

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Запорізький національний університет  
Кафедра «Обробки металів тиском»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
До самостійної роботи студентів з вивчення  
дисципліни «Технологія холодного штампування» з напрямку  
підготовки – «Металургія»,  
спеціальність  
“Обладнання для обробки металів тиском “

Запоріжжя 2022

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів з вивчення дисципліни “Технологія холодного штампування” з напряму підготовки “Металургія”, спеціальність “Обладнання для обробки металів тиском” /Укл.: А.В. Явтушенко – Запоріжжя: ЗНУ, 2022. – 69с.

Укладачі: Явтушенко А.В. к.т.н., доц.

Рецензент: Ю.О. Белоконь, професор, д.т.н.

Відповідальний за  
Випуск: А.В. Явтушенко, к.т.н., доц.

Розглянуто та ухвалено  
навчально-методичною радою  
інженерного інституту

Протокол №\_ від\_\_\_\_\_

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ</b> .....	7
1.1 Мета викладання дисципліни .....	7
1.2 Завдання вивчення дисципліни .....	7
1.3 Перелік дисциплін, засвоєння яких необхідно для вивчення дисципліни .....	8
<b>2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ</b> .....	8
2.1 Назва та зміст тем дисципліни, методичні вказівки до їх вивчення .....	8
2.1.1 Вступ – 2 години .....	8
2.1.2 Вихідний матеріал та характеристики операцій листового штампування. Штампуємість вихідних матеріалів – 6 годин .....	9
2.1.3 Розділові операції – 16 годин.....	10
2.1.4 Формозмінні операції – 4 години.....	11
2.1.5 Витяжка – 15 годин.....	13
2.1.6 Відбортовка – 2 години .....	15
2.1.7 Обтиск, роздача, правка, ротаційна витяжка – 1 година .....	15
2.1.8 Технологічні процеси холодного штампування і методи їх проектування – 2 години .....	16
2.2 Перелік лабораторних занять та їх тривалість .....	17
2.2.1 Дослідження листових матеріалів на придатність до формозмінюючих операцій – 2,0 години.....	17
2.2.2 Вплив величини зазору між матрицею і пуансоном на технологічне зусилля та якість поверхні зрізу при роздільних операціях – 2,0 години.....	17
2.2.3 Визначення зусилля, роботи та потужності при різанні в штампах з паралельними ріжучими кромками – 2,0 години.....	17
2.2.4 Визначення кута пруження після гнуття – 2,0 години .....	17
2.2.5 Визначення граничного коефіцієнта витягування листового матеріалу для штампування виробів – 2,0 години.....	17

2.2.6	Визначення граничного коефіцієнта відбортовки круглих отворів в листовому матеріалі — 2,0 години. ....	17
2.2.7	Дослідження ротаційної витяжки — 2,0 години. ....	17
2.2.8	Штамування еластичним середовищем — 2,0 години. ....	17
2.2.9	Дослідження процесів гнуття плоскої заготовки — 2,0 години. ....	17
2.3	Перелік практичних занять та їх тривалість .....	17
2.3.1	Маркірування листів, рулонів, полос, сорту, прокату — 1,0 години. ....	17
2.3.2	Різання листового матеріалу на ножицях і в штампах — 2,0 години. ....	17
2.3.3	Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа — 1,0 години. ....	17
2.3.4	Розкрій листового металу — 2,0 години. ....	18
2.3.5	Визначення довжини розгортки деталі, пружності при гнутті — 2,0 години. ....	18
2.3.6	Розробка технологічного процесу витягування деталі — 6,0 години. ....	18
2.3.7	Основи технологічного нормування холодноштампувальних робіт — 2 години. ....	18
2.3.8	Розробка і оформлення технологічної документації згідно ЕСТД — 2 години. ....	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 .....	31
2.4.2б	Контрольні питання по темі — розкрій листа №2 .....	32
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 .....	36
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 .....	59
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
<b>3 КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ З ПЕРЕВІРКИ ЯКОСТІ ЗАСВОЄННЯ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДИСЦИПЛІНИ.....</b>	<b>65</b>
<b>4 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>68</b>
4.1 Основна література.....	68
4.2 Додаткова література .....	68
4.3 Навчально-методична література.....	69

## ВСТУП

Дисципліна “Технологія холодного штампування” є одною із вузлових дисциплін спеціальності “Обробка металів тиском”, напрям підготовки – Металургія, 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. Зрозуміло, що і той матеріал дисципліни, що викладається в аудиторії, теж повинен бути закріпленим шляхом самостійної роботи студента.

