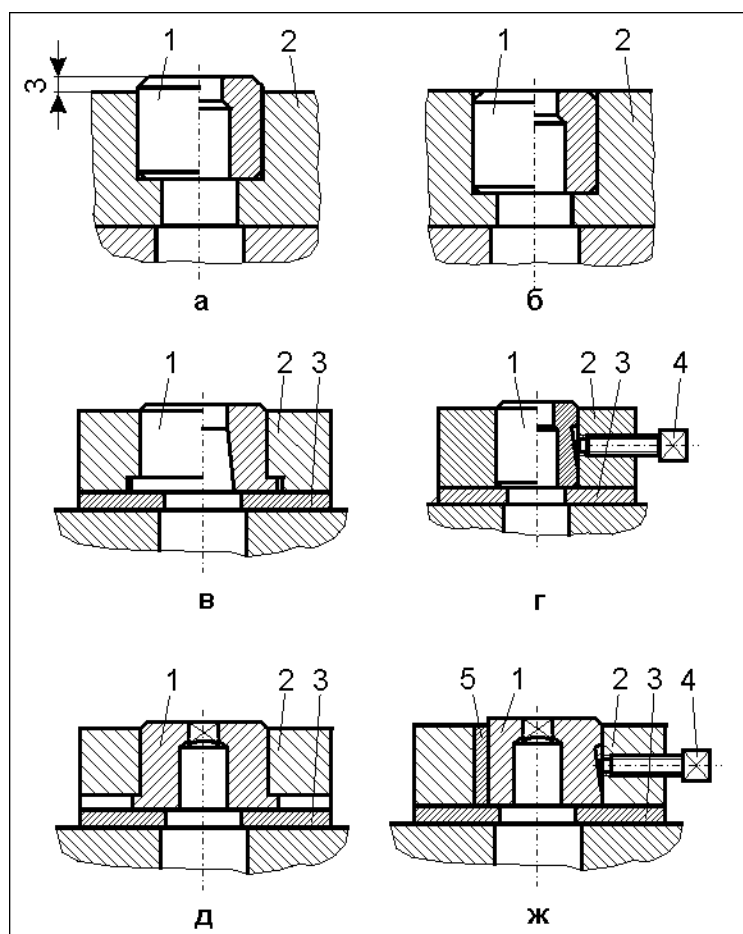


Рис. 1.6. Способи закріплення нормалізованих матриць: 1 - матриця; 2 - матрицетримач; 3 - підкладна плітка; 4 - гвинт; 5 - шпонка

- з круглим отвором швидкозмінні по ГОСТ 16 641-80 [6, с. 276-280];
- з квадратним отвором по ГОСТ 16 642-80 [6, с. 281-291];
- з квадратним отвором швидкозмінні по ГОСТ 16 643-80 [6, с. 292-298];
- з довгастим отвором по ГОСТ 16 644-80 [6, с. 299-308];
- з довгастим отвором швидкозмінні по ГОСТ 16 645-80 [6, с. 309-315];
- з подовжено-довгастим отвором по ГОСТ 16 546-80 [6, с. 316-319];
- з подовжено-довгастим отвором швидкозмінні по ГОСТ 16 647-80 [6, с. 320-322].

Кріплення круглих нормалізованих матриць здійснюється: запресуванням за зовнішнім діаметром (рис. 1.6, а, б), фланцем (буртиком, рис. 1.6, в) або гвинтом (рис. 1.6, г). Не круглі матриці кріпляться за допомогою фланця (буртика) з паралельно обрізаними краями для фіксування матриці від повороту (рис. 1.6, д) або гвинтом з фіксацією від повороту шпонкою (рис. 1.6, ж).

1.7. Інші нормалізовані деталі штампа

Тримач (пуансонотримач, матрицетримач) – допоміжна деталь штампа, що призначена для встановлення та закріплення інструмента (див. рис. 1.5, поз. 2; рис. 2.6, поз. 2). Для нормалізованих пуансонів та матриць застосовують тримачі по ГОСТ 16 648-80, ГОСТ 16 650-80, ГОСТ 16 652-80, ГОСТ 16 654-80 – ГОСТ 16 658, ГОСТ 16 633-80 – ГОСТ 16 655-80 [6, с. 323-430].

Підкладна плитка – допоміжна деталь штампа, що призначена для зменшення напруження зминання від дії інструмента на плиту штампа. Вона, у відмінність від плити, загартована та встановлюється між тримачем з інструментом та плитою штампа (рис. 1.5, поз. 3; рис. 1.6, поз. 3). Для нормалізованих тримачів застосовують підкладні плитки по ГОСТ 16 666-80 – ГОСТ 16 673-80 [6, с. 431-454].

Шпонка – допоміжна деталь штампа, що призначена для фіксації інструмента від повороту (див. рис. 1.5, поз. 7; рис. 1.6, поз. 5). Для нормалізованих пуансонів та матриць застосовують шпонки-заготовки по ГОСТ 16 674-80 [6, с. 455-456].

Кроковий ніж – допоміжний розділовий інструмент штампа, що призначений для послідовного дискретного обрізування краю штаби за напрямком її подавання на величину кроку з метою подальшого її просування, та застосовується, як правило, у штампах послідовної дії. Нормалізовані крокові ножі виконують по ГОСТ 18 736-80 (без буртика) та ГОСТ 24 528-80 (з буртиком) [8, с. 116].

Упор – допоміжна деталь штампа, що призначена для обмеження переміщення штаби або штучної заготовки. Нормалізовані упори циліндричні виконують по ГОСТ 18 740-80; упори разові з гніздом під пружину – по ГОСТ 18 741-80; упори грибкові – по ГОСТ 18 743-80; упори зі скосом – по ГОСТ 18 744-80; упори з фланцем – по ГОСТ 18 749-80; упори утопаючі – по ГОСТ 18 750-80 [8, с. 108, 125, 127-129, 134].

Притискач пружинний – допоміжна деталь штампа, що призначена для пружистого притиснення штаби або штучної заготовки до базових елементів (упору, планці, трафарету тощо). Нормалізовані притискачі пружинні виконують по ГОСТ 18 765-73 [8, с. 123].

Фіксатор - допоміжна деталь штампа, що призначена для позиціонування штаби або штучної заготовки відносно інструменту. Нормалізовані стрижневі подовжені фіксатори виконують по ГОСТ 18 773-80, а грибкові – по ГОСТ 18 776-80 [8, с. 137].

Траверса – допоміжна деталь штампа, що призначена для передавання поступального руху від одного штовхача до групи штовхачів у штампів суміщеної дії. Нормалізовані круглі траверси виконують по ГОСТ 18 777-80 [8, с. 140, рис. 39].

Штовхач – допоміжна деталь штампа, що призначена для передавання основного поступального різним рухомим частинам штампа. Нормалізовані штовхачі з буртиком виконують по ГОСТ 18 781-80 [8, с. 140, рис. 39].

Гвинт ступінчастий – допоміжна деталь штампа, що призначена для обмеження переміщення рухомого органу штампа. Нормалізовані гвинти ступінчасті з шестигранним поглибленням під ключ виконують по ГОСТ 18 786-80, а гвинти ступінчасті зі шліцом – по ГОСТ 18 787-80 [8, с. 115, рис. 23].

Пружина – допоміжна деталь штампа, що призначена для пружистого повернення у вихідне положення різних рухомих органів штампа, та застосовується як елемент приводу. Нормалізовані пружини стиснення виконують по ГОСТ 18 793-80, а пружини розтягання – по ГОСТ 18 794-80 [8, с. 127, 225].

Кріпильні вироби призначені для різнімого з'єднання деталей штампа. В штампах знаходять застосування наступні нормалізовані кріпильні вироби [15, с. 140-145]:

- болти з шестигранною головкою (нормальної точності) по ГОСТ 7798-70 [5, с. 513-516];
- болти відкидні по ГОСТ 14 724-69 [5, с. 516-517];
- гвинти установочні з конічним кінцем та прямим шліцом по ГОСТ 1476-84 [5, с. 538];
- гвинти установочні з плоским кінцем та прямим шліцом по ГОСТ 1477-84 [5, с. 538];
- гвинти установочні з циліндричним кінцем та прямим шліцом по ГОСТ 1478-84 [5, с. 538];
- гвинти установочні з квадратною головкою та циліндричним кінцем по ГОСТ 1482-84 [5, с. 537];
- гвинти з циліндричною головкою по ГОСТ 1491-80 [5, с. 526-529];
- гвинти з напівкруглою головкою по ГОСТ 17 437-80 [5, с. 526-529];
- гвинти з напівпотайною головкою по ГОСТ 17 474-80 [5, с. 526-529];
- гвинти з потайною (конічною) головкою по ГОСТ 17 475-80 [5, с. 526-529];
- гвинти з циліндричною головкою та шестигранним поглибленням під ключ по ГОСТ 11 736-84 [5, с. 531-532];
- гайки шестигранні класу точності *B* по ГОСТ 5915-70 [5, с. 545-547];
- гайки шестигранні низькі класу точності *B* по ГОСТ 5916-70 [5, с. 545-547];
- шайби по ГОСТ 11 371-78 [5, с. 567];

- шайби пружинні по ГОСТ 6402-70 [5, с. 575];
- шпильки з кінцем довжиною $1,6 d$, що вкручується, по ГОСТ 22 036-76 [5, с. 542-543];
- шплінти по ГОСТ 397-79 [5, с. 583-584];
- штифти циліндричні по ГОСТ 3128-70 [5, с. 587-588].

Завдання 1.1. Вивчити конструктивне виконання та галузь застосування нормалізованих вузлів та деталей штампа. Уміти на складальному кресленні штампа, запропонованим викладачем при опитуванні, показати нормалізовані вузли та деталі, і вказати їх призначення.

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ШТАМПА

2.1. Розрахунок координат центра тиску штампа

При проектуванні штампа прагнуть, щоб центр його тиску проходив через вісь хвостовика, тобто співпадав з центром тиску пресу. Це дозволяє не тільки підвищити якість штампованих деталей, точність штампування та стійкість штампа, але й забезпечити більш рівномірний знос деталей повзуна, що рухаються, за рахунок їх симетричного навантаження.

В геометрично правильних контурах деталей їх центри тиску та геометричні центри співпадають, а тому вони відомі.

Основним інженерним методом розрахунку координат центра тиску для складних контурів деталей штампа є аналітичний метод, як найбільш універсальний та точний.

Сутність метода полягає в наступному. Якщо узяти довільну систему координат X та Y в площині, що перпендикулярна до вектору прикладання зусилля штампування, та розбити складний контур на елементарні ділянки (прямолінійні та дуги кола), то координати центра тиску штампа x_0 та y_0 відносно цих осей визначаються виразами:

$$x_0 = \frac{l_1 x_1 + l_2 x_2 + \dots + l_n x_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}; \quad (2.1)$$

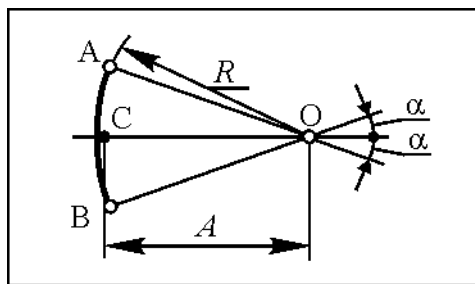
$$y_0 = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + \dots + l_n y_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}, \quad (2.2)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n - абсциса центра ваги елементів контуру;

y_1, y_2, \dots, y_n - ордината центра ваги елементів контуру;

l_1, l_2, \dots, l_n - довжина елементарних ділянок контуру.

Центр ваги прямолінійної ділянки знаходиться посередині ліній, а центр ваги дуги (відстань A від центра кола дуги до її центра ваги, рис. 2.1), визначається за формулою [12]:



$$A = k \cdot R \cdot \sin \alpha, \quad (2.3)$$

де R – радіус дуги; α – половина центрального кута дуги, град; k – коефіцієнт, що визначається за формулою [12]:

$$k = \frac{57,5^\circ}{\alpha}. \quad (2.4)$$

Рис. 2.1. До визначення координати A центру ваги дуги

Приклад. Визначити координати центра тиску штампа для вирубування деталі за контуром (рис. 2.2).

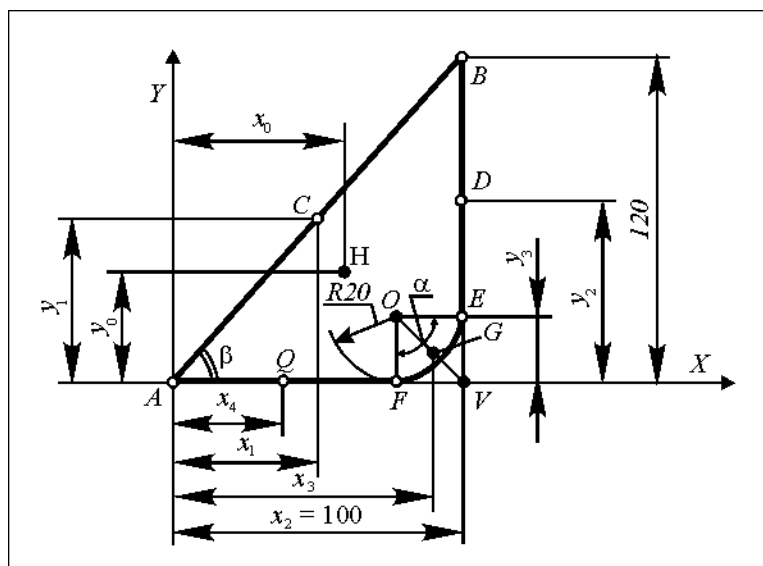


Рис. 2.2. До визначення координат центра тиску штампа для вирубування

Рішення

Координати центра тиску штампа для вирубування у вибраній системі координат з центром у точці A , тобто координати точки H , визначаємо за формулами:

$$x_0 = \frac{AB \cdot x_1 + BE \cdot x_2 + \cup EF \cdot x_3 + AF \cdot x_4}{AB + BE + \cup EF + AF},$$

$$y_0 = \frac{AB \cdot y_1 + BE \cdot y_2 + \cup EA \cdot y_3 + AF \cdot y_4}{AB + BE + \cup EF + AF},$$

$$\text{де } AB = \sqrt{AV^2 + BV^2} = \sqrt{100^2 + 120^2} = 169,7 \text{ мм};$$

$$BF = BV - EV = 120 - 20 = 100 \text{ мм};$$

$$\cup EF = \frac{2\pi \cdot R \cdot \alpha}{360} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 90}{360} = 31,4 \text{ мм};$$

$$AF = AV - FV = 100 - 20 = 80 \text{ мм};$$

$$x_1 = AC \cdot \cos \beta = \frac{AB}{2} \cdot \frac{AV}{AB} = \frac{AV}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ мм};$$

$$x_2 = AV = 100 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} x_3 &= AV - FV + OG \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = AV - FV + k \cdot R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \\ &= 100 - 20 + \frac{57,5}{45} \cdot 20 \cdot \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ = 92,8 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$x_4 = \frac{AV - FV}{2} = \frac{100 - 20}{2} = 40 \text{ мм};$$

$$y_1 = AC \cdot \cos (90 - \beta) = \frac{AB}{2} \cdot \frac{BV}{AB} = \frac{BV}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ мм};$$

$$y_2 = \frac{BV - EV}{2} = \frac{120 - 20}{2} = 50 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} y_3 &= EV - OG \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = EV - k \cdot R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \\ &= 20 - \frac{57,5}{45} \cdot 20 \cdot \sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ = 7,2 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$y_4 = 0.$$

Тоді

$$x_0 = \frac{169,7 \cdot 50 + 100 \cdot 100 + 31,4 \cdot 92,8 + 80 \cdot 40}{169,7 + 100 + 31,4 + 80} = 64,5 \text{ мм};$$

$$y_0 = \frac{169,7 \cdot 60 + 100 \cdot 50 + 31,4 \cdot 7,2 + 80 \cdot 0}{169,7 + 100 + 31,4 + 80} = 40,4 \text{ мм}.$$

Завдання 2.1. Визначити координати центра тиску x_0 і y_0 штампа послідовної дії для пробивання та вирубкування деталі «Кришка замка» (рис. 2.3, табл. 2.1) відносно заданих осей координат X та Y . Результати розрахунків привести до вигляду (2.1) та (2.2).

