

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
Кафедра «Обробки металів тиском»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

**до самостійної роботи студентів з вивчення
дисципліни «Технологія холодного штампування»
для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка,
освітня програма «Обладнання та технології пластичного
формування конструкцій машинобудування»
всіх форм навчання**

Запоріжжя 2024

Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни “Технологія холодного штампування” для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання /Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 68с

Укладач: В.В. Широкобоков, доц., к.т.н.
С.І. Стрижак, зав.лаб. каф ОМТ

Рецензент: А.Ю. Матюхін, доц., к.т.н.

Відповідальний за випуск: В.В. Широкобоков, доц., к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри ОМТ
протокол № 8 від 26.06.2024

Рекомендовано до видання
НМК машинобудівного факультету
протокол № 1 від 27.08.2024

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ	7
1.1 Мета викладання дисципліни	7
1.2 Завдання вивчення дисципліни	7
2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ	8
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення	8
2.1.1 Вступ.....	8
2.1.2 Вихідний матеріал та характеристики операцій листового штампування. Штампуємість вихідних матеріалів	9
2.1.3 Розділові операції	10
2.1.4 Формозмінні операції.....	11
2.1.5 Витяжка	13
2.1.6 Відбортовка.....	15
2.1.7 Обтиск, роздача, правка, ротаційна витяжка	15
2.1.8 Технологічні процеси холодного штампування і методи їх проектування.....	16
2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість	17
2.2.1 Дослідження листових матеріалів на придатність до формозмінюючих операцій.	17
2.2.2 Вплив величини зазору між матрицею і пуансоном на технологічне зусилля та якість поверхні зрізу при роздільних операціях.	17
2.2.3 Визначення зусилля, роботи та потужності при різанні в штампах з паралельними ріжучими кромками.....	17
2.2.4 Визначення кута пруженіння після гнуття.....	17
2.2.5 Визначення граничного коефіцієнта витягування листового матеріалу для штампування виробів.	17
2.2.6 Визначення граничного коефіцієнта відбортовки круглих отворів в листовому матеріалі.....	17
2.2.7 Дослідження ротаційної витяжки.	17
2.2.8 Штампування еластичним середовищем.	17
2.2.9 Дослідження процесів гнуття плоскої заготовки.	17
2.3 Перелік практичних занять та їх тривалість	17
2.3.1 Маркірування листів, рулонів, полос, сорту, прокату.	17
2.3.2 Різання листового матеріалу на ножицях і в штампах.....	17

2.3.3 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа.	17
2.3.4 Розкрій листового металу.	17
2.3.5 Визначення довжини розгортки деталі, пружності при гнутті.	17
2.3.6 Розробка технологічного процесу витягування деталі.	17
2.3.7 Основи технологічного нормування холодно-штампувальних робіт.	18
2.3.8 Розробка і оформлення технологічної документації згідно ЕСТД.....	18
2.4 Контрольні питання до тестового модульного контролю	18
2.4.1 Теоретичні знання по темі — роздільні операції листового штампування	18
2.4.1а Приклад самостійного рішення задач по даному розділу.....	22
2.4.1б Контрольні питання по темі — відрізування , вирубання та пробивання	23
2.4.2 Теоретичні знання по темі — розкрій листа, стрічки	27
2.4.2а Приклад самостійного рішення задач по даному розділу.....	30
2.4.2б Контрольні питання по темі — розкрій листа №2.....	31
2.4.3 Теоретичні знання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць	33
2.4.3а Приклад самостійного рішення задач по даному розділу.....	35
2.4.3б Контрольні питання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць №3.....	35
2.4.4 Теоретичні знання по темі – гнуття	37
2.4.4а Приклад самостійного рішення задач по даному розділу.....	42
2.4.4б Контрольні питання, задачі та вправи по даному розділі.....	44
2.4.5 Теоретичні знання по темі – витягування	47
2.4.5а Приклад самостійного рішення задач по даному розділі	55
2.4.5б Контрольні питання по темі – витягування	58
2.4.6 Теоретичні знання по темі – розробка та оформлення технологічної документації по холодному штампуванню	60
2.4.6а Приклад самостійної розробки технологічного процесу виготовлення порожнистої деталі рис.18 та оформлення її технологічної документації	61
2.4.6б Контрольні питання по темі – технологічна документація ..	61
2.4.7 Нормування штампувальних операцій.....	61
2.4.7а Приклади розрахунку норми штучного часу	62

**3 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ
ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ**

ДИСЦИПЛІНИ	66
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	67
Основна література.....	67
Додаткова література	67
Навчально-методична література	68

ВСТУП

Дисципліна “Технологія холодного штампування” є однією з вузлових дисциплін спеціальності 131 Прикладна механіка, освітньої програми «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування», що забезпечує якісну технологічну підготовку фахівця.

Термін, що передбачений робочим навчальним планом на аудиторні заняття з дисципліни, не дає можливості у необхідному обсязі викласти передбачений навчальний матеріал. Тому частина робочої навчальної програми дисципліни може взагалі не викладатися на аудиторних заняттях, що передбачає її самостійне вивчення. Матеріал дисципліни, що викладається в аудиторії повинен бути закріпленим шляхом самостійної роботи студента.

Згідно діючого навчального плану викладання дисципліни здійснюється у VI семестрі загальною кількістю годин 120 (чотири кредити), в тому числі лекції – 30 годин, лабораторні 14 годин та практичні заняття – 14, індивідуальна самостійна робота студента – 64 години. Наприкінці семестру передбачено іспит з дисципліни.

Мета цих методичних рекомендацій полягає в:

- ознайомленні студента з повним обсягом навчального матеріалу з дисципліни, який він повинен засвоїти, в тому числі і з тією його частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- наданні вказівок та контрольних питань для самоперевірки знань;
- ознайомленні студента з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу під час організації навчального процесу;
- наданні методичних вказівок до практичних занять та контрольних питань для самостійної роботи по кожній тематиці дисципліни.

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1 Мета викладання дисципліни

Мета викладання дисципліни “Технологія холодного штампування” полягає у вивченні та засвоєнні основ теоретичного рішення технологічних завдань холодного штампування, в умінні їх практичного застосування.

1.2 Завдання вивчення дисципліни

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати та уміти:

- особливості та умови вибору вихідних матеріалів для листового штампування;
- технологічні характеристики матеріалів;
- основні технологічні операції листового штампування;
- розробляти, планувати, організовувати технологічні процеси листового штампування при умові забезпечення отримання продукції з заданими геометричними параметрами та характеристиками якості і точності, оцінювати технологічність конструкцій деталей що штамуються;
- вибирати оптимальні умови реалізації процесів листового штампування і керувати ними: здійснювати силові розрахунки технологічних процесів та вибирати ковальське-пресове обладнання, нормувати роботи по холодному штампуванню;
- пропонувати, економічно обґрунтовувати пропозиції щодо удосконалення існуючих та впровадження нових прогресивних технологічних процесів холодного штампування у виробництво, оформляти технологічну документацію по холодному штампуванню згідно ЕСТД;
- користуватись сучасними методами контролю технологічних процесів, якості матеріалів та готової продукції.

1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни

Для глибокого та всебічного розуміння технології холодного штампування необхідно вивчення та знання таких дисциплін:

- Технологія конструкційних матеріалів;
- Матеріалознавство;
- Взаємо змінювання, стандарти та технічні вимірювання;
- Вища математика;
- Фізика;
- Хімія;
- Теорія обробки металів тиском;
- Проектування та розрахунок штампового оснащення для холодного штампування;
- Опір матеріалів;

2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Години, що вказані по кожній тематичі робочої програми, - це години лекційних занять. Орієнтовно години на самостійну роботу студента при вивченні кожної теми надані у розділі 3.

2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення

2.1.1 Вступ

Мета та завдання вивчення дисципліни. Зміст робочої навчальної програми. Значення технології листового штампування у машинобудуванні. Історична довідка про розвиток холодного штампування. Перспективи розвитку.

Методичні вказівки

З'ясувати місце та значення холодного штампування в машинобудуванні, враховуючи використання маловідходних та енергозберігаючих технологій при високій якості продукції, що гарантує надійну роботу машин в екстремальних ситуаціях.

Головною тенденцією розвитку холодного штампування залишається максимальне наближення форми та розмірів штампівки до готової деталі.

[1, с.3-8; 2, с.5-10].

Питання для самоперевірки

1. Питома вага штампованих деталей у машинобудуванні, особливо при виготовленні автомобілів, сільгоспмашин, побутової техніки.
2. Актуальні задачі розвитку ковальсько-штампувального виробництва в Україні.
3. Внесок вітчизняних фахівців у розвиток холодного штампування.
4. Термін та місце знаходження перших виробів за допомогою холодного штампування.

2.1.2 Вихідний матеріал та характеристики операцій листового штампування. Штампуємість вихідних матеріалів

Класифікація та термінологія основних процесів і операцій холодного штампування. Міркування по вибору матеріалів для штампових деталей. Листовий прокат з чорних і кольорових металів і сплавів. Неметалічні матеріали, які використовуються для листового штампування. Деформаційне і природне старіння металу. Методи оцінювання штампуємість листового металу. Фактори, що впливають на штампуємість металу. Фізико-хімічні дослідження, механічні випробування, технологічні випробування.

Методичні вказівки

При розгляді цієї теми звернути увагу на класифікацію, термінологію основних процесів та операцій холодного штампування, на ознайомлення з формою, видами прокату, профілів, їх можливими дефектами, з вимогами державних стандартів на метали та прокат. Вміти вибрати вихідний матеріал заготовки, виходячи з форми деталі та типу виробництва. Знати способи усунення дефектів заготовок.

[2, с.9-22; 3, с.11-20].

Питання для самоперевірки

1. Дефекти листового прокату з чорних та кольорових металів.
2. За якими ознаками можуть бути систематизовані та класифіковані різні операції листового штампування.
3. Крім розподільчих та формозмінюючих операцій холодне штампування включає ще які додаткові операції.
4. Інструмент (штампи) для листового штампування.

5. Методи оцінювання штампуємості листового металу.

2.1.3 Розділові операції

Механізм деформування в розподільчих операціях. Схема напруженого стану, епюри напруг і деформацій у зоні деформації. Поняття про оптимальний зазор. Характеристика операції “Відрізка”. Відрізка на ножицях із зворотно-поступальним та круговим рухом ножів.

Схеми відрізки. Галузь використання. Зусилля і робота деформування при відрізці. Головні параметри ножиць.

Вирубка і пробивання. Характеристика операцій. Схеми дії сил, напружений стан у зоні деформації, зазори при вирубці і пробиванні. Методика визначення виконавчих розмірів робочих частин пуансонів і матриць при вирубанні та пробиванні. Визначення силових параметрів процесу. Особливості вирубки і пробивання неметалевих матеріалів.

Чистова вирубка і пробивання. Сутність способів чистового вирубання. Схема способів. Визначення силових параметрів процесу. Характеристика операції – обрізка. Використання. Способи обрізки.

Вирубка і пробивка пружними матеріалами (гумою, поліуретаном, свинцем, цинком, водою і т. ін.).

Розкрій листового матеріалу. Поняття про розкрій. Показники ефективного, оптимального розкрою.

Визначення коефіцієнта використання матеріалу. Типи розкроїв, галузь їх використання. Оптимізація розкрою за допомогою ЕОМ. Програмне забезпечення. Розробка технологічних процесів на: відрізка, вирубку, пробивку, чистову вирубку, обрізку, зачищення.

[2, с.7, 33-38, 49-80, 80-105, 117-125; 3, с.48-59, 60-80].

Методичні вказівки

Необхідно знати напружено-деформований стан металу при виконанні операцій відрізки, вирубки, пробиванні. Особливості напружено-деформованого стану при чистовому вирубанні.

Необхідно знати силові параметри операцій перерахованих вище.

Знати методику визначення виконавчих розмірів робочих частин пуансонів і матриць. Вплив величини зазору на силові параметри процесів вирубання та пробивання, а також на якість поверхні зрізу. Вміти знаходити оптимальний розкрій листового

матеріалу, скласти технологічний процес на роздільні операції з урахуванням вимог державних стандартів.

[2, с.71-83, 117-125; 3, с.48-59].

Питання для самоперевірки

1. Скільки стадій включає механізм деформування в роздільних операціях?
2. Що таке оптимальний зазор при вирубанні?
3. Скільки видів КШМ ви знаєте, що використовуються для різання листового та стрічкового матеріалу?
4. Яка різниця між звичайним та чистовим вирубанням?
5. Які способи обрізки ви знаєте?
6. В якому випадку використовується вирубка гумою чи поліуретаном?
7. Чим відрізняється допуск на виріб при вирубанні від допуску на робочий інструмент, який використовується для одержання цього виробу?
8. Що означає термін – мовлідхідне штампування?
9. Яке штампувальне обладнання використовується при чистовому вирубанні?
10. Шляхи підвищення ефективності розкрою.

2.1.4 Формозмінні операції

Загальні положення аналізу формозмінних операцій. Характеристика формозмінних операцій. Осередок деформації. Схеми напруженого і деформованого стану. Допустиме формозмінення. Стисла методика аналізу формозмінних операцій. Прийняті допущення. Оцінка методів рішення задач стосовно до операції листового штампування: сумісне рішення наближених диференціальних рівнянь рівноваги і пластичності, “інженерного”, характеристик, верхній оцінці, балансу робіт, кінцевих елементів і т. ін.

Гнуття. Типові форми деталей при гнутті. Послідовність процесу кутового гнуття і напружено-деформаційний стан. Вплив направлення прокатки на процес гнуття. Зусилля і робота деформування при гнутті.

Визначення розмірів вихідної заготовки при гнутті. Мінімальний радіус гнуття і фактори які впливають на його величину. Пружні деформації при гнутті. Визначення кута пружинення. Конструктивні і технологічні способи зменшення кута пружинення. Гнуття з розтягуванням. Особливості гнуття труб. Способи одержання гнутих профілів: у штампах, у листозгинальних машинах, на профілезгинальних верстатах.

Методичні вказівки

З'ясувати сутність формозмінних операцій. Після вивчення цього розділу треба насамперед вміти розробляти технологічний процес – гнуття:

- обґрунтувати напружено-деформаційний стан при штампуванні;
 - визначити форму та розміри при гнутті;
 - визначити силові параметри при гнутті та вибрати штампувальне обладнання;
 - розрахувати креслення штампівки та технологічні вимоги до неї;
 - розробити коопераційні переходи штампування (гнуття складних деталей);
 - скласти необхідну технологічну документацію.
- [1, с.24-68; 2, с.71-83, 139-157; 3, с.84-122].