Згідно діючого навчального плану викладання дисципліни здійснюється у VI семестрі загальною кількістю годин 144 (три кредити), в тому числі лекції – 48, лабораторні та практичні заняття – 32, індивідуальна самостійна робота студента – 64 годин. 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 той його частиною, яка повністю виноситься на самостійне вивчення;
- наведенні необхідної навчальної літератури по кожній тематиці дисципліни;
- наданні методичних вказівок та контрольних питань для самоперевірки знань;
- ознайомленні студента з заходами контролю засвоєння навчального матеріалу в умовах кредитно-модульної системи організації навчального процесу;
- надані методичні вказівки до практичних занять та контрольні питання 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 штамнуються;
- 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;
- Взаємозмінювання, стандарти та технічні вимірювання;
- Вища математика;
- Фізика;
- Хімія;
- Теорія обробки металів тиском;
- Проектування та розрахунок штампового оснащення для холодного штампування;
- Опір матеріалів;
- Конструювання та виготовлення штампового оснащення;
- Ковальсько-штампувальне обладнання;
- Автоматизація процесів ковальсько-штампувального виробництва.

## **2 РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ**

Години, що вказані по кожній тематичній робочій програмі, - 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 – 2 години**

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 штамповки 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 – 6 годин**

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 штампуємісті 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 – 16 годин

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 зворотньо-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: відрізку, 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 – мововідходне штампування?
9. Яке штампувальне обладнання використовується при чистовому вирубанні?
10. Шляхи підвищення ефективності розкрою.

### **2.1.4 Формозмінні операції – 4 години**

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 штамповки 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 – 15 годин**

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 – 2 години**

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 – 1 година**

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 – 2 години**

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 — 2,0 години.**

**2.2.2 Вплив величини зазору між матрицею і пуансоном на технологічне зусилля та якість поверхні зрізу при роздільних операціях — 2,0 години.**

**2.2.3 Визначення зусилля, роботи та потужності при різанні в штампах з паралельними ріжучими кромками — 2,0 години.**

**2.2.4 Визначення кута пруження після гнуття — 2,0 години**

**2.2.5 Визначення граничного коефіцієнта витягування листового матеріалу для штампування виробів — 2,0 години.**

**2.2.6 Визначення граничного коефіцієнта відбортовки круглих отворів в листовому матеріалі — 2,0 години.**

**2.2.7 Дослідження ротаційної витяжки — 2,0 години.**

**2.2.8 Штампування еластичним середовищем — 2,0 години.**

**2.2.9 Дослідження процесів гнуття плоскої заготовки — 2,0 години.**

### **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 — 1,0 години.**

**2.3.2 Різання листового матеріалу на ножицях і в штампах — 2,0 години.**

**2.3.3 Розрахунок виконавчих розмірів робочих деталей штампа — 1,0 години.**

**2.3.4 Розкрій листового металу — 2,0 години.**

**2.3.5 Визначення довжини розгортки деталі, пружності при гнутті — 2,0 години.**

**2.3.6 Розробка технологічного процесу витягування деталі — 6,0 години**

**2.3.7 Основи технологічного нормування холодно-штампувальних робіт — 2 години.**

**2.3.8 Розробка і оформлення технологічної документації згідно ЕСТD — 2 години.**

### **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 (1):

$$P = F\sigma_{зр} = LS\sigma_{зр} \quad (1)$$

де  $F$  — площа зрізу,  $\text{мм}^2$

$\sigma_{зр}$  — 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 відрізуємого матеріалу,  $\text{мм}$

$S$  — товщина матеріалу,  $\text{мм}$ .