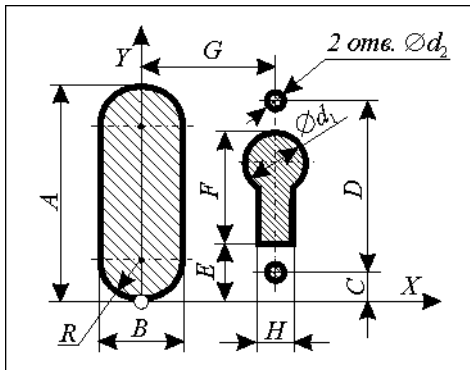


Рис. 2.3. План-схема розташування робочих елементів в штампі до завдання 2.1

Таблиця 2.1

Вихідні данні до завдання 2.1

Варіант	A, мм	B, мм	C, мм	D, мм	E, мм	F, мм	G, мм	H, мм	R, мм	d_1 , мм	d_2 , мм
1	50	20	4	42	17	16	22	3	10	6	3,2
2	52	20	4	44	17	18	22	3	10	6,5	3,2
3	54	22	5	44	18	18	24	3,5	11	7	3,4
4	54	22	5	44	17	20	24	3,6	11	7,2	3,5
5	56	24	5,5	45	18	20	26	4	12	7,6	3,5
6	56	26	5,5	45	17,7	21	28	4	13	7,8	3,5
7	58	24	6	46	17,5	23	26,5	4,2	12	7,8	3,6
8	58	26	6	46	16,5	25	28,5	5	13	8,2	3,6
9	60	26	6,5	47	16,5	27	28,5	5,2	13	8,4	3,6
10	60	28	7	45	20	20	30,5	5,4	14	8,6	4,0
11	62	30	7	48	20,5	21	32,5	5,5	15	8,7	4,0
12	62	32	7,5	47	20	22	34,5	5,6	16	8,8	4,1
13	64	32	7,5	49	20,5	23	34,5	5,7	16	8,9	4,1
14	64	34	8	48	20	24	36,5	5,8	17	9	4,2
15	66	34	8	50	20,5	25	36,5	5,9	17	9,1	4,2
16	66	36	8,5	49	20	26	38,5	6	18	9,2	4,3
17	68	36	8,5	51	20,5	27	38,5	6,1	18	9,3	4,3
18	68	38	9	50	20	28	40,5	6,2	19	9,4	4,4
19	70	38	9	52	20,5	29	40,5	6,3	19	9,5	4,4
20	70	40	9,5	51	20	30	42,5	6,4	20	9,6	4,5
21	72	40	9,5	53	20,5	31	42,5	6,5	20	9,7	4,5
22	72	42	10	52	20	32	44,5	6,6	21	9,8	4,6
23	74	42	10	54	20,5	33	44,5	6,7	21	9,9	4,6
24	74	44	10,5	53	20	34	46,5	6,8	22	10	4,7
25	76	44	10,5	55	20,5	35	46,5	6,9	22	10,1	4,7

2.2. Розрахунок пуансонів на міцність

Розрахунок пуансонів (переважно розділових) на міцність [14] рекомендується виконувати з умови:

$$P_{дон} \geq P_з ,$$

де $P_{\text{дон}}$ – допустиме навантаження на стиснення; P_3 – потрібне (технологічне) зусилля при зрізі.

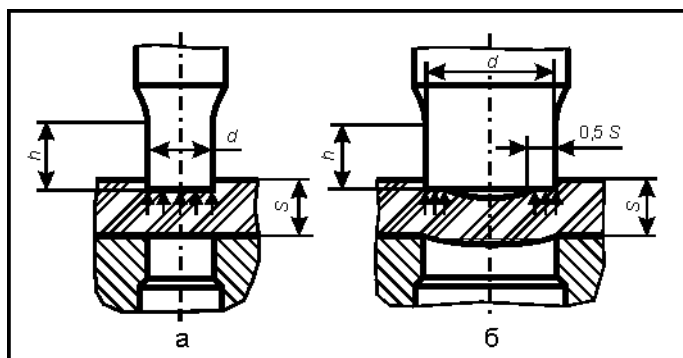


Рис. 2.4. До розрахунку площі робочого контакту торця пуансона з матеріалом, що штампується

співвідношенням $\mu h / i_{\text{min}}$; μ – коефіцієнт приведеної довжини, що характеризує спосіб закріплення кінця стержня і приймається рівним 0,7; h – довжина робочої частини пуансона, мм; i_{min} – мінімальний радіус інерції робочого перерізу пуансона, мм:

$$i_{\text{min}} = \sqrt{\frac{I}{F_n}},$$

I – мінімальний осьовий момент інерції поперечного перерізу робочої частини пуансона, мм^2 ; F_n – площа поперечного перерізу робочої частини пуансона, мм^2 . Для круглого перерізу

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

Таблиця 2.2

Залежність коефіцієнта зниження допустимого напруження φ від умовної гнучкості $\mu h / i_{\text{min}}$

$\mu h / i_{\text{min}}$	До 4	4...8	8...12	12...16	16...23	23...30
φ	1,00	0,80	0,75	0,72	0,65	0,60

F_k – площа контакту робочого торця пуансона із матеріалом, що штампується, мм^2 , яка визначається:

- при співвідношенні $S/d \geq 1$, $S/s \geq 1$ – $F_k = F_n$ (рис. 2.4, а);
- при співвідношенні $S/d < 1$, $S/s < 1$ площа контакту приймається рівною площі пояску завширшки $0,5S$ за периметром робочого торця пуансона (рис. 2.4, б). Наприклад, для круглого контуру

$$F_k = \frac{\pi S(2d - S)}{4};$$

Допустиме навантаження на стиснення та усталеність робочої частини пуансона h (рис. 2.4) рекомендується визначати за формулою:

$$P_{\text{дон}} = \varphi F_k [\sigma_{\text{cm}}],$$

φ – коефіцієнт зниження допустимого напруження, що залежить від умовної гнучкості (табл. 2.2) та характеризується

$[\sigma_{cm}]$ – допустиме напруження на стиснення матеріалу пуансона. В табл. 2.3 приводяться дані допустимого напруження на стиснення для матеріалів пуансонів із прийнятим запасом міцності 1,5...2.

Таблиця 2.3

Допустиме напруження на стиснення для матеріалів пуансонів

Характеристика групи та марки сталі	$[\sigma_{cm}]$	
	МПа	кгс/мм ²
Інструментальні сталі У8А, У10А та інші	1600	160
Високолеговані сталі Х12М, 9ХС та інші	1900	190

Крім того, слід перевіряти пуансони на зминання опорною поверхнею головки поверхні плити [8, с. 102]. Напруження зминання σ_3 (МПа) поверхні головки розраховують за формулою:

$$\sigma_3 = \frac{P}{F_2} \leq [\sigma]_3, \quad (2.5)$$

де P – технологічне зусилля, що сприймає пуансон, Н; F_2 – площа поверхні головки пуансона, що контактує з верхньою плитою, мм²; $[\sigma]_3$ – допустиме напруження зминання поверхні головки пуансона. $[\sigma]_3 = 300...400$ МПа. Якщо $\sigma_3 > 100$ МПа, то пуансон слід упирати головою в сталеву загартовану підкладну плитку. Якщо ж умова (2.5) не виконується, необхідно збільшити F_2 .

Блок-схему алгоритму повного розрахунку пуансона на міцність показано на рис. 2.5, а програму розрахунку за допомогою програмованого калькулятора «Електроніка БЗ-34» наведено в таблиці 2.4. Інструкцію до програми наведено у додатку Д1.

ПРИКЛАД 1. Вибрати марку сталі для пуансона (рис. 2.6, а) та виконати розрахунок на допустиме навантаження, якщо технологічне зусилля пробивання отвору $P_3 = 63000$ Н, товщина матеріалу, що штампується $S = 5$ мм.

Рішення

$$P_{\text{дон}} = \varphi F_{\kappa} [\sigma_{cm}] \geq P_3.$$

$$1. \frac{\mu h}{i_{\min}} = \frac{0,7 \cdot 25}{0,25 \cdot 8} = 8,75.$$

$$2. \varphi = 0,75 \text{ (за табл. 2.2).}$$

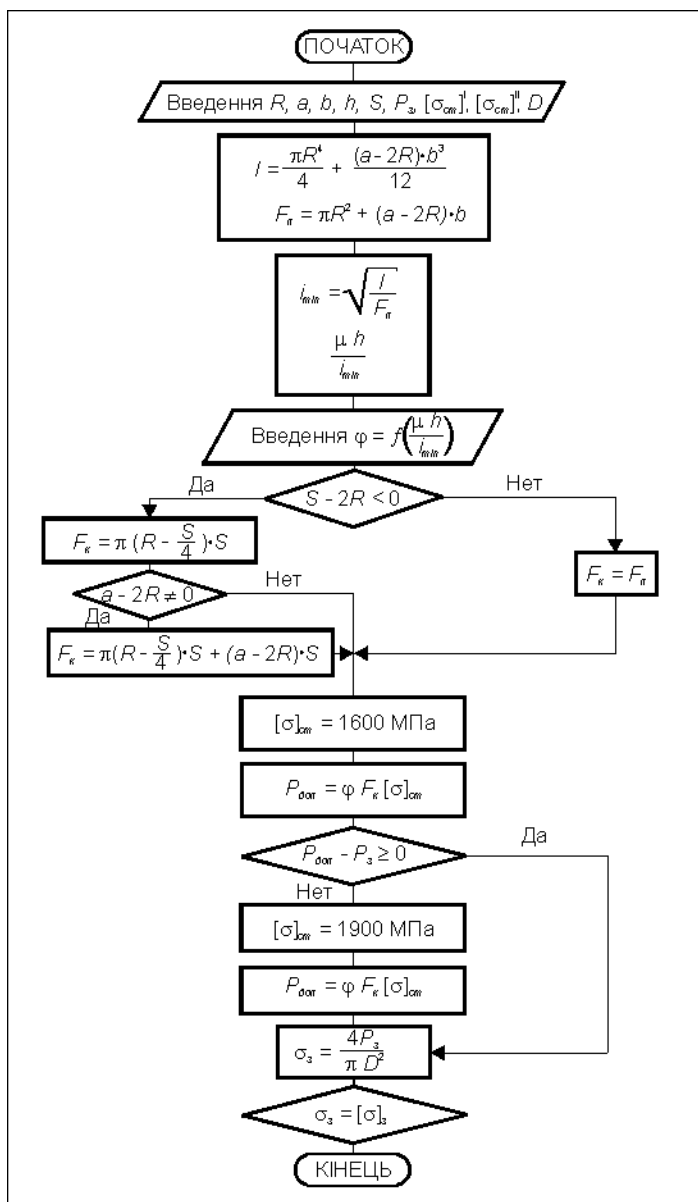


Рис. 2.5. Блок-схема алгоритму повного розрахунку пуансона

3. $S/d = 5/8 = 0,625 < 1$,
отже

$$F_{\kappa} = \frac{\pi S(2d - S)}{4} =$$

$$= \frac{3,14 \cdot 5(2 \cdot 8 - 5)}{4} =$$

$$= 43,175 \text{ мм}^2.$$

4. $[\sigma_{см}] = 1600$ МПа для сталі У10А (за табл. 2.3).

5. $P_{доп} = 0,75 \cdot 43,175 \cdot 1600 = 51810$ Н.

Так як $P_{доп} < P_z$, умова усталеності пуансона не виконується, тому вибираємо більш міцний матеріал. Із групи високолегованих сталей призначаємо марку 9ХС, для якої $[\sigma_{см}] = 1900$ МПа:

$$P_{доп} = 0,75 \cdot 43,175 \cdot 1900 = 61520 \text{ Н.}$$

Зважаючи на те, що напруження $[\sigma_{см}]$ прийнято із запасом міцності 1,5...2, застосування марки сталі 9ХС допустимо.

ПРИКЛАД 2. Вибрати марку сталі для пуансона (рис. 2.6, б) та виконати розрахунок на допустиме навантаження, якщо технологічне зусилля пробивання отвору $P_z = 90000$ Н, товщина матеріалу, що штампується, $S = 8$ мм.

Рішення

$$P_{доп} = \phi F_{\kappa} [\sigma_{см}] \geq P_z.$$

$$1. i_{\min} = \sqrt{\frac{I}{F_n}}.$$

Таблиця 2.4

Програма повного розрахунку пуансона

Адреса	Команда	Код	Адреса	Команда	Код	Адреса	Команда	Код
00	Fπ	20	33	0	00	66	ИПА	6-
01	ИП1	61	34	.	0-	67	ИП0	60
02	Fx ²	22	35	7	07	68	×	12
03	×	12	36	×	12	69	П0	40
04	ПА	4-	37	$\bar{x}\bar{y}$	14	70	ИП7	67
05	FBx	0	38	+	13	71	ПС	4С
06	×	12	39	С/П	50	72	×	12
07	4	04	40	ИП5	65	73	ПД	4Г
08	+	13	41	2	02	74	ИП6	66
09	ИП2	62	42	ИП1	61	75	-	11
10	ИП1	61	43	×	12	76	Fx≥0	59
11	2	02	44	-	11	77	80	80
12	×	12	45	Fx<0	5С	78	БП	51
13	-	11	46	66	66	79	85	85
14	ПВ	4L	47	ИП1	61	80	ИП0	60
15	ИП3	63	48	ИП5	65	81	ИП8	68
16	Fx ²	22	49	4	04	82	ПС	4С
17	ИП3	63	50	+	13	83	×	12
18	×	12	51	-	11	84	ПД	4Г
19	×	12	52	Fπ	20	85	ИП6	66
20	1	01	53	×	12	86	ИП9	69
21	2	02	54	ИП5	65	87	Fx ²	22
22	+	13	55	×	12	88	+	13
23	+	10	56	ПА	4-	89	4	04
24	ИПА	6-	57	ИПВ	6L	90	×	12
25	ИП8	6L	58	Fx≠0	57	91	Fπ	20
26	ИП3	63	59	66	66	92	+	13
27	×	12	60	ИПВ	6L	93	1	01
28	+	10	61	ИП5	65	94	0	00
29	ПА	4-	62	×	12	95	0	00
30	+	13	63	ИПА	6-	96	-	11
31	F√	21	64	+	10	97	С/П	50
32	ИП4	64	65	ПА	4-	КІНЕЦЬ		

Момент інерції фігур типу овалу, еліпса має мінімальне значення відносно поздовжньої осі, що проходить через центр ваги (у даному випадку – через вісь $X-X$).

$$I = I_1 + I_2,$$

де I_1 – момент інерції круга; I_2 – момент інерції прямокутника відносно осі $X-X$.

$$I_1 = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi R^4}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^4}{4} =$$

$$= 200,96 \text{ мм}^4;$$

$$I_2 = \frac{a \cdot e^3}{12} = \frac{(12 - 8) \cdot 8^3}{12} =$$

$$= 170,66 \text{ мм}^4;$$

$$I = 200,96 + 170,66 =$$

$$= 371,82 \text{ мм}^4;$$

$$S/e = 8/8 = 1,$$

отже $F_k = F_n$.

$$F_n = F_1 + F_2,$$

де F_1 – площа круга; F_2 – площа прямокутника.

$$F_n = \frac{\pi d^2}{4} + av = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} + 4 \cdot 8 = 82,23 \text{ мм}^2.$$

Тоді

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{371,62}{82,23}} = 2,12 \text{ мм}.$$

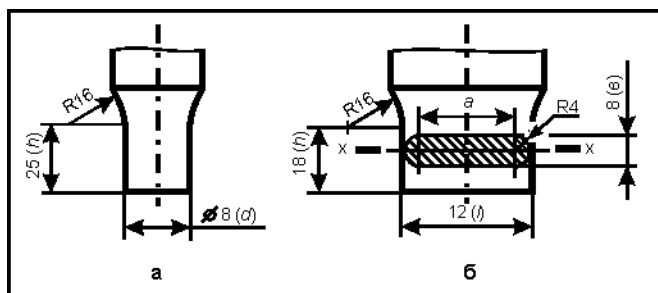


Рис. 2.6. Ескізи пуансонів до першого (а) та другого (б) прикладів розрахунку

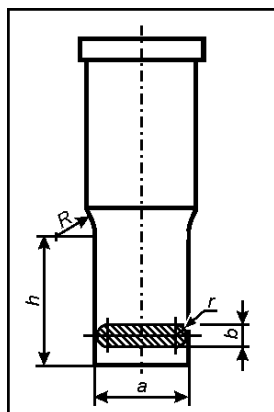
$$2. \quad \frac{\mu h}{i_{\min}} = \frac{0,17 \cdot 18}{2,12} = 5,94,$$

$$\varphi = 0,8 \quad (\text{за табл. 2.2}).$$

$$3. \quad [\sigma_{cm}] = 1600 \text{ МПа для сталі У10А (за табл. 2.3).}$$

$$4. \quad P_{don} = 0,8 \cdot 82,23 \cdot 1600 = 105254 \text{ Н} > P_3.$$

Прийнята для виготовлення пуансона марка сталі У10А витримує дане навантаження.



Завдання 2.2. Вибрати марку сталі для пуансона (рис. 2.7, табл. 2.5) та виконати розрахунок на допустиме навантаження P_{don} , якщо зусилля пробивання дорівнює P_3 , а товщина матеріалу, що штампується – S . Зробити аргументований висновок про необхідність застосування підкладної плити.

Рис. 2.7. Ескіз пуансона до завдання 2.2

Таблиця 2.5

Вихідні дані до завдання 2.2

Варіант	h , мм	a , мм	ϕ , мм	r , мм	S , мм	D , мм	P_3 , Н
1	5	1	1	0,5	0,6	4,0	600
2	6	1,5	1	0,5	0,6	4,5	900
3	7	2	1	0,5	1,0	5,0	2000
4	8	1,2	1,2	0,6	0,8	4,5	1100
5	9	1,7	1,2	0,6	1,0	5,0	1300
6	10	2,4	1,2	0,6	1,2	5,5	1800
7	11	1,5	1,5	0,75	1,0	4,5	1700
8	12	2,0	1,5	0,75	1,2	5,5	2200
9	13	3,0	1,5	0,75	1,5	6,0	2900
10	14	2,0	2,0	1,0	1,5	5,5	2800
11	15	3,0	2,0	1,0	1,8	6,0	4000
12	16	4,0	2,0	1,0	2,0	7,5	4000
13	13	2,5	2,5	1,25	1,8	7,0	4000
14	17	4,0	2,5	1,25	2,0	7,5	5600
15	17	5,0	2,5	1,25	2,5	8,0	7700
16	18	3,0	3,0	1,5	2,0	7,5	6600
17	18	4,0	3,0	1,5	2,5	9,0	10000
18	18	6	3,0	1,5	3,0	12,0	11000
19	19	3,5	3,5	1,75	2,0	9,5	6600
20	19	5	3,5	1,75	2,5	10	11000
21	19	7	3,5	1,75	3,0	11	13000
22	20	4	4	2	2	10	7500
23	20	6	4	2	2,5	11	10900
24	20	8	4	2	3	12	15000
25	20	5	5	2,5	5	13	23500

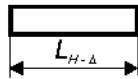

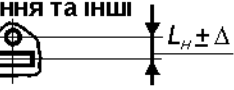
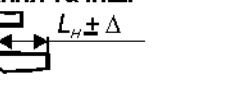
2.3. Розрахунок виконавчих розмірів розділового інструмента

Розрахунок виконавчих розмірів розділового інструмента здійснюють з урахуванням метода його виготовлення.