Питання для самоперевірки

1. Послідовність процесу кутового гнуття та напружено-деформаційний стан.
2. Які методи рішення задач стосовно напружено-деформаційного стану використовуються при формозмінних операціях листового штампування?
3. Що таке нейтральні поверхні напруг і деформацій при гнутті?
4. Як розраховуються розміри заготовки при радіусі гнуття $r/S > 0,5$ та при радіусі $r/S < 0,5$?
5. Особливості гнуття труб: з наповнювачами, із локальним нагрівом, у штампах і пристосуваннях.
6. Особливості гнуття з розтягуванням.
7. Фактори, які впливають на величину кута пружинення.
8. Номограми для визначення кута пружинення.

2.1.5 Витяжка

Визначення процесу витяжки. Способи витяжки: витяжка без стоншення; витяжка із стоншенням; комбінована витяжка. Характер деформування заготовки. Схеми напруженого і деформаційного стану на різних ділянках витягуємої деталі.

Визначення розмірів заготовки: аналітичний, графічний, графоаналітичний. Утворення зморшок при витяжці. Зусилля притиску. Коефіцієнт витяжки, вплив різних факторів на його значення. Поняття про граничний коефіцієнт витяжки, способи його визначення, його взаємозв'язок із ступенем деформації.

Особливості витяжки заготовок із малою відносною товщиною. Зміна зусилля витяжки по ходу, визначення його максимальної величини і роботи деформування. Рекомендовані значення зазорів і радіусів закруглення кінця матриці і пуансона.

Наступні переходи витяжки. Характер деформування заготовки. Розрахунок числа операцій і розмір напівфабрикатів при витяжці циліндричних деталей.

Значення коефіцієнтів витяжки: міжопераційні відпали. Зворотна (реверсивна) витяжка. Витяжка деталі з широким фланцем. Характер деформування заготовки. Розтягуючи напруга в критичному перерізі. Витяжка ступінчастих деталей. Особливості розрахунку процесу. Умови витяжки ступінчатої деталі за один перехід.

Витяжка конусних деталей. Особливості розрахунку процесу. Витяжка сферичних деталей. Витяжка коробчатих деталей, схеми напруженого і деформаційного стану у кутовій частині заготовки. Коефіцієнт витяжки. Зусилля витяжки. Способи визначення форми і розмірів вихідної заготовки. Багатоопераційна витяжка. Дефекти при витяжці коробчатих деталей. Перетяжні ребра і пороги. Витяжка деталей складних форм. Особливості витяжки автокузовних деталей.

Витяжка з розтягом – обтяжкою. Багатоопераційна витяжка деталей в стрічці. Галузь використання. Способи витяжки. Розрахунки процесу. Витяжка з потоншенням стінки. Схема напруженого і деформаційного стану. Мастильно-охолоджуючі засоби, технологічні засоби, що використовуються при витяжці. Вимоги до мастильних матеріалів. Склад. Деякі спеціальні способи витяжки і витяжка на листоштампувальних молотах, витяжка рідиною або гумою, витяжка з

підігріванням фланця, витяжка за допомогою електричних сил, електрогідравлічна витяжка і т.п.

Методичні вказівки

З'ясувати сутність процесу витяжки без стоншення, витяжку із стоншенням, комбіновану витяжку.

Знати особливості способів розрахунку розмірів і форм заготовки при витяжці без стоншення і при витяжці зі стоншенням.

Скільки способів розрахунку розмірів і форм заготовки при витяжці без стоншення ви знаєте?

Поняття про граничний коефіцієнт витяжки, способи його визначення, його взаємозв'язок із ступенем деформації.

Необхідно уявляти послідовність розробки технологічних процесів витягування високих циліндричних та коробчатих деталей.

При яких умовах виробництва краще використовувати витяжку деталей в стрічці?

Особливості розробки операційних переходів штампування при витягуванні циліндричних виробів з фланцем і без фланця.

Як визначається силові параметри при витягуванні та їх вплив на вибір штампувального обладнання?

Особливості витяжки з розтягом - обтяжкою.

Які способи ви знаєте, що дозволяють зменшити коефіцієнт тертя при витягуванні?

Які вимоги пред'являються до мастил, що використовуються при витягуванні?

Які спеціальні способи витяжки ви знаєте?

Знати і використовувати діючі державні стандарти та галузеві нормали щодо розробки технологічних процесів витягування різних форм і розмірів деталей без стоншення стінок і з стоншенням.

[1, с.81-175; 2, с.157-231; 3, с.137-208].

Питання для самоперевірки

1. Які способи витяжки ви знаєте?
2. В якому випадку використовується витяжка деталей з притиском?
3. Які фактори впливають на зменшення ступені деформації при витяжці?
4. Скільки способів знаходження зусилля притиску ви знаєте?

5. Способи витягування ступінчатих деталей.

2.1.6 Відбортовка

Характер деформування заготовки. Зусилля деформування. Коефіцієнти відбортовки і фактори, які впливають на його величину. Вплив форм робочої частини пуансона на деформуюче зусилля, конфігурацію і точність розмірів горловини. Відбортовка з потоншенням. Галузь використання, переваги та недоліки, ступінь деформації.

Методичні вказівки

З'ясувати сутність процесу відбортовки. Знати особливості способів одержання отворів з різними шерохватими бічними поверхнями і їх вплив на вибір коефіцієнта відбортовки.

Знати можливий брак штамповок та способи його усунення при відбортовці.

[1, с.211-225; 2, с.266-272; 3, с.251-258].

Питання для самоперевірки

1. Особливості форми відбортованих пуансонів.
2. Різниця між відбортовками з потоншенням стінок і без потоншення.
3. Як визначається зусилля відбортовки?
4. Яку максимальну висоту відбортовки можливо отримати за одну операцію?

2.1.7 Обтиск, роздача, правка, ротаційна витяжка

Галузь використання. Характер деформування під час кожної операції. Поле напруг і деформацій в осередку деформації. Радіус вільного вигину заготовки при обтиску, роздачі на вході і виході з осередку деформації. Зусилля і робота деформування. Поняття про граничні коефіцієнти обтиску, роздачі. Особливості ротаційної витяжки.

Методичні вказівки

З'ясувати сутність процесів обтиску, роздачі, правки, ротаційної витяжки.

Треба знати умови використання спец обладнання, його можливості і відмінності.

Знати можливий брак штамповок та способи його усунення.

[1, с.182-208; 2, с.273-278; 3, с.233-344].

Питання для самоперевірки

1. Яку поверхню повинні мати при виконанні операції – правка – пуансон і матриця?
2. Яке обладнання використовують при ротаційній витяжці?
3. Галузь використання ротаційної витяжки?
4. Коефіцієнт роздачі більше одиниці чи менше?

2.1.8 Технологічні процеси холодного штампування і методи їх проектування

Технологічність штампуємих листових деталей. Проектування маршрутної технології і вибір обладнання. Технічне нормування робіт. Технологічна документація по холодному штампуванню. Основні технічні і економічні показники технологічних процесів холодного штампування.

Методичні вказівки

Ознайомитися з економічним обґрунтуванням способу виробництва штамповок. Навчитися визначати штучний час, собівартість штамповки в залежності від її форми, типу, маси, формообразуючого обладнання, програми випуску. Вміти розрахувати показники ефективності використання металу. Визначити у відсотковому відношенні складові собівартості виготовлення штамповок.

[10, с.1-50].

Питання для самоперевірки

1. Яку частину собівартості штамповки складають витрати на метал, інструмент (штампи), енергоносії?
2. Як розраховують штучний час виготовлення штамповки при виконанні штампувальних операцій?
3. Орієнтовані значення коефіцієнту використання металу в пресових цехах автомобільних заводів?
4. Оформлення технологічної документації згідно ЕСТД.

2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість

2.2.1 Дослідження листових матеріалів на придатність до формозмінюючих операцій.

2.2.2 Вплив величини зазору між матрицею і пуансоном на технологічне зусилля та якість поверхні зрізу при роздільних операціях.

2.2.3 Визначення зусилля, роботи та потужності при різанні в штампах з паралельними ріжучими кромками.

2.2.4 Визначення кута пруження після гнуття.

2.2.5 Визначення граничного коефіцієнта витягування листового матеріалу для штампування виробів.

2.2.6 Визначення граничного коефіцієнта відбортовки круглих отворів в листовому матеріалі.

2.2.7 Дослідження ротаційної витяжки.

2.2.8 Штампування еластичним середовищем.

2.2.9 Дослідження процесів гнуття плоскої заготовки.

Методичні вказівки

В лабораторних роботах вивчають особливості технологічних операцій холодного штампування, досліджують характер деформування заготовок, визначають зусилля, роботу та потужність, визначають граничні коефіцієнти при витягуванні та відбортовці, оволодівають методами експериментальних досліджень.

При підготовці до проведення лабораторних робіт слід користуватись навчальним посібником [13], методичними вказівками до курсових робіт [15], а також звернутись до відповідних розділів робочої програми.

2.3 Перелік практичних занять та їх тривалість

2.3.1 Маркірування листів, рулонів, полос, сорту, прокату.

2.3.2 Різання листового матеріалу на ножицях і в штампах.

2.3.3 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа.

2.3.4 Розкрій листового металу.

2.3.5 Визначення довжини розгортки деталі, пружності при гнутті.

2.3.6 Розробка технологічного процесу витягування деталі.

2.3.7 Основи технологічного нормування холодноштампувальних робіт.

2.3.8 Розробка і оформлення технологічної документації згідно ЕСТД.

Методичні вказівки

Ціль практичних занять — поглиблення та закріплення лекційного матеріалу.

Користуючись відповідними розділами навчальних підручників, посібників, довідників, стандартів тощо, студент розробляє технологічні процеси та робить необхідні розрахунки, розробляє поопераційне креслення штамповок.

2.4 Контрольні питання до тестового модульного контролю

2.4.1 Теоретичні знання по темі — роздільні операції листового штампування

Відрізування. Вирубання. Пробивання

Теоретичне зусилля відрізування матеріалу на ножицях з паралельно розташованими ножами (див. рис. 1а) визначається за формулою (2.1):

$$P = F\sigma_{зр} = LS\sigma_{зр} \quad (2.1)$$

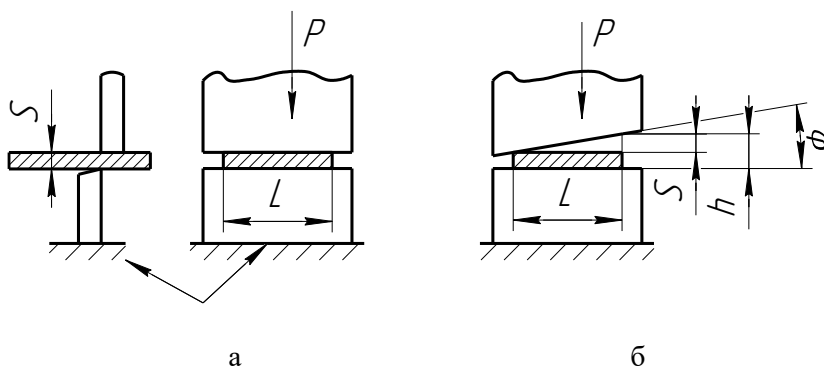
де F — площа зрізу, мм^2

$\sigma_{зр}$ — межа міцності на зріз $\left(\frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2}\right)$ або $\left(\frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}\right)$; визначаємо

по табл. 1

L — довжина відрізуемого матеріалу, мм

S — товщина матеріалу, мм .



а) з паралельними ножами; б) з верхнім похилим ножом (гільотинні)
Рисунок 2.1 - Схеми відрізування матеріалів на ножицях

Практичне зусилля відрізки матеріалу на ножицях з паралельними ножами визначається за формулою (2.2):

$$P_{\partial} = kR = kLS\sigma_{зр} \quad (2.2)$$

де k — поправочний коефіцієнт, враховуючий затуплення ріжучих крайок ножів, зміну зазору між ножами і. т.ін., $k=1,2\dots 1,3$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на ножицях з паралельними ножами, визначається за формулою (2.3)

$$A = \frac{cP_{\partial}S}{1000} \quad (2.3)$$

де c — коефіцієнт представляє собою відношення середнього зусилля відрізування до максимального, приймають c в залежності від товщини матеріалу:

S , мм.....<2	2-4	>4
C0,55-075	0,45-0,55	0,3-0,45

Таблиця 2.1 - Межа міцності на зріз $\sigma_{зр}$ різних матеріалів

Матеріал	$\sigma_{зр} \frac{\text{КГС}}{\text{ММ}^2}$ (Мпа)		Матеріал	$\sigma_{зр} \frac{\text{КГС}}{\text{ММ}^2}$ (Мпа)	
	М'якого (відпаленого)	Твердого (невідпаленого)		М'якого (відпаленого)	Твердого (невідпаленого)
Ст1	26 (254)	32 (314)	Латуні:		
Ст2	27 (264)	34 (333)	Л62	21(206)	30 (294)
Ст3	31 (304)	40 (392)	Л68	21 (206)	28 (274)
Ст4	34 (333)	42 (412)	Мідь	20 (196)	28 (274)
0,8кп	22 (216)	31 (304)	Цинк	12 (118)	20 (196)
10кп;10	25 (245)	32 (314)	Нейзільбер	32 (314)	50 (490)
15	28 (274)	36 (352)	Алюміній	10 (98)	15 (147)
20	32 (314)	40 (392)	Дюралюмін	22 (216)	38 (372)
25	34 (333)	44 (430)	Бронзи		
30	36 (352)	48 (491)	Олово-цинкова	-	48 (491)
35	40 (392)	52 (510)	Алюмінієва	52 (510)	-
40	45 (440)	56 (550)	Каргон		3 (29,4)
Леговані сталі	52 (510)	56 (550)	Целулоїд		5 (49)
40Х	60 (588)	66 (645)	Текстоліт		9 (88)
15ХГ	44 (430)	-	Пресшпан		7 (68,5)
20ХГС	57 (558)	66 (645)	Міканіт		10 (98)
30ХГСА	63 (615)	70 (685)	Фібра		17 (166,5)
25Н	40 (430)	-			
25НЗ	60 (588)	70 (685)			
50Г	63 (615)	70 (685)			

Потрібна потужність електродвигуна для ножиць визначається за формулою (2.4):

$$N_{\partial} = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta \cdot \eta_{пер}} \quad (2.4)$$

де n — число ходів повзуна ножиць (преса) в одну хвилину;

η — КПД ножиць (преса), $\eta = 0,5-0,7$; $\eta_{пер}$ — КПД

передачі, $\eta_{пер} = 0,8-0,9$

Теоретичне зусилля відрізування матеріалу на ножицях з похилим верхнім ножом (на гільйотинних ножицях) визначається за формулою (2.5)

$$P = \frac{0,5S^2 \cdot \sigma_{зр}}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (2.5)$$

де φ — це кут нахилу верхнього ножа, $\varphi = 4-9^\circ$.