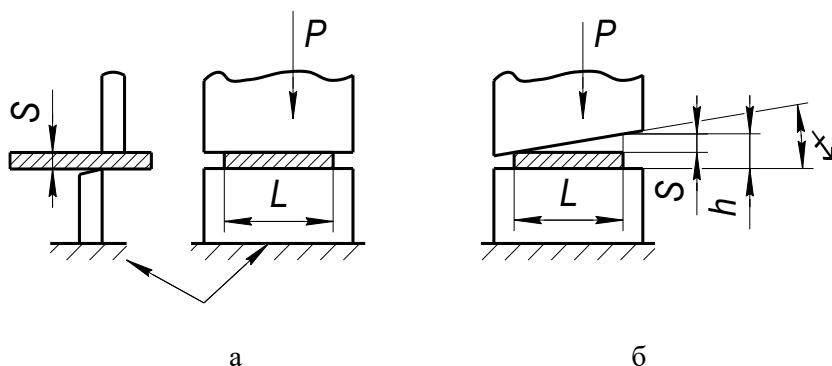


Рис.1 Схеми відрізування матеріалів на ножицях  
а) з паралельними ножами; б) з верхнім похилим ножем (гільйотинні)

Практичне зусилля відрізки матеріалу на ножицях з паралельними ножами визначається за формулою (2):

$$P_{\partial} = kR = kLS\sigma_{зр} \quad (2)$$

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 (3)

$$A = \frac{cP_{\partial}S}{1000}$$

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

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

Таблиця 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)	Картон		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)			
30Г	63 (615)	70 (685)			

Потрібна потужність електродвигуна для ножиць визначається за формулою (4):

$$N_{\partial} = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta \cdot \eta_{пер}} \quad (4)$$

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

$\eta$  — 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 (5)

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

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

Практичне зусилля відрізування матеріалу на гільйотинних ножицях визначається за формулою (6):

$$P_{\partial} = \kappa P = \frac{\kappa \cdot 0,5S^2 \cdot \sigma_{зр}}{\operatorname{tg} \varphi} \quad (6)$$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на гільйотинних ножицях визначається за формулою (7):

$$A = \frac{P_{\partial} h}{1000} = \frac{P_{\partial} L \operatorname{tg} \varphi}{1000} [\text{кГс} \cdot \text{м}] \quad (7)$$

де  $h$  — шлях, пройдений ножом при відрізуванні матеріалу.

$$h = L \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Зусилля відрізування матеріалу на дискових ножицях (рис.2) визначається за формулою (8):

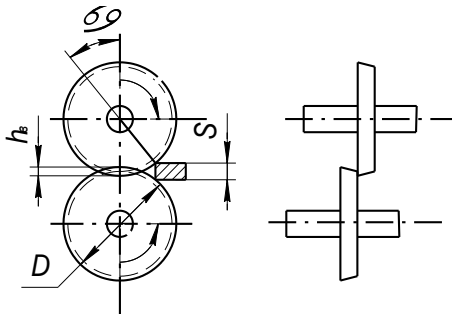


Рис.2. Схема дискових ножиць

$$P_{\partial} = 0,5 \frac{h_g S \sigma_{3p}}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (8)$$

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

$\alpha^{\circ}$  — кут захвату ножиць:

$\frac{D-S}{D}$ .....	0,995	0,990	0,980	0,975	0,970
$\alpha^{\circ}$ .....	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 (9):

$$M_k = 0,125 \kappa S^2 D (\cos \alpha) \sigma_{3p} \quad (9)$$

Зусилля відрізування матеріалу на вібраційних ножицях визначається за формулою (10):

$$P_{\partial} = \frac{S^2 \sigma_{3p}}{4 \operatorname{tg} \gamma} \quad (10)$$

Робота, затрачена на відрізування матеріалу на вібраційних ножицях, визначається за формулою (11):

$$A = \frac{P_{\partial} h \operatorname{tg} \gamma}{1000} \quad (11)$$

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

#### 2.4.1a 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 різу  $L = 1000$  мм. Обладнанням

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

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

Вирішення.

Практичне зусилля відрізування матеріалу

$$P_{\partial} = \frac{k \cdot 0.5 S^2 \cdot \sigma_{3P}}{tg \varphi} = \frac{1.3 \cdot 0.5 \cdot 2^2 \cdot 70}{0.158} = 1152 \text{ кгс} (12\text{кН})$$

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  $6^\circ$ .