При сумісному виготовленні пуансона та матриці одна із робочих деталей доопрацьовується по другій: при вирубіванні – пуансон по матриці (матриця визначає розмір отвору, паза і є основною деталлю). При цьому, виконавчі розміри основної деталі (L_M або L_N) розраховують за приведеними у табл. 2.6 формулами (2.6) або (2.9), а сполученої – підганяють по основній із зазором Z та допуском на зазор ΔZ . У вказані формули підставляють L_H – номінальний розмір елемента, що штампується, Π_3 - припуск на знос матриці та пуансона, δ_M або δ_N – граничні відхилення розміру матриці або пуансона. Значення Π_3 , δ_M та δ_N знаходять за довідником [8].

Таблиця 2.6

Виконавчі розміри матриці (L_M) та пуансона (L_N)

Варіант	Операція, ескіз	При сумісному виготовленні	При окремому виготовленні
1	Вирубівання 	$L_M = (L_H - \Pi_3)^{+\delta_M}$ (2.6) L_N допрацьовується по матриці з зазором Z та допуском на зазор ΔZ	$L_M = (L_H - \Pi_3)^{+\delta_M}$ (2.7) $L_N = (L_H - \Pi_3 - Z)^{-\delta_N}$ (2.8)
2	Пробивання 	$L_N = (L_H + \Pi_3)^{-\delta_N}$ (2.9) L_M допрацьовується по пуансону з зазором Z та допуском на зазор ΔZ	$L_N = (L_H + \Pi_3)^{-\delta_N}$ (2.10) $L_M = (L_H + \Pi_3 + Z)^{+\delta_M}$ (2.11)
3	Пробивання, відрізування та інші 	$L_N = L_H \pm 0,5 \Delta$ (2.12) L_M допрацьовується по пуансону	$L_M = L_H + 0,5 \Delta Z$ (2.13)
	Пробивання, відрізування та інші 	$L_M = L_H + 0,5 \Delta$ (2.14) L_N допрацьовується по матриці з зазором Z та допуском на зазор ΔZ	$L_N = L_H \pm 0,5 \Delta Z$ (2.15)

Приведені формули використовуються у випадку, коли при зносі робочих деталей штампа розмір L_H елемента, що штампується, підвищується (див. табл. 2.6, варіант 1) або зменшується (див. табл. 2.6, варіант 2). Якщо ж знос робочих елементів не викликає за собою зміни розміру елемента, що штампується (див. табл. 2.6, варіант 3), то виконавчі розміри робочих деталей визначаються за формулами (2.12) або (2.14). При цьому за основну деталь можуть бути прийняті чи пуансон, чи матриця.

Якщо розміри елемента, що штампується, для випадку вирубівання (варіант 1) задані у вигляді ($L_H \pm \Delta$), то їх слід перетворити до вигляду

$(L_n + \Delta)_{-2\Delta}$ і далі, розглядаючи $L_n + \Delta$ як номінальний розмір і 2Δ - як його поле допуску, скористуватися формулою (2.6). Теж стосується випадку задавання розміру отвору (варіант 2) у вигляді $L_n \pm \Delta$. Його слід перетворити до вигляду $(L_n - \Delta)^{+2\Delta}$ та скористуватися формулою (2.9).

Розміри можуть бути задані також у вигляді $L_n^{\begin{smallmatrix} -\Delta_1 \\ -\Delta_2 \end{smallmatrix}}$ або $L_n^{\begin{smallmatrix} +\Delta_2 \\ +\Delta_1 \end{smallmatrix}}$ (при $\Delta_2 > \Delta_1$) відповідно для варіантів 1 та 2. В цьому випадку слід перетворити їх до вигляду відповідно $(L_n - \Delta_1)_{-(\Delta_2 - \Delta_1)}$ та $(L_n + \Delta_1)^{+(\Delta_2 - \Delta_1)}$, а потім скористуватися формулами (2.6) та (2.9), розглядаючи $L_n - \Delta$ та $L_n + \Delta$ як номінальні розміри елемента, що штампується, а $\Delta_2 - \Delta_1$ - полем допуску.

При окремому виготовленні пуансона та матриці, коли вони обробляються до остаточних розмірів без взаємного погодження, їх виконавчі розміри розраховують за формулами (2.7), (2.8), (2.11), (2.12), (2.13) та (2.15), що приведені у табл. 2.6, а поля допусків розмірів пуансона та матриці підбирають таким чином, щоб дотримувалася умова

$$(\delta'_m + \delta'_n) \leq \Delta Z, \quad (2.16)$$

де δ'_m та δ'_n - абсолютні значення полів допусків. Поля кожного із допусків δ'_m та δ'_n можуть встановлюватися довільно або по ГОСТ 25347-... Для останнього випадку можна скористуватися довідковими даними роботи [8], які підібрані таким чином, що забезпечується умова

$$0,84 \cdot \Delta Z \leq (\delta'_m + \delta'_n) \leq \Delta Z. \quad (2.17)$$

Підбирання полів допусків за стандартом для усіх значень ΔZ із дотриманням умови (2.16) не є можливим.

ПРИКЛАД 1. Визначити виконавчі розміри пуансона та матриці штампа для пробивання, якщо діаметр отвору, що пробивається, $d = 10$ Н12 мм, матеріал деталі – листова сталь Ст5 пс ГОСТ 16523-..., товщина деталі $S = 5$ мм.

Рішення

При пробиванні основною робочою деталлю є пуансон. Тому для випадку сумісного виготовлення пуансона і матриці діаметр пуансона визначають за формулою (2.9):

$$L_n = (L_n + P_3)_{-\delta_n},$$

де L_n – номінальний діаметр отвору, що пробивається. $L_n = 10$ мм; P_3 – припуск на знос пуансона та матриці; δ_n – граничне відхилення діаметра пуансона. Для $d = 10$ Н12 мм знаходимо $P_3 = 0,13$ мм та $\delta_n = 0,030$ мм [8].

Тоді:

$$L_n = (10 + 0,13)_{-0,030} = 10,13_{-0,030} \text{ мм.}$$

Діаметр матриці L_m при сумісному виготовленні інструмента слід забезпечити її доопрацюванням за пуансоном із рівномірним двобічним зазором $Z = 0,60^{+0,10}$ мм [8].

Для випадку окремого виготовлення, діаметр пуансона визначають за формулою (2.10):

$$L_n = (L_n + P_3)_{-\delta'_n},$$

де δ'_n - граничне відхилення діаметра пуансона. Для $d = 10$ мм та $S = 5$ мм знаходимо $\delta'_n = -0,036$ мм [8].

Тоді:

$$L_n = (10 + 0,13)_{-0,036} = 10,13_{-0,036} \text{ мм.}$$

При окремому виготовленні діаметр матриці визначають за формулою (2.11):

$$L_m = (L_n + P_3 + Z)^{+\delta_m}.$$

Для $d = 10$ мм та $S = 5$ мм знаходимо $\delta_m = +0,058$ мм [8].

Тоді:

$$L_m = (10 + 0,13 + 0,60)^{+0,058} = 10,73^{+0,058} \text{ мм.}$$

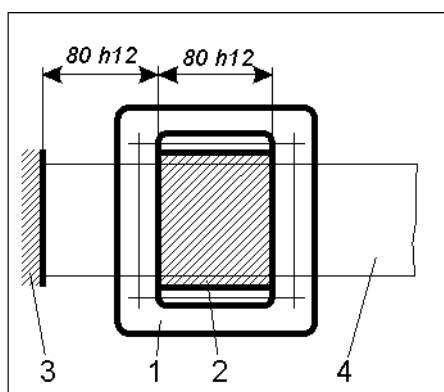


Рис. 2.8. Схема штампа для відрізування (план низу): 1- матриця (ніж нерухомий); 2- пуансон (ніж рухомий); 3 - упор; 4 - штаба

Оскільки $(0,036 + 0,058) < 0,10$, умова (2.16) дотримується.

Приклад 2. Визначити виконавчі розміри пуансона та матриці для безвідхідного відрізування заготовок довжиною 80 h12 мм від штаби у штампі по дві штуки за один хід преса для випадків їх сумісного та окремого виготовлення (рис. 2.8). Матеріал штаби – сталь 20X13 по ГОСТ 5582-75, товщина – $S = 0,5$ мм.

Рішення

1. Для розміру 80 h12 знаходимо припуск на знос матриці $P_3 = 0,25$ мм та граничне відхилення розміру матриці $\delta_m = 0,060$ мм [8, с. 65, табл. 13].

2. Для матеріалу сталь 20X13 знаходимо значення напруження зрізування $\sigma_3 = 430$ МПа [8, с. 479].

3. Для товщини штаби $S = 0,50$ мм при $\sigma_3 = 430$ МПа знаходимо двобічний нормальний зазор $Z = 0,010$ мм [8, с. 67, табл. 14].

4. Визначаємо виконавчий розмір матриці для випадку сумісного виготовлення її з пуансоном [8, с. 62]:

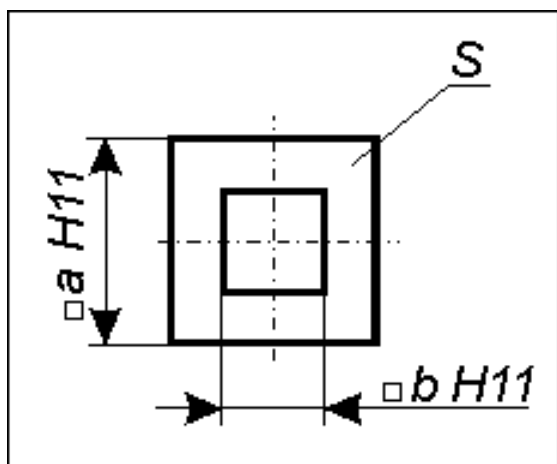
$$L_m = (L_n - P_3)^{+\delta_m} = (80 - 0,25)^{+0,060} = 79,75^{+0,060} \text{ мм.}$$

5. Виконавчий розмір пуансона L_n для випадку сумісного його виготовлення з матрицею слід забезпечити його доопрацюванням за матрицею з рівномірним двобічним зазором $Z = 0,030^{+0,010}$ мм [8, с. 62]. Тоді

$$L_n = L_m - Z = 79,75 - 0,030 = 79,72 \text{ мм.}$$

6. Перевіряємо можливість окремого виготовлення пуансона та матриці за [8, с. 71, табл. 15] при товщині штаби $S = 0,50$ мм та розміру елемента, що штампується, 80 мм. Оскільки поля допусків розмірів матриці δ'_m та пуансона δ'_n в таблиці не передбачені, робимо висновок про неможливість окремого їх виготовлення, так як останні потребують встановлення надто жорстких допусків на матрицю та пуансон при дотриманні вимоги

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



Завдання 2.3. Визначити виконавчі розміри пуансона та матриці для вирубування-пробивання деталі «Шайба квадратна» (рис. 2.9) у штампі суміщеної дії для способу виготовлення інструмента, що вказано в таблиці 2.7. Матеріал деталі – сталь по ГОСТ 4041-71 [8, с. 478].

Рис. 2.9. Ескіз деталі «Шайба квадратна» до завдання 2.3

Вихідні дані до завдання 2.3

Варіант	a , мм	b , мм	S , мм	Марка стали	Спосіб виготовлення інструменту
1	30	15	2	08кп	Сумісний
2	35	17,5	2,2	10кп	Сумісний
3	40	20	2,5	15	Сумісний
4	45	22,5	2,8	20	Сумісний
5	50	25	3	25	Сумісний
6	55	27,5	3,2	30	Сумісний
7	60	30	3,5	35	Сумісний
8	65	32,5	3,8	40	Сумісний
9	70	35	3,9	08кп	Сумісний
10	75	37,5	4	10кп	Сумісний
11	80	40	4,5	15	Сумісний
12	85	42,5	5	20	Сумісний
13	90	45	5,6	25	Сумісний
14	95	47,5	6	30	Окремий
15	100	50	7	35	Окремий
16	105	52,5	8	40	Окремий
17	110	55	9	08кп	Окремий
18	115	57,5	10	10кп	Окремий
19	120	60	11	15	Окремий
20	125	62,5	12	20	Окремий
21	130	65	13	25	Окремий
22	135	67,5	14	30	Окремий
23	140	70	15	35	Окремий
24	145	72,5	16	40	Окремий
25	150	75	17	08кп	Окремий

2.4. Розрахунок геометричних параметрів матриць для розділових операцій

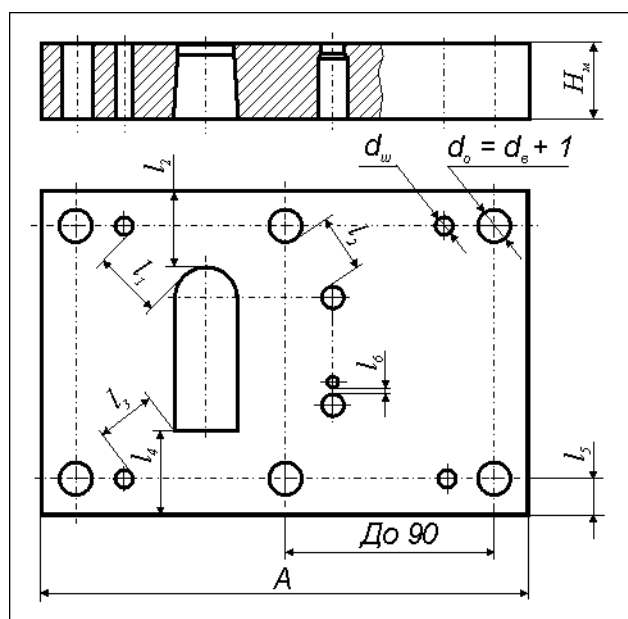


Рис. 2.10. Матриця штампа послідовної дії: d_g - діаметр гвинта, мм; d_o - діаметр отвору під гвинт, мм; d_w - діаметр отвору під штифт, мм

При конструюванні розділових штамів геометричні параметри оригінальних матриць приймають виходячи із рекомендацій, що наведено в роботі [8, с. 74-80], де розрахунку підлягають наступні параметри (рис. 2.10):

H_m - товщина матриці, мм;

l_1 - найменша відстань між радіусним робочим контуром вирубної матриці та отвором під штифт, мм;

l_2 - найменша відстань між робочим контуром пробивної матриці та отвором під гвинт або краєм матриці, мм;

l_3 - найменша відстань між кутом робочого контуру матриці

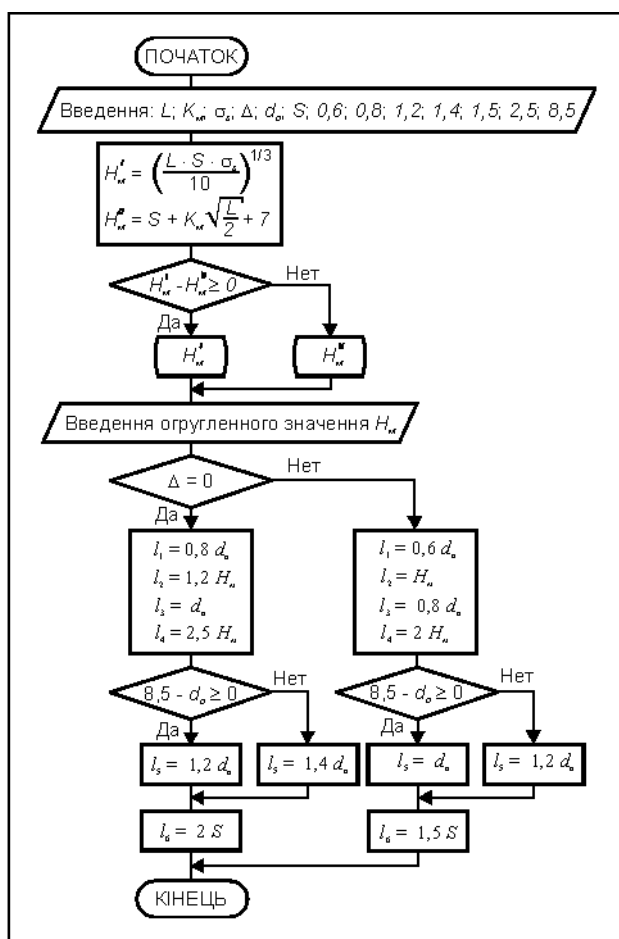


Рис. 2.11. Схема алгоритму розрахунку параметрів матриць для розділових операцій

Завдання 2.4. Розрахувати геометричні параметри матриці $H_m, l_1 \dots l_6$ (рис. 2.10), що призначена для вирубування-пробивання деталі у штампі послідовної дії. Вихідні данні для розрахунку наведено в таблиці 2.9, де задані: a – довжина вирубного робочого вікна; b – ширина вирубного робочого вікна; R – радіус закруглення вирубного робочого вікна; матеріал, що штампується – сталь по ГОСТ 16523-70 [8, с. 478]; матеріал матриці – інструментальна сталь; A – найбільший габаритний розмір матриці; S – товщина матеріалу, що штампується. Для усіх варіантів діаметр кріпильного гвинта матриці $d_s = 10$ мм.

