

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

ТЕХНОЛОГІЯ ХОЛОДНОГО ШТАМПУВАННЯ

Методичні рекомендації до практичних занять для здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної
програми «Прикладна механіка» 131 «Прикладна механіка»

Кропивницький
ЦНТУ
2020

Технологія холодного штампування : методичні рекомендації до практичних занять для здобувачів першого бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Прикладна механіка» спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / [уклад. : В. Боков, О. Сіса, В. Мірзак] ; М-во освіти і науки України, Центральнoукраїн. нац. техн. ун-т, каф. обробки металів тиском та спецтехнологій. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – 58 с.

Затверджено на засіданні кафедри
обробки металів тиском та спецтехнологій.
Протокол № 6 від 23.12.2020

Укладачі: Віктор Боков, канд. техн. наук, доцент, професор
кафедри обробки металів тиском та спецтехнологій;
Олег Сіса, канд. техн. наук; доцент кафедри обробки
металів тиском та спецтехнологій;
Володимир Мірзак, канд. техн. наук, старший
викладач кафедри обробки металів тиском та
спецтехнологій.

Рецензент: В. Носуленко, доктор техн. наук., професор, професор
кафедри обробки металів тиском та спецтехнологій

Методичні рекомендації до практичних занять здобувачів освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» розроблені у відповідності до освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів та робочої програми дисципліни «Технологія холодного штампування» для усіх форм навчання.

Здобувачі освіти денної і заочної форм навчання (дисципліна читається на 3 курсі у 6 семестрі та на 4 курсі у 7 семестрі), у відповідності до даних методичних рекомендацій, самостійно виконують практичні завдання за даною дисципліною.

Зміст практичних завдань та засоби контролю, у відповідності до структури викладання дисципліни «Технологія холодного штампування», наведено на сайті дистанційної освіти ЦНТУ

<http://moodle.kntu.kr.ua/login/index.php>

© Технологія холодного штампування
/Укладачі: В. Мірзак, В. Боков,
О. Сіса, 2020

© ЦНТУ, м. Кропивницький

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 спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Дані навички потрібні здобувачу освіти при виконанні курсового та дипломного проектів та у подальшій виробничій діяльності після закінчення університету.

В теперішніх методичних рекомендаціях 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.

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 плитки, 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):

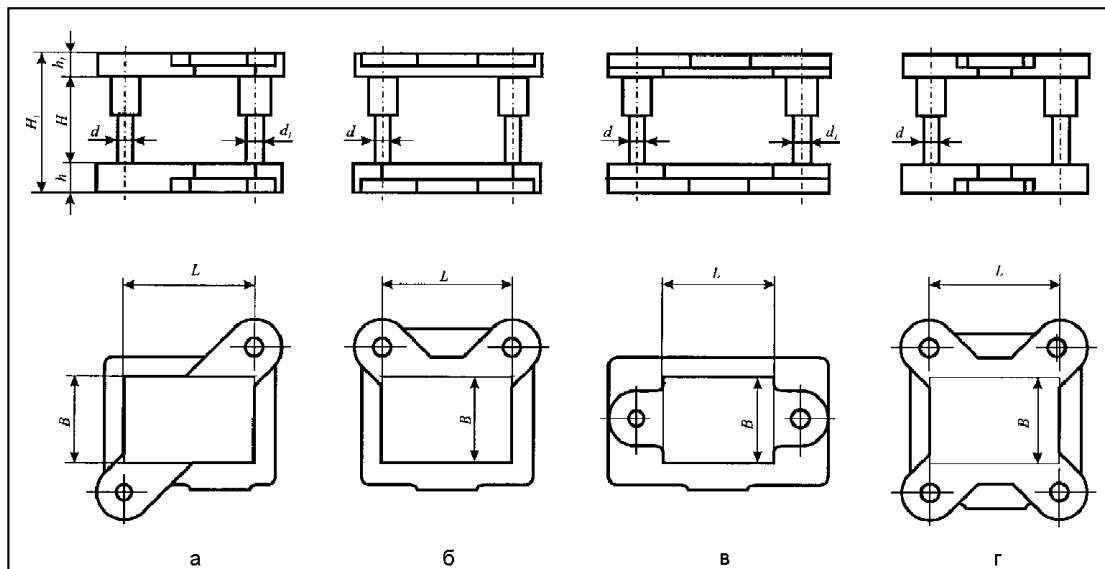


Рис. 1.1. Види стандартних блоків штампів

- 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

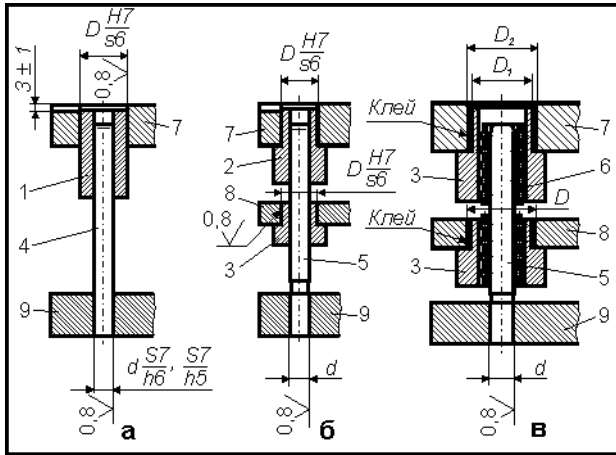


Рис. 1.2. Способи закріплення деталей напрямних вузлів у плитах штампа

а, б) та кочення (рис. 1.2, в). Напрямні вузли ковзання 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 ковзання (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.

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

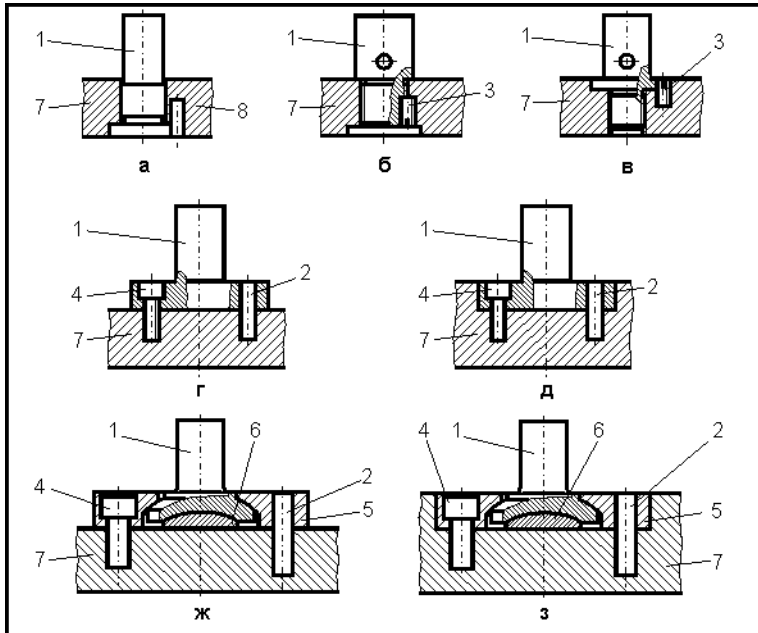


Рис. 1.3. Види хвостовиків: 1 - хвостовик; 2 - штифт по ГОСТ 3128-70; 3 - винт по ГОСТ 1477-75; 4 - гвинт по ГОСТ 11 738-72; 5 - фланець; 6 - підп'ятник; 7 - плита верхня

(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.