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 500мм. 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  $\alpha^\circ$  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.3). Матеріал шайби —



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

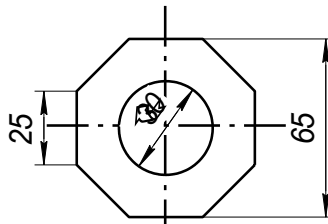


Рис 3

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.4). Матеріал — ст.35 товщиною  $S=3$  мм, число ходів преса за хвилину  $n=60$ . Коефіцієнт при визначенні потужності  $c=0,7$ ;  $\eta_{пер}=0,86$ ;  $\eta=0,8$ .

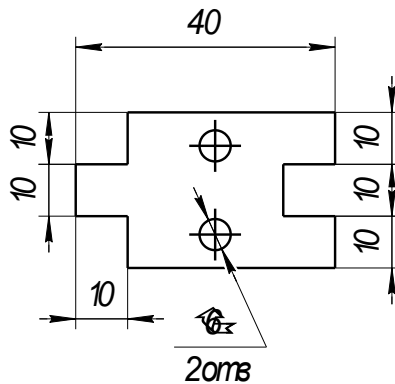


Рис.4

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. 5). Розрахувати роботу, яка витрачається на виготовлення деталі, якщо вирубання зовнішнього контура та пробивання отворів проводиться одночасно. Коефіцієнт при визначенні роботи  $\lambda = 0,5$ .

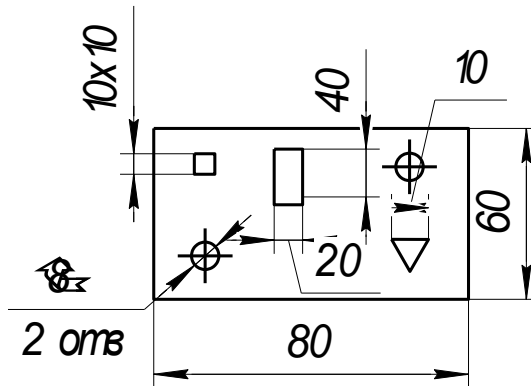


Рис. 5

19. Деталь, яка має отвір розмірами  $50 \times 150$  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 електродигуна преса для пробивання прямокутного отвору розмірами  $20 \times 60$  в пластині з розмірами  $50 \times 100$  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  $125 \text{ см}^2$

#### 2.4.2 Теоретичні знання по темі — розкрій листа, стрічки

Розкроем 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 вирубасомого контуру «в» та найменшу відстань між сусідніми контурами «а» рис.6

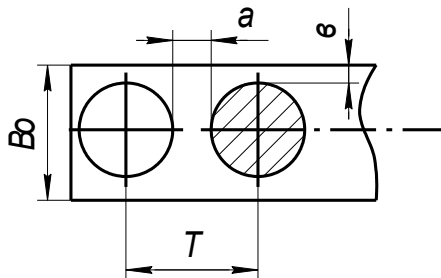


Рис 6

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

$$КВМ = \eta = \frac{F_0}{F_3} \cdot 100 \quad (12)$$

де  $F_0$  — корисна поверхня деталі,  $\text{мм}^2$  ;

$F_3$  — поверхня заготовки,  $\text{мм}^2$  .

Розкрій може бути з відходами (рис.7. а, б, в, г, ж, з, і) і безвідходний (рис.7. д, е). Коефіцієнт використання матеріалу при безвідходному розкрою близький до 100%.

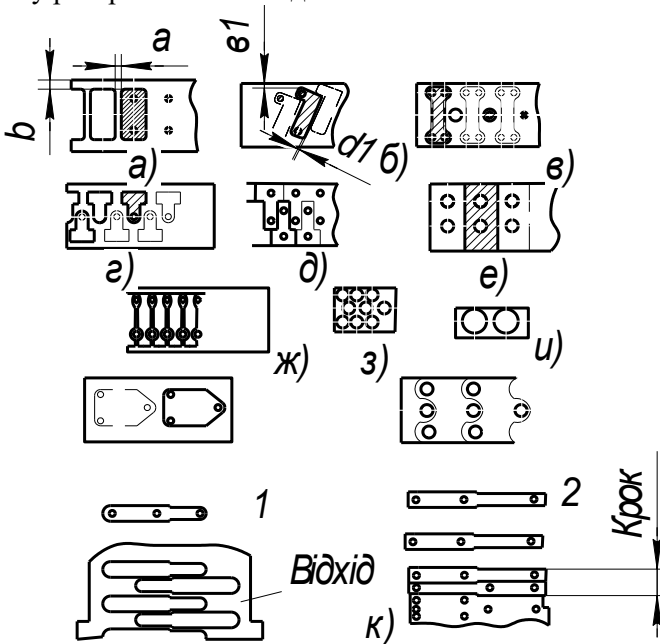


Рис. 7 - Розкрій матеріалу

В результаті конструктивної зміни деталі можливо значно скоротити відходи.