3. РОЗКРІЙ МАТЕРІАЛУ

Розрізняють розкрій матеріалу, що поставляється у вигляді:

- листового прокату (листа);
- безперервного прокату (стрічки, рулону, дроту);
- сортового прокату (штаби, кутика, швелера, круга, квадрата, шестигранника тощо).

та отвору під штифт, мм;

l_4 – найменша відстань між робочим контуром та краєм матриці, мм;

l_5 – найменша відстань між віссю отворів під гвинти або штифти та краєм матриці, мм;

l_6 – найменша відстань між суміжними радіусними контурами матриці, мм.

Схему алгоритму розрахунку геометричних параметрів матриць для розділових операцій холодного листового штампування показано на рис. 2.11, а програму для розрахунку за допомогою програмованого мікрокалькулятора «Електроніка БЗ-34» приведено в таблиці 2.8. Інструкцію до програми див. в додатку Д2.

**Програма розрахунку геометричних параметрів
розділових матриць**

Адреса	Команда	Код	Адреса	Команда	Код	Адреса	Команда	Код
00	3	03	33	ИП8	68	66	ИП5	65
01	F1/x	23	34	×	12	67	ИП7	67
02	ИП1	61	35	П1	41	68	×	12
03	ИП3	63	36	ИП0	60	69	П1	41
04	×	12	37	ИП9	69	70	ИП0	60
05	1	01	38	×	12	71	П2	42
06	×	12	39	П2	42	72	ИП5	65
07	1	01	40	ИП5	65	73	ИП8	68
08	0	00	41	П3	43	74	×	12
09	+	13	42	ИП0	60	75	П3	43
10	Fx ^y	24	43	ИПС	6C	76	ИП0	60
11	П0	40	44	×	12	77	2	02
12	ИП1	61	45	П4	44	78	×	12
13	2	02	46	ИПД	6Г	79	П4	44
14	+	13	47	ИП5	65	80	ИПД	6Г
15	F√ ^Г	21	48	-	11	81	ИП5	65
16	ИП2	62	49	Fx≥0	59	82	-	11
17	×	12	50	57	57	83	Fx≥0	59
18	ИП6	66	51	ИП5	65	84	89	89
19	+	10	52	ИП9	69	85	ИП5	65
20	7	07	53	×	12	86	П5	45
21	+	10	54	П5	45	87	БП	51
22	-	11	55	БП	51	88	93	93
23	Fx≥0	59	56	61	61	89	ИП5	65
24	27	27	57	ИП5	65	90	ИП9	69
25	ИП0	60	58	ИПА	6-	91	×	12
26	С/П	50	59	×	12	92	П5	45
27	FВx	0	60	П5	45	93	ИП6	66
28	С/П	50	61	ИП6	66	94	ИПВ	6L
29	ИП4	64	62	2	02	95	×	12
30	Fx=0	63	63	×	12	96	П6	46
31	66	66	64	П6	46	97	С/П	50
32	ИП5	65	65	С/П	50	КІНЕЦЬ		

Вихідні дані до завдання 2.4

Варіант	a , мм	b , мм	R , мм	Сталь, що штам- пується	Матеріал матриці	A , мм	S , мм
1	30	10	5	40	У8А	120	0,2
2	31	11	5,5	45	У10А	122	0,3
3	32	12	6	50	7Х3	124	0,4
4	33	13	6,5	55	9ХС	126	0,5
5	34	14	7,6	60	9ХВГ	128	0,6
6	35	15	7,5	Ст2кп	Х12М	130	0,7
7	36	16	8	Ст3кп	Х12Ф1	132	0,8
8	37	17	8,5	Ст4кп	У8А	134	0,9
9	38	18	9	Ст5пс	У10А	136	1,0
10	39	19	9,5	Ст6пс	7Х3	138	1,2
11	40	20	10	40	9ХС	140	1,3
12	41	21	10,5	45	9ХВГ	142	1,4
13	42	22	11	50	Х12М	144	1,5
14	43	23	11,5	55	Х12Ф1	146	1,6
15	44	24	12	60	У8А	148	1,8
16	45	25	12,5	Ст2кп	У10А	150	2
17	46	26	13	Ст3кп	7Х3	152	2,2
18	47	27	13,5	Ст4кп	9ХС	154	2,5
19	48	28	14	Ст5пс	9ХВГ	156	2,8
20	49	29	14,5	Ст6пс	Х12М	158	3
21	50	30	15	40	Х12Ф1	160	3,2
22	51	31	15,5	45	У8А	162	3,5
23	52	32	16	50	У10А	164	3,8
24	53	33	16,5	55	7Х3	166	3,9
25	54	34	17	60	9ХС	168	4

3.1. Розкрій листового прокату

Розкрій листового прокату може бути поперечним, поздовжнім, комбінованим та косим (рис. 3.1). Вибір розмірів листа [9] та виду розкрою обумовлені, в кінцевому підсумку, досяганням максимально можливого коефіцієнта використання матеріалу. При цьому необхідно користуватися такими правилами [16]:

- відрізування штаб для вирубування великих заготовок у серійному виробництві доцільно здійснювати при комбінованому розкрою матеріалу та дотриманні комплексності заготовок на об'єкт виробництва (трактор,

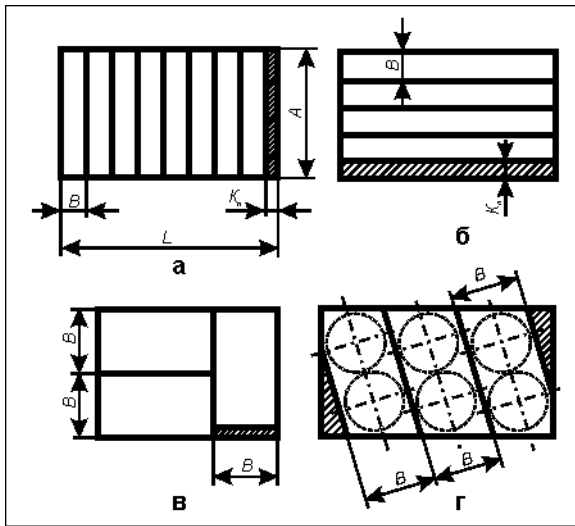


Рис. 3.1. Види розкрою листового прокату: а - поперечний; б - поздовжній; в - комбінований; г - косий

а отже підвищенню коефіцієнта використання матеріалу;

- заміна листового прокату на стрічку (рулон) в умовах крупносерійного виробництва приведе не тільки до економії металу, але і до можливості застосування автоматизованого високопродуктивного штампування;

- при виготовленні великогабаритних деталей доцільно заказувати мірний листовий прокат. При цьому економічний ефект досягається за рахунок скасування транспортування відходів від заводу-споживача прокату (замовника) до заводу-виготовлювача, де як правило здійснюється переробка відходів власного виробництва;

- розкрій листового прокату для виготовлення деталей, що мають операції гнуття, необхідно виконувати з урахуванням напрямку волокон прокату. Останнє підвищує міцність деталей і дозволяє зменшити товщину прокату.

Розкрій листового прокату виконують у такій послідовності:

- уточняють габаритні розміри вибраного листа (довжину та ширину) [12] і вибирають вид розкрою. Виконують схему розкрою листа (див., наприклад, рис. 3.1, а);

- вибирають тип розкрою штаби [15, с. 37] в залежності від конфігурації та габаритних розмірів деталі. Виконують схему розкрою штаби з урахуванням послідовності переходів

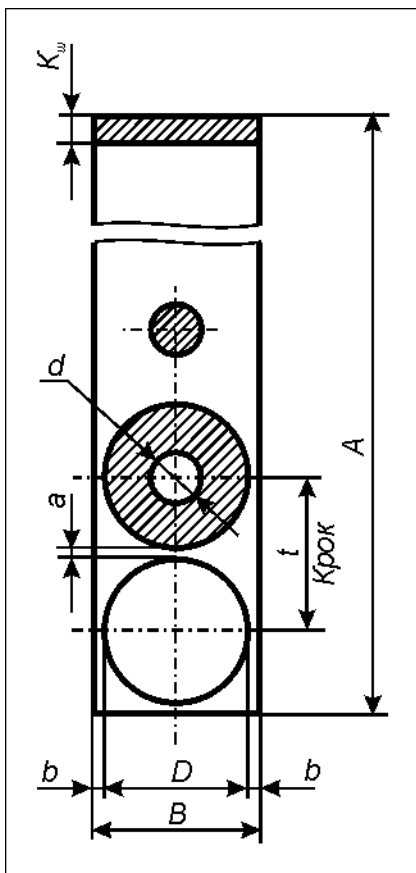


Рис. 3.2. Однорядна схема розкрою штаби при поперечному розкрою листа

штампування. На рис. 3.2 як приклад показано однорядну схему розкрою штаби для штампа послідовної дії, призначеного для пробивання (перший перехід) та вирубування (другий перехід) деталі “Шайба”;

- визначають ширину штаби за формулами:
при умові роботи із бічним притиском

$$(3.1) \quad B = B_p + \Delta_{ш};$$

при умові роботи без бічного притиску

$$(3.2) \quad B = B_p + 2\Delta_{ш} + Z,$$

де B_p – розрахункова ширина штаби. Для розкрою штаби, що показано на рис 3.2

$$(3.3) \quad B_p = D + 2b,$$

D – зовнішній діаметр деталі, мм; b – величина бічної перемички, мм [8]; $\Delta_{ш}$ – однобічний (мінусовий) допуск на ширину штаби, мм [8]; Z – гарантований зазор між напрямними штаби та штабою при її максимальній ширині, мм [8];

- визначають крок подачі штаби (крок штампування). Для розкрою штаби, що показано на рис. 3.2, крок подачі:

$$(3.4) \quad t = D + a,$$

де a – величина перемички, мм [8];

- визначають кількість деталей (заготовок), що штампується із штаби. Для розкрою штаби, що показано на рис 3.2, кількість деталей із штаби визначають із наступного виразу, а отриманий результат записують у вигляді:

$$(3.5) \quad n = \frac{A}{t} = \dots \text{ шт.} + K_{ш} = \dots \text{ мм}$$

де $K_{ш}$ – кінцевий відхід із штаби, мм; A – ширина листа, мм;

- визначають кількість штаб із листа. Для розкрою штаби, що показано на рис. 3.2, кількість штаб із листа визначають за наступною формулою, а отриманий результат записують у такому вигляді:

$$(3.6) \quad m = \frac{L}{B} = \dots \text{ шт.} + K_{л} = \dots \text{ мм}$$

де $K_{л}$ – кінцевий відхід із листа, мм; L – довжина листа, мм;

- визначають кількість деталей із листа:

$$q = n \cdot m; \quad (3.7)$$

- визначають коефіцієнт використання матеріалу, %:

$$\eta = \frac{F_d \cdot q \cdot 100}{F_l}, \quad (3.8)$$

де F_d – площа деталі, мм²;

$$F_d = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2);$$

F_l – площа листа, мм²; $F_l = L \cdot A$;

- визначають норму витрати матеріалу на одну деталь, г:

$$H = \frac{G_d}{q}, \quad (3.9)$$

де G_d – маса листа, г; $G_d = L \cdot A \cdot S \cdot \rho$,

ρ – густина матеріалу, г/см³; L – довжина листа, см; A – ширина листа, см; S – товщина листа, см.

На практиці технолог завжди має проблему оптимізації розкрою листового прокату, тобто вибору розмірів і виду розкрою листів, типу розкрою штаби для забезпечення максимально можливого коефіцієнта його використання. Трудомісткість розрахунків обумовлена великою

Таблиця 3.1

Схеми розкрою листового прокату, що охоплюються програмою (див. табл. 3.2)

Схема розкрою	Вид розкрою листа	
	поздовжній	поперечний
листа		
штаби		

гамою типорозмірів листового прокату, що використовується в промисловості [9, с. 104-105].

З метою зменшення трудомісткості даних розрахунків, для однорядній схемі розташування деталей на штабі та прямому типі розкрою

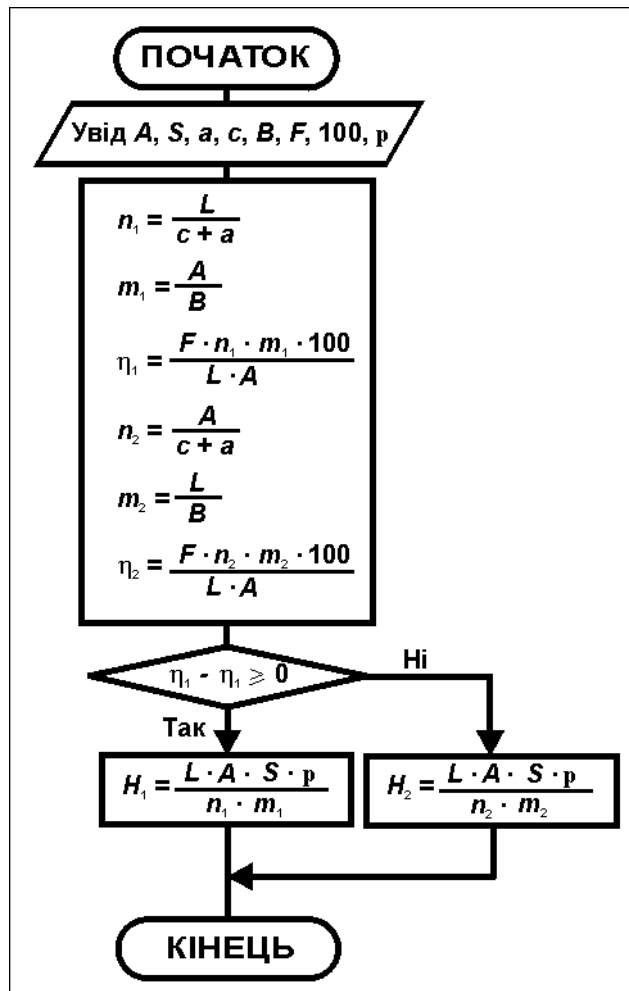


Рис. 3.3. Схема алгоритму розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату

екран якого за допомогою спеціальної програми викликати мікрокалькулятор «Електроніка БЗ-34».

(табл. 3.1) розроблено схему алгоритму розрахунку (рис. 3.3) та програму розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату для програмованого мікрокалькулятора «Електроніка БЗ-34» (табл. 3.2), що включає в себе:

- інформацію про переважний вибір виду розкрою листа (поздовжнього або поперечного);
- розрахунок коефіцієнта використання матеріалу;
- розрахунок норми витрати матеріалу на одну деталь;
- розрахунок кількості деталей із штаби;
- розрахунок кількості деталей із листа.

Інструкцію до програми розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату наведено в додатку Б. Розрахунок можна виконати на сучасному персональному комп'ютері, на

3.2. Розкрій безперервного прокату

Розкрій безперервного прокату, наприклад стрічки, здійснюється у такій послідовності:

- вибирають тип розкрою стрічки (див. табл. 3.1) в залежності від конфігурації і габаритних розмірів деталі. Виконують схему розкрою фрагмента стрічки з урахуванням послідовності переходів штампування. На рис. 3.4 показана схема розкрою стрічки для штампа, що позначено для вирубання двох деталей за один хід преса ;

- визначають ширину стрічки за формулами (3.1) та (3.2), де B_p – розрахункова ширина стрічки для розкрою, що показаний на рис. 3.4:

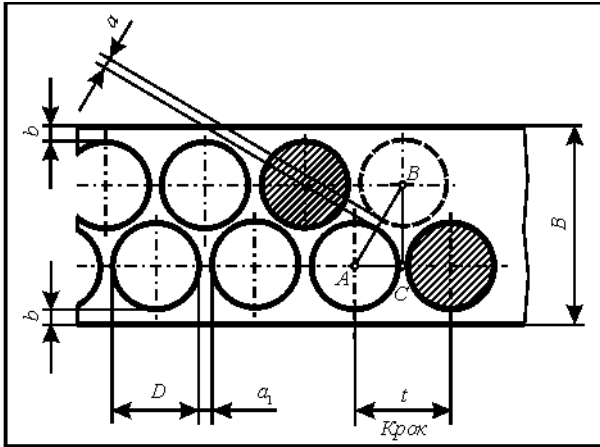


Рис. 3.4. Схема дворядного шахового розкрою стрічки

$$V_p = D + 2b + l_{BC}, \quad (3.10)$$

l_{BC} – довжина катета BC :

$$l_{BC} = \sqrt{l_{AB}^2 - l_{AC}^2},$$

l_{AB} – довжина катета AB :

$$l_{AB} = D + a_1,$$

l_{AC} – довжина катета AC :

$$l_{AC} = \frac{D + a_1}{2}.$$

Таблиця 3.2

Програма розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату

Адреса	Команда	Код	Адреса	Команда	Код	Адреса	Команда	Код
00	ИП4	64	30	ИП1	61	60	$F_x \geq 0$	59
01	ИП3	63	31	ИП4	64	61	75	75
02	÷	13	32	÷	13	62	ИП0	60
03	П4	44	33	ПВ	4L	63	ИП1	61
04	F1/x	23	34	КИПВ	ГЛ	64	×	12
05	ИП1	60	35	ИПВ	6L	65	ИП2	62
06	×	12	36	П4	44	66	×	12
07	ПА	4 -	37	ИП0	60	67	ИП8	68
08	КИПА	Г -	38	ИП5	65	68	×	12
09	ИПА	6 -	39	÷	13	69	ИП3	63
10	П3	43	40	ПВ	4L	70	÷	13
11	ИП1	61	41	КИПВ	ГЛ	71	ИП9	69
12	ИП5	65	42	ИПВ	6L	72	÷	13
13	÷	13	43	П5	45	73	ПС	4[
14	ПА	4 -	44	ИП6	66	74	С/П	50
15	КИПА	Г -	45	ИП4	64	75	ИП0	60
16	ИПА	6 -	46	×	12	76	ИП1	61
17	П9	49	47	ИП5	65	77	×	12
18	ИП6	66	48	×	12	78	ИП2	62
18	ИП3	63	49	ИП7	67	79	×	12
20	×	12	50	×	12	80	ИП8	68
21	ИП9	69	51	ИП0	60	81	×	12
22	×	12	52	÷	13	82	ИП4	64
23	ИП7	67	53	ИП1	61	83	÷	13
24	×	12	54	÷	13	84	ИП5	65
25	ИП0	60	55	ПВ	4L	85	÷	13
26	÷	13	56	ИПА	6 -	86	ПД	4Г
27	ИП1	61	57	ИПВ	6L	87	С/П	50
28	÷	13	58	-	11			

29	ПА	4 -	59	С/П	50			
----	----	-----	----	-----	----	--	--	--

- за отриманим результатом вибирають найближчу більшу ширину стрічки (або рулон з подальшим розпуском його на стрічки) за стандартом [9];

- визначають крок подачі стрічки:

$$(3.11) \quad t = D + a_1 ;$$

- визначають коефіцієнт використання матеріалу із розрахунку на довжині стрічки в один крок подачі, нехтуючи незначними кінцевими відходами. Для даного випадку:

$$(3.12) \quad \eta = \frac{F_d \cdot k \cdot 100}{B \cdot t},$$

де F_d – площа деталі, мм^2 ; k – кількість рядів штампування, шт.;

- визначають норму витрати матеріалу на одну деталь, кг/дет. В даному випадку:

$$(3.13) \quad H = \frac{\rho \cdot t}{k},$$

де ρ - маса 1 м стрічки, кг ; t – крок подачі стрічки, м .