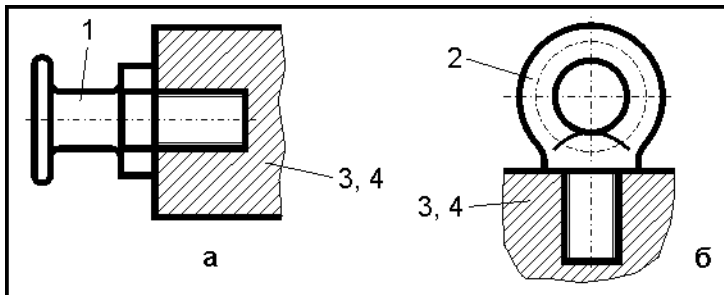


Рис. 1.4. Грузові гвинти: 1 - гвинт-цапфа по ГОСТ 8922-69 [5, с. 657]; 2 - рим-болт по ГОСТ 4751-73 [5, с. 655-657]; 3 - верхня плита; 4 - нижня плита

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

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];

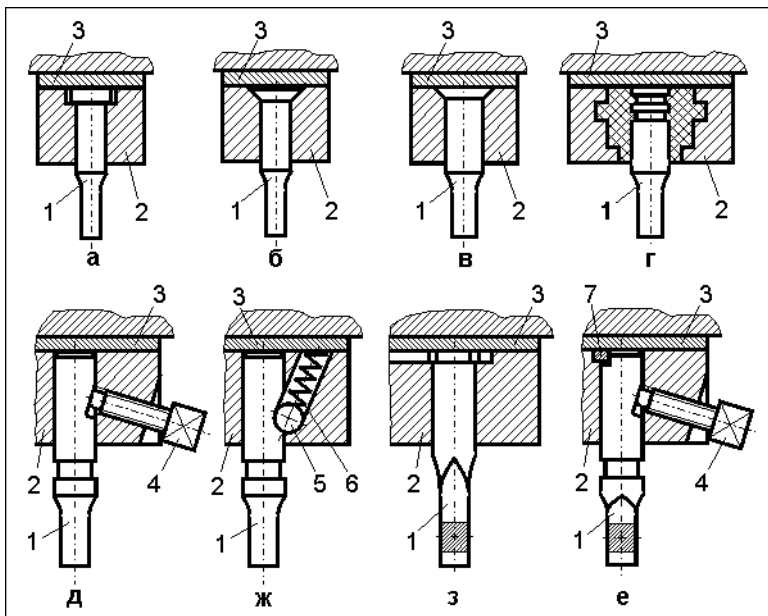


Рис. 1.5. Способи закріплення нормалізованих пуансонів: 1 - пуансон; 2 - пуансонотримач; 3 - підкладна плітка; 4 - гвинт; 5 - кулька; 6 - пружина; 7 - шпонка

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];

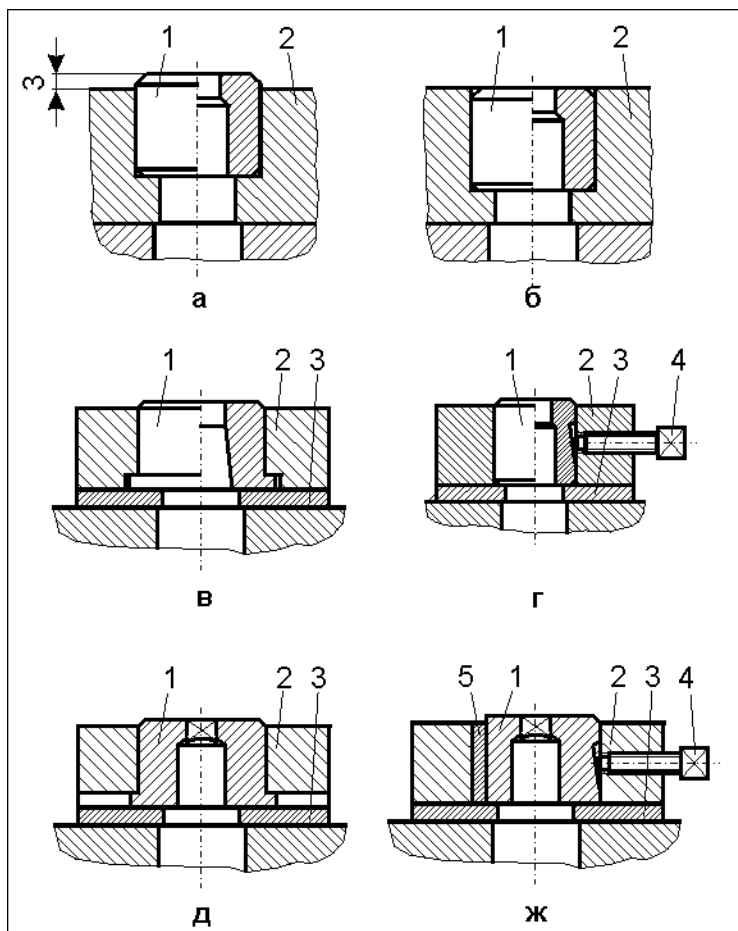


Рис. 1.6. Способи закріплення нормалізованих матриць: 1 - матриця; 2 - матрицетримач; 3 - підкладна плітка; 4 - гвинт; 5 - шпонка

- 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 різноманітного 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:

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

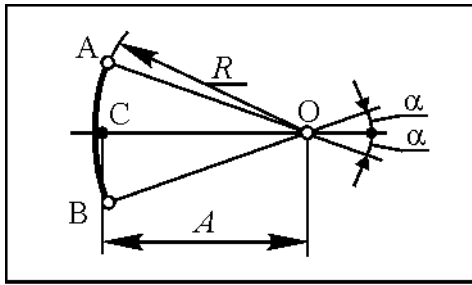
$$y_0 = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + \dots + l_n y_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}, \quad (2.2)$$

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]:

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

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

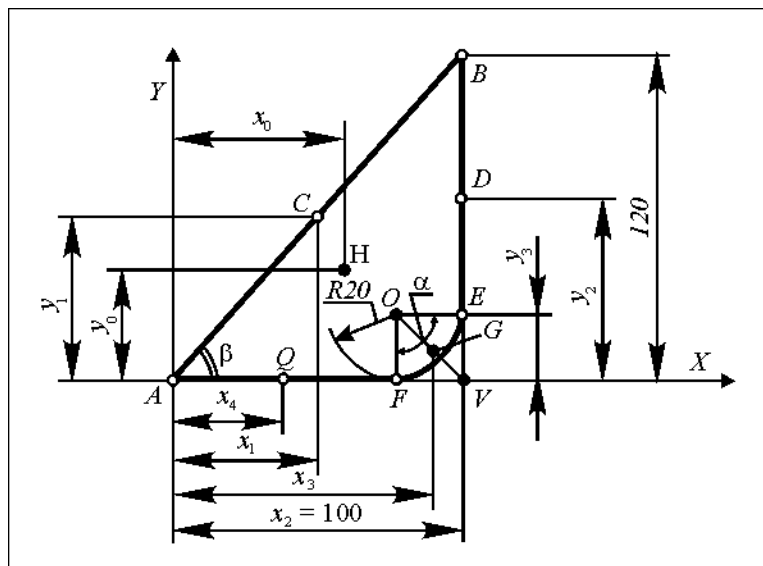


Рис. 2.2. До визначення координат центра тиску штампа для вирубування

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 и 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).

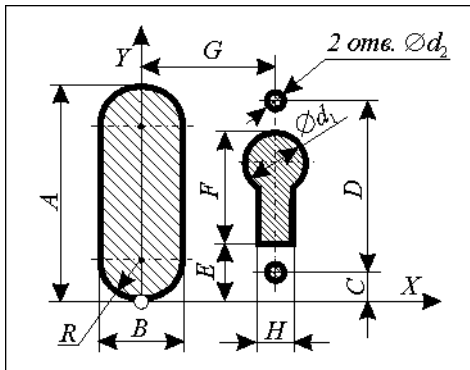


Рис. 2.3. План-схема розташування робочих елементів в штампі до завдання 2.1

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:

$$P_{дон} \geq P_z,$$

де P_{don} – допустиме навантаження на стиснення; P_z – потрібне (технологічне) зусилля при зрізі.

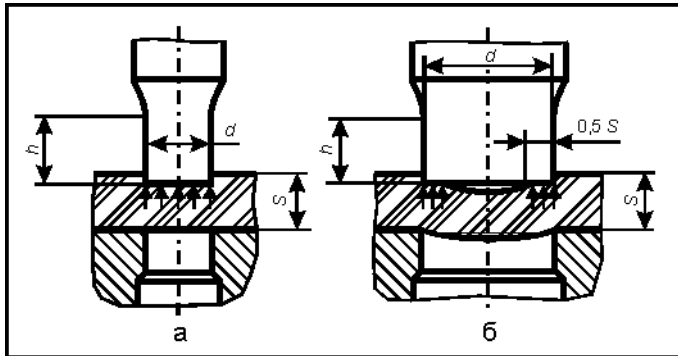


Рис. 2.4. До розрахунку площі робочого контакту торця пуансона з матеріалом, що штампується

співвідношенням $\mu h / i_{min}$; 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:

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

I – мінімальний осьовий момент інерції поперечного перерізу робочої частини пуансона, мм²; F_n – площа поперечного перерізу робочої частини пуансона, мм². Для круглого перерізу

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

Таблиця 2.2

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

| $\mu h / i_{min}$ | 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, мм², яка визначається:

- при співвідношенні $S/d \geq 1$, $S/b \geq 1$ – $F_k = F_n$ (рис. 2.4, а);
- при співвідношенні $S/d < 1$, $S/b < 1$ 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:

$$P_{don} = \phi F_k [\sigma_{cm}],$$

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_z (МПа) поверхні головки розраховують за формулою:

$$\sigma_z = \frac{P}{F_z} \leq [\sigma]_z, \quad (2.5)$$

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

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 А.