Круглі деталі вирубують в один чи декілька рядів (рис. 7, з, и.).

Найбільш вигідний розкрій для круглих деталей — багаторядний, шаховий. Коефіцієнт використання металу при однорядному паралельному розташуванні круглих контурів на штабі (див. рис 6 ), визначають за залежністю:

$$KBM = \eta = \frac{F_0}{F_3} = \frac{0,785D^2}{B_0 \cdot T} = \frac{0.785D^2}{(D + 2b)(D + a)} \cdot 100\% \quad (13)$$

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 застосовують для деталей простої форми — прямокутний або квадратний, похилий — для деталей  $F$  образної форми, зустрічний прямий та зустрічний похилий для деталей  $T$ -,  $\Pi$ - і  $\text{Ш}$ - образної форми.

Листи розрізають 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]:

Лист  $\frac{B - ПН - НО - 1,0 \times 1000 \times 2000 \text{ГОСТ} - 19904 - 74}{3 - III - Н - 20 \text{ГОСТ} 16523 - 70}$  – 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 (III), 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 1 залежать від товщини і твердості матеріалу, розмірів і форми вирубаємих деталей, типа упора і других факторів.

Таблиця 1. Найменші значення перемичок

Товщина матеріалу, мм	Ширина перемичок, мм		Товщина матеріалу, мм	Ширина перемичок, мм	
	a i b	a <sub>1</sub> i b <sub>1</sub>		a i b	a <sub>1</sub> i b <sub>1</sub>
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 приклада визначимо оптимальний коефіцієнт використання металу, при вирубанні заготовки  $\varnothing 100$  зі сталі ст.08кп, товщиною  $S=2$  мм

#### Вирішення.

Згідно рис.6 і табл.1 знайдемо ширину штаби —  $B_0$

$$B_0 = (D+2b) = 100 + 2 \cdot 1,6 = 103,2 \text{ мм.}$$

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

Визначимо коефіцієнт використання металу при повздовжньому розрізі листа див рис.8а.

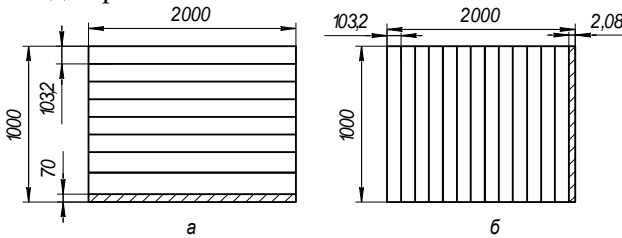


Рис.8

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

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

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

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

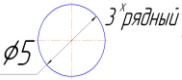





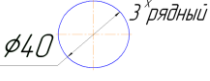

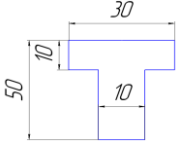
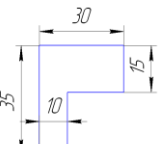
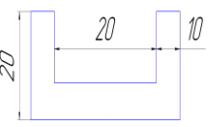
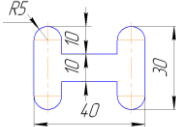
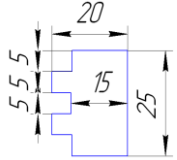
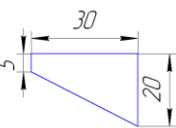
$$n_1 = \frac{2000}{103,2} = 19,37 \text{ приймаю } n=19$$