3.3. Розкрій сортового прокату

Сортовий прокат поставляється, як правило, довжиною 6 м (рідше 9 м) [5, с. 130-152]. Розкрій сортового прокату здійснюють в наступній послідовності (на прикладі розкрою штаби):

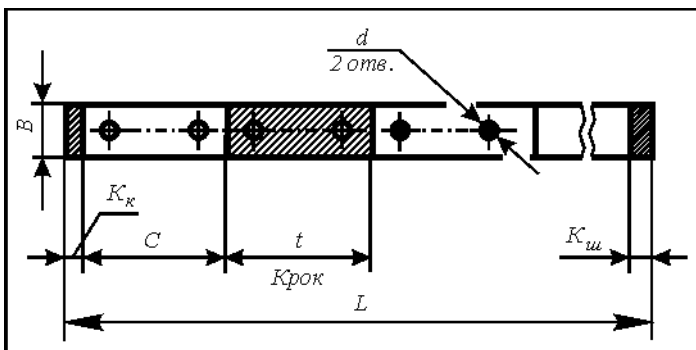


Рис. 3.5. Схема розкрою штабового прокату

довжності переходів штампування, де усі позначення вказують буквами латинського алфавіту. При цьому штампування здійснюють, як правило, без бічних перемичок, тому ширину штаби B приймають рівною ширині деталі. На рис. 3.5 показано схему розкрою для штампа послідовної дії, що

- вибирають схему розташування деталей на штабі в залежності від способу штампування (наприклад: відрізування на комбінованих прес-ножицях; пробивання, відрізування в штампі на кривошипному пресі тощо). Виконують схему розкрою штаби з урахуванням послі-

призначений для пробивання двох отворів діаметром d та безвідхідного відрізування деталі від штаби;

- визначають крок подачі штаби. Для даного випадку

$$t = C, \quad (3.14)$$

де C – довжина деталі.

При відрізуванні з відходом крок визначають за формулою

$$t_g = C + e, \quad (3.15)$$

де e – товщина ножа. Звичайно товщину ножа визначають конструктивно із умови забезпечення його міцності. Для діапазону зміни товщини від 5 до 12 мм товщина ножа складає 6...14 мм;

- визначають кількість деталей, що виготовляються із штаби. Для даного випадку, кількість деталей розраховують за формулою (3.16), а отриманий результат записують у вигляді:

$$n = \frac{L - K_k}{t} = \dots \text{ ед.} + K_{iu} = \dots \text{ мм}, \quad (3.16)$$

де L – довжина штаби, мм; t – крок подачі штаби, мм; K_k – довжина нерівного краю штаби, що обрізується, мм. Приймають $K_k = (1,5...2) \cdot S$, де S – товщина штаби, мм; K_{iu} – довжина кінцевого відходу, мм. Вона повинна бути такою, щоб довжина її частини, яка консольно звисає зі штампа, була не менш 100 мм (для забезпечення можливості тримання пресувальником кінця штаби рукою);

- визначають коефіцієнт використання матеріалу за формулою, %

$$\eta = \frac{F_d \cdot n \cdot 100}{F_{iu}}, \quad (3.17)$$

де F_d – площа деталі, мм²

$$F_d = B \cdot C - \frac{\pi d^2}{2},$$

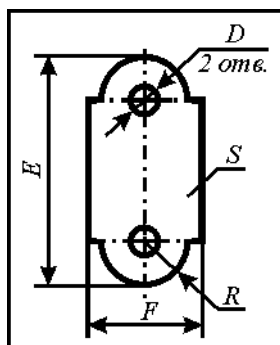
F_{iu} – площа штаби, мм².

При розкрою об'ємних видів прокату (кутика, швелера, круга, квадрата та інших), у відміну від плоских (штаби), коефіцієнт використання матеріалу визначається за наступною формулою, %

$$\eta_o = \frac{V_o \cdot n \cdot 100}{V_n}, \quad (3.18)$$

де V_o – об'єм деталі, мм^3 ; V_n – об'єм одиниці прокату, мм^3 ;

- визначають норму витрати матеріалу на одну деталь. Для даного випадку



$$H = \frac{G_{ш}}{n}, \quad (3.19)$$

де $G_{ш}$ – маса штаби, кг

$$G_{ш} = \rho \cdot L,$$

Рис. 3.6. Ескіз деталі «Планка» до завдання 3.1

ρ – маса одного погонного метра штаби [9, с. 713-714];
 L – довжина прокату (штаби), м.

Завдання 3.1. За допомогою програмованого мікрокалькулятора «Електроніка БЗ-34» вибрати оптимальну довжину та ширину сталевого листового прокату [9, с. 104-107] та вид розкрою (поперечний чи поздовжній), що забезпечують досягнення максимального коефіцієнта використання матеріалу при однорядній схемі розташування на штабі деталей «Планка» (рис. 3.6, табл. 3.3) та прямому типі розкрою. Виконати повний розрахунок параметрів розкрою вибраного листа, відповідно наведеної вище методики. Матеріал деталі: сталь 08 кп ГОСТ 4041-71 [8, с. 487]. Умова роботи штампа – з бічним притиском штаби.

Таблиця 3.3

Вихідні данні до завдання 3.1

Варіант	F , мм	D , мм	E , мм	R , мм	S , мм
1	60	3	30	6	0,4
2	55	3,5	30	7	0,45
3	50	4	40	8	0,5
4	40	4,5	40	9	0,55
5	20	5	50	10	0,6
6	22	5,5	50	11	0,63
7	24	6	60	12	0,65
8	26	6,5	60	13	0,7
9	28	7	70	14	0,75
10	30	7,5	70	15	0,8
11	32	8	80	16	0,9
12	34	8,5	80	17	1
13	36	9	90	18	1,2
14	38	9,5	90	19	1,3
15	40	10	100	20	1,4
16	42	10,5	100	21	1,5
17	44	11	110	22	1,6
18	46	11,5	110	23	1,8
19	48	12	120	24	2,0
20	50	12,5	120	25	2,2
21	52	13	130	26	2,5

22	54	13,5	130	27	2,8
23	56	14	140	28	3,0
24	58	14,5	140	29	3,2
25	60	15	150	30	3,5

4. ВИРУБУВАННЯ ТА ПРОБИВАННЯ

В загальному випадку вибір технологічного обладнання для вирубування та пробивання необхідно здійснювати виходячи не тільки із розрахункового зусилля, але й урахувати роботу деформації.

На практиці максимально допустиму роботу деформації ураховують при проектуванні преса, а тому вибір його здійснюють лише за розрахунковим зусиллям.

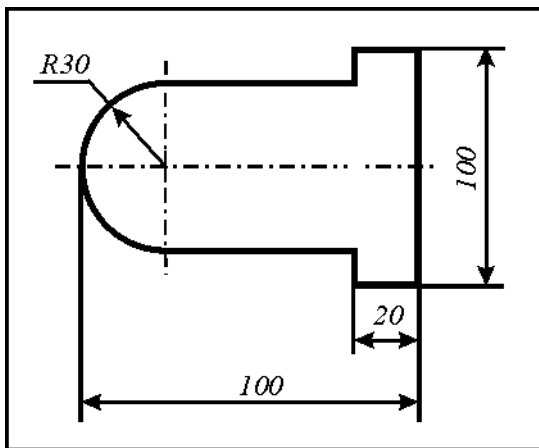


Рис. 4.1. Деталь до прикладу розрахунку

Приклад. Розрахувати зусилля та роботу деформації при вирубуванні деталі товщиною 1,5 мм (рис. 4.1) та вибрати необхідне обладнання. Матеріал деталі – сталь 20 ГОСТ 4041-71.

Рішення

Технологічне зусилля вирубування визначаємо за формулою [10, с. 16]:

$$P = L \cdot S \cdot \sigma_z, \quad (4.1)$$

де P – технологічне зусилля, Н;

L – довжина контуру деталі, що вирубується, мм

$$L = (100 - 30 - 20) \cdot 2 + 100 + 100 - 60 + 3 \cdot 30 = 284,2 \text{ мм};$$

S – товщина деталі, мм;

σ_z – опір матеріалу зрізу, Мпа. $\sigma_z = 320 \text{ Мпа}$ [8, с. 478].

Тоді

$$P = 284,2 \cdot 1,5 \cdot 320 = 136616 \text{ Н} = 136,6 \text{ кН}.$$

Робота деформації при вирубуванні (для плоских ріжучих кромek штампа) визначаємо за формулою [10, с. 21]:

$$A = x \cdot P \cdot S, \quad (4.2)$$

де A – робота деформації при вирубуванні, Дж;

x – поправочний коефіцієнт; $x = 0,65$ [10, с. 22].

Тоді

$$A = 0,65 \cdot 136616 \cdot 0,0015 = 133,2 \text{ Дж.}$$

Розрахункове зусилля пресу

$$P_n = 1,3 \cdot P = 1,3 \cdot 136,6 = 177,58 \text{ кН.}$$

Вибираємо кривошипний прес зусиллям 250 кН.

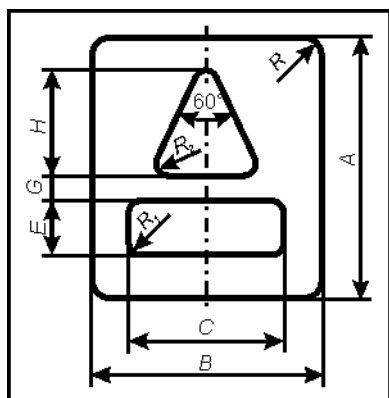


Рис. 4.2. Ескіз деталі до завдання 4.1

Завдання 4.1. Розрахувати зусилля вирубування та пробивання у штампі суміщеної дії для штампування деталі, що показана на рис. 4.2 (табл. 4.1), та вибрати необхідний кривошипний прес.

Таблиця 4.1

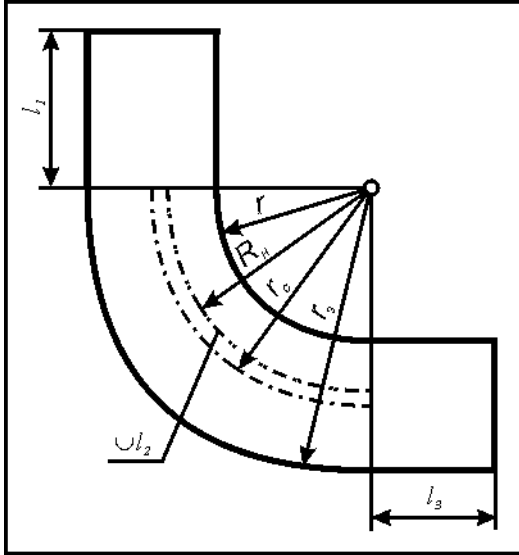
Вихідні данні до завдання 4.1

Варіант	Розміри, мм										σ_s , МПа
	A	B	C	E	G	H	R	R ₁	R ₂	S	
1	50	40	30	15	5	20	5	5	5	1,0	250
2	65	50	30	20	5	30	5	5	5	1,0	120
3	80	60	40	25	5	35	5	5	5	1,5	150
4	95	70	40	30	10	40	5	5	10	1,5	480
5	100	80	40	30	10	45	10	5	10	2,0	330
6	120	90	50	40	10	50	10	5	10	2,0	340
7	140	100	50	40	10	60	10	5	10	2,0	120
8	160	120	50	50	15	70	10	10	10	2,5	30
9	180	140	60	50	15	80	10	10	15	2,5	270
10	200	160	60	50	20	90	10	10	15	2,5	20
11	210	180	60	60	20	100	10	10	15	2,5	30
12	220	190	60	60	20	100	10	10	15	3,0	260
13	230	200	80	60	20	100	15	10	15	3,0	20
14	240	210	80	70	25	110	15	10	20	3,0	340
15	250	220	90	70	25	110	15	10	20	3,0	310
16	260	230	90	70	25	110	15	15	20	1,0	100
17	270	240	120	70	25	120	15	15	20	1,0	240
18	280	150	120	80	30	120	15	15	20	1,5	100
19	290	260	150	80	30	120	15	15	20	1,5	380
20	300	270	150	80	30	130	15	15	25	1,5	330
21	310	280	190	80	30	130	15	15	25	2,0	70
22	320	290	190	90	40	140	15	20	25	2,0	110
23	330	300	200	90	40	140	20	20	25	3,0	260
24	340	310	200	90	40	150	20	20	25	3,0	180
25	350	320	200	90	40	150	20	20	25	3,5	300

5. ГНУТТЯ

При гнутті зовнішні шари металу на радіусних ділянках стискаються, а внутрішні – розтягаються. Між цими шарами існує так званий *нейтральний шар*, який не випробує напружень стиснення та

розтягання (рис. 5.1). Тому даний шар при деформуванні в процесі гнуття не змінює своєї довжини. Прямолінійні ділянки також не змінюються за довжиною, а лише повертаються в процесі гнуття. Таким чином, для розрахунку довжини вихідної заготовки (розгортки) L_3 достатньо скласти усі довжини прямолінійних ділянок l_i та довжини дуг $\cup l_g$ за нейтральним шаром:



$$L_3 = \sum_{i=1}^n l_i + \sum_{g=1}^m \cup l_g. \quad (5.1)$$

Довжини прямолінійних ділянок звичайно визначають за кресленням деталі або розраховують аналітичним способом, довжини дуг визначають за формулою:

$$\cup l_g = \frac{\pi R_n \alpha}{180}, \quad (5.2)$$

Рис. 5.1. До поняття про радіус нейтрального шару дуги: r - внутрішній радіус гнуття; R_n - радіус нейтрального шару; r_c - середній радіус гнуття; r_s - зовнішній радіус гнуття

де R_n - радіус нейтрального шару, мм;

$$R_n = r + xS,$$

r - внутрішній радіус гнуття, мм;

x - коефіцієнт, що враховує зміщення нейтрального шару. Він визначається експериментально в залежності від співвідношення r/S [8, с. 179, 180];

α - центральний кут дуги, град;

S - товщина заготовки, мм.

Приклад. Розрахувати довжину вихідної заготовки для гнуття деталі, що показано на рис. 5.2.

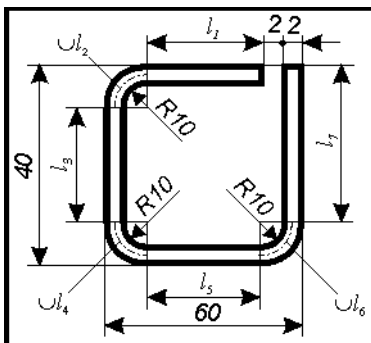


Рис. 5.2. Ескіз деталі до прикладу розрахунку

Рішення

Довжину вихідної заготовки визначаємо за формулою;

$$\begin{aligned} L_3 &= l_1 + \cup l_2 + l_3 + \cup l_4 + l_5 + \cup l_6 + l_7 = \\ &= l_1 + 3(\cup l_2) + l_3 + l_5 + l_7, \end{aligned}$$

де $l_1 = 60 - 2 \cdot 3 - 10 = 44$ мм;

$$\cup l_2 = \frac{3,14 \cdot 10,954 \cdot 90}{180} = 17,198 \text{ мм};$$

$$R_H = 10 + 0,477 \cdot 2 = 10,954 \text{ мм}.$$

При $r/S = 10/2 = 5$, $x = 0,477$;

$$l_3 = 40 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 2 = 16 \text{ мм};$$

$$l_5 = 60 - 2 \cdot 10 - 2 \cdot 2 = 36 \text{ мм};$$

$$l_7 = 40 - 10 - 2 = 28.$$

Тоді

$$L_3 = 44 + 3 \cdot 17,198 + 16 + 36 + 28 = 175,59 \text{ мм}.$$

Приймаємо $L_3 = 176 \text{ мм}$.