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

Рішення

$$P_{don} = \phi F_k [\sigma_{cm}] \geq P_z.$$

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

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

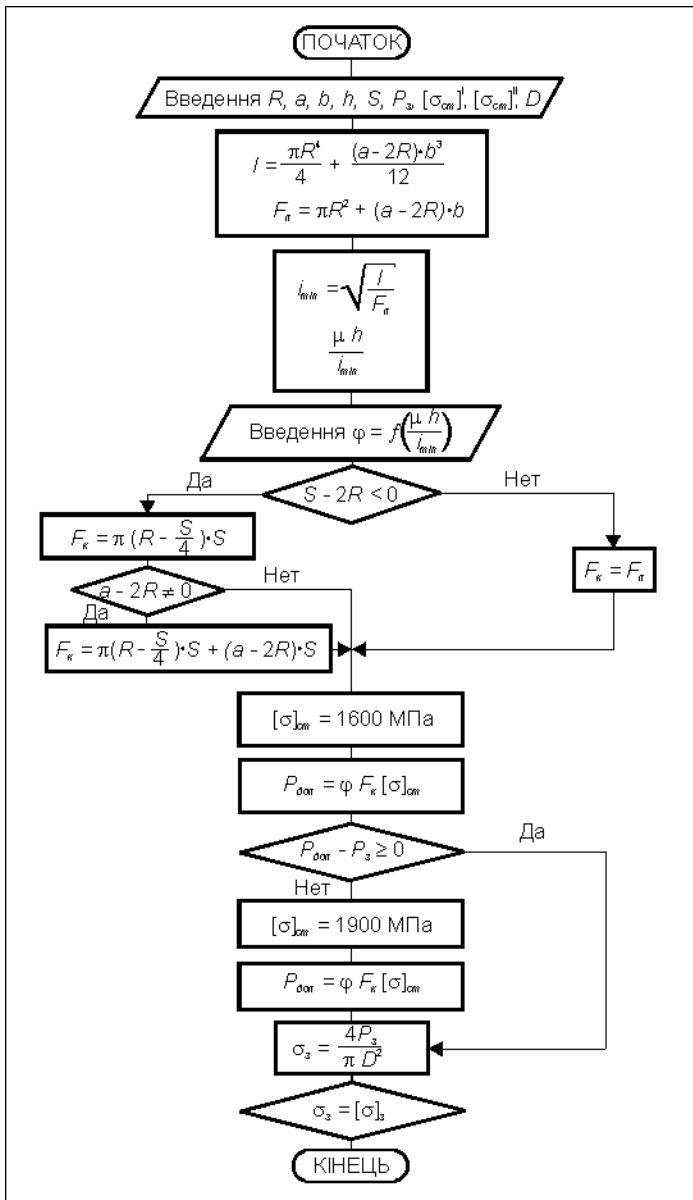


Рис. 2.5. Блок-схема алгоритму повного розрахунку пуансона

3. $S/d = 5/8 = 0,625 < 1$,
отже

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

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

$$= 43,175 \text{ мм}^2.$$

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

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

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

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

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 $P_z = 90000 \text{ Н}$, товщина матеріалу, що штампується, $S = 8 \text{ мм}$.

Рішення

$$P_{дон} = \phi F_k [\sigma_{см}] \geq P_z.$$

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

Таблиця 2.4

Програма повного розрахунку пуансона

| Адреса | Команда | Код | Адреса | Команда | Код | Адреса | Команда | Код |
|--------|-----------------|-----|--------|---------------|-----|--------|-----------------|-----|
| 00 | Fl | 20 | 33 | 0 | 00 | 66 | ИПА | 6- |
| 01 | ИП1 | 61 | 34 | . | 0- | 67 | ИПО | 60 |
| 02 | Fx ² | 22 | 35 | 7 | 07 | 68 | × | 12 |
| 03 | × | 12 | 36 | × | 12 | 69 | ПО | 40 |
| 04 | ПА | 4- | 37 | $\frac{x}{y}$ | 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 | ИПО | 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 | Fl | 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 | Fl | 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 $X-X$.

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

$$= 200,96 \text{ мм}^4;$$

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

$$= 170,66 \text{ мм}^4;$$

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

$$S/b = 8/8 = 1,$$

$$\text{отже } F_k = F_n.$$

$$F_n = F_1 + F_2,$$

де F_1 – площа круга; F_2 – площа прямокутника.

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

Тоді

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

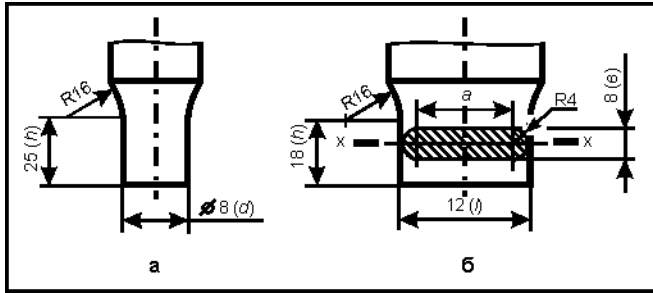


Рис. 2.6. Ескізи пуансонів до першого (а) та другого (б) прикладів розрахунку

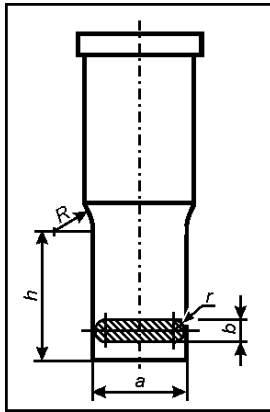
$$2. \quad \frac{\mu h}{i_{\min}} = \frac{0,17 \cdot 18}{2,12} = 5,94,$$

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

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

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

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 |

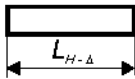
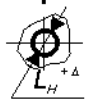

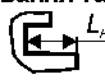
2.3 Розрахунок виконавчих розмірів розділового інструмента

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 вирубуванні – 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 | Вирубування  | $L_M = (L_H - \Pi_3)^{+\delta_n}$ (2.6) L_n допрацьовується по матриці з зазором Z та допуском на зазор ΔZ | $L_M = (L_H - \Pi_3)^{+\delta_n}$ (2.7) $L_n = (L_H - \Pi_3 - Z)^{-\delta_M}$ (2.8) |
| 2 | Пробивання  | $L_n = (L_H + \Pi_3)^{-\delta_M}$ (2.9) L_M допрацьовується по пуансону з зазором Z та допуском на зазор ΔZ | $L_n = (L_H + \Pi_3)^{-\delta_M}$ (2.10) $L_M = (L_H + \Pi_3 + Z)^{+\delta_n}$ (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 вирубування (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 $L_n^{+\Delta_1}_{-\Delta_2}$ або $L_n^{+\Delta_2}_{+\Delta_1}$ (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, $d = 10$ H12 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):

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

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:

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

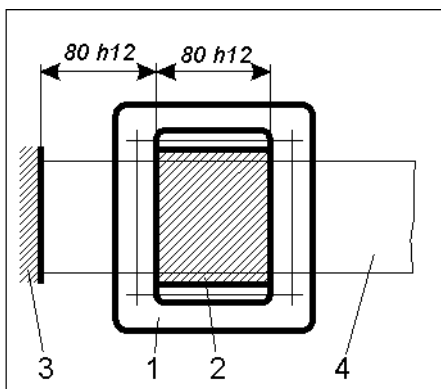


Рис. 2.8. Схема штампа для відрізування (план низу):
1- матриця (ніж нерухомий);
2 - пуансон (ніж рухомий);
3 - упор; 4 - штаба

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

Приклад 2. Визначити виконавчі розміри пуансона та матриці для безвідхідного відрізування заготовок довжиною $80 \text{ h}12$ 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 20Х13 по ГОСТ 5582-75, товщина – $S = 0,5$ мм.