Практичне зусилля відрізування матеріалу на гільйотинних ножицях визначається за формулою (2.6):

$$P_{\partial} = \kappa P = \frac{\kappa \cdot 0,5S^2 \cdot \sigma_{зр}}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (2.6)$$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на гільйотинних ножицях визначається за формулою (2.7):

$$A = \frac{P_{\partial} h}{1000} = \frac{P_{\partial} L \operatorname{tg} \varphi}{1000} [\text{кГс} \cdot \text{м}] \quad (2.7)$$

де h — шлях, пройдений ножом при відрізуванні матеріалу.
 $h = L \cdot \operatorname{tg} \varphi$

Зусилля відрізування матеріалу на дискових ножицях (рис. 2.2) визначається за формулою (2.8):

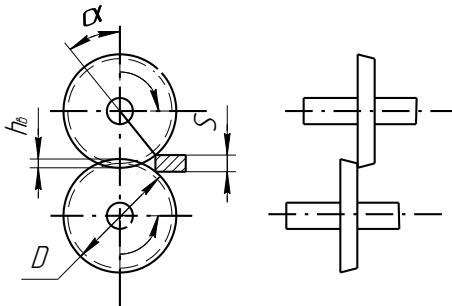


Рисунок 2.2 - Схема дискових ножиць

$$P_{\partial} = 0,5 \frac{h_g S \sigma_{3P}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2.8)$$

де h_g — глибина занурення ножа метала до моменту відколювання в залежності від твердості та пластичності матеріалу, $h_g = (0,2-0,5)S$;

α° — кут захвату ножиць:

$\frac{D-S}{D}$	0,995	0,990	0,980	0,975	0,970
α°	6	8	10	13	14

Діаметр дискових ножів, мм: $D \geq 25S$ для матеріалів великої товщини ($S > 4$ мм) і $D = 60S$ для матеріалів малої товщини ($S < 4$ мм).

Захід ножів, мм: $h_g = (0,2-0,3)S$ для сталі і латуні; $h_g = (0,3-0,5)$ для міді.

Крутячий момент дискового ножа, h_g (Дж), визначається за формулою (2.9):

$$M_k = 0,125 \kappa S^2 D (\cos \alpha) \sigma_{3P} \quad (2.9)$$

Зусилля відрізування матеріалу на вібраційних ножицях визначається за формулою (2.10):

$$P_{\partial} = \frac{S^2 \sigma_{3P}}{4 \operatorname{tg} \gamma} \quad (2.10)$$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на вібраційних ножицях, визначається за формулою (2.11):

$$A = \frac{P_{\partial} h \operatorname{tg} \gamma}{1000} \quad (2.11)$$

де h — хід ножа, $h = 2-3$ мм; γ — кут створу ножів, $\gamma = 24-30^{\circ}$.

2.4.1а Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості приклада, визначимо необхідно потужність електродвигуна при відрізання заготовки від листа зі сталі 30ХГСА, якщо товщина листа $S = 2$ мм, довжина різку $L = 1000$ мм. Обладнанням

служать гільйотинні ножиці. Кут похилу верхнього ножа $\varphi = 9^\circ$; число ходів повзуна в хвилину $n=20$; КПД передачі $\eta_{пер}=0,8$; $\eta=0,7$;

$$k=1,3; \sigma_{ЗР} = 70 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} (700\text{МПА});$$

Вирішення.

Практичне зусилля відрізування матеріалу

$$P_{\partial} = \frac{k \cdot 0.5 S^2 \cdot \sigma_{ЗР}}{tg \varphi} = \frac{1.3 \cdot 0.5 \cdot 2^2 \cdot 70}{0.158} = 1152 \text{ кгс} (12 \text{ кН})$$

Робота відрізування

$$A = \frac{P_{\partial} L tg \varphi}{1000} = \frac{1152 \cdot 1000 \cdot 0.158}{1000} = 182 \text{ кгм} (182 \text{ Дж})$$

Необхідна потужність електродвигуна

$$N_{\partial} = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta \cdot \eta_{пер}} = \frac{182 \cdot 20}{60 \cdot 102 \cdot 0.7 \cdot 0.8} = 1,06 \text{ кВт}$$

2.4.16 Контрольні питання по темі — відрізування, вирубання та пробивання

1. Знайти теоретичне зусилля, яке необхідне для відрізування штаби із картонного листа, якщо товщина листа 1,5 мм, довжина різі 800 мм. Ножиці, які використовуються для відрізування мають паралельно розташовані ножі.

2. Розрахувати теоретичне зусилля, необхідне для відрізування мідної пластини від листа, якщо товщина листа 4 мм. Обладнання — гільйотинні ножиці. Кут похилу верхнього ножа ножиць 6° .

3. Визначити зусилля, необхідне для одночасного розрізування м'якого латунного листа на 5 полос. Марка латуні Л68, товщина листа 0,8 мм. Обладнанням служать дискові ножиці з кутом захвату $\alpha = 10^\circ$. Глибина втиснення ножів до моменту сколювання металу $h_g = 0,4S$.

4. Розрахувати середню роботу, яку витратили при практичному зусиллі розрізування сталльної штаби на заготовки (матеріал — сталь 20), якщо товщина штаби 5 мм, довжина різання 500 мм. Обладнанням служать ножиць з паралельними ножами.

5. Знайти потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки від листа з алюмінію марки АМц, якщо товщина 4 мм, довжина різу 1200 мм. Обладнанням служать гільйотинні ножиці. Кут похилу верхнього ножа ножиць $\varphi = 7^\circ$, число ходів ножа в хвилину $n=15 \text{ хв}^{-1}$; $\eta_{пер} = 0,85$; $\eta = 0,8$.

6. Розрахувати потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки із листа міді марки М1, якщо товщина листа 2,5 мм, довжина розрізування 1420 мм. Обладнанням служать ножиці з паралельними ножами. Коефіцієнт, який враховує повноту заповнення графіка зусилля деформації $C=0,65$; $\eta_{пер} = 0,83$; $\eta = 0,8$, число ходів ножа в хвилину $n=30 \text{ хв}^{-1}$.

7. Визначити зусилля, необхідне для відрізування відходів з м'якого алюмінієвого листа товщиною 2 мм на вібраційних ножицях.

8. Визначити роботу, затрачену на відрізування матеріалу ст.20 товщиною $S=1,5$ мм на вібраційних ножицях.

9. Розрахувати потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки із листа сталь 08кп, якщо товщина листа $S=1$ мм. Обладнанням служать вібраційні ножиці, які мають $n=10000$ ходів/хв., $\eta_{пер} = 0,8$; $\eta = 0,9$.

10. Визначити крутячий момент, необхідний для одночасного розрізування сталюого листа на 3 штаби. Марка сталі 25, товщина листа 1,5 мм. Обладнанням служать дискові ножиці.

11. Знайти потрібну потужність електродвигуна при відрізуванні заготовки на дискових ножицях від листа із ст.30, товщина листа $S=0,75$, $\eta_{пер} = 0,85$. Кут захвата α° знайти самостійно, діаметри дискових ножів $D=60S$.

12. Знайти потрібну потужність електродвигуна, яка необхідна для відрізування штаби із сталюого листа ст.15 ХГ. якщо товщина листа $S=3$ мм, довжина різу $L=750$ мм. Ножиці, призначені для відрізування, мають паралельно розташовані ножі, які мають $n=120$ ходів в хвилину, $\eta_{пер} = 0,9$; $\eta = 0,85$.

13. Розрахувати практичне зусилля, яке необхідне для виготовлення восьмигранної шайби (рис. 2.3). Матеріал шайби —

ст.08кп. Вирубання та пробивання деталі проводиться штампом одночасно. Притискував рухомий, товщина заготовки $S = \text{мм}$.

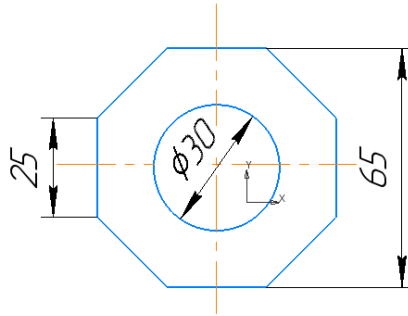


Рисунок 2.3 - Деталь - восьмигранна шайба

14. В деталі пробивають три отвори: два прямокутного перерізу із сторонами 15 і 30 мм, а третій — круглий діаметром 15 мм. Матеріал — текстоліт товщиною 2 мм. Визначити роботу, затрачену на деформацію металу.

15. Розрахувати практичне зусилля, яке необхідне для виготовлення шайби. Діаметри шайби, мм: зовнішній — 40, внутрішній — 20. Товщина заготовки $S=1$ мм. Матеріал — алюміній АМц. Штамп послідовної дії.

16. Знайти потужність електродвигуна преса, яка необхідна для виготовлення деталі (рис. 2.4). Матеріал — ст.35 товщиною $S=3$ мм, число ходів преса за хвилину $n=60$. Коефіцієнт при визначенні потужності $c=0,7$; $\eta_{пер}=0,86$; $\eta=0,8$.

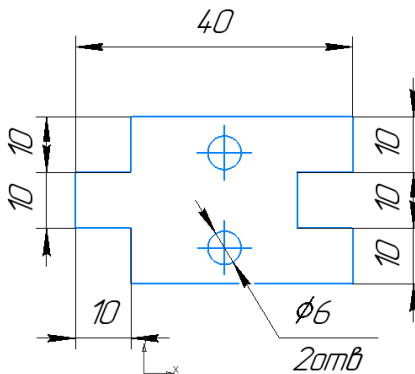


Рисунок 2.4 - Деталь - пластина

17. На заводі встановлений прес зусиллям $P_n=2500$ кН. Визначити, чи досить цього зусилля для одночасного пробивання 10 отворів діаметром $d = 40$ мм; в металевій планці товщиною $S = 4$ мм, якщо $\sigma_{зр} = 600$ МПа. Якщо зусилля преса буде не достатньо для одночасного пробивання десяти отворів, то яку геометрію інструмента Ви пропонуєте?

18. На пресі штамнують деталь з міді марки М1 (рис. 2.5). Розрахувати роботу, яка витрачається на виготовлення деталі, якщо вирубання зовнішнього контура та пробивання отворів проводиться одночасно. Коефіцієнт при визначенні роботи $\lambda = 0,5$.

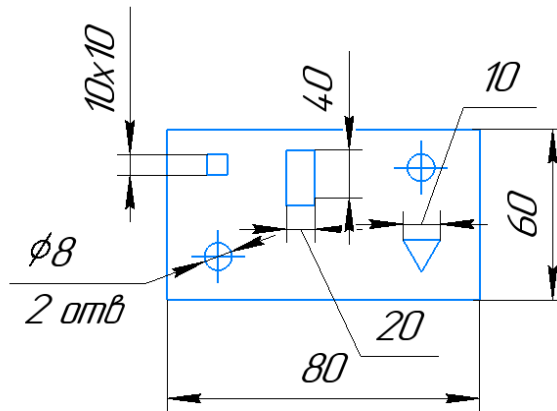


Рисунок 2.5 - Деталь - пластина

19. Деталь, яка має отвір розмірами 50x150 мм, виготовляється із сталі 15ХГ, товщиною 3 мм за допомогою штампа із скривленою ріжучою кромкою на пуансоні. Висота скошу пуансона дорівнює товщині пробиваємого отвору. Розрахувати практичне зусилля та роботу деформації.

20. Знайти потрібну потужність електродвигуна преса для пробивання прямокутного отвору розмірами 20x60 в пластині з розмірами 50x100 мм, товщиною $S = 2$ мм, матеріал ст. 10. Висота скошу пуансона дорівнює двом товщина деталі. Деталь пробивається на кривошипному пресі з номінальним зусиллям $P_n = 400$ кН; число ходів преса за хвилину $n=60$; ККД передачі $\eta_{пер} = 0,85$; $\eta = 0,5$.

21. Визначити геометрію пуансонів для вирубання контуру розмірами 80x140 мм, пробивання 20 отворів $d=10$ мм, матеріал ст.15, товщина $S=3$ мм. Деталь виготовляється в штампі послідовної дії, на пресі зусиллям $P_n = 630$ кН.

22. Розрахувати зусилля проштовхування вирубаємої круглої деталі через матрицю. Деталь штампують із змащенням матеріалу із відпаленої міді М1 товщиною $S = 4$ мм. Висота циліндричного пояска матриці 20 мм. Діаметр деталі 20 мм.

23. Знайти зусилля вирубання деталей пуансоном повнішим матриці товщиною 4 мм. Периметр вирубаємої деталі 400 мм.

24. Визначити зусилля, необхідне для зачистки вирубленої деталі із латуні товщиною 4 мм. Периметр вирубаємої деталі 400мм.

25. Визначити зусилля вирубання деталей за допомогою гуми. Матеріал дюралюміній марки Д16 товщиною 0,8 мм. Площа деталі, на яку тисне гума, дорівнює 125 см^2

2.4.2 Теоретичні знання по темі — розкрій листа, стрічки

Розкром називається найбільш вигідне (з технологічної та економічної точки зору) розміщення контурів, що вирубуються на штабі або стрічці матеріалу.

Перемичками називають найменшу відстань від краю штаби до вирубаного контуру «в» та найменшу відстань між сусідніми контурами «а» рис. 2.6

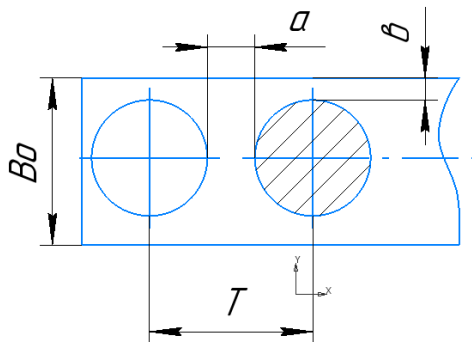


Рисунок 2.6 - Зразок розкрою деталі

Перемичка «в» повинна бути на 15-20% більше перемички «а». Величини перемичок істотно впливають на процес вирубання та

якість виробів. Перемички є непродуктивною витратою матеріалу, тому їх величини повинні бути мінімальними.

Показником, який характеризує економічність та раціональність розкрою є так називає мий коефіцієнт використання матеріалу

$$KBM = \eta = \frac{F_o}{F_3} \cdot 100 \quad (2.12)$$

де F_o — корисна поверхня деталі, мм^2 ;

F_3 — поверхня заготовки, мм^2 .

Розкрій може бути з відходами (рис. 2.7 а, б, в, г, ж, з, і) і безвідходний (рис. 2.7 д, е). Коефіцієнт використання матеріалу при безвідходному розкрою близький до 100%.