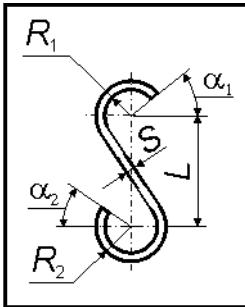


Рис. 5.3. Ескіз деталі «Гачок» до завдання 5.1

Завдання 5.1. Розрахувати довжину розгортки деталі «Гачок» (рис. 5.3, табл. 5.1), що виготовляється із сталі 10 ГОСТ 1050-88.

Таблиця 5.1

Вихідні дані до завдання 5.1

Варіант	α_1 , град	α_2 , град	L , мм	R_1 , мм	R_2 , мм	S , мм
1	-45	-90	100	30	45	2
2	-45	-85	105	35	50	2
3	-35	-80	110	40	55	2
4	-30	-75	115	45	60	2
5	-25	-70	120	50	65	3
6	-20	-65	125	55	30	3
7	-15	-60	130	60	35	3
8	-10	-55	135	65	40	3
9	-5	-50	140	30	45	4
10	0	-45	145	35	50	4
11	5	-40	150	40	55	4
12	10	-35	155	45	60	4
13	15	-30	160	50	65	5
14	20	-25	165	55	30	5
15	25	-20	170	60	35	5
16	30	-15	175	65	40	5
17	35	-10	180	30	45	6
18	40	-5	185	35	50	6
19	45	0	190	40	55	6
20	50	5	195	45	60	6
21	55	10	200	50	65	6
22	60	15	205	55	30	8
23	65	20	210	60	35	8

24	70	25	215	65	40	8
25	75	30	220	30	45	10

6. ВИТЯГУВАННЯ БЕЗ ПОТОНШЕННЯ СТІНОК

Під операцією *витягування* розуміють утворення порожнистої заготовки (виробу) із плоскої (перше витягування) або порожнистої (друге та подальше витягування) вихідної листової заготовки. Вказане перетворення відбувається за рахунок пластичної деформації в основному периферійної частини заготовки.

Операція витягування без потоншення стінок широко застосовується для виготовлення деталей типу тіл обертання (циліндричних, конічних, ступінчастих та інших), типу коробок (прямокутної та квадратної форми у плані) та асиметричних деталей. Найбільш поширеними є деталі циліндричної форми, а також деталі типу квадратних коробок.

В технологічних розрахунках, як правило, вимагається розрахувати діаметр заготовки, кількість операцій, розміри напівфабрикатів за переходами та енергосилові параметри (технологічне зусилля, роботу деформації) [10, с. 171-178].

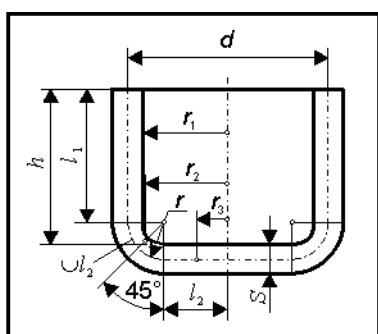


Рис. 6.1. Ескіз деталі до прикладу розрахунку

Приклад. Розрахувати діаметр заготовки, кількість операцій (переходів) та розміри напівфабрикатів за переходами витягування циліндричної деталі (рис. 6.1) без потоншення стінок. Припуск на обрізування передбачено в розмірі деталі за висотою. Нехай $d = 45$ мм, $h = 100$ мм, $S = 1,0$ мм та $r = 15$ мм.

Рішення

Визначаємо діаметр заготовки [10, с. 100]

$$D = \sqrt{8(l_1 r_1 + l_2 r_2 + l_3 r_3)} = 136,9 \text{ мм.}$$

Визначаємо відносну товщину заготовки

$$\frac{S}{D} \cdot 100 = \frac{1,0}{136,9} \cdot 100 = 0,73 \text{ \%}$$

Визначаємо загальний (геометричний) коефіцієнт витягування

$$m = \frac{d}{D} = \frac{45}{136,9} = 0,33 = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_n$$

Оскільки $m < [m_1]$, деталь не може бути отримана за одну технологічну операцію витягування [10, с. 118, табл. 45]. Тому визначаємо кількість операцій витягування [10, с. 120]

$$n = 1 + \frac{\ln d - \ln(m_1 \cdot D)}{\ln m_2} = 1 + \frac{\ln 45 - \ln(0,54 \cdot 136,9)}{\ln 0,75} \approx 2,7.$$

де m_1 та m_2 - коефіцієнти відповідно першого та другого витягування.

Як бачимо, необхідні три операції витягування. Визначаємо розміри напівфабрикатів за переходами штампування:

- діаметрів [10, с. 118]

$$d_1 = m_1 \cdot D = 0,54 \cdot 136,9 = 73,92 \text{ мм};$$

$$d_2 = m_2 \cdot d_1 = 0,75 \cdot 73,92 = 55,44 \text{ мм};$$

$$d_3 = m_3 \cdot d_2 = 0,81 \cdot 55,44 = 45 \text{ мм};$$

- висот [10, с. 124]

$$h_1 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1} - d_1 \right) + 0,43 \frac{r}{d_1} (d_1 + 0,32r) = 52 \text{ мм};$$

$$h_2 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 \cdot m_2} - d_2 \right) + 0,43 \frac{r}{d_2} (d_2 + 0,32r) = 77,7 \text{ мм};$$

$$h_3 = 0,25 \left(\frac{D}{m_1 \cdot m_2 \cdot m_3} - d_3 \right) + 0,43 \frac{r}{d_3} (d_3 + 0,32r) = 100 \text{ мм}.$$

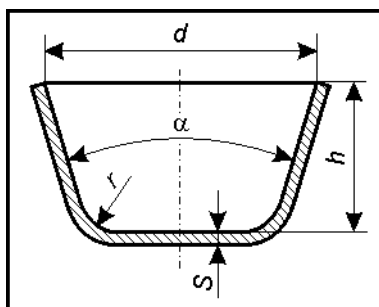


Рис. 6.2. Ескіз деталі до завдання 6.1

Завдання 6.1. Розрахувати розміри вихідної заготовки для витягування конічної деталі (рис. 6.2, табл. 6.1). Припуски на обрізування деталі передбачені та включені у висоту деталі.

Таблиця 6.1

Вихідні дані до завдання 6.1

Варіант	h , мм	d , мм	α , мм	S , мм	r , мм
1	10	50	100	0,5	5
2	20	100	110	0,5	5
3	30	150	115	1,0	10
4	40	200	120	1,0	10
5	40	250	125	1,0	10
6	45	300	130	1,5	15
7	50	350	140	1,5	15
8	55	400	150	1,5	15
9	60	100	50	2,0	20
10	65	120	55	2,0	20
11	70	140	60	2,0	20
12	75	150	65	2,5	25
13	80	170	70	2,5	25
14	85	190	75	2,5	25
15	90	200	80	3,0	30
16	95	220	85	3,0	30
17	100	250	90	3,0	30
18	110	120	20	1,5	15
19	120	130	25	1,5	15
20	130	140	30	1,5	15
21	140	150	35	2,0	20
22	150	160	40	2,0	20
23	160	170	45	2,0	20
24	170	180	50	2,5	25
25	180	190	60	2,5	25

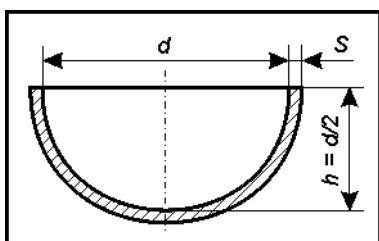


Рис. 6.3. Ескіз деталі до завдання 6.2

Завдання 6.2. Розрахувати діаметр заготовки для витягування напівсферичної деталі (рис. 6.3, табл. 6.2). Припуски на обрізування деталі передбачені та включені у висоту деталі.

Таблиця 6.2

Вихідні дані до завдання 6.2

Варіант	d , мм	S , мм	Варіант	d , мм	S , мм
1	10	1,0	14	140	1,0
2	20	1,0	15	150	1,0
3	30	1,0	16	160	1,0
4	40	1,5	17	170	1,5
5	50	1,5	18	180	1,5
6	60	1,5	19	190	1,5
7	70	1,5	20	200	2,0
8	80	1,0	21	210	2,0
9	90	1,0	22	220	2,0
10	100	1,0	23	230	2,0
11	110	0,5	24	240	2,0
12	120	0,5	25	250	2,0
13	130	0,5	-	-	-

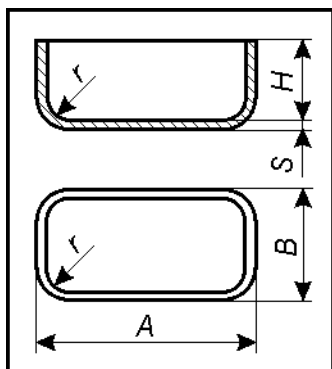


Рис. 6.4. Ескіз деталі до завдання 6.3

Завдання 6.3. Розрахувати розміри вихідної заготовки (L , K , R) [10, с. 151] для витягування прямокутної коробки (рис. 6.4, табл. 6.3). Припуски на обрізування деталі передбачені та включені у висоту деталі.

Таблиця 6.3

Вихідні данні до завдання 6.3

Варіант	A, мм	B, мм	H, мм	r, мм	S, мм
1	40	30	10	3	0,5
2	50	40	12	5	0,5
3	60	50	15	5	0,5
4	70	60	20	5	1,0
5	80	70	20	8	1,0
6	90	80	25	10	1,0
7	100	90	30	10	1,0
8	110	100	30	10	1,5
9	120	110	35	10	1,5
10	140	120	40	10	1,5
11	160	130	40	15	1,5
12	180	140	45	15	1,5
13	200	150	50	20	2,0
14	220	160	50	20	2,0
15	240	180	55	20	2,0
16	250	200	60	25	2,5
17	260	220	65	25	2,5
18	280	240	70	25	2,5
19	300	250	80	30	2,5
20	320	280	90	30	2,5
21	350	300	100	30	3,0
22	400	350	110	40	3,0
23	450	400	120	50	3,0
24	500	450	140	60	4,0
25	600	500	150	70	4,0

7. ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ

Для розрахунку технічно обґрунтованої норми штучного часу та норми виробітку на виготовлення деталі або заготовки необхідно крім загальної інформації про заготовку, деталь, оснащення та обладнання, мати інформацію про організацію робочого місця та прийоми, що застосовуються.

7.1. Приклади організації робочих місць

Нижче на рисунках 7.1 – 7.8 наведено приклади організації робочих місць різного ковальсько-штампувального обладнання.

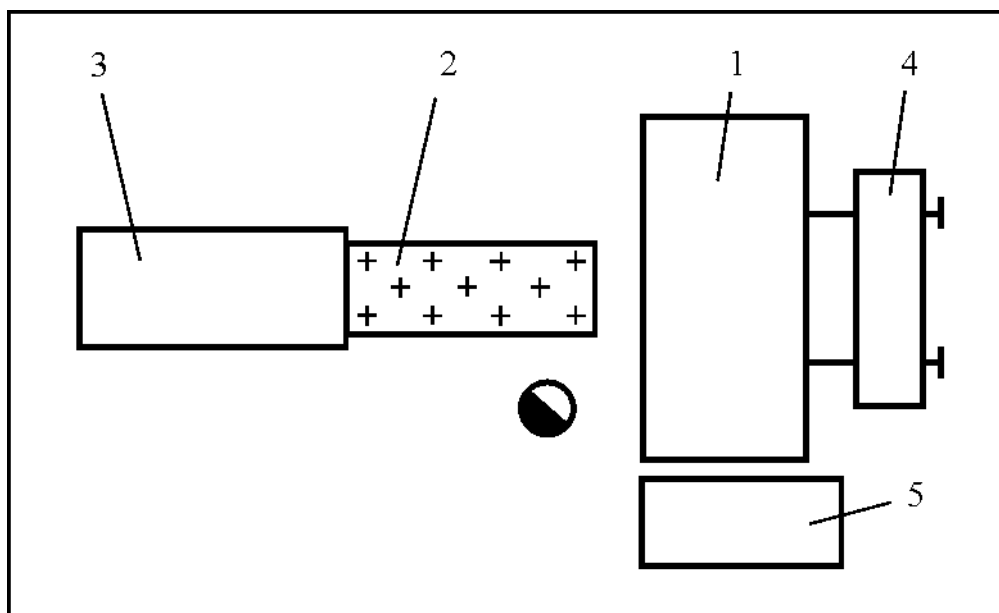


Рис. 7.1. План-схема організації робочого місця різальника тонколистового прокату без застосування засобів механізації та автоматизації: 1 - листові ножиці; 2 - стіл з кульковими опорами; 3 - стелаж з листовим прокатом; 4 - візок з ручним приводом; 5 - бункер для відходів

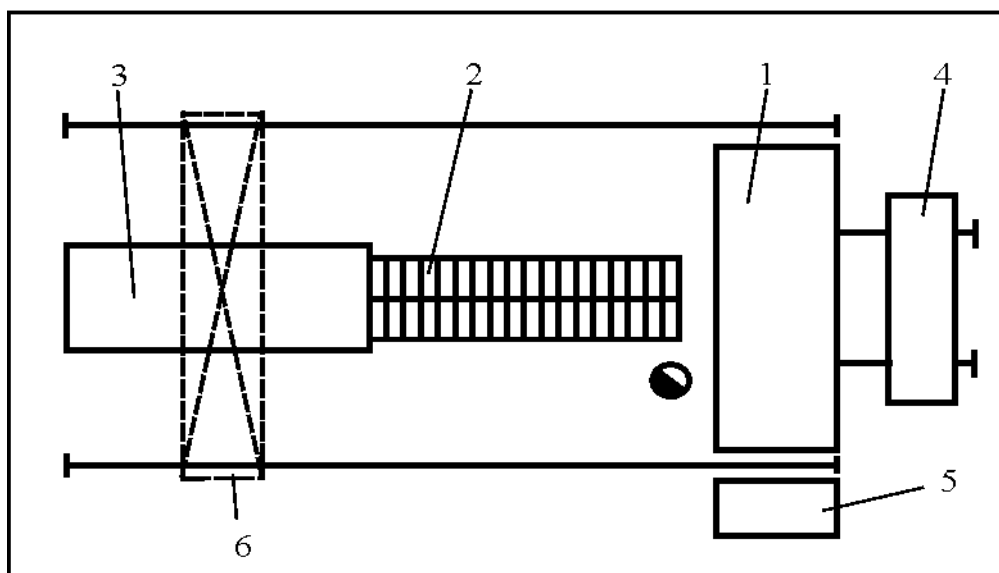


Рис. 7.2. План-схема організації робочого місця різальника товстелистового прокату з застосуванням засобів механізації: 1 - листові ножиці; 2 - механізований (привідний) рольганг; 3 - стіл з листовим прокатом; 4 - візок з електромеханічним приводом; 5 - бункер для відходів; 6 - козловий кран

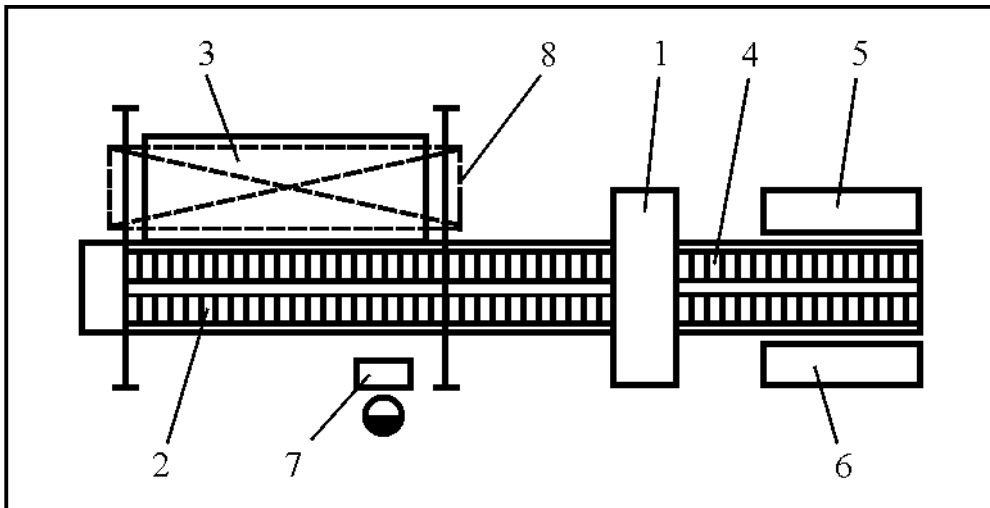


Рис. 7.3. План-схема організації робочого місця різальника листового прокату із застосуванням автоматизованого комплексу на базі листових ножиць: 1 - листові ножиці; 2 - автоматизований рольганг; 3 - стіл з дискретним автоматичним механізмом вертикального под'йому листового прокату; 4 - автоматизований рольганг-укладальник; 5 - тара для штаб; 6 - тара для відходів; 7 - пульта керування; 8 - автоматизований перекладник з вакуумними захоплювачами