Рішення

1. Для розміру 80 *h12* знаходимо припуск на знос матриці $\Pi_3 = 0,25$ 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]:

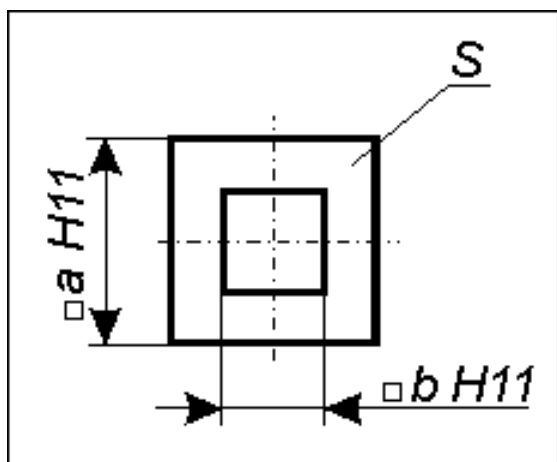
$$L_m = (L_n - \Pi_3)^{+\delta_m} = (80 - 0,25)^{+0,060} = 79,75^{+0,060} \text{ мм.}$$

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

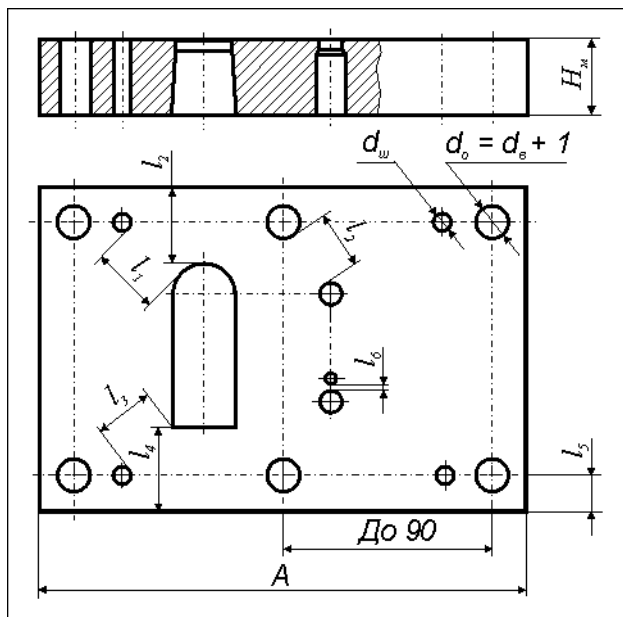


Рис. 2.10. Матриця штампа послідовної дії: d_s - діаметр гвинта, мм; d_o - діаметр отвору під гвинт, мм; d_w - діаметр отвору під штифт, мм

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

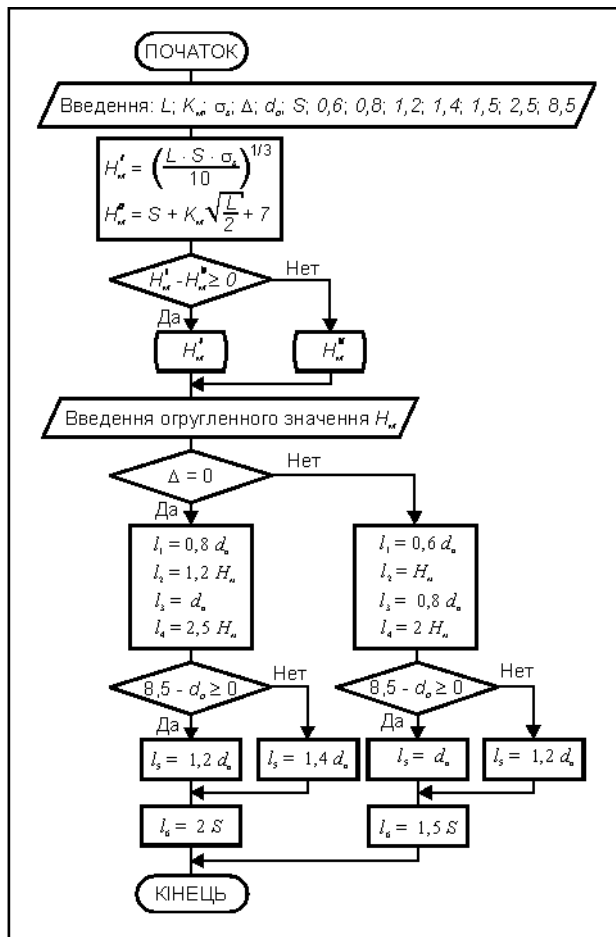


Рис. 2.11. Схема алгоритму розрахунку параметрів матриць для розділових операцій

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 Б.

Завдання 2.4. Розрахувати

геометричні параметри матриці H_m , $l_1 \dots l_6$ (рис. 2.10), що призначена для вирубання-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 $d_e = 10$ 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).

**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√ | 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 | FBx | 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,

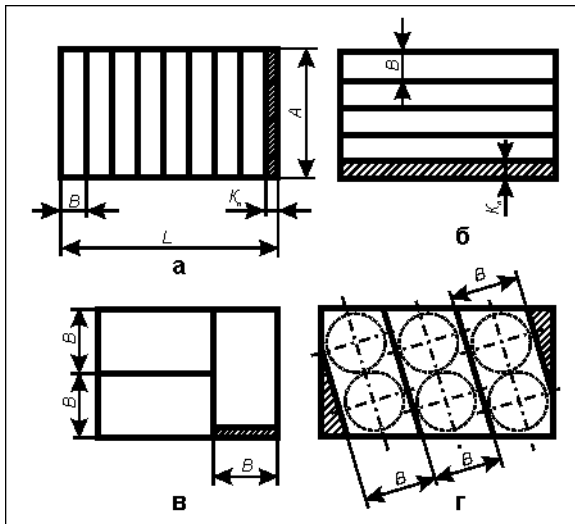


Рис. 3.1. Види розкрою листового прокату: а - поперечний; б - поздовжній; в - комбінований; г - косий

а отже підвищенню коефіцієнта використання матеріалу;

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

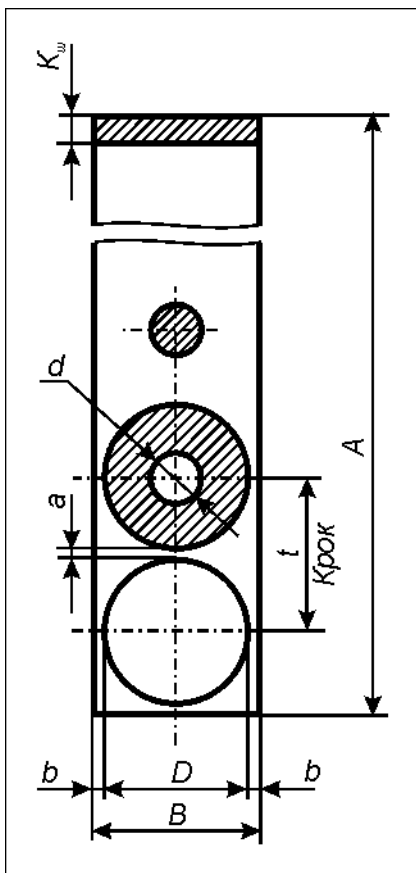


Рис. 3.2. Однорядна схема розкрою штаби при поперечному розкрою листа

сівалку, комбайн, автомобіль тощо) або із застосуванням в деяких випадках косого розкрою;

- відрізування вузьких штаб раціонально здійснювати уздовж листа, так як це забезпечує підвищення кількості деталей із кожної штаби, а отже, і зменшення долі кінцевих відходів;

- краще відрізувати широкі штаби від листа при поперечному положенні заготовок на штабі, так як при цьому потрібна менша кількість відрізів, менший крок подачі при штампуванні, що сприяє зменшенню розмірів кінцевих відходів від штаби,

- 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

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

$$B = B_p + \Delta_{\text{ш}} ; \quad (3.1)$$

при умові роботи без бічного притиску

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

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

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

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

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

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

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:

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

де $K_{\text{ш}}$ – 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:

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

де $K_{\text{л}}$ – 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, %:

$$\eta = \frac{F_{\partial} \cdot q \cdot 100}{F_{\text{л}}}, \quad (3.8)$$

де F_{∂} – площа деталі, мм²;

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

$F_{\text{л}}$ – площа листа, мм²; $F_{\text{л}} = L \cdot A$;