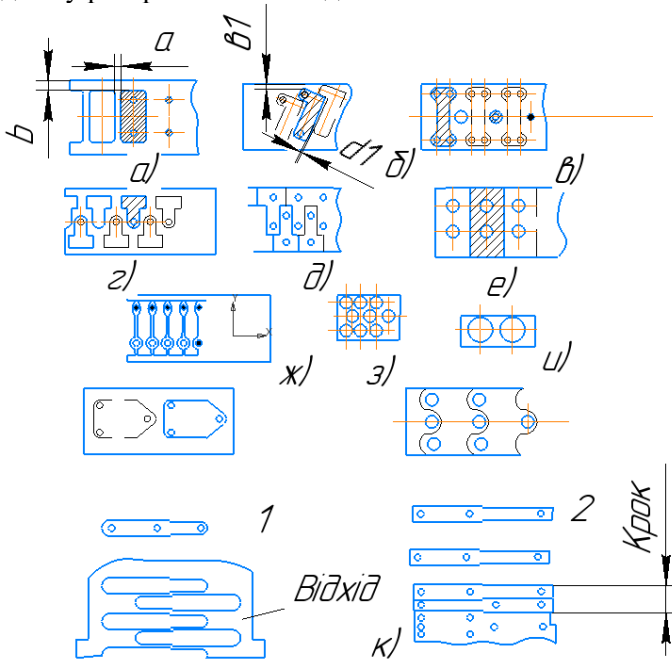


Рисунок 2.7 - Розкрій матеріалу

В результаті конструктивної зміни деталі можливо значно скоротити відходи.

Круглі деталі вирубають в один чи декілька рядів (рис. 2.7, з, и.).

Найбільш вигідний розкрій для круглих деталей — багаторядний, шаховий. Коефіцієнт використання металу при однорядному паралельному розташуванні круглих контурів на штабі (див. рис 2.6), визначають за залежністю:

$$KBM = \eta = \frac{F_o}{F_3} = \frac{0,785D^2}{B_o \cdot T} = \frac{0.785D^2}{(D + 2b)(D + a)} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

Аналогічно можна визначити $KBM = \eta$ при двох та n — рядному розкрої. Чим більша кількість рядів, тим більший коефіцієнт використання металу.

При вирубанні фігурних деталей, знаходження раціонального способу їх розташування на штабі аналітичним шляхом, вельми утруднено, в деяких випадках неможливо. Тому потрібно користуватися графічним методом, який полягає у наступному.

Із паперу, або кальки вирізають декілька шаблонів фігур, які вирубуються. Потім, надаючи шаблоном різне взаємне розташування (утримуючи перемички), визначають площу заготовки, яка витрачається на одну деталь. Розташування фігур при якому отримуються найменші витрати матеріалу на один виріб і визначає найкориснішу схему розкрою.

Розрізняють наступні основні види розкрою при вирубанні фігурних деталей: прямий розкрій (рис. 7, а, е), похилий (рис. 7, б), зустрічний (рис.7, г, д), комбінований (рис.7, в), багаторядний (рис.7, з), з вирізанням перемички (рис. 7,ж). Прямий розкрій використовують для деталей простої форми — прямокутний або квадратний, похилий — для деталей F образної форми, зустрічний прямий та зустрічний похилий для деталей T -, Π - і Ш - образної форми.

Листи вирізають на штаби в поперечному і повздовжньому напрямках. Лист гарячекатаний і холоднокатаний з сталі вуглецевої якісної і загального призначення по технічним вимогам ГОСТ16523-70 (СТ СЭВ2212-80, СТ СЭВ3919-82) виготовляються з сталей марок по ГОСТ1050-80. Приклад позначення [15]:

$$\text{Лист} \frac{B - \text{ПН} - \text{НО} - 1,0 \times 1000 \times 2000 \text{ ГОСТ} - 19904 - 74}{3 - \text{Ш} - \text{Н} - 20 \text{ ГОСТ} 16523 - 70} - \text{лист}$$

холоднокатаний,

Звичайна точність (В), нормальна плоскостність (ПН), необрізаний (НО), товщина 1,0 мм, габарити 1000x2000 мм, з сталі категорії 3 по контролюємим властивостям, якість поверхні по групі (Ш), для нормальної витяжки (Н), марка сталі 20, властивість матеріала і якість поверхні — по ГОСТ16253-70.

Стрічка 08кп-ОМ-ВПШ-1-К-А 03x60 ГОСТ503-81 — стрічка з мало вуглецевої сталі марки 08кп, особливо м'яка (ОМ), висока точність по товщині і підвищена по ширині (ВПШ), з обрізаною кромкою, група оброблення поверхні 1, з контролем мікроструктури (к), по серповидності клас А, товщина 0,3мм, ширина 60 мм.

При виборі розкрою листа розраховують як величину відходів, так і можливість їх використання для виготовлення других заготовок.

Кафедра ОМТ має програмний продукт «РОМ», який дозволяє з допомогою ЭОМ знаходити оптимальний розкрій листа включаючи шахматний.

Величини перемичок таблиця 2 залежать від товщини і твердості матеріалу, розмірів і форми вирубаємих деталей, типа упора і других факторів.

Таблиця 2.2 - Найменші значення перемичок

Товщина матеріалу, мм	Ширина перемичок, мм		Товщина матеріалу, мм	Ширина перемичок, мм	
	a i b	a ₁ i b ₁		a i b	a ₁ i b ₁
0,3	1,4	2,3	2,5	1,8	2,8
0,5	1,0	1,8	3,0	2,0	3,0
1,0	1,2	2,0	3,5	2,2	3,2
1,5	1,4	2,2	4,0	2,5	3,5
2,0	1,6	2,5			

2.4.2a Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу визначимо оптимальний коефіцієнт використання металу, при вирубанні заготовки Ø100 зі сталі ст.08кп, товщиною S=2 мм

Вирішення.

Згідно рис.6 і табл.1 знайдемо ширину штаби — W_0

$$W_0 = (D+2b) = 100 + 2 \cdot 1,6 = 103,2 \text{ мм.}$$

Візьмемо лист розміром $2 \times 1000 \times 2000$ зі сталі ст.08кп.

Визначимо коефіцієнт використання металу при повздовжньому розрізі листа див рис. 2.8а.

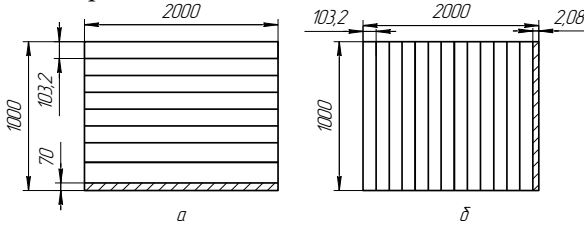


Рисунок 2.8 – Варіанти розкрій матеріалу

$$\eta_{нов} = \frac{F_{\partial} \cdot n_1 \cdot n_2}{F_{л}} = \frac{0,785 \cdot 100^2 \cdot 9 \cdot 19}{1000 \times 2000} = 0,67$$

$$n_1 = \frac{1000}{103,2} = 9,68 \text{ приймаю } n=9$$

$$n_2 = \frac{2000}{101,6} = 19,68 \text{ приймаю } n=19$$

$$\eta_{нон} = \frac{F_{\partial} \cdot n_3 \cdot n_4}{F_{л}} = \frac{0,785 \cdot 100^2 \cdot 9 \cdot 19}{1000 \times 2000} = 0,67$$







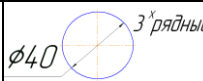

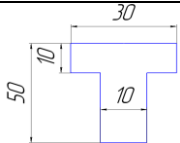
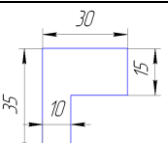
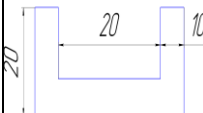
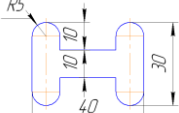
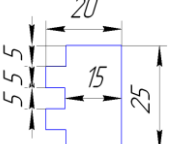
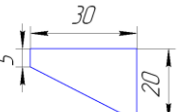
$$n_1 = \frac{2000}{103,2} = 19,37 \text{ приймаю } n=19$$

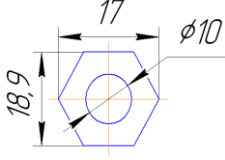
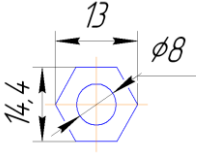
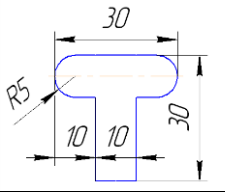
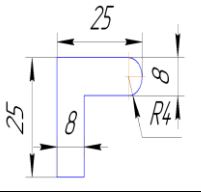
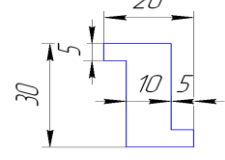
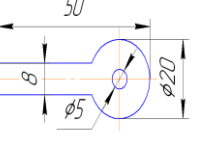
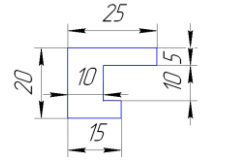
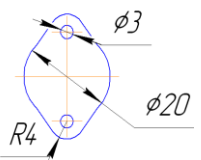
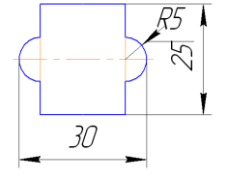
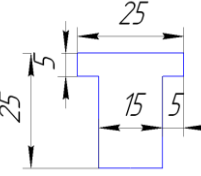
$$n_4 = \frac{1000}{101,6} = 9,84 \text{ приймаю } n=9$$

При рівних значеннях $\eta_{нов} \approx \eta_{нон}$, приймаємо за оптимальний повздовжній розкрій, так як він дозволяє одержати більшу продуктивність.

2.4.2б Контрольні питання по темі — розкрій листа №2

Таблиця 2.3 - Завдання. Визначити оптимальний розкрій листа для деталей

№	Матеріал	S, м	Ескіз	№	Матеріал	S, мм	Ескіз
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Л.62	1.5		13	Ст. 10	1.0	
2	Ст. 15	2.0		14	Л.62	2.5	
3	Ст. 20	2.5		15	М1	4.0	
4	Ст.30	3.0		16	АМц	3.0	
5	АМц	1.0		17	Ст.10	4.0	
6	АМц	0.5		18	Ст.10	1.5	
7	М1	1.0		19	Ст.20	3.5	

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Ст.10	5.0		20	Ст.10	6.0	
9	Ст.15	4.0		21	АМЦ	4.0	
10	Ст.20	0.8		22	Ст.10	1.5	
11	АМЦ	1.0		23	М1	3.0	
12	М1	2.0		24	Ст.10	2.0	

2.4.3 Теоретичні знання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць

Виконавчі розміри матриць і пуансонів обумовлені розмірами штампуемого виробу і заданою точністю їх виконання. Крім того, при розрахунках виконавчих розмірів враховуються:

- розміри зовнішнього контура виробу (визначається, матрицею) і отвору (визначається пуансоном);
- розмір зазору та його напрямок;
- характер зносу матриці і пуансона.

При вирубанні круглих виробів або пробиванні круглих отворів, робоче вікно матриці по мірі зносу збільшується; пуансон коли зношується, зменшується. При штампуванні не круглого контура методика встановлення виконавчих розмірів матриць і пуансонів та же, що і для круглих заготовок. Оскільки інструмент зношується «в тіло», розміри окремих елементів контуру інструмента (виступи і впадини) в процесі штампування змінюються по різному, одні розміри — збільшуються, другі — зменшуються, треті — залишаються незмінними. Точність штампування вирубанням — пробиванням може бути забезпечена по 10-14-му якості.

В машинобудуванні прийнята система отвору.

Розрахунок виконавчих розмірів матриць і пуансонів при вирубанні (рис. 2.9а) і пробиванні (рис. 2.9б) проводиться відповідно схемам розміщення допусків на деталь.

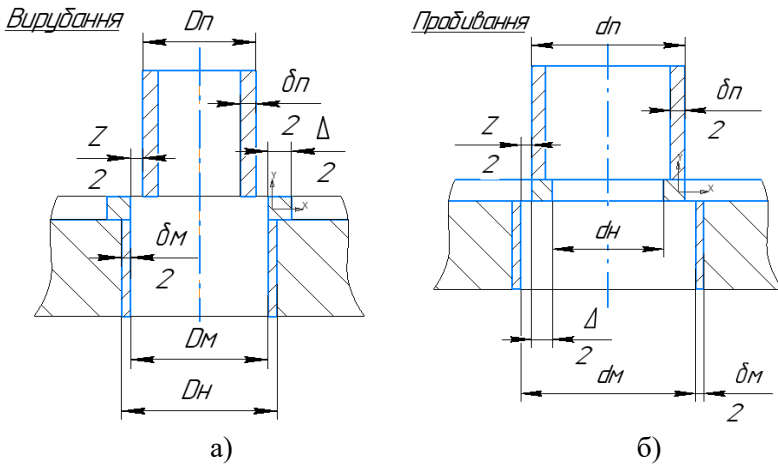


Рисунок 2.9 – Схеми розрахунку виконавчих розмірів

$$D_M = (D_H - \Delta)^{+\delta_M}$$

$$d_{\Pi} = (d_H + \Delta) - \delta_{\Pi}$$

$$D_{\Pi} = (D_M - z) = (D_H - \Delta - z) - \delta_{\Pi}$$

$$d_M = (d_{\Pi} + z) = (d_H + \Delta + z)^{+\delta_M}$$

$$\delta_M = H7; \delta_{\Pi} = h7;$$

При вирубанні матеріала $S > 2\text{мм}$ допускається приймати $\Delta' = (0,6 - 0,8)\Delta$.

У випадку відсутності даних по « Δ » допуску на виріб, його можна приймати по H14 чи h14. Зазори при вирубанні можна приймати $z = (0,05 - 0,1)S$

2.4.3а Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості приклада, знайдемо виконавчі розміри пуансонів та матриць при вирубанні шайби рис. 2.10, матеріал ст..08кп.