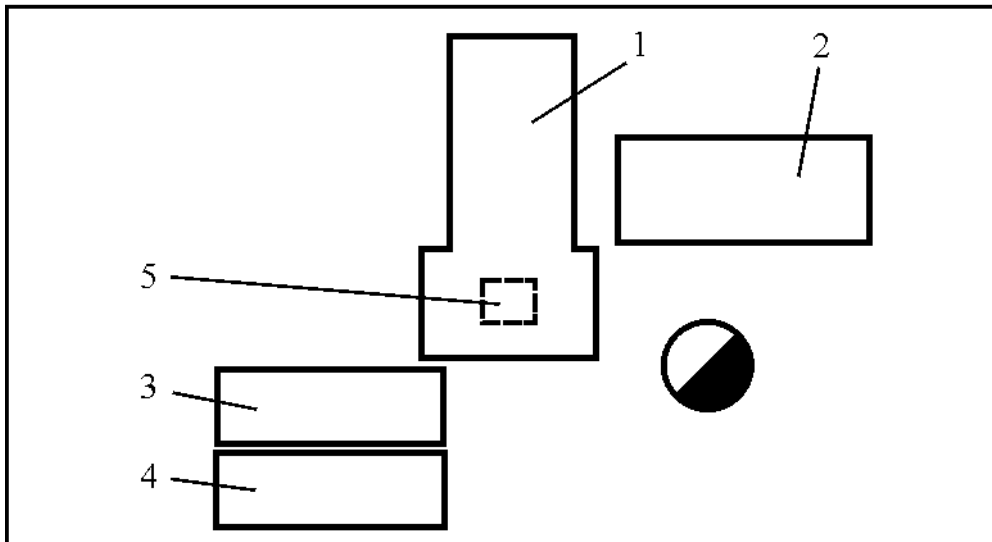


Рис. 7.4. План-схема робочого місця пресувальника, що працює від штаби без застосування засобів механізації і автоматизації: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - стіл зі штабами; 3 - бункер для деталей; 4 - бункер для відходів від штаби; 5 - тара для дрібних відходів

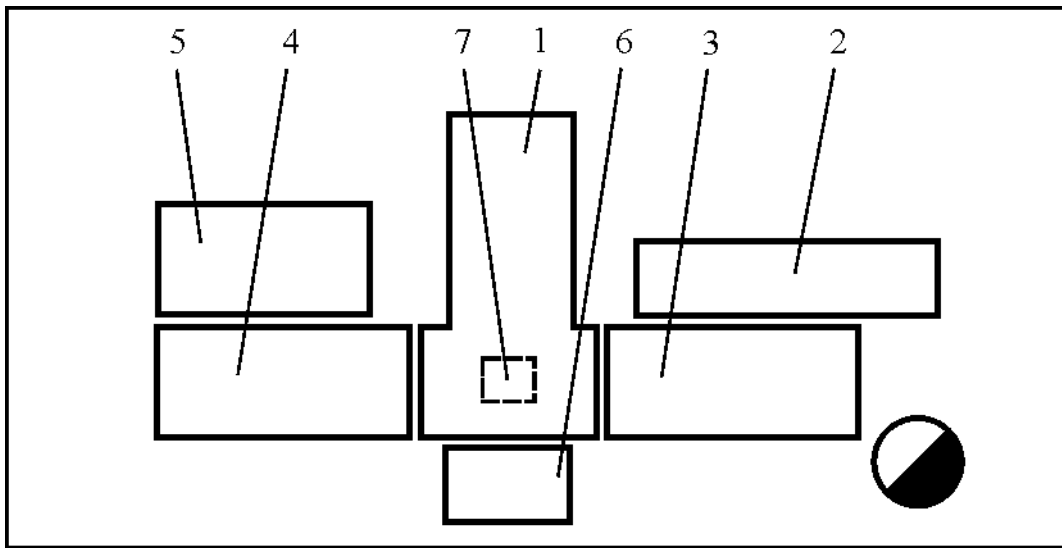


Рис. 7.5. План-схема робочого місця пресувальника, що працює від штаби із застосуванням штабоподавача: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - стіл зі штабами; 3 - штабоподавач (штовхаюча частина); 4 - штабоподавач (тягнуча частина); 5 - бункер для відходів від штаби; 6 - бункер для деталей; 7 - тара для дрібних відходів

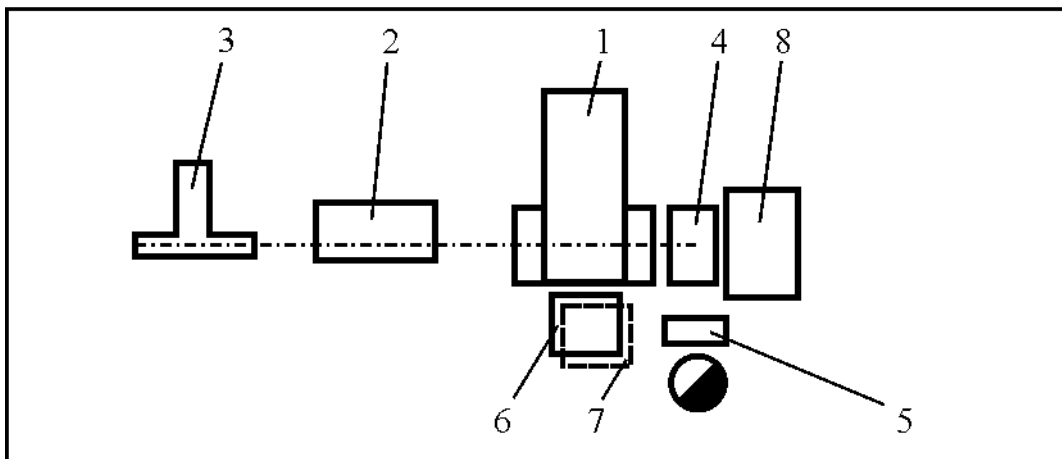


Рис. 7.6. План-схема організації робочого місця оператора, що обслуговує автоматизований комплекс для штампування деталей із стрічки: 1 - кривошипний відкритий прес з автоматичною валковою подачею; 2 - правильно-розмотувальний пристрій; 3 - катушка зі стрічкою; 4 - ножиці для здріблювання відходів від стрічки; 5 - пульт керування; 6 - бункер для деталей; 7 - бункер для відходів (встановлено у приямку преса); 8 - бункер для відходів від стрічки

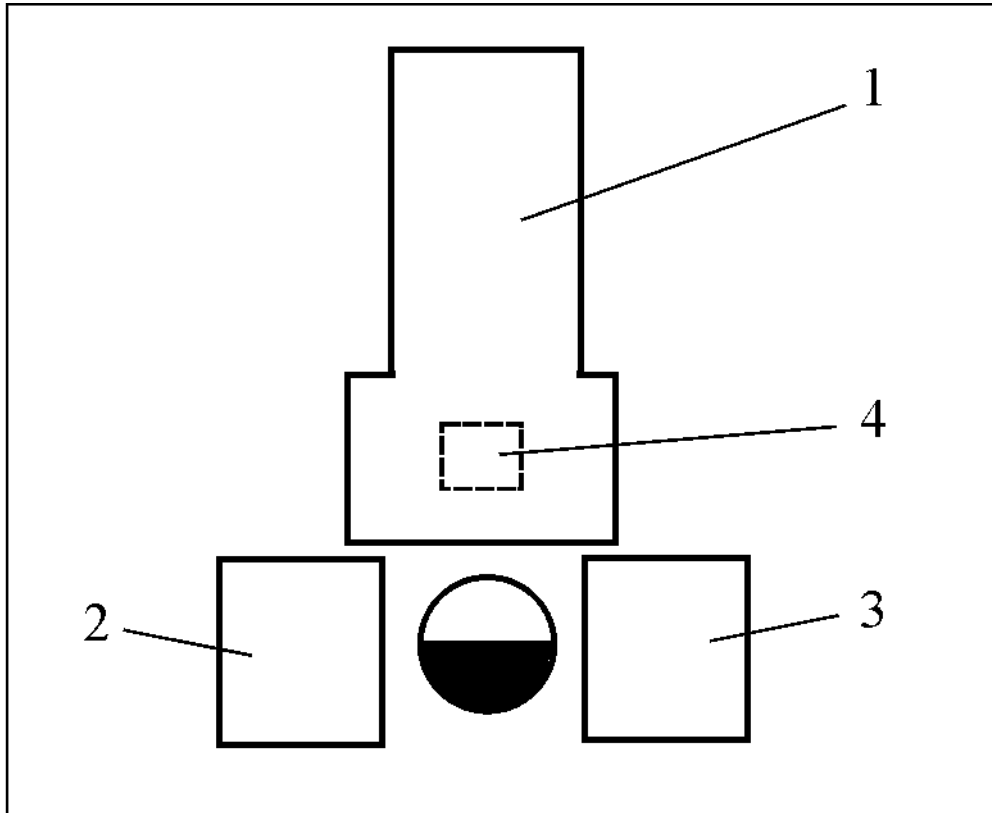


Рис. 7.7. План-схема організації робочого місця пресувальника, що працює від штучної заготовки без застосування засобів механізації та автоматизації: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - стіл з заготовками; 3 - бункер для деталей; 4 - тара для відходів

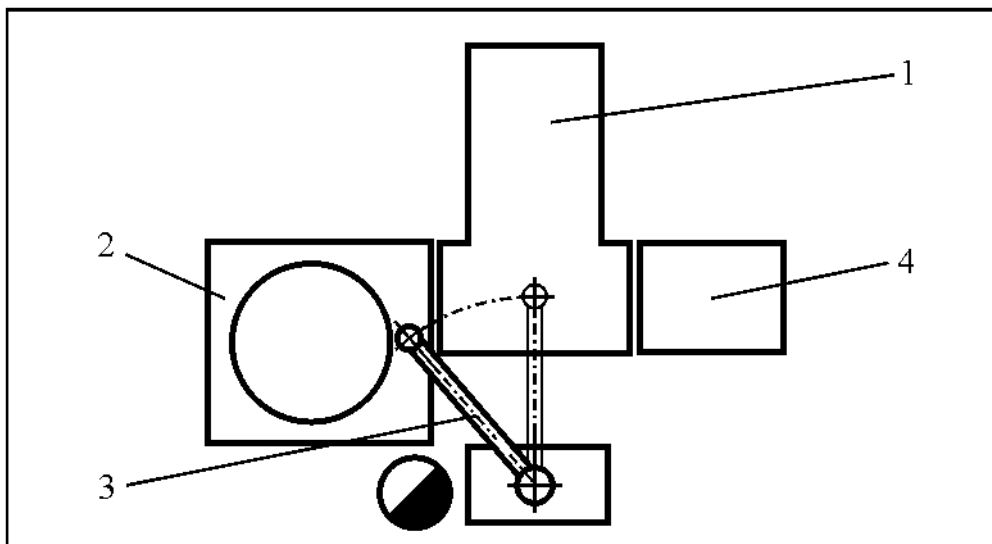


Рис. 7.8. План-схема організації робочого місця оператора, що обслуговує роботизований штампувальний комплекс для роботи від штучної заготовки: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - автоматизований бункерний завантажувально-орієнтовочний пристрій; 3 - маніпулятор; 4 - бункер для деталей

7.2. Розрахунок показників нормування

Розрахунок норми штучного часу виконують на одиницю отриманої продукції (заготовки, штаби, штучної деталі) [13, с. 116-132; 14].

В залежності від застосованих оператором прийомів (переходів) методично розрізняють розрахунки норм штучного часу на різання листового прокату, на штампування деталі із штаби та на штампування деталі із штучної заготовки.

Приклад 1. Розрахувати норму штучного часу та норми виробітку на різання листового прокату на штаби на листових ножицях (див. рис. 7.1). Вихідні данні: операція – поперечне різання листа на штаби; габаритні розміри листа – $1,0 \times 1000 \times 2000$ мм; площа листа – 2 м^2 ; габаритні розміри штаби, що відрізається – $1,0 \times 155 \times 1000$ мм; габаритні розміри відходу – $1,0 \times 70 \times 1000$ мм; його площа – $0,07 \text{ м}^2$; матеріал листа – сталь 08; крок просування листа – 155 мм; кількість штаб від листа – 6 шт.; спосіб подавання та встановлення листа до упору – руками; спосіб вилучення відходів – руками; обладнання – листові ножиці; число ходів в хвилину – 65; муфта вмикання – з одним кулачком; спосіб вмикання ножиць – ножною педаллю; положення різальника – стоячи.

Данні щодо розрахунку норми штучного часу зведені до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Розрахунок норми штучного часу на різання листового прокату

Перехід	Номер таблиці або сторінка із літератури	Час на 1 лист, хв.		
		Основне T_o	Допоміжне	
			перекрите T'_e	не перекрите T''_e
Взяти лист із стопи, покласти на стіл ножиць, встановити за заднім упором	[13, с. 127]	-	-	$\frac{6,31 \cdot 0,91}{100} = 0,0568$
Увімкнути ножиці (6 разів)	[13, табл. 3.25]	-	-	$0,015 \cdot 6 = 0,09$
Відрізати штабу (6 разів)	[13, табл. 3.24]	$0,023 \cdot 6 = 0,138$	-	-
Просунути лист до упору (5 разів)	[13, табл. 3.36]	-	$\frac{1,3 \cdot 5}{100} = 0,065$	-
Відкинути відхід зі столу ножиць у тару	[13, табл. 3.38]	-	-	$\frac{1,25}{100} = 0,0125$
Разом:		0,138	0,065	0,1693

Визначаємо:

- норму штучного часу на один лист

$$T_{ш} = (T_o + T''_e) \cdot \left(1 + \frac{a_{обс} + a_e}{100}\right),$$

де $a_{обс}$ - час на організаційно-технічне обслуговування. $a_{обс} = 13\%$ [13, с. 130];

$a_г$ - час на відпочинок та особисті потреби. $a_г = 4\%$ [13, табл. 3.39].

Тоді

$$T_{ш} = (0,138 + 0,1693) \cdot \left(1 + \frac{13 + 4}{100}\right) = 0,3595 \text{ хв. на один лист;}$$

- норму штучного часу на одну штабу

$$T_{ш(ш)} = \frac{T_{ш}}{n} = \frac{0,3595}{6} = 0,0599 \text{ хв. на одну штабу,}$$

де n – кількість штаб із листа;

- норму штучно-калькуляційного часу [14, с. 8], хв.

$$T_{ш.к.} = T_{ш(ш)} + \frac{T_{нз}}{n_n},$$

де $T_{нз}$ - підготовчо-заклучний час на партію штаб, хв. $T_{нз} = 3$ хв. [13, с. 130; 14, с. 11];

n_n – кількість штаб в партії. $n_n = 600$ шт., виходячи з того, що після розрізування 100 листів, а це 600 штаб, різальник повинен викотити із під ножиць завантажений візок, зв'язати штаби та за допомогою цехового мостового крану вивільнити візок для різання нової партії.

Тоді

$$T_{ш.к.} = 0,0599 + \frac{3}{600} = 0,0649 \text{ хв. на одну штабу;}$$

- норму виробітку

$$N_г = \frac{T_{зм}}{T_{ш.к.}} = \frac{480}{0,0649} = 7395 \text{ штаб у зміну,}$$

де $T_{зм}$ - тривалість зміни, хв. $T_{зм} = 480$ хв.

Приклад 2. Розрахувати норму штучного часу на штампування деталі із штаби [див. 13, с. 125].

Приклад 3. Розрахувати норму штучного часу на штампування деталі із штучної заготовки [див. 13, с. 124].

Завдання 7.1. Виконати план-схему організації робочого місця різальника, розрахувати норму штучного часу та норму виробітку на різання сталевого листового прокату на штаби на листових ножицях (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Вихідні дані до завдання 7.1

Варіант	Розміри листа, мм			Ширина штаби, мм	Вид розкрою	Ножиці	
	товщина	довжина	ширина			Число ходів в хв.	Муфта
1	0,4	1200	500	40	Поздовжній	90	Двух. кул.
2	0,45	710	510	42	Поздовжній	85	Двух. кул.
3	0,5	1200	600	46	Поздовжній	80	Двух. кул.
4	0,55	1400	650	48	Поздовжній	70	Двух. кул.
5	0,6	1420	670	50	Поздовжній	65	Двух. кул.
6	0,63	1200	500	52	Поздовжній	60	Двух. кул.
7	0,65	710	510	54	Поздовжній	55	Двух. кул.
8	0,7	2000	600	56	Поздовжній	60	Двух. кул.
9	0,75	2000	650	58	Поздовжній	48	Двух. кул.
10	0,8	1420	600	60	Поздовжній	45	Двух. кул.
11	0,8	1420	600	62	Поздовжній	43	Двух. кул.
12	1,0	2500	1000	64	Поперечний	40	Фрикц.
13	1,2	1420	600	66	Поперечний	37	Фрикц.
14	1,3	1600	800	68	Поперечний	35	Фрикц.
15	1,4	1800	850	70	Поперечний	33	Фрикц.
16	1,5	1420	670	75	Поперечний	30	Фрикц.
17	1,6	1420	700	80	Поперечний	27	Фрикц.
18	1,8	2000	1100	85	Поперечний	25	Фрикц.
19	2,0	2000	850	90	Поперечний	24	Фрикц.
20	2,2	1800	900	95	Поперечний	23	Фрикц.
21	2,5	2000	950	100	Поперечний	22	Фрикц.
22	2,8	1600	800	105	Поперечний	21	Фрикц.
23	3,0	2000	1000	110	Поперечний	20	Фрикц.
24	3,2	6000	1000	115	Поперечний	19	Фрикц.
25	3,5	1600	800	120	Поперечний	18	Фрикц.