- визначають норму витрати матеріалу на одну деталь, г:

$$H = \frac{G_{\text{л}}}{q}, \quad (3.9)$$

де $G_{\text{л}}$ – маса листа, г; $G_{\text{л}} = L \cdot A \cdot S \cdot \rho$,

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

(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 В. Розрахунок можна виконати на сучасному персональному комп'ютері, на

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

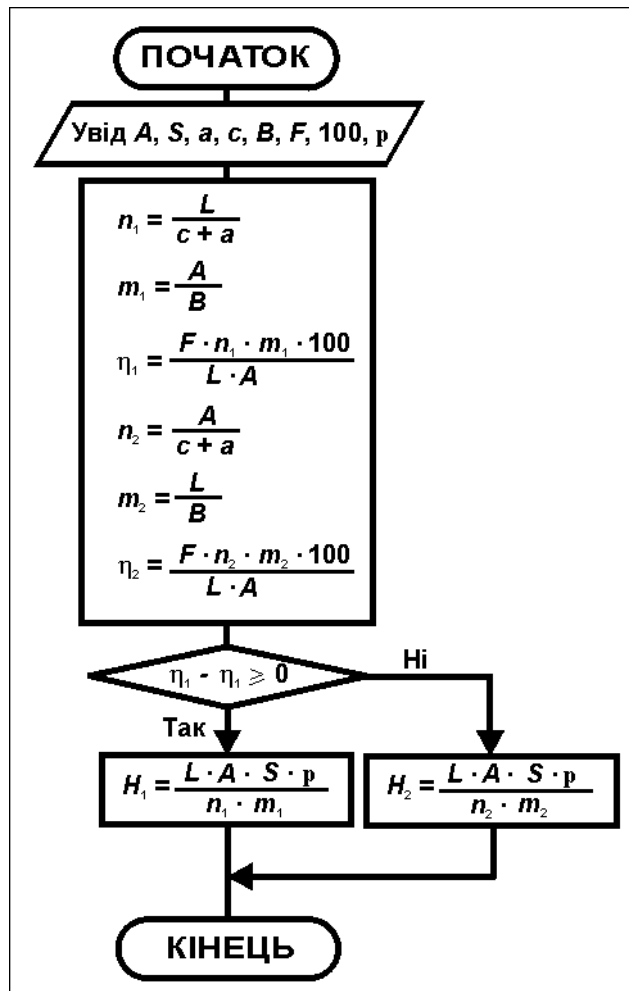


Рис. 3.3. Схема алгоритму розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату

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 вирубів 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:

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

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

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

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

де F_d – площа деталі, мм²; k – кількість рядів штампування, шт.;

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

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

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):

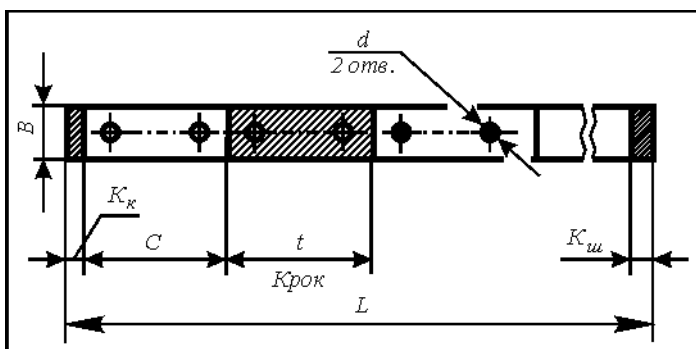


Рис. 3.5. Схема розкрою штабового прокату

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

- 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-

- 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:

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

де L – довжина штаби, мм; t – крок подачі штаби, мм; K_{κ} – довжина нерівного краю штаби, що обрізується, мм. Приймають $K_{\kappa} = (1,5 \dots 2) \cdot S$, де S – товщина штаби, мм; $K_{\text{ш}}$ – 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, %

$$\eta = \frac{F_{\partial} \cdot n \cdot 100}{F_{\text{ш}}}, \quad (3.17)$$

де F_{∂} – площа деталі, мм²

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

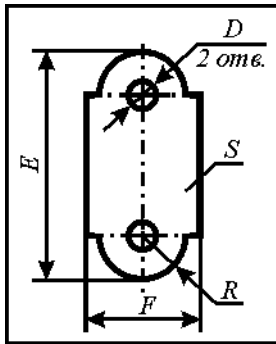
$F_{\text{ш}}$ – площа штаби, мм².

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

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

де V_d – об'єм деталі, мм³; V_n – об'єм одиниці прокату, мм³;

- 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 сталевих 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.

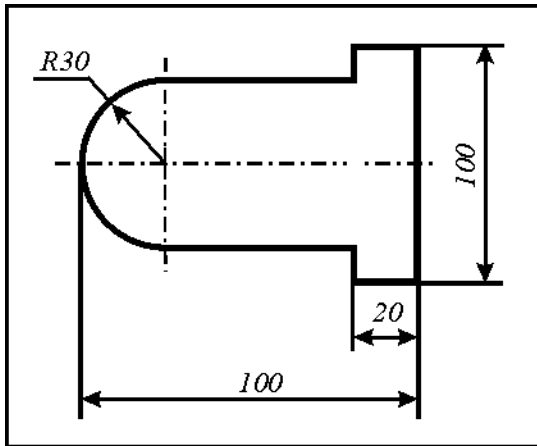


Рис. 4.1. Деталь до прикладу розрахунку

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. $\sigma_z = 320$ 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 кромок 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.

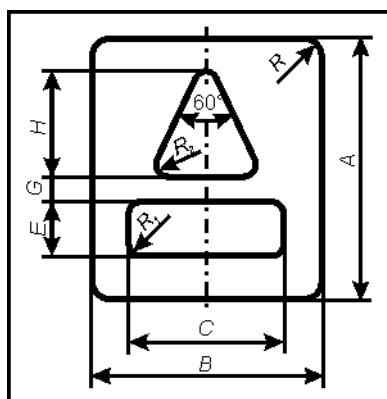


Рис. 4.2. Ескіз деталі до завдання 4.1

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

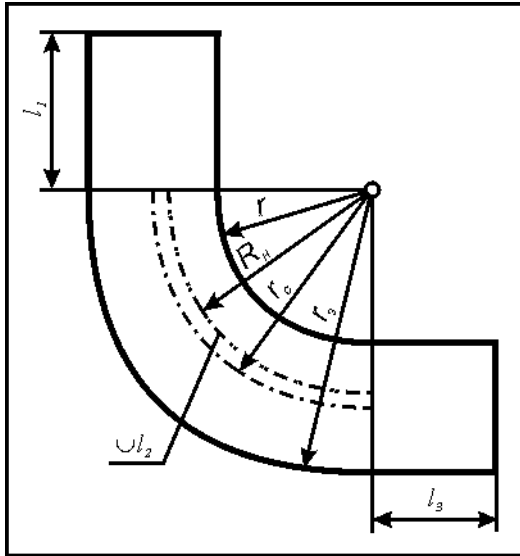
Вихідні данні до завдання 4.1

| Варі- ант | 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.

Рішення

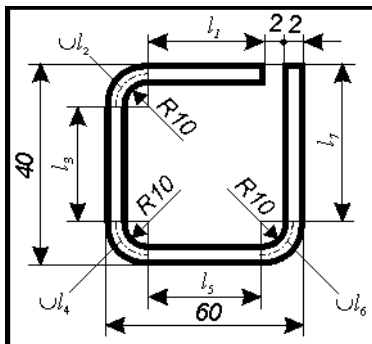


Рис. 5.2. Ескіз деталі до прикладу розрахунку

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;

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

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

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 $L_3 = 176 \text{ мм.}$

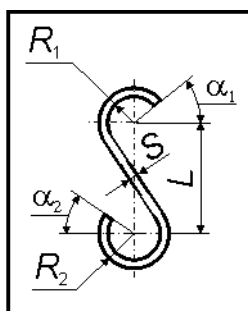


Рис. 5.3. Ескіз деталі «Гачок»

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].