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

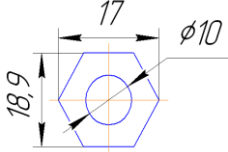
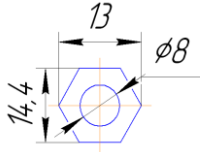
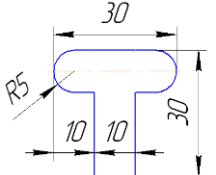
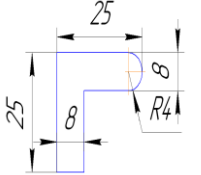
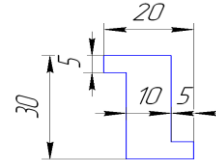
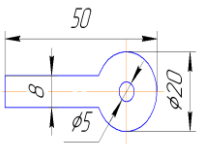
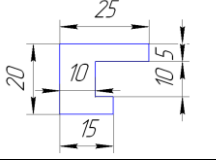
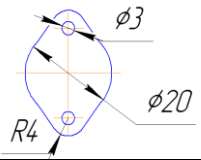
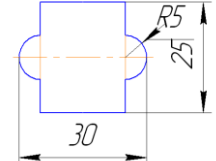
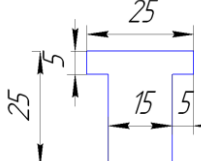
При рівних значеннях  $\eta_{нов} \approx \eta_{non}$ , приймаємо за оптимальний повздовжній розкрій, так як він дозволяє одержати більшу продуктивність.

### 2.4.26 Контрольні питання по темі — розкрій листа №2

Визначити оптимальний розкрій листа для деталей (табл.2)

№	Матеріал	S, м м	Ескіз	№	Матеріал	S, м м	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.9а) і пробиванні (рис.9б) проводиться відповідно схемам розміщення допусків на деталь.

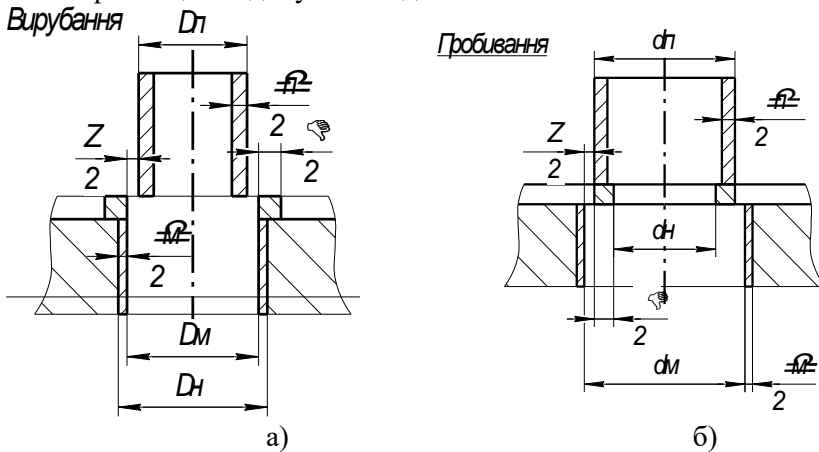


Рис.9

$$D_M = (D_H - \Delta) + \delta_M$$

$$D_P = (D_M - z) = (D_H - \Delta - z) - \delta_P$$

$$d_H + \Delta + z) + \delta_M$$

$$\delta_M = H7; \delta_P = h7;$$

$$d_P = (d_H + \Delta) - \delta_P$$

$$d_M = (d_P + z) = ($$

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

У випадку відсутності даних по « $\Delta$ » 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.10, матеріал ст..08кп.