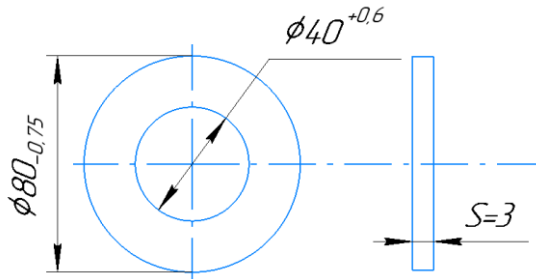


Рисунок 2.10 – Вихідна деталь - шайба

Знайдемо виконавчі розміри вирубної матриці та пуансона для вирубання контура $\text{Ø}80_{-0,75}$

$$D_M = (80 - 0,8\Delta) = (80 - 0,8 \cdot 0,75)^{+0,03} = 79,4^{+0,03}$$

$$D_{\Pi} = (D_M - z) = (79,4 - 0,1 \cdot 3)_{-0,03} = 79,1_{-0,03}$$

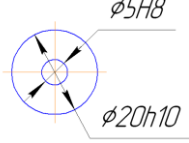
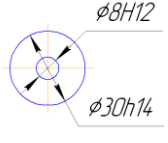
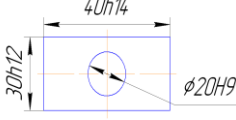
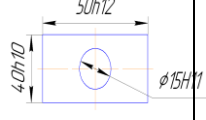
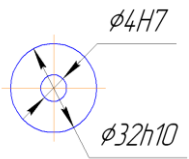
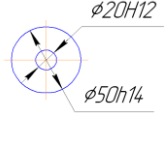
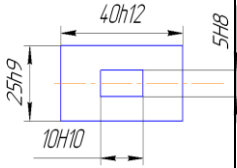
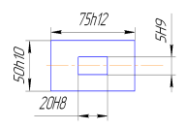
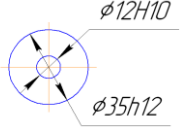
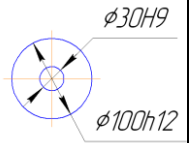
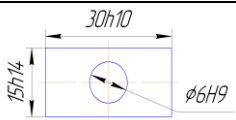
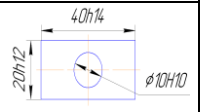
Знайдемо виконавчі розміри матриці та пуансона для пробивання отвору $\text{Ø}40^{+0,6}$

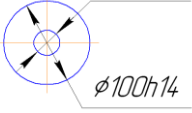
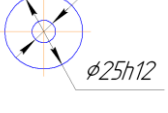
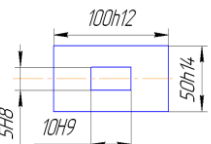
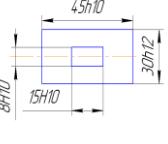
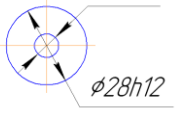
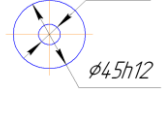
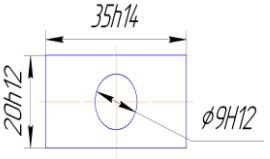
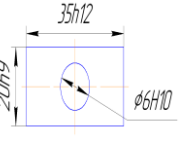
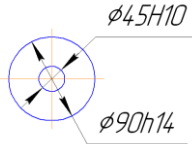
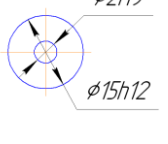
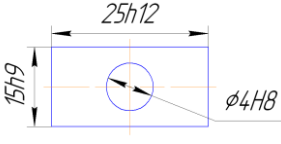
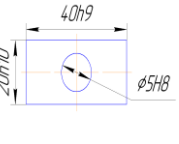
$$d_{\Pi} = (40 + 0,7 \cdot 0,6) = 40,42_{-0,025}$$

$$d_M = (d_{\Pi} + z) = (40,42 + 0,1 \cdot 3) = 40,72^{+0,025}$$

2.4.3б Контрольні питання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць №3

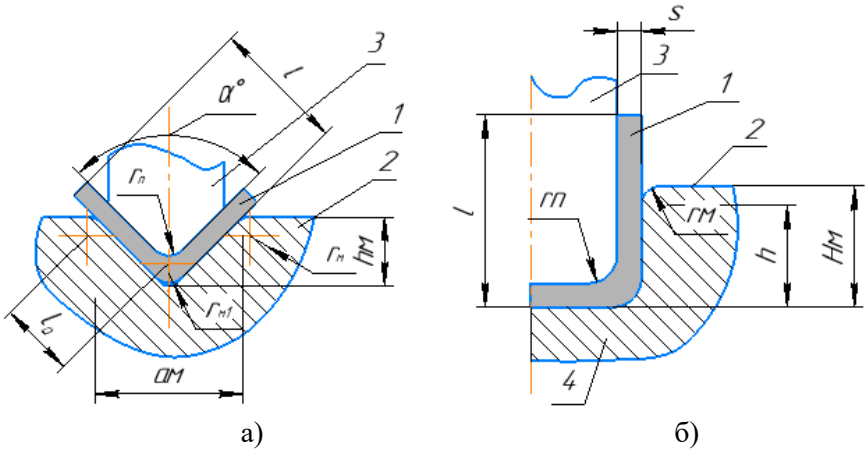
Таблиця 2.4 Завдання. Знайти виконавчі розміри пуансонів і матриць при пробиванні отвору та вирубанні контура для деталей (табл. 2.3)

№	Матер.	S, мм	Ескіз	№	Матер.	S, мм	Ескіз
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ст.10	0.5		13	Ст. 25	1.5	
2	Ст. 15	0.75		14	Ст.30	2.0	
3	Ст. 20	1.0		15	АМц	2.5	
4	Ст.25	1.5		16	Л62	3.0	
5	Ст.30	2.0		17	М1	3.5	
6	Ст.0.8	2.5		18	Ст.0.8	4.0	

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Л62	3.0	 <p>$\phi 50H12$ $\phi 100h12$ $5h8$</p>	19	Ст.10	4.5	 <p>$\phi 8H8$ $\phi 25h12$ $8h10$</p>
8	М1	3.5	 <p>$100h12$ $50h14$ $5h8$ $10h9$</p>	20	Ст.15	5.0	 <p>$45h10$ $30h12$ $8h10$ $15h10$</p>
9	АМц	4.0	 <p>$\phi 3H9$ $\phi 28h12$ $5h8$</p>	21	Ст.20	1.0	 <p>$\phi 5H9$ $\phi 45h12$ $8h10$</p>
10	Ст.10	5.0	 <p>$35h14$ $20h12$ $\phi 9H12$ $5h8$</p>	22	Ст.25	1.5	 <p>$35h12$ $20h9$ $\phi 6H10$ $8h10$</p>
11	Ст.15	0.75	 <p>$\phi 45H10$ $\phi 90h14$ $5h8$</p>	23	Ст.30	2.0	 <p>$\phi 2H9$ $\phi 15h12$ $8h10$</p>
12	Ст.20	1.25	 <p>$25h12$ $15h9$ $\phi 4H8$ $5h8$</p>	24	Ст.10	2.5	 <p>$40h9$ $20h10$ $\phi 5H8$ $8h10$</p>

2.4.4 Теоретичні знання по темі – гнуття

Гнуті деталі на одно-, дво- та багато кутів. Однокутові деталі з кутом α між полицями можна гнути в V — подібному штампі (рис. 2.11 а)



а) — V-подібне гнуття, б) — П- подібне гнуття

Рисунок 2. 11 - Схема штампів

Двокутові деталі чи напівфабрикати одержують одночасним гнуттям обох кутів чи кожного окремо за однією із наведених вище схем. Для визначення розмірів заготовки перетин гнутої деталі, перпендикулярний лінії гнуття, розділяють на прямолінійні та криволінійні частини. Для цього з центра закруглення кожного кута ві радіуса R_i (див. рис. 2.12)

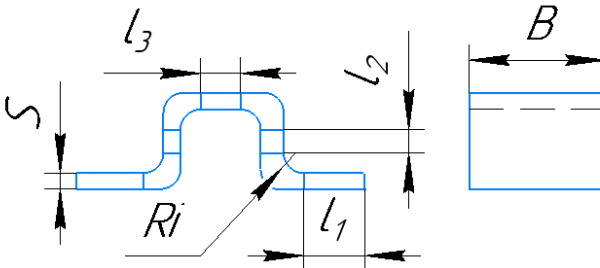


Рисунок 2.12 - Схема розрахунку центра закруглення кута

опускають перпендикуляри на прямолінійні сторони перетину. Відстані між основами двох перпендикулярів до однієї сторони або

від основи перпендикуляра до краю деталі дають довжину прямолінійних частин. Довжина їх при гнутті не змінюється. Довжину частин заготовки яз якої утворюється кожна криволінійна частина деталі, визначаються за формулою [2, с.60]

$$l_i = \frac{\pi \alpha i}{180} (ri + xs) \quad (2.14)$$

де x — відстань в долях товщини заготовки від внутрішньої поверхні криволінійної частини до нейтрального за деформаціями шару металу. Ця величина залежить від умов деформування та відносного радіуса r/s . Для сталей 10, 20 при $\alpha=90^\circ$ коефіцієнт « x » має наступні значення в залежності від відносного радіуса величину:

$\frac{r}{s}$	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	10
x	0,36	0,38	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,5

Загальну довжину плоскої заготовки в перетині, який розглядався вище, можна знайти за формулою

$$L_{заг} = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{i=1}^m l_i \quad (2.15)$$

Довжина заготовки для гнуття деталі кільця з товстолистового металу $\frac{D_\delta}{S} > 10$

$$L_{заг} = \pi(D_\delta + S) + 2L_{np} \quad (2.16)$$

де D_δ - внутрішній діаметр кільця;

L_{np} - припуск на підрізку краю для одержання рівного стиску.

Пружність при гнутті, яка призводить до зміни кута між полицями деталі порівняно з відповідним кутом штампу, оцінюють величиною

$$\beta = \alpha_\delta - \alpha_{ш} \quad (2.17)$$

де α_δ - кут між полицями деталі після гнуття;

$\alpha_{ш}$ - відповідний кут робочих частин штампу.

При вільному гнутті V-подібних деталей [2]

$$tg\beta = 0,75 \frac{\sigma_S}{E} \cdot \frac{a_M}{(1-x)S} \quad (2.18)$$

де σ_S - межа текучості;

E - модуль пружності металу, що гнеться;

a_M - відстань між центрами округлень матриці рис.2.11, числові значення приведені [1].

При вільному гнутті П-подібних деталей

$$tg\beta = 0,75 \frac{\sigma_S}{E} \cdot \frac{r_M + r_n + 1,25S}{(1-x)S} \quad (2.19)$$

де r_M, r_n - радіуси скруглення матриці і пуансона.

Розміри робочої частини матриці при П- подібному гнутті наведені в таблицях 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 - Розміри профілю матриці для гнуття П- подібних деталей з неповним опусканням полиць в матрицю [1]

l, мм	Товщина матеріалу S, мм									
	до 0,5		0,5-2,0		2-4		4-5		5-6	
	r_M	h_M	r_M	h_M	r_M	h_M	r_M	h_M	r_M	h_M
до 10	2	6	3	10	4	10	-	-	-	-
10-20	2	8	4	12	5	15	5	20	-	-
20-35	2	12	4	15	5	20	5	25	-	-
35-50	3	15	4	20	6	25	5	30	-	-
50-75	3	20	5	25	6	30	5	35	6	35
75-100	-	-	5	30	8	35	5	40	6	40
100-150	-	-	5	35	8	40	5	50	6	50
150-200	-	-	5	45	8	50	5	60	6	65

Таблиця 2.6 - Розміри профілю матриці для гнуття П- подібних деталей з повним опусканням полиць в матрицю [1]

S, мм	r_M , мм	h_M , мм	S, мм	r_M , мм	h_M , мм
До 1	3	1+6	3-4	9	1+15
1-2	5	1+9	4-5	10	1+18
2-3	7	1+12	5-7	12	1+25

Зусилля вільного гнуття можна визначити за формулою [1]

$$P_{\Gamma} = B_{\Gamma} S K_{\Gamma} \sigma_B \quad (2.20)$$

де B_{Γ} - сумарна довжина всіх ліній гнуття в даній операції.

K_{Γ} - коефіцієнт, який враховує відносний радіус гнутої деталі r/S , значення якого наведені в таблиці 2.7.

σ_B - межа міцності матеріалу деталі.

Таблиця 2.7 - Коефіцієнт K_{Γ}

r/S	K_{Γ}	r/S	K_{Γ}
Понад 0,1 до 0,2	0,70	1,5-2,0	0,31
0,2-0,25	0,66	2,0-3,0	0,25
0,25-0,30	0,60	3-4	0,20
0,30-0,40	0,56	4-5	0,15
0,40-0,50	0,54	5-6	0,13
0,50-0,60	0,50	6-7	0,11
0,60-0,70	0,48	7-8	0,10
0,70-1,0	0,43	8-9	0,09
1,0-1,2	0,38	9-10	0,08
1,2-1,5	0,34	>10	0,08

Якщо зусилля здійснюється з притисканням, то зусилля притискання [1]

$$P_{III} = (0,25 - 0,30) P_{\Gamma} \quad (2.21)$$

Зусилля штампування при вільному гнутті

$$P_{III} = P_{\Gamma} + P_{III} \quad (2.22)$$

Якщо гнуття виконують з калібруванням, то зусилля [1]

$$P_{III} = Fq \quad (2.23)$$

де F - площа проекції поверхні деталі, яка контактує з пуансоном, на площину, перпендикулярну напрямку дії зусилля;

q - тиск калібрування, який визначають за даними експериментів, $q=80-120$ МПа- для сталі; $q=30-60$ МПа- для алюмінію; $q=60-100$ МПа- для латуні.

Зусилля преса для штампування гнутих деталей

$$P_{II} = K_{III} P_{III} \quad (2.24)$$

де $K_{III}=1,1-1,15$ при вільному гнутті;

$K_{III}=1,5$ при гнутті з калібруванням на кривошипних пресах.

Роботу гнуття можна визначити за формулою

$$A_G = (0,33...0,5) P h_p \quad (2.25)$$

де h_p - робочий хід пуансона, який приймають рівним глибині матриці.

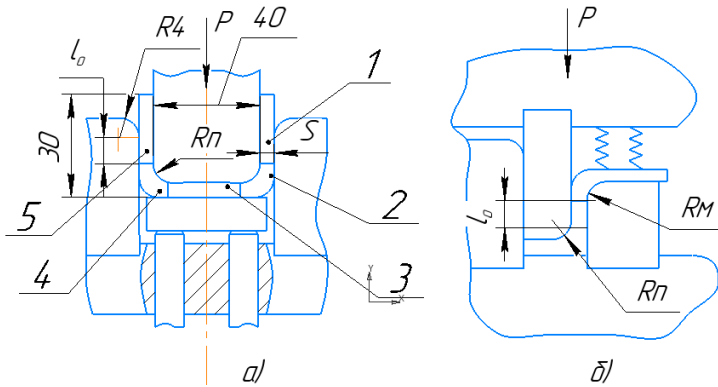
Ці дані використовують для вибору штампувального обладнання при гнутті деталей в кожній операції.

Потужність електродвигуна визначається:

$$N = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta_{пер} \eta_{ц}} \quad (2.26)$$

2.4.4а Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу, знайдемо довжину плоскої заготовки в перетині див. рис. 2.13а, потужність електродвигуна, а також кут пружності. Матеріал заготовки ст.10, товщина $S=2$ мм, радіус пуансона $R_{II}=5$ мм, межа міцності -300 МПа, межа текучості – 250 МПа, ширина полиці $B=30$ мм.



а- при П-образному гнутті; б- при Г-образному гнутті.
Рисунок 2.13 - Схема переміщення пуансонів в матрицю

Згідно рис. 2.13а виріб розбиваємо на 5 ділянок.