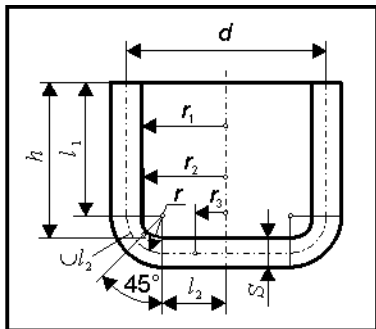


Рис. 6.1. Ескіз деталі до прикладу розрахунку

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]

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

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

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

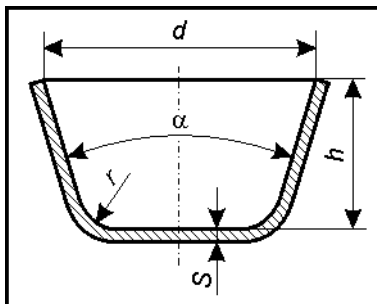


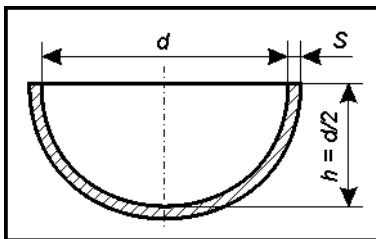
Рис. 6.2. Ескіз деталі до завдання 6.1

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 | - | - | - |

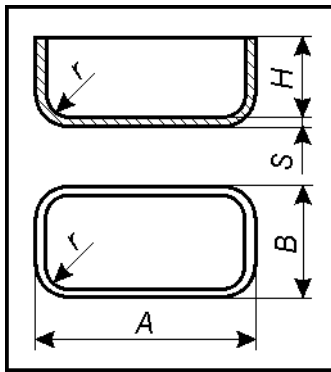


Рис. 6.4. Ескіз деталі до завдання 6.3

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.

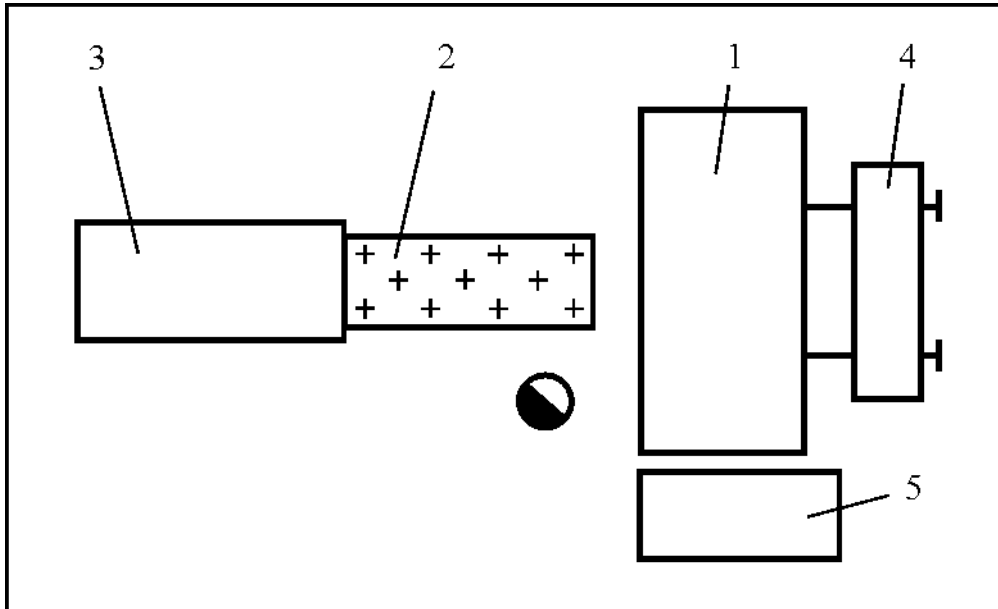


Рис. 7.1. План-схема організації робочого місця різальника тонколистового прокату без застосування засобів механізації та автоматизації: 1 - листові ножиці; 2 - стіл з кульковими опорами; 3 - стелаж з листовим прокатом; 4 - візок з ручним приводом; 5 - бункер для відходів

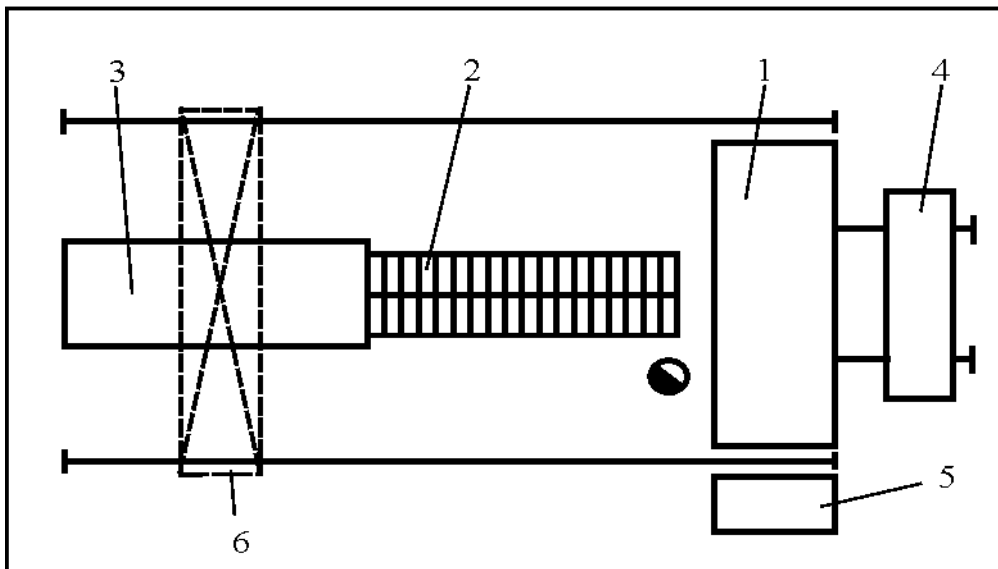


Рис. 7.2. План-схема організації робочого місця різальника товстелистового прокату з застосуванням засобів механізації: 1 - листові ножиці; 2 - механізований (привідний) рольганг; 3 - стіл з листовим прокатом; 4 - візок з електромеханічним приводом; 5 - бункер для відходів; 6 - козловий кран

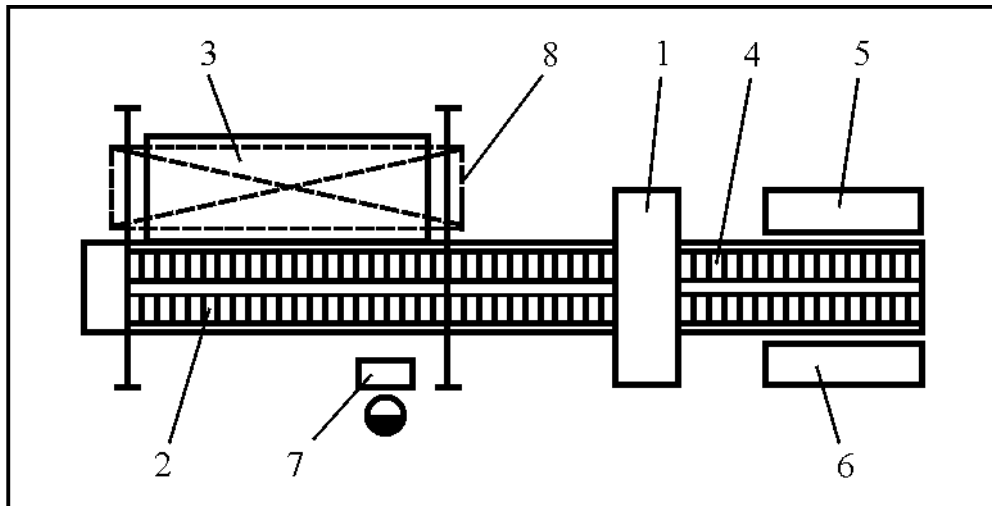


Рис. 7.3. План-схема організації робочого місця різальника листового прокату із застосуванням автоматизованого комплексу на базі листових ножиць: 1 - листові ножиці; 2 - автоматизований рольганг; 3 - стіл з дискретним автоматичним механізмом вертикального под'йому листового прокату; 4 - автоматизований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