Завдання 7.2. Виконати план-схему організації робочого місця пресувальника, розрахувати норму штучного часу та норму виробітку на вирубання круглої плоскої сталеві заготовки із штаби (розміри штаби див. завдання 7.1, табл. 7.2) в штампі простої дії (конструкція штампа – з упором). Вихідні данні для розрахунку наведено в таблиці 7.3.

Завдання 7.3. Виконати план-схему організації робочого місця, розрахувати норму штучного часу та норму виробітку на пробивання деталі із штучної заготовки в штампі простої дії. Розміри заготовки та характеристика преса наведено в завданні 7.2, табл. 7.3. Спосіб встановлення заготовки в штампі – вільно, за зовнішнім упором. Спосіб вмикання – двома кнопками.

Таблиця 7.3

Вихідні данні до завдання 7.2

Варіант	Діаметр заготовки, мм	Прес		Положення пресувальника
		Число ходів в хв.	Муфта	
1	38	140	Одноулачкова	Сидячи
2	40	130	Одноулачкова	Сидячи
3	44	120	Одноулачкова	Сидячи
4	46	115	Одноулачкова	Сидячи
5	48	110	Одноулачкова	Сидячи
6	49	100	Одноулачкова	Сидячи
7	51	95	Одноулачкова	Сидячи
8	53	90	Одноулачкова	Сидячи
9	55	85	Одноулачкова	Сидячи
10	57	80	Фрикційна	Стоячи
11	59	70	Фрикційна	Стоячи
12	61	65	Фрикційна	Стоячи
13	63	60	Фрикційна	Стоячи
14	64	55	Фрикційна	Стоячи
15	66	50	Фрикційна	Стоячи
16	71	48	Фрикційна	Стоячи
17	76	46	Фрикційна	Стоячи
18	81	43	Фрикційна	Стоячи
19	86	40	Фрикційна	Стоячи
20	91	37	Фрикційна	Стоячи
21	96	35	Фрикційна	Стоячи
22	101	33	Фрикційна	Стоячи
23	106	30	Фрикційна	Стоячи
24	111	27	Фрикційна	Стоячи
25	116	25	Фрикційна	Стоячи

ДОДАТОК

Д1. Інструкція до програми повного розрахунку пуансона

1. Підготовка вихідних даних для розрахунку: геометричних параметрів пуансона (див. рис. 2.7) R, a, b, h, S, D , мм; технологічного зусилля пробивання P_3 , Н; допустимого напруження на стиснення пуансона, який виготовлено із інструментальних сталей У8А, У10А та інших $[\sigma_{cm}] = 1600$ МПа; допустимого напруження на стиснення пуансона, який виготовлено із високолегованих сталей Х12М, 9ХС та інших $[\sigma_{cm}] = 1900$ МПа.

2. Переведення мікрокалькулятора в режим програмування шляхом натиснення клавіш «В/О», «F» та «ПРГ».

3. Введення програми у програмну пам'ять з одночасною перевіркою правильності введення за допомогою кодів команд.

4. Переведення мікрокалькулятора в режим автоматичної роботи шляхом натиснення клавіш «F» та «АВТ».

5. Запис вихідних даних у реєстрову пам'ять машини у відповідності з розподілом комірок пам'яті: $R \rightarrow П1$; $a \rightarrow П2$; $b \rightarrow П3$; $h \rightarrow П4$; $S \rightarrow П5$; $P_3 \rightarrow П6$; $[\sigma_{cm}] = 1600$ МПа $\rightarrow П7$; $[\sigma_{cm}] = 1900$ МПа $\rightarrow П8$; $D \rightarrow П9$.

6. Пуск мікрокалькулятора на розрахунок шляхом натиснення клавіш «В/О» та «С/П».

7. Після першої зупинки мікрокалькулятора на табло індикатора показано розрахункове значення $\mu \cdot h / i_{min}$. За даним значенням слід вибрати із [7, с. 32, табл. 6.1] значення коефіцієнта ϕ та ввести його у комірку пам'яті 0. Дані розрахунку записати в таблицю Д1.

Таблиця Д1

Результати розрахунку після першої зупинки ПМК

Величина на індикаторі	$\mu \cdot h / i_{min}$
Розрахункове значення	
Записати в пам'ять	П0
Вибраний коефіцієнт	ϕ
Значення коефіцієнта	

8. Пуск мікрокалькулятора на подальший розрахунок шляхом натиснення клавіші «С/П».

9. Після другої зупинки на табло індикатора представлена різниця між розрахунковим значенням напруження зминання σ_3 , що виникає у плиті штампа під головкою пуансона, та допустимим значенням напруження зминання $[\sigma_3]$. Якщо на табло величини позитивна, то $\sigma_3 >$

$[\sigma_3]$, а між пуансоном та плитою слід встановити загартовану підкладну плитку. Якщо на табло величина негативна або дорівнює нулю, то $\sigma_3 \leq [\sigma_3]$, а підкладна плитка не застосовується.

10. Після закінчення розрахунку: в комірці пам'яті А розташовано розрахункове значення площі контакту робочого торця пуансона F_k з матеріалом, що штампується; в комірці пам'яті В – величина $(a - 2R)$, що дозволяє уточнити форму поперечного перерізу пуансона; в комірці пам'яті С – значення допустимого напруження стиснення $[\sigma_{cm}]$, яке характеризує марку сталі, із якої виготовлено пуансон; в комірці пам'яті Д – допустиме навантаження на стиснення та усталеність робочої частини пуансона $P_{дон}$. Данні розрахунку треба записати до таблиці Д2.

Таблиця Д2

Результати розрахунку після другої зупинки ПМК

Величина на індикаторі	$\sigma_3 - [\sigma_3]$, МПа			
Розрахункове значення				
Витягги із пам'яті ПМК	ИПА	ИПВ	ИПС	ИПД
Параметр, що визначається	F_k , мм	$(a - 2R)$, мм	$[\sigma_{cm}]$, МПа	$P_{дон}$, Н
Розрахункове значення				

Д2. Інструкція до програми розрахунку геометричних параметрів матриць для розділових операцій холодного листового штампування

1. Підготовка вихідних даних для розрахунку: периметра робочого контуру матриці L , мм; коефіцієнта K_m [8, с. 76]; напруження зрізу матеріалу, що штампується σ_3 , МПа [8, с. 473-482]; індексу Δ , що враховує матеріал матриці ($\Delta = 0$ для сталей У8А, У10А, 7Х3, 9ХС, 9ХВГ; $\Delta = 1$ для сталей Х12М та Х12Ф1); діаметра отвору під гвинт d_o , мм ($d_o = d_2 + 1$, де d_2 – діаметр гвинта, мм [8, с. 77]); товщину матеріалу, що штампується S , мм.

2. Переведення мікрокалькулятора в режим програмування шляхом натиснення клавіш «В/О», «F» та «ПРГ».

3. Введення програми у програмну пам'ять з одночасною перевіркою правильності введення за допомогою кодів команд.

4. Переведення мікрокалькулятора в режим автоматичної роботи шляхом натиснення клавіш «F» та «АВТ».

5. Запис вихідних даних у реєстру пам'ять машини у відповідності з розподілом комірок пам'яті: $L \rightarrow П1$; $K_m \rightarrow П2$; $\sigma_3 \rightarrow П3$; $\Delta \rightarrow П4$; $d_o \rightarrow$

П5; $S \rightarrow$ П6; $0,6 \rightarrow$ П7; $0,8 \rightarrow$ П8; $1,2 \rightarrow$ П9; $1,4 \rightarrow$ ПА; $1,5 \rightarrow$ ПВ; $2,5 \rightarrow$ ПС; $8,5 \rightarrow$ ПД.

6. Пуск мікрокалькулятора на розрахунок шляхом натиснення клавіш «В/О» та «С/П».

7. Після першої зупинки мікрокалькулятора на табло індикатора показано розрахункове значення товщини матриці H_m , яке потрібно округлити до найближчого більшого числа із наступного ряду чисел: 8, 10, 12, 16, 20, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 71, 80, а результат ввести у комірку пам'яті П0. Данні розрахунку записати у таблицю Д3.

Таблиця Д3

Результати розрахунку після першої зупинки ПМК

Величина на індикаторі	H_m (не округлена)
Розрахункове значення	
Округлене значення	$H_m = \dots$
Записати результат в комірку пам'яті ПМК	П0

8. Пуск мікрокалькулятора на подальший розрахунок шляхом натиснення клавіші «С/П».

9. Після другої зупинки розрахункова інформація про інші геометричні параметри матриці розподілена у пам'яті мікрокалькулятора наступним чином: $l_1 \rightarrow$ П1; $l_2 \rightarrow$ П2; $l_3 \rightarrow$ П3; $l_4 \rightarrow$ П4; $l_5 \rightarrow$ П5; $l_6 \rightarrow$ П6. Дані розрахунку записати в таблицю Д4.

Таблиця Д4

Результати розрахунку після другої зупинки ПМК

Витягнути із пам'яті ПМК	П1	П2	П3	П4	П5	П6
Параметр, що визначається, мм	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6
Розрахункове значення						

Д3. Інструкція до програми розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату

1. Підготовка вихідних даних для розрахунку: довжини L та ширини A листа, мм, що вибираються по довіднику [9, с. 104, 105]; товщини листа S , мм; величини між контурної перемички a , мм [11, с. 290, 291]; ширини деталі (менший розмір) C , мм; ширини штаби B , мм, що визначається за формулою (3.1) або (3.2); площі поверхні деталі F , мм; густини матеріалу листа ρ , кг/мм³ (для сталі $\rho = 0,0078$ кг/мм³). При цьому прийняті буквені позначення повинні відповідати позначенням, що наведено в таблиці 3.1.

2. Переведення мікрокалькулятора в режим програмування шляхом натиснення клавіш «В/О», «F» та «ПРГ».

3. Введення програми у програмну пам'ять з одночасною перевіркою правильності введення за допомогою кодів команд.

4. Переведення мікрокалькулятора в режим автоматичної роботи шляхом натиснення клавіш «F» та «АВТ».

5. Запис вихідних даних у реєстрову пам'ять машини у відповідності з розподілом комірок пам'яті: $L \rightarrow \text{П0}$; $A \rightarrow \text{П1}$; $S \rightarrow \text{П2}$; $a \rightarrow \text{П3}$; $C \rightarrow \text{П4}$; $B \rightarrow \text{П5}$; $F \rightarrow \text{П6}$; $100 \rightarrow \text{П7}$; $\rho \rightarrow \text{П8}$.

6. Пуск мікрокалькулятора на розрахунок шляхом натиснення клавіш «В/О» та «С/П».

7. Після першої зупинки мікрокалькулятора на табло індикатора представлено різницю між коефіцієнтами використання матеріалу, що розраховані для поздовжнього (η_1) та поперечного (η_2) видів розкрою листа. Якщо на табло величина позитивна або нуль, то слід віддати перевагу поздовжньому виду розкрою, а якщо негативна – поперечному.

8. Пуск мікрокалькулятора на подальший розрахунок шляхом натиснення клавіші «С/П».

9. Після другої зупинки розрахункова інформація про параметри розкрою листового прокату розподілена в пам'яті мікрокалькулятора наступним чином:

- для поздовжнього виду розкрою листа: $n_1 \rightarrow \text{П3}$; $m_1 \rightarrow \text{П9}$; $\rho_1 \rightarrow \text{ПА}$; $H_1 \rightarrow \text{ПС}$;

- для поперечного виду розкрою листа: $n_2 \rightarrow \text{П4}$; $m_2 \rightarrow \text{П5}$; $\rho_2 \rightarrow \text{ПВ}$; $H_2 \rightarrow \text{ПД}$.

Данні розрахунку записати, відповідно, в таблиці Д5 або Д6.

Таблиця Д5

**Результати розрахунку після другої зупинки ПМК
(поздовжній розкрій)**

Витягнути із пам'яті ПМК	П3	П9	ПА	ПС
Параметри, що визначаються	n_1 , шт.	m_1 , шт.	η_1 , %	H_1 , г
Розрахункове значення				

Таблиця Д6

**Результати розрахунку після другої зупинки ПМК
(поперечний розкрій)**

Витягнути із пам'яті ПМК	П4	П5	П8	ПД
Параметри, що визначаються	n_2 , шт.	m_2 , шт.	η_2 , %	H_2 , г
Розрахункове значення				

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 13 110-83 – ГОСТ 13 113-83, ГОСТ 13 114-75 – ГОСТ 13 116-75, ГОСТ 13 118-83, ГОСТ 13 120-83, ГОСТ 13 121-83, ГОСТ 13 124-83 – ГОСТ 13 126-83, ГОСТ 13 130-83, ГОСТ 14 677-83, ГОСТ 21 173-83. Штампы для листовой штамповки. Блоки с направляющими скольжения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 203 с.
2. ГОСТ 21882-83 – ГОСТ 21 885-83. Штампы для листовой штамповки. Блоки с промежуточной плитой и направляющими скольжения. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 52 с.
3. ГОСТ 13 119-81, ГОСТ 18 812-81, ГОСТ 18 813-81, ГОСТ 24 558-81 – ГОСТ 24 562-81. Штампы для листовой штамповки. Детали направляющих узлов. Конструкции и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 64 с.
4. ГОСТ 16 715-71 – ГОСТ 16 722-71. Хвостовики для штампов листовой штамповки. Конструкция и размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 39 с.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. – В 3-х т. Т. 1. – 5-е изд., пере раб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 780 с.
6. ГОСТ 16 621-80 – ГОСТ 16 623-80, ГОСТ 16 625-80, ГОСТ 16 626-80, ГОСТ 16 629-80, ГОСТ 16 631-80 – ГОСТ 16 635-80, ГОСТ 16 637-80 – ГОСТ 16 648-80, ГОСТ 16 650-80, ГОСТ 16 662-80, ГОСТ 16 654-80 – ГОСТ 16 658-80, ГОСТ 16 663-80 – ГОСТ 16 675-80, ГОСТ 24 023-80. Пуансоны, матрицы, подкладные плитки и шпонки штампов для разделительных операций. Конструкция и размеры. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 463 с.
7. Методические указания по курсу «Проектирование инструмента, изготовление штампов и кузнечно-прессового оборудования» для студентов специальности 0503 «Машины и технология обработки металлов давлением». Часть 1. Проектирование разделительных штампов / Сост. В. М. Боков. – Кировоград: КИСХМ, 1988. – 52 с.
8. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка / Под общ. Ред. Л. И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
9. Ковка и штамповка: Справочник. – В 4-х т. / Ред. совет: Е. И. Семёнов (пред) и др. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / Под Ред. Е. И. Семёнова. – 1985. – 568 с.
10. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
11. Ковка и штамповка: Справочник: - В 4-х т. Т. 4. Листовая штамповка / Под ред. А. Д. Матвеева; Ред. совет: Е. И. Семёнов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1985-1987. – 544 с.
12. Яблонский А. А., Никифоров В. М. Курс теоретической механики. – М.: Высш. шк., 1984. – 135 с.

13. Справочник нормировщика / А. В. Ахумов, Б. М. Генкин, Н. Ю. Иванов и др.; Под общ. ред. А. В. Ахумова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 458 с.

14. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку. Изд. второе допол. и пере раб. – М.: Машиностроение, 1964. – 123 с.

15. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Штмп як об'єкт проектування. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ «Імекс-ЛТД», 2005. – 216 с.

16. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. Конструкции и расчёты – М.: Машиностроение, 1972. – 360 с.

ЗМІСТ

1. НОРМАЛІЗОВАНІ ВУЗЛИ ТА ДЕТАЛІ ШТАМПІВ	3
1.1. Блоки	4
1.2. Напрямні вузли	5
1.3. Хвостовики	5
1.4. Вантажні гвинти	6
1.5. Пуансони	7
1.6. Матриці	8
1.7. Інші нормалізовані деталі штампа	9
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ШТАМПА	11
2.1. Розрахунок координат центра тиску штампа	11
2.2. Розрахунок пуансонів на міцність	14
2.3. Розрахунок виконавчих розмірів розділового інструмента	20
2.4. Розрахунок геометричних параметрів матриць для розділових операцій	24
3. РОЗКРІЙ МАТЕРІАЛУ	25
3.1. Розкрій листового прокату	27
3.2. Розкрій безперервного прокату	31
3.3. Розкрій сортового прокату	33
4. ВИРУБУВАННЯ ТА ПРОБИВАННЯ	36
5. ГНУТТЯ	37
6. ВИТЯГУВАННЯ БЕЗ ПОТОНШЕННЯ СТІНОК	40
7. ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ	43
7.1. Приклади організації робочих місць	44
7.2. Розрахунок показників нормування	48
ДОДАТОК	52
Д1. Інструкція до програми повного розрахунку пуансона	52
Д2. Інструкція до програми розрахунку геометричних параметрів матриць для розділових операцій холодного листового штампування	53
Д3. Інструкція до програми розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату	54
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	56

Навчальне видання

ТЕХНОЛОГІЯ ЛИСТОВОГО ШТАМПУВАННЯ

Методичні рекомендації

до практичних занять для студентів
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Укладач: Боков Віктор Михайлович