Загальну довжину заготовки знайдемо за формулою (2.15)

$$L_{3A\Gamma} = 2l_1 + 2l_2 + l_3$$

де $l_1 = 30 - 5 - 2 = 23 \text{ мм}$;

$$l_2 = 2,75(5 + 0,45 \cdot 2) = 9,26 \text{ мм};$$

$$l_3 = 40 - 2 \cdot 5 = 30 \text{ мм}.$$

$$L_{3A\Gamma} = 2 \cdot 23 + 2 \cdot 9,26 + 30 = 94,5 \text{ мм}.$$

Знайдемо зусилля гнуття за формулою (20)

$$P_{\Gamma} = 2BSK_{\Gamma}\sigma_B = 20 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 0,25 \cdot 300 = 9000 \text{ Н}.$$

У нашому випадку гнуття виконується з притисанням, то зусилля притисання знайдемо за формулою (2.21)

$$P_{III} = (0,25 - 0,30)P_{\Gamma} = 0,3 \cdot 9000 = 2700 \text{ Н}$$

Загальне зусилля штампування складає

$$P_{III\Gamma} = P_{\Gamma} + P_{III} = 9000 + 2700 = 11700 \text{ Н}$$

Зусилля преса для штампування знайдемо за формулою (2.24)

$$P_{ПП} = K_{ПП} P_{ППГ} = 1,5 \cdot 11700 = 17550 \text{ Н}$$

Роботу гнуття визначаємо за формулою (2.25)

$$A_{Г} = (0,33 \dots 0,5) P h_p = 0,4 \cdot 17550 \cdot 20 = 140400 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 140,4 \text{ Нм} = \\ = 140,4 \text{ Дж}$$

$$h_p = h_M = 20 \text{ мм} \text{ згідно таблиці 2.4.}$$

Згідно зусилля гнуття вибираємо кривошипний прес моделі

$$K2114 \quad P_H = 25 \text{ кН}, n = 200 \text{ мин}^{-1}$$

Потужність електродвигуна, визначимо за формулою (2.26)

$$N = \frac{140,4 \cdot 200}{60 \cdot 1020 \cdot 0,8 \cdot 0,7} = 0,81 \text{ кВт}.$$

Знайдемо кут пружності за формулою (19)

$$\text{tg} \beta = 0,75 \frac{250}{2,2 \cdot 10^5} \cdot \frac{5 + 5 + 1,252}{(1 - 0,45)^2} = 0,00968 \quad \beta = 0^\circ 32'.$$

2.4.4б Контрольні питання, задачі та вправи по даному розділі

1. Знайти довжину штабової заготовки, яка необхідна для виготовлення скоби (рис.1), якщо прямолінійні дільниці цієї деталі довжиною $L_1=120$ мм, $L_2=130$ мм, $L_3=600$ мм, внутрішні радіуси вигину $R_1=40$ мм, $R_2=60$ мм, товщина заготовки $S=40$ мм, а кути вигину 90° .

2. Визначити довжину заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі типу скоба з двома кутами 90° . Довжина прямолінійних бічних полок $L_1=200$ мм, а центральної – 500 мм, товщина полоси $S=30$ мм, внутрішній радіус вигину $R=60$ мм.

3. Розрахувати зусилля гнуття П-образної деталі з притиском матеріалу, якщо розмір заготовки впродовж лінії вигину $B=150$ мм, товщина заготовки $S=20$ мм.

4. Розрахувати довжину плоскої заготовки для гнуття кільцеобразної деталі, якщо внутрішній діаметр кільця 20 мм, а товщина $S=2$ мм.

5. Деталь з двома вигинами під кутом 90° і трьома полками довжиною 60, 80, 125 мм штампують з під чеканкою матеріалу в кутах. Товщина заготовки $S=4$ мм. Знайти її довжину.

6. Розрахувати довжину плоскої заготовки для гнуття кільця образної деталі, якщо внутрішній діаметр кільця 30 мм, а товщина $S=3$ мм.

7. Симетричну деталь товщиною 5 мм штампують з двома вигинами під кутом 45° . Дві бічні прямолінійні полки цієї деталі довжиною по 50 мм, а з'єднує їх полка - 150 мм. Визначити довжину заготовки.

8. Цеху доручено виготовити партію деталей з двома вигинами під кутом 180° . Довжина малих полок деталі по 30 мм, а більшої 225 мм. Товщина заготовки 3 мм. Розрахувати її довжину.

9. Розрахувати кут пруження деталі при гнутті V- образної форми із алюмінію, якщо внутрішній радіус гнуття 10 мм, товщина матеріалу 2 мм, кут гнуття деталі 60° . V- образну (однокутову) деталь вигинають під кутом 90° .

10. Визначити кут пуансона і матриці гнуттєвого штампа, при якому деталь одержується з потрібним прямим кутом. Внутрішній радіус гнуття 3 мм, товщина матеріалу 1,5 мм. Матеріал – ст. 08 КП.

11. Визначити зусилля гнуття сталеві П- образної деталі з притиском матеріалу, якщо радіуси, мм: матриці - 25, пуансона - 15, товщина матеріалу 6 мм, розмір заготовки впродовж лінії вигину 500 мм, межа міцності матеріалу 400 МПа.

12. Знайти зусилля, яке необхідне для одночасного гнуття та калібрування латунної V- образної деталі з розмірами полки 40x20. питоме зусилля калібрування 100 МПа.

13. Розрахувати повне переміщення пуансона в матрицю і роботу, яку витрачаємо при гнутті сталеві деталі, якщо радіуси, мм: $R_M=15$, $R_{II}=5$, відстань між їх центрами (див. Рис 13) $l_0=80$, зусилля, яке витрачаємо при гнутті, складає $P=100$ КН. коефіцієнт $\lambda=0,5$ при визначенні роботи.

14. Розрахувати потужність електродвигуна преса, яка необхідна для гнуття деталі (рис. 2.14). матеріал деталі – алюміній АМц, число ходів преса за хвилину $n=40$; ККД передачі $\eta_n=0,8$; ККД циклу $\eta_{ц}=0,5$.

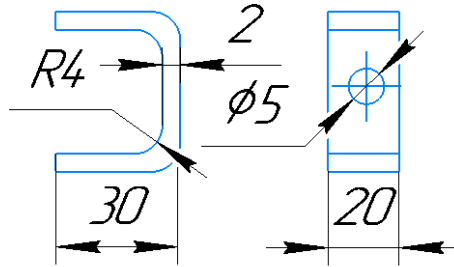


Рисунок 2. 14 - Деталь - скоба

Визначити геометрію пуансона і матриці гноттєвого штампа, який гарантує якісні розміри деталі, яка зображена на рис. 2.3.

Розрахувати потужність електродвигуна преса, яка необхідна для гнуття деталі, якщо робота, яку витрачаємо при гнутті $A=180$ кгс·м (1800 Дж), число ходів преса за хвилину $n=30$, ККД передачі $\eta_{пер}=0,8$; $\eta=0,5$.

Знайти довжину заготовки для гнуття деталі (рис. 2.15).

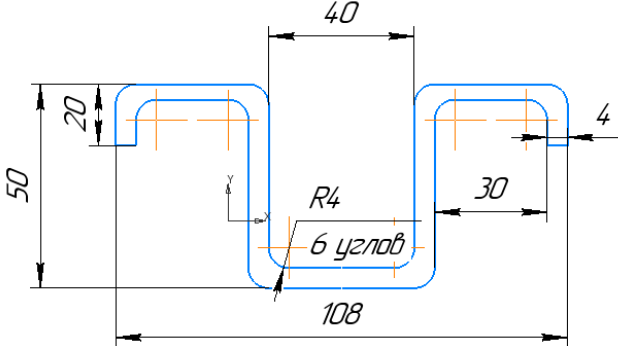


Рисунок 2.15 - Деталь - скоба

1. Розрахувати довжину плоскої заготовки для гнуття кільцеобразної деталі, якщо внутрішній діаметр кільця 25 мм, а товщина $S=3$ мм.

2. Симетричну деталь товщиною 4 мм штампують з двома вигинами під кутом 30° . Дві бічні прямолінійні полки цієї деталі

довжиною по 60 мм, а з'єднує їх полка - 200 мм. Радіус гнуття 4 мм. Визначити довжину заготовки.

3. Знайти довжину плоскої заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі з двома шарнірними петлями, якщо довжина прямолінійної полки деталі 100 мм, внутрішній радіус закруглення петель 8 мм, кут закруглення їх 330° , а товщина матеріалу 2 мм.

4. Деталь з двома вигинами під кутом 90° і трьома полками довжиною 30, 40, 100 мм штамнують з під чеканкою матеріалу в кутах. Товщина заготовки $S=2$ мм. Знайти її довжину.

5. Як знайти довжину і ширину сталюї заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі типу кільця з листової сталі товщиною $S=50$ мм? Внутрішній діаметр кільця 600 мм, а ширина 250 мм. Припуск на підрізування заготовки з двох сторін по довжині і деталі по торцям прийняти відповідно 20 і 10 мм.

6. Знайти зусилля гнуття V- образної деталі на кут 90° , якщо розмір штабної заготовки впродовж лінії гнуття дорівнює 120 мм, товщина заготовки 40 мм, межа міцності матеріалу 400 МПа, а відношення відстані між опорами матриці до товщини матеріалу дорівнює 20. Гнуття виконують з притиском матеріалу.

7. Як знайти зусилля гнуття П- образної деталі з притиском матеріалу, якщо розмір заготовки впродовж лінії гнуття 150 мм, товщина заготовки 20 мм, межа міцності матеріалу 200 МПа. Радіус матриці штампу 100 мм, а пуансона - 40 мм?

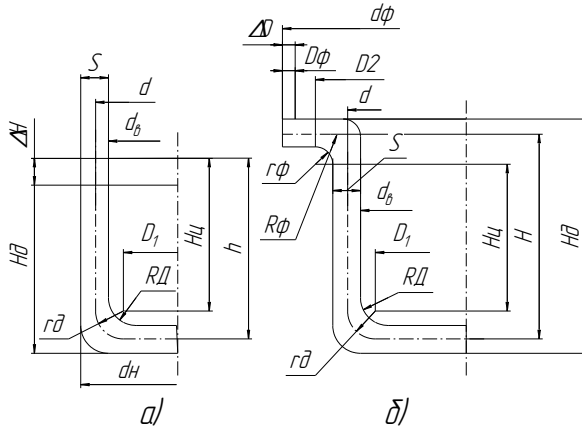
2.4.5 Теоретичні знання по темі – витягування

Витяжкою в штампах одержують порожнисті вироби із плоскої чи порожнистої заготовки. При цьому заготовка витягується в матрицю пуансоном, який діє на дно виробу. В більшості випадків витяжкою виготовляють напівфабрикати, із яких одержують готові вироби після виконання додаткових операцій: пробивання отворів, калібрування радіусів, формування. Плоска заготовка для витяжки виготовляється вирубкою чи різанням з листа чи стрічки.

Найчастіше вироби, що витягуються, мають форму циліндра з фланцем чи без нього. Основні розміри таких виробів показані на рис. 2.16.

Витяжку виконують за один чи декілька переходів з притисканням чи без нього. Тому розробка технології витяжки

включає вибір форми та розрахунок розмірів плоскої заготовки, визначення кількості переходів витяжки, вибір способу витяжки на кожному переході, визначення розмірів напівфабрикату після кожного переходу, вибір технологічного переходу, визначення економічних показників процесу.



а- без фланця; б- з фланцем

Рисунок 2.16- Напівфабрикат перед обрізанням циліндричної деталі

Формозмінення при витяжці циліндричних виробів без стоншення оцінюють коефіцієнтом витяжки або ступенем витяжки.

$$\text{Коефіцієнт витяжки:} \quad m = \frac{d}{D_0} \quad (2.27)$$

де d - діаметр середньої поверхні циліндричної частини виробу, яка ділить його стінку на рівні частини;

D_0 - діаметр плоскої заготовки.

$$\text{Коефіцієнт витяжки в переході:} \quad m_i = \frac{d_i}{d_{i-1}} \quad (2.28)$$

де i – номер переходу витяжки;

d_i, d_{i-1} - діаметр середньої поверхні циліндричної частини виробу після виконання даного переходу витяжки та заготовки відповідно.

$$\text{Коефіцієнт витяжки в першому переході: } m_1 = \frac{d_1}{D_0} \quad (2.29)$$

Ступені витяжки визначають за формулами:

$$K = \frac{D_0}{d}; K_1 = \frac{D_0}{d_1}; K_i = \frac{d_{i-1}}{d_i}$$

При визначенні кількості переходів та виборі розмірів напівфабрикату після кожного переходу використовують допустимий коефіцієнт витяжки в цьому переході. Це найменше значення останнього, яке виключає виключає обрив заготовки при деформуванні. Визначається допустимий коефіцієнт витяжки в кожному переході для відповідного матеріалу у відповідних умовах експериментально. Його орієнтовне значення наводиться в довідковій літературі.

Орієнтовні значення допустимих коефіцієнтів витяжки сталі 08, м'якої латуні та аналогічних їм за властивостями матеріалів наведено в таблицях 2.8, 2.9 ці дані стосуються витяжки циліндричних виробів без стоншення коли глибина ямки в пробі Еріксена $h=10-11$ мм, радіус округлення матриці $r_M=(4-8)S$ [1].

Таблиця 2.8 – Допустимі коефіцієнти витяжки циліндричних виробів без фланця з притисканням

Коефіцієнт витяжки	Значення коефіцієнтів при відносній товщині заготовки $(S/D_0) \cdot 100\%$				
	2,0-1,5	1,5-1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,06
m_1	0,46-0,50	0,50-0,53	0,53-0,56	0,56-0,58	0,58-0,60
m_2	0,70-0,72	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80
m_3	0,72-0,74	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82
m_4	0,74-0,76	0,76-0,78	0,78-0,80	0,80-0,82	0,82-0,84
m_5	0,76-0,82	0,78-0,84	0,80-0,85	0,82-0,86	0,84-0,88

Таблиця 2.9 – Допустимі коефіцієнти витяжки з притисканням у першому переході (m_1) виробів з фланцем

Відносний діаметр фланця d_ϕ / d_1	Значення m_1 при відносній товщині заготовки (S/D_o)·100%				
	2,0-1,5	1,5-1,0	1,0-0,5	0,5-0,2	0,2-0,06
До 1,1	0,5	0,53	0,55	0,57	0,59
1,3	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55
1,5	0,47	0,49	0,50	0,51	0,52
1,8	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48
2,0	0,42	0,43	0,44	0,45	0,45
2,2	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42
2,5	0,37	0,38	0,38	0,38	0,38
2,8	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35

В подальших переходах витяжки циліндричних виробів з фланцем допустимі коефіцієнти витяжки такі ж, як і при виготовленні виробів без фланця. У відповідному переході їх вибирають за таблицею 2.7.