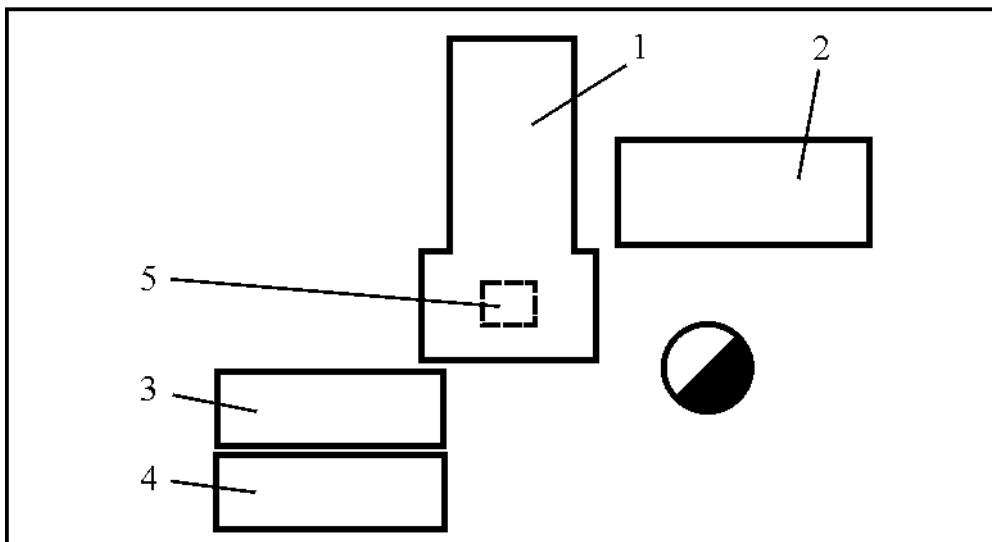


Рис. 7.4. План-схема робочого місця пресувальника, що працює від штаби без застосування засобів механізації і автоматизації: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - стіл зі штабами; 3 - бункер для деталей; 4 - бункер для відходів від штаби; 5 - тара для дрібних відходів

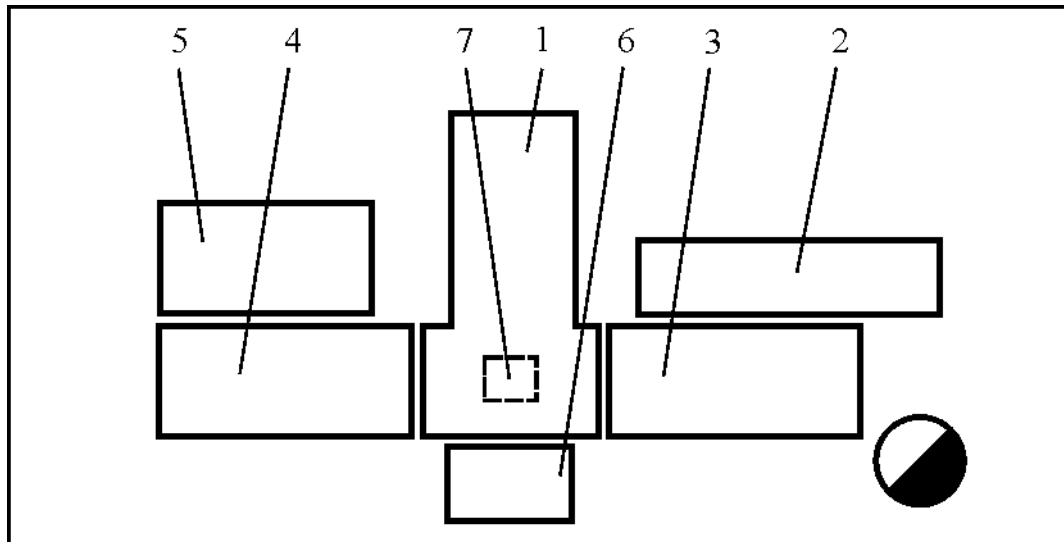


Рис. 7.5. План-схема робочого місця пресувальника, що працює від штаби із застосуванням штабоподавача: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - стіл зі штабами; 3 - штабоподавач (штовхаюча частина); 4 - штабоподавач (тягнуча частина); 5 - бункер для відходів від штаби; 6 - бункер для деталей; 7 - тара для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

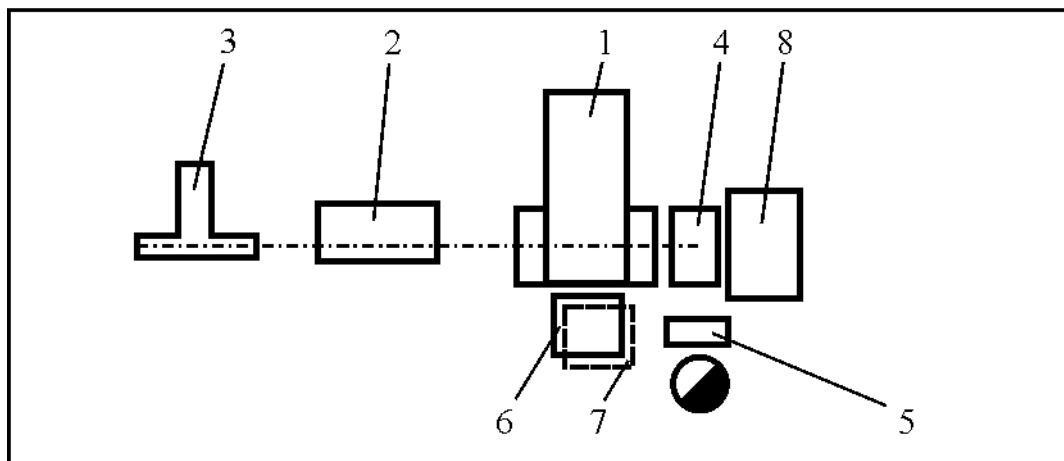


Рис. 7.6. План-схема організації робочого місця оператора, що обслуговує автоматизований комплекс для штампування деталей із стрічки: 1 - кривошипний відкритий прес з автоматичною валковою подачею; 2 - правильно-розмотувальний пристрій; 3 - катушка зі стрічкою; 4 - ножиці для здріблювання відходів від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

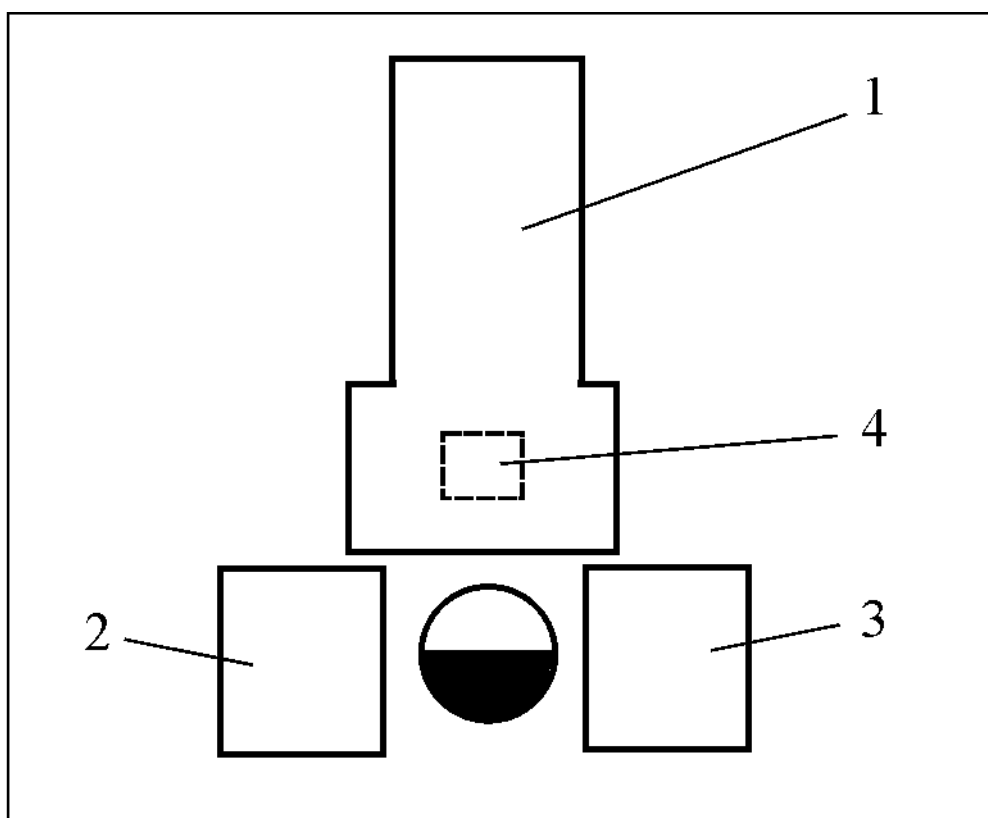


Рис. 7.7. План-схема організації робочого місця пресувальника, що працює від штучної заготовки без застосування засобів механізації та автоматизації: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - стіл з заготовками; 3 - бункер для деталей; 4 - тара для відходів

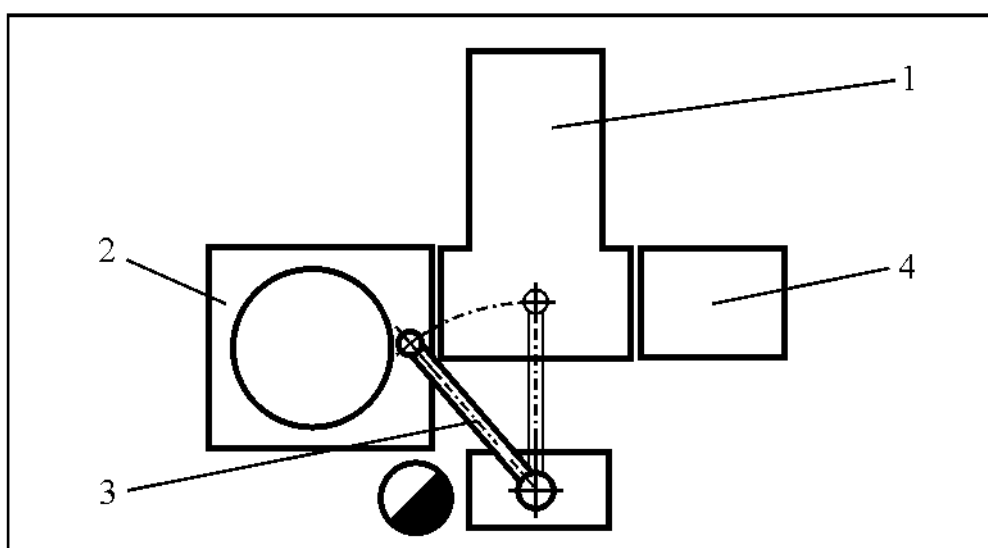


Рис. 7.8. План-схема організації робочого місця оператора, що обслуговує роботизований штампувальний комплекс для роботи від штучної заготовки: 1 - кривошипний відкритий прес; 2 - автоматизований бункерний завантажувально-орієнтовочний пристрій; 3 - маніпулятор; 4 - бункер для деталей

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_{ϵ} - час на відпочинок та особисті потреби. $a_{\epsilon} = 4\%$ [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

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

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 сталевих 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 сталевий заготовки із штаби (розміри штаби див. завдання 7.1, табл. 7.2) в штампі простої дії (конструкція штампа – з упором). Вихідні дані 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.

Вихідні данні до завдання 7.2

| Варіант | Діаметр заготовки, мм | Прес | | Положення пресувальника |
|---------|--------------------------|-------------------|---------------|----------------------------|
| | | Число ходів в хв. | Муфта | |
| 1 | 38 | 140 | Однокулачкова | Сидячи |
| 2 | 40 | 130 | Однокулачкова | Сидячи |
| 3 | 44 | 120 | Однокулачкова | Сидячи |
| 4 | 46 | 115 | Однокулачкова | Сидячи |
| 5 | 48 | 110 | Однокулачкова | Сидячи |
| 6 | 49 | 100 | Однокулачкова | Сидячи |
| 7 | 51 | 95 | Однокулачкова | Сидячи |
| 8 | 53 | 90 | Однокулачкова | Сидячи |
| 9 | 55 | 85 | Однокулачкова | 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 |

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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.

ДОДАТОК А

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_z , 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: $R \rightarrow \text{П1}$; $a \rightarrow \text{П2}$; $b \rightarrow \text{П3}$; $h \rightarrow \text{П4}$; $S \rightarrow \text{П5}$; $P_z \rightarrow \text{П6}$; $[\sigma_{cm}] = 1600$ МПа $\rightarrow \text{П7}$; $[\sigma_{cm}] = 1900$ МПа $\rightarrow \text{П8}$; $D \rightarrow \text{П9}$.

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 А1.

Таблиця А1

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_z , що виникає у плиті штамп під головкою пуансона, та допустимим значенням напруження зминання $[\sigma_z]$. Якщо на табло величини позитивна, то $\sigma_z >$

$[\sigma_3]$, 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_{don} . Данні розрахунку треба записати до таблиці А2.

Таблиця А2

Результати розрахунку після другої зупинки ПМК

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

ДОДАТОК Б

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_z , МПа [8, с. 473-482]; індексу Δ , що враховує матеріал матриці ($\Delta = 0$ для сталей У8А, У10А, 7ХЗ, 9ХС, 9ХВГ; $\Delta = 1$ для сталей Х12М та Х12Ф1); діаметра отвору під гвинт d_o , мм ($d_o = d_z + 1$, де d_z – 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 реєстрову пам'ять машини у відповідності з розподілом комірок пам'яті: $L \rightarrow \text{П1}$; $K_m \rightarrow \text{П2}$; $\sigma_z \rightarrow \text{П3}$; $\Delta \rightarrow \text{П4}$; $d_o \rightarrow \text{П5}$; $S \rightarrow \text{П6}$; 0,6 $\rightarrow \text{П7}$; 0,8 $\rightarrow \text{П8}$; 1,2 $\rightarrow \text{П9}$; 1,4 $\rightarrow \text{ПА}$; 1,5 $\rightarrow \text{ПВ}$; 2,5 $\rightarrow \text{ПС}$; 8,5 $\rightarrow \text{ПД}$.

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 Б1.

Таблиця Б1

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: $l_1 \rightarrow \text{П1}$; $l_2 \rightarrow \text{П2}$; $l_3 \rightarrow \text{П3}$; $l_4 \rightarrow \text{П4}$; $l_5 \rightarrow \text{П5}$; $l_6 \rightarrow \text{П6}$. Дані розрахунку записати в таблицю Б2.

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 | | | | | | |

ДОДАТОК В

**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: $L \rightarrow \text{П}0$; $A \rightarrow \text{П}1$; $S \rightarrow \text{П}2$; $a \rightarrow \text{П}3$; $C \rightarrow \text{П}4$; $B \rightarrow \text{П}5$; $F \rightarrow \text{П}6$; $100 \rightarrow \text{П}7$; $\rho \rightarrow \text{П}8$.

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: $n_1 \rightarrow \text{П}3$; $m_1 \rightarrow \text{П}9$; $\rho_1 \rightarrow \text{П}А$; $H_1 \rightarrow \text{П}С$;

- для поперечного виду розкрою листа: $n_2 \rightarrow \text{П}4$; $m_2 \rightarrow \text{П}5$; $\rho_2 \rightarrow \text{П}В$; $H_2 \rightarrow \text{П}Д$.

Данні розрахунку записати, відповідно, в таблиці В1 або В2.

Таблиця В1

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

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

Таблиця В2

**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 | | | | |

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| 1 НОРМАЛІЗОВАНІ ВУЗЛИ ТА ДЕТАЛІ ШТАМПІВ | 4 |
| 1.1 Блоки | 5 |
| 1.2 Напрямні вузли | 6 |
| 1.3. Хвостовики | 6 |
| 1.4 Вантажні гвинти | 7 |
| 1.5 Пуансони | 8 |
| 1.6 Матриці | 9 |
| 1.7 Інші нормалізовані деталі штампа | 10 |
| 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ШТАМПА | 12 |
| 2.1 Розрахунок координат центра тиску штампа | 12 |
| 2.2 Розрахунок пуансонів на міцність | 15 |
| 2.3 Розрахунок виконавчих розмірів розділового інструмента | 21 |
| 2.4 Розрахунок геометричних параметрів матриць для розділових операцій | 25 |
| 3 РОЗКРІЙ МАТЕРІАЛУ | 26 |
| 3.1 Розкрій листового прокату | 28 |
| 3.2 Розкрій безперервного прокату | 32 |
| 3.3 Розкрій сортового прокату | 34 |
| 4 ВИРУБУВАННЯ ТА ПРОБИВАННЯ | 37 |
| 5 ГНУТТЯ | 38 |
| 6 ВИТЯГУВАННЯ БЕЗ ПОТОНШЕННЯ СТІНОК | 41 |
| 7 ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ | 44 |
| 7.1 Приклади організації робочих місць | 45 |
| 7.2 Розрахунок показників нормування | 49 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... | 52 |
| Додаток А Інструкція до програми повного розрахунку пуансона..... | 54 |
| Додаток Б Інструкція до програми розрахунку геометричних параметрів матриць для розділових операцій холодного листового штампування | 56 |
| Додаток В Інструкція до програми розрахунку оптимальних параметрів розкрою листового прокату | 58 |