У більшості випадків деталі, отримані витягуванням, мають нерівну хвилясту кромку („фестони”), яка утворюється внаслідок анізотропії механічних якостей металу.

Оскільки фестони видаляються після витягування шляхом обрізки, при визначенні діаметра заготовки необхідно передбачити деякий припуск, величина якого залежить від діаметру та висоти виробу, що одержується витягуванням.

В таблицях 2.10, 2.11 наведені рекомендуємі припуски на обрізку в залежності від абсолютної та відносної висоти деталі.

Таблиця 2.10 – Припуски по висоті на обрізку циліндричних деталей без фланця, мм

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

Таблиця 2.11 – Припуски по висоті на обрізку деталей з широким фланцем, мм

Діаметр фланця d_f , мм	Припуск на сторону при відносному діаметру фланця d_f/d			
	До 1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-2,8
25	1,6	1,4	1,2	1,0
50	2,5	2,0	1,8	1,6
100	3,5	3,0	2,5	2,2
150	4,3	3,6	3,0	2,5
200	5,0	4,2	3,5	2,7
250	5,5	4,6	3,8	2,8
300	6,0	5,0	4,0	3,0
350	6,5	5,5	4,5	3,5

Найчастіше заготовка, із якої штамнують циліндричну деталь, має форму круга постійної товщини S . Діаметр заготовки D_0 визначають із умови, що площа поверхні геометричної фігури, яка ділить навпіл товщину всіх елементів напівфабрикату перед обрізанням, дорівнює площі заготовки. Для цього побудовану

серединну поверхню розбивають на окремі частини, площі яких визначають за відомими формулами.

$$\text{Тоді } D_0 = 1,13\sqrt{F} \quad (2.30)$$

де F – площа середньої поверхні, при тонколистовому металу $S < 1,5$ мм допускається розрахунки площі вести по зовнішнім розмірам (поверхням).

Існує чотири способи знаходження діаметра заготовки D_0 :

1. Аналітичний;
2. Графічний;
3. Графо - аналітичний;
4. Ваговий.

Частіше всього використовують аналітичний спосіб, формули якого наводяться в довідковій літературі [1],[2].

Діаметр заготовки циліндричної деталі без фланця (див. рис. 2.16а):

$$D_0 = \sqrt{D_1^2 + 4dH_{II} + 2\pi r_{II} D_1 + 8r_{II}^2} \quad (2.31)$$

а для деталі з фланцем (рис. 2.16б)

$$D_0 = \sqrt{D_1^2 + 2\pi r_{II} D_1 + 8r_{II}^2 + 4dH_{II} + 2\pi r_{\Phi} D_2 - 8r_{\Phi}^2 + d_{\Phi}^2 - D_2^2} \quad (2.32)$$

Щоб визначити кількість переходів витяжки виробів без фланця, вибирають спочатку допустимі коефіцієнти витяжки в усіх можливих переходах (m_i) за таблицями 2.7, 2.8 або за іншими джерелами, в яких наводяться відповідні дані. А потім за формулою

$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg(m_1 D_0)}{\lg m_2} \quad (2.33)$$

Допустимі діаметри на кожному переході визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} d_1 &= m_1 D_0; & d_2 &= m_2 d_1; & d_3 &= m_3 d_2; \\ d_i &= m_i d_{i-1} \end{aligned} \quad (2.34)$$

Висоти напівфабрикатів за переходами визначаються з умови постійності поверхні заготовки та напівфабрикату на будь-якому переході. Якщо не врахувати округлення дна, то висоти напівфабрикатів знаходять за формулами:

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_1^2}{4d_1} \quad (2.35)$$

$$h_2 = \frac{D_0^2 - d_2^2}{4d_2} \quad (2.36)$$

$$h_i = \frac{D_0^2 - d_i^2}{4d_i} \quad (2.37)$$

Якщо врахувати округлення дна, то висоти напівфабрикатів знайдемо за формулами:

$$h_1 = 0,25 \left(\frac{D_0}{m_1} - d_1 \right) + 0,43 \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0,32r_1) \quad (2.38)$$

$$h_2 = 0,25 \left(\frac{D_0}{m_1 m_2} - d_2 \right) + 0,43 \frac{r_2}{d_2} (d_2 + 0,32r_2) \quad (2.39)$$

$$h_i = 0,25 \left(\frac{D_0}{m_1 m_2 \dots m_i} - d_i \right) + 0,43 \frac{r_i}{d_i} (d_i + 0,32r_i) \quad (2.40)$$

Технологія витягування деталей з широким фланцем має деякі особливості, одна з яких міститься в тому, що після першого переходу витягування, отримують діаметр фланця, передбачений кресленням деталі (з рахунком припуску на обрізування), після чого цей діаметр на всіх послідовних переходах витягування залишається незмінним, а деформація проходить за рахунок зменшення діаметра циліндричної частини напівфабрикату (рис. 2.17). при цьому ширина фланця та висота напівфабрикату збільшується.

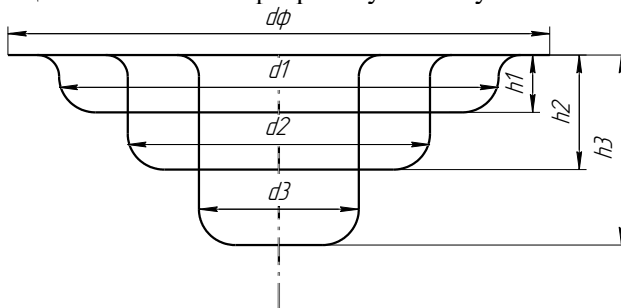


Рисунок 2.17 - Витягування виробів з фланцем

Розміри заготовки знаходимо за формулою (2.32), кількість переходів – за формулою (2.33), діаметри напівфабрикатів за формулами (2.34). На першому переході коефіцієнт витяжки знаходимо по табл. 2.8, а не 2.7. Висоти напівфабрикатів знаходимо за формулами:

$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_1} + 0,86r_1 \\ h_2 &= \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_2} + 0,86r_2 \\ h_n &= \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_n} + 0,86r_n \end{aligned} \quad (2.41)$$

Для визначення втягування з притисканням чи без, необхідно знайти відносну товщину $\frac{S}{D_0} \cdot 100\%$ і якщо $\frac{S}{D_0} \cdot 100\% < 1,5$, то втягування виконуємо з притиском, а якщо $\frac{S}{D_0} \cdot 100\% > 2$, то без притиску.

Силу, яка необхідна для витяжки без стоншення, визначають за формулою [1]

$$P_i = \pi d_i S \sigma_B C_i \quad (2.42)$$

де σ_B - межа міцності матеріалу, МПа;

d_i - діаметр напівфабрикату, мм;

C – коефіцієнт, який залежить від коефіцієнта витяжки в переході, і приймається $C=0,15 \div 1,15$. при розрахунках будемо приймати $C=1,0$.

Сила притискання фланця в переході [1]

$$Q = F_i q \quad (2.43)$$

де F_i – площа заготовки, на яку діє притискач;

q – тиск, який виключає утворення гофр, визначається експериментально. В розрахунках можна приймати $q = (0,8 \div 3,0)$ МПа.

Необхідне зусилля преса простої дії в переході

$$P_{np} = 1,25(P_i + Q_i) \quad (2.44)$$

Робота на витяжку в переході [1]

$$A = (0,6 \div 0,8)P_{np}H_{gi} \quad (2.45)$$

При виборі преса подвійної дії окремо враховують силу внутрішнього повзуна, який витягує циліндричну частину, та зовнішнього, який притискує заготовку.

2.4.5а Приклад самостійного рішення задач по даному розділі

В якості прикладу, розробимо технологічний процес виготовлення деталі рис. 2.18. відомо, що матеріал деталі – чистова сталь марки ст.08Ю товщиною 1 мм з межею міцності $\sigma_B = 340$ МПа та рівномірним відносним звуженням при розтягуванні $\psi = 0,25$.

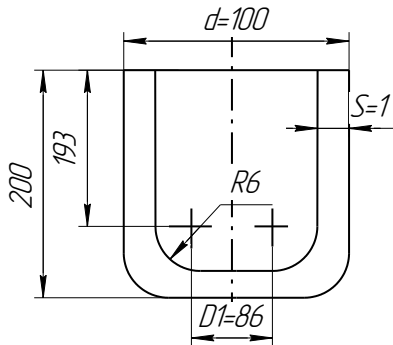


Рисунок 2.18 – Деталь «стакан»

Вирішення

1. Діаметр заготовки визначаємо з умови постійності поверхні з рахунком припуску на обрізування краю за формулою (2.31):

$$D_0 = \sqrt{86^2 + 6,28 \cdot 7 \cdot 86 + 8 \cdot 7^2 + 4 \cdot 100(193 + 9)} = 306 \text{ мм}$$

Витягування проектуємо з притиском заготовки, оскільки відносна висота деталі $\frac{h}{d}$ велика (більше 1), а відносна товщина $\frac{S}{D_0} \cdot 100$ -

мала (0,32). Визначаємо допустимі коефіцієнти витягування за переходами в залежності від віносної товщини заготовки та величини радіуса закруглення дна [2]. При $\frac{S}{D_0} \cdot 100 = 0,32$

$$m_1 = 0,58; \quad m_2 = 0,78; \quad m_3 = 0,80; \quad m_4 = 0,82 .$$

1. Визначаємо кількість переходів витяжки:

$$n = 1 + \frac{\lg 100 - \lg(0,58 \cdot 306)}{\lg 0,78} = 3,5 \quad n = 4$$

2. Визначаємо розрахункові діаметри напівфабрикатів за переходами витягування:

$$d_1 = 0,58 \cdot 306 = 178 \text{ мм}; \quad d_2 = 0,78 \cdot 178 = 138 \text{ мм};$$

$$d_3 = 0,80 \cdot 138 = 110 \text{ мм}; \quad d_4 = 0,82 \cdot 110 = 90 \text{ мм}.$$

При потрібному зовнішньому $d=100$ мм – фактичний коефіцієнт витягування на четвертому переході $m_\phi = \frac{100}{110} = 0,91$. В зв'язку з

цим, не змінюючи підсумкового ступеня деформації за переходами витягування з ціллю зменшення її та закруглення розмірів напівфабрикатів. Для перших трьох переходів приймаємо слідуєчи більш високі коефіцієнти витяжки:

$$m_1 = 0,59; \quad m_2 = 0,79; \quad m_3 = 0,86; \quad \text{а для четвертого, останнього}$$

переходу, коефіцієнт витягування $m_4 = 0,83$, оскільки, при цьому отримується потрібний діаметр деталі. Відносні діаметри напівфабрикатів за переходами витягування будуть рівними:

$$d_1 = 0,59 \cdot 306 = 180 \text{ мм}; \quad d_2 = 0,79 \cdot 180 = 140 \text{ мм};$$

$$d_3 = 0,80 \cdot 140 = 120 \text{ мм}; \quad d_4 = 0,82 \cdot 120 = 100 \text{ мм}.$$

1. Визначаємо висоти напівфабрикатів за переходами витягування за формулами (2.35, 2.36):

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_1^2}{4d_1} = \frac{306^2 - 180^2}{4 \cdot 180} = 85 \text{ мм}; \quad h_2 = \frac{306^2 - 140^2}{4 \cdot 140} = 132 \text{ мм};$$

$$h_3 = \frac{306^2 - 120^2}{4 \cdot 120} = 165 \text{ мм}; \quad h_4 = \frac{306^2 - 100^2}{4 \cdot 100} = 208 \text{ мм}.$$

2. Визначаємо силові умови витягування: технологічне зусилля витягування та зусилля притиску:

А) Технологічне зусилля за переходами витягування:

$$P_1 = (0,85 - 0,95) \pi d_1 S \sigma_B (K_1 - 1) = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 180 \cdot 340 \left(\frac{1}{0,59} - 1 \right) =$$

$$= 128000 \text{ Н}$$

$$P_1 = 3,14 \cdot 180 \cdot 340 \cdot 0,68 = 130000 \text{ Н};$$

$$P_2 = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 140 \cdot 1 \cdot 340 \cdot \left(\frac{1}{0,79} - 1 \right) = 38000 \text{ Н};$$

$$P_3 = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 120 \cdot 1 \cdot 340 \cdot \left(\frac{1}{0,86} - 1 \right) = 20000 \text{ Н};$$

$$P_4 = 0,95 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 340 \cdot \left(\frac{1}{0,83} - 1 \right) = 21000 \text{ Н};$$

Б) Зусилля притиску на першому переході витягування визначаємо за формулою:

$$Q_1 = 0,1 \left[1 - \frac{18K_1}{K_1 - 1} \cdot \frac{S}{D_0} \right] K_1^2 \cdot P_1 = 0,1 \left[1 - \frac{18 \cdot \frac{1}{0,59}}{\frac{1}{0,59} - 1} \cdot \frac{1}{306} \right] \times$$

$$\times \left(\frac{1}{0,59} \right)^2 \cdot 128000 = 32400 \text{ Н}$$

$$Q_1 = 0,8 \cdot 0,785 \left[306^2 - (180 + 2 \cdot 6^2) \right] = 35600 \text{ Н};$$

$$Q_2 = 0,8 \cdot 0,785 \left[180^2 - (140 + 2 \cdot 6^2) \right] = 5900 \text{ Н};$$

$$Q_3 = 0,8 \cdot 0,785 \left[140^2 - (120 + 2 \cdot 6^2) \right] = 1400 \text{ Н};$$

$$Q_4 = 0,8 \cdot 0,785 \left[120^2 - (100 + 2 \cdot 6^2) \right] = 1200 \text{ Н};$$

3. Вибір обладнання. Витягування можливо провести на пресі простої або подвійної дії.

Варіант 1. Усі переходи витягування виконуються на пресі подвійної дії. Виходячи з зусилля витягування та зусилля притиску, вибираються зусилля на зовнішньому та внутрішньому повзуні. $P_{вн} > 128 \text{ кН}$, $P_{зов} > 32,4 \text{ кН}$ - для першого переходу нас задовольняє

прес $P_H = \frac{630}{400}$ моделі К5528 з ходом $S_{\max} = 420 \text{ мм}$.

Варіант 2. Усі переходи витягування здійснюються на пресах простої дії. Зусилля для вибору обладнання розраховується як сума зусилля витягування та притиску :

$$\sum P = P_g + Q$$

Перший перехід $\sum P = 128 + 32,4 = 160 \text{ кН}$; $S_1 = 2,1 \cdot 85 = 178 \text{ мм}$.

По зусиллю нас задовольняє прес моделі К2124 $P_H = 250 \text{ кН}$, але за ходом він не влаштовує, має хід 65 мм, а нам потрібно 178 мм. виходячи з цього вибираємо прес моделі К2534 $P_H = 2500 \text{ кН}$ і хід 180 мм.

Другий перехід $\sum P = 38 + 5,9 = 43,9 \text{ кН}$; хід $S_2 = 270 \text{ мм}$.
Вибераємо прес моделі К2535 $P_H = 400 \text{ мм}$ і т.д.

2.4.5б Контрольні питання по темі – витягування

Знайти технологічні та силові параметри процесу. Вибрати обладнання з його технічною характеристикою. Технологічний процес розробити на деталях, схеми яких показані на рис. 2.19, 2.20, 2.21, а розміри їх приведені в таблицях 2.11, 2.12, 2.13.

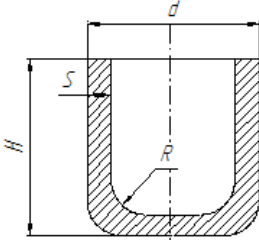


Рисунок 19 – Деталь «стакан».

Таблица 11 – Завдання для деталі на рис. 19

N варіанта	H мм	d мм	S мм	R мм	Матеріал
1	60	20	1,0	3,0	ст08в
2	150	45	1,5	5,0	ст08в
3	300	80	2,0	6,0	ст08кп
4	120	30	0,6	2,0	АМц
5	105	25	0,5	2,0	АМц
6	75	15	0,4	1,5	/62
7	140	35	0,8	2,5	/62
8	180	40	0,9	3,0	М1
9	200	50	1,0	4,0	М1
10	250	65	1,2	5,0	ст10

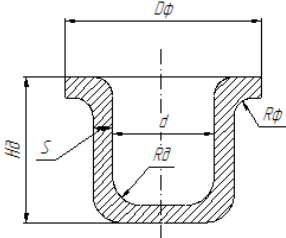


Рисунок 20 – Деталь «стакан з фланцем».

Таблица 12 – Завдання для деталі на рис. 20

Nº	Hв мм	d мм	Dф мм	Rф мм	S мм	Матеріал	
11	60	20	40	2	0,6	ст08кп	
12	80	40	60	4	5	12	ст08кп
13	120	60	80	5	6	15	ст15кп
14	60	15	30	2	5	0,4	ст08в
15	90	30	50	3	7	0,5	/-62
16	125	50	75	4	7	1,0	/-62
17	75	25	40	3	5	0,7	АМц
18	210	70	100	4	7	0,8	АМц
19	180	80	100	5	6	1,5	ст08в
20	200	90	125	6	8	2,0	ст08кп

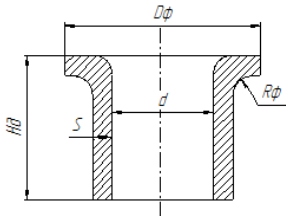


Рисунок 21 – Деталь «патрубок».

Таблица 13 – Завдання для деталі на рис. 21

Nº	Hв мм	d мм	Dф мм	Rф мм	S мм	Матеріал
21	50	20	40	5	0,6	ст08кп
22	70	40	60	5	1,2	ст10кп
23	110	60	80	6	1,5	/-62
24	50	25	50	5	0,4	/-62
25	80	30	50	5	0,5	АМц
26	110	50	70	6	1,0	АМц
27	70	30	45	5	0,7	ст08в
28	60	35	55	4	0,8	ст15
29	200	75	90	4	1,2	ст10
30	150	50	75	5	1,5	ст08в

2.4.6 Теоретичні знання по темі – розробка та оформлення технологічної документації по холодному штампуванню

Розробка технологічних процесів холодного листового штампування не є основою всієї підготовки виробництва.

Порівняльна складність та тривала підготовка виробництва, а також відносно висока вартість штампів потребує ретельної розробки технологічних процесів і обґрунтованого вибору технічно раціонального і економічно найбільш ефективного варіанта технологічного процесу, відповідно до даного масштабу виробництва.

Розробка технологічних процесів холодного штампування складається з наступних етапів:

- 1) аналізу технологічної форми або конструктивних елементів деталі;
- 2) визначення форми і розмірів заготовки, а також розходу матеріалу при найкращому його використанні;
- 3) розробки найбільш раціонального технологічного процесу, який забезпечить виготовлення потрібних деталей;
- 4) встановлення типу, потужності і габаритів потрібного обладнання;
- 5) визначення типу і технологічної схеми штампа;
- 6) визначення трудомісткості виготовлення штампованих деталей, а також кількості і розряду виробничих робітників;
- 7) визначення кількості обладнання і його загрузку на річну програму.

При розробці технологічних процесів холодного штампування повинні бути вирішені наступні технологічні питання:

- 1) визначення найвигіднішого розкрою матеріалу і найменших розмірів заготовки;
- 2) встановлення характеру, кількості і послідовності операцій;
- 3) вибір ступені складності (суміщеності) операцій;
- 4) визначення кількості одночасно штампованих деталей;
- 5) визначення операційних розмірів і встановлення операційних допусків.

Звичайно, зазначені питання можуть бути вирішені декількома варіантами, при цьому основним завданням технолога є вибір

найбільш раціонального і ефективного варіанта для даного конкретного випадку, характеризує його рядом технічних і економічних ознак.

Основними технічними ознаками, які впливають на вибір варіанта технологічного процесу, є: механічні якості і товщина матеріалу, ступінь складності конфігурації деталі і її габарити, потрібна точність деталі і т.п.

Основною економічною ознакою, від якої залежить рішення питання економічної доцільності того чи іншого варіанта, є серійність виробництва (масове, крупно або дрібносерійне).

2.4.6а Приклад самостійної розробки технологічного процесу виготовлення порожнистої деталі рис.18 та оформлення її технологічної документації

ГОСТом 3.1403-85 установлені слідуючі технологічні документи на оформлення технологічних процесів:

1. Титульний лист - комплект документів технологічного процесу штампування, див стр.49 [15];
2. Карта розкрою металу, див.стр.50 [15];
3. Карта технологічного процесу, див.стр.51 [15];
4. Карта ескізів, див.стр.53 [15];
5. Карта вимірювання, див.стр.54 [15].

2.4.6б Контрольні питання по темі – технологічна документація

Оформити технологічну документацію на деталі, схеми (ескізи) яких показані на рис. 2.19, 2.20, 2.21.

2.4.7 Нормування штампувальних операцій

Час затрачений на виготовлення деталі визначається штучним часом по формулі (46):

$$T_{шт} = (T_0 + T_D) \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{выд}}{100} \right) \quad (2.46)$$

або по формулі (2.47):

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot K \quad (2.47)$$

де $T_{оп}$ - оперативний час, $T_{оп} = T_0 + T_D$;

$$K = 1 + \frac{a_{обс} + a_{від}}{100} ;$$

$T_{шт}$ - штучний час в хвилинах;

T_0 - основний (машинний) час в хвилинах;

T_D - допоміжний час в хвилинах;

$a_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця в відсотках від оперативного часу;

$a_{від}$ - час на відпочинок і особисті потреби в відсотках від оперативного часу.

K - коефіцієнт, враховуючий затрати часу на організаційне – технічне обслуговування, відпочинок і особисті потреби.

Значення $a_{обс}$, $a_{від}$ і K приведені в картах 26,49,62,73,83,90 [10].

2.4.7а Приклади розрахунку норми штучного часу

Приклад №1. Розрахунок норми штучного часу на різку заготовок з листа на гільйотинних ножицях (масове виробництво).

Вихідні дані:

Розмір листа – 2000x1000x2 мм; Площа листа – 2 м²;

Розмір заготовки – 200x1000x2 мм; Кількість заготовок з листа – 10 ;

Число хвойних ходів ножиць за хвилину – 22;

Тип муфти включення – двухкулачкова;

Включення ножиць – педаль ножна, стоячи.

Таблиця 2.14 – Розрахунок норми штучного часу на різку заготовок з листа на гільйотинних ножицях

№ картки	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Враховуючий фактор	Час на 1 шт. в хв.		
				T_0	Допоміжний T_D	
					перекриваєме	неперекриваєме
65	1e	Взяти лист з стопи, встановити по задньому упору, відложити чи протовкнуту заготовку за ножиці	Площа листа 2м^2	-	t_2	0,1
66	4в	Просунути лист до упора	$t = 200\text{мм}$	-	t_3	0,013
1	2a	Включити ножиці	Педаль ножна	-	t_1	0,015
2	18g	Відрізати заготовку	$n=22$	0,057	-	-

$$T_{шт} = \left[T_0 + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1)}{n} \right] K$$

де n – кількість заготовок з листа;

$K=1,11$ (див. карту 73);

$$T_{шт} = \left[0,057 + 0,015 + \frac{0,1 + 0,013(10-1)}{10} \right] \cdot 1,11 = 0,104\text{хв.}$$

Приклад №2. розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з штаби (дрібносерійне виробництво).

Вихідні дані

Вирубання деталі по контуру з штаби; Розмір штаби – $2 \times 200 \times 1000\text{мм}$;

Крок просування штаби – 50мм ; Кількість деталей з штаби – 20шт ;

Прес зусиллям – 1000кН ; Штамп відкритий з упором;

Тип муфти включення – трьохкулачкова;

Робота проводиться на провал.

Таблиця 2.15 – розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з штаби (дрібносерійне виробництво)

№ картки	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Враховуючий фактор	Час на 1 шт. в хв.		
				T_0	Допоміжний T_d	
					перекрива -єме	неперекрив аєме
52	1в	Взяти штабу, піднести і встановити в штамп	Довжина і ширина штаби 200x1000мм	-	t_2	0,08
1	2а	Включити прес	Ножна педаль стоячи	-	t_1	0,015
53	3в	Просунути штабу на крок	$t=50$ мм, $B_0=200$ мм	-	t_3	0,013
60	3и	Відкинути відхід з столу преса в тару	Площа відходу 0,20м ²	-	t_4	0,039
2	31г	Штампувати	$n=50$	0,023	-	-

$$T_{шт} = \left[T_0 + t_1 + \frac{t_2 + t_3(n-1) + t_4}{n} \right] K$$

де n – кількість деталей, одержаних з штаби;

$K=1,14$ (див. карту 62);

$$T_{шт} = \left[0,023 + 0,015 + \frac{0,08 + 0,013(20-1) + 0,039}{20} \right] \cdot 1,14 = 0,064 \text{ хв.}$$

Приклад №3. Розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з заготовки (серійне виробництво).

Вихідні дані

Штампувати заготовку. Розмір заготовки 1188x586x2мм;

Площа заготовки – 0,69м²; Подача заготовки в штамп – ручна;

Прес зусиллям – 1000 кН; Число дв.ходів за хвилину – 40;

Тип муфти включення – фрикційна; Положення робітника – стоячи.

Таблиця 16 – Розрахунок норми штучного часу на штампування деталей з заготовки (серійне виробництво)

№ картки	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Враховуючий фактор	Час на 1 шт. в хв..		
				T_0	Допоміжний T_D	
					перекриваєме	неперекриваєме
40	7п	Взяти заготовку і встановити в штамп по шпилькам	Площа заготовки $0,69\text{м}^2$	-	t_2	12,5
1	2а	Включити прес	Ножна педаль		t_1	1,5
2	276	Штампувати	Число подв. ходів за хвилину - 40	2,6	-	-
44	3ш	Взяти деталь, заготовку і скинути в тару	Площа деталі $0,5\text{м}^2$	-		5,1
45	1ф	Виштовхнут и відхід з штампа	Площа відходу $0,69\text{м}^2$		-	4,1
Разом				2,6	-	23,2

З КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ

На підставі робочої програми дисципліни та вимог кредитно-модульної системи організації навчального процесу кафедра розробляє контрольні заходи з перевірки якості засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни.

Контрольні заходи з дисципліни “Технологія холодного штампування” передбачають наступні кваліфікаційні завдання:

- тестові опитування за окремими главами (темами) лекційного курсу;

- виконання та захист звітів лабораторних робіт;

- виконання та захист практичних занять;

- складання іспиту.

Склад, обсяг і термін виконання змістових модулів, на які підрозділяється робоча програма дисципліни, надані у таблиці.

У кожному семестрі планується проведення двох підсумкових модульних контролів: МК1 та МК2.

На протязі семестру, що передує кожному підсумковому модульному контролю, студент зазнає декілька контрольних заходів, на підставі яких він отримує загальну оцінку.

Слід підкреслити, що студент повинен скласти всі плануємі заходи позитивно, тільки в цьому разі він отримує загальну позитивну оцінку. Негативна оцінка з будь-якого контрольного заходу свідчить про незасвоєння ним навчального матеріалу.

Студент, який отримав на контрольному заході незадовільну оцінку або не з'явився на нього, має можливість повторного складання протягом одного – двох тижнів. Повторне складання модульного контролю з метою підвищення позитивної оцінки можливе як виняток з письмового дозволу декана.

Студент, який одержав за результатами двох модульних контролів позитивні оцінки, виконав всі завдання, що передбачені робочим навчальним планом дисципліни, звільняється від складання екзамену. Загальна оцінка з дисципліни визначається як середня за результатами двох модульних контролів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Надається частковий перелік навчальної та довідникової літератури, що рекомендується при вивченні дисципліни “Технологія холодного штампування”, але слід мати на увазі, що джерела, які можуть бути використані, не обмежуються тільки цим переліком.

Основна література

1. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування: навчально-методичний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / укладачі: В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянець. – Харків: НТУ «ХП», 2021. – 76 с.

2. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування: навчально-методичний посібник до практичних занять і самостійної роботи для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / укладачі: В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянець. – Харків: НТУ «ХП», 2021. – 76 с. Основи технології металообробки : посібник для студентів спеціальності 136 «Металургія» денної та заочної форм навчання / Л. І. Алієва, О. В. Чучин, П. Абхарі, Н. С. Грудкіна. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 87 с., ISBN 978-966-379-906-3.

3. Спеціальні види обробки металів тиском : посібник для студентів спеціальності 136 «Металургія» денної та заочної форм навчання / Л. І. Алієва, П. Абхарі, Х. В. Малій, О. А. Кузенко. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 95 с., ISBN 978-966-379-907-0444.

Інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua> – Національна бібліотека імені В.І. Вернадського.

2. <https://books.google.com.ua> – Сервіс повнотекстового пошуку по книгам, що оцифровані компанією Google.

Додаткова література

1. Шепельский М.В. Теория та проектування процесів холодного штампування. Навчальний посібник.– Кіровоград:КНТУ, 2005.– 262 с.

Навчально-методична література

1. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія холодного штампування» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування.

2. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Технологія холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, спеціалізації «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання / Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 62 с.

3. Методичні рекомендації з дисципліни «Технологія холодного штампування» до лабораторних робіт / Укл. В. М. Боков. – Кропивницький: ЦНТУ, 2019, – 64 с.

<https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/cad1d593-6a11-43fc-9f31-4c02a0c1bc82/content>

4. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологія холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання. Частина 1 /Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 39с.

5. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологія холодного штампування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка, освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування» всіх форм навчання. Частина 2 /Укл.: В.В. Широкобоков, С.І. Стрижак. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 30с.