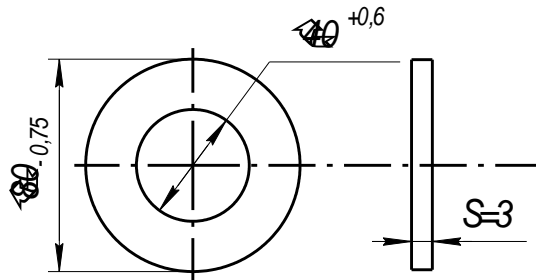


Рис.10

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

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

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

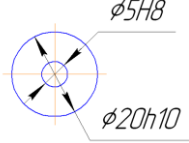
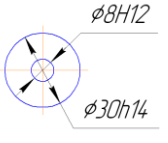
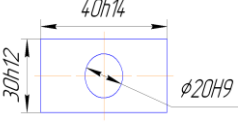
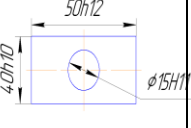
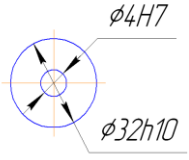
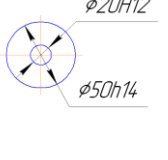
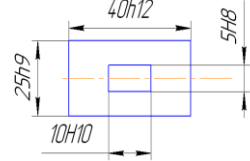
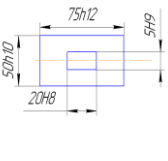
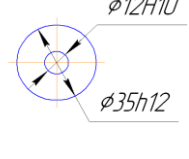
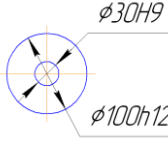
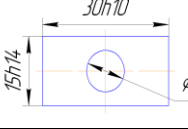
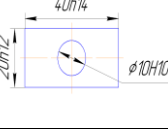
Знайдемо виконавчі розміри матриці та пуансона для пробивання отвору  $\text{Ø}40^{+0,6}$

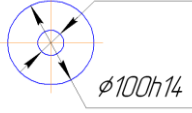
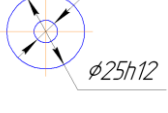
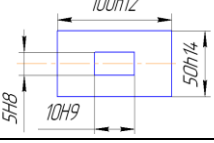
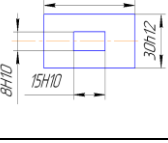
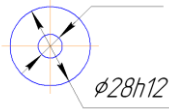
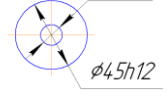
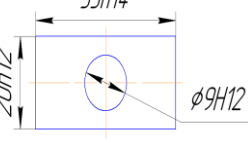
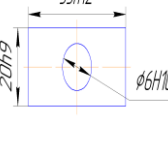
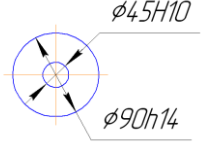
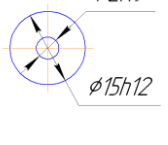
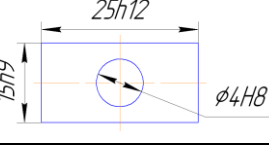
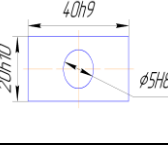
$$d_{\Pi} = (40 + 0,7 \cdot 0,6) = 40,42_{-0,025}$$

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

### 2.4.36 Контрольні питання по темі — виконавчі розміри пуансонів та матриць №3

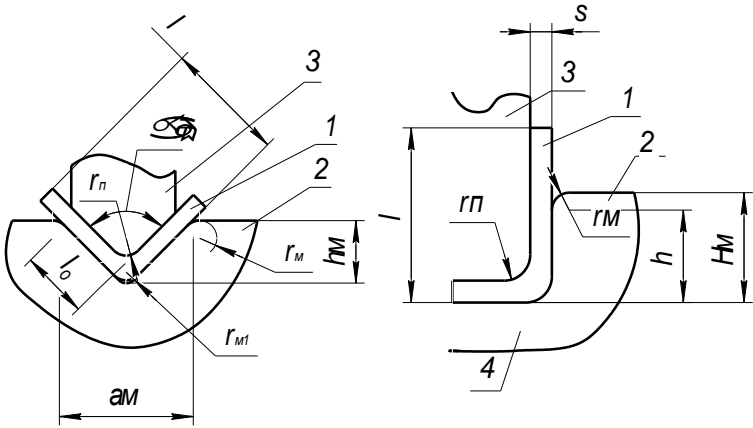
Знайти виконавчі розміри пуансонів і матриць при пробиванні отвору та вирубанні контура (табл.3)

№	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		19	Ст.10	4.5	
8	М1	3.5		20	Ст.15	5.0	
9	АМц	4.0		21	Ст.20	1.0	
10	Ст.10	5.0		22	Ст.25	1.5	
11	Ст.15	0.75		23	Ст.30	2.0	
12	Ст.20	1.25		24	Ст.10	2.5	

#### 2.4.4 Теоретичні знання по темі – гнуття

Гнуті деталі на одно-, дво- та багато кутові. Однокутові деталі з кутом  $\alpha$  між полицями можна гнути в V – подібному штампі (рис.11 а)



а)

б)

Рис.11 Схема штампів  
а — V-подібне гнуття, б — П- подібне гнуття

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. 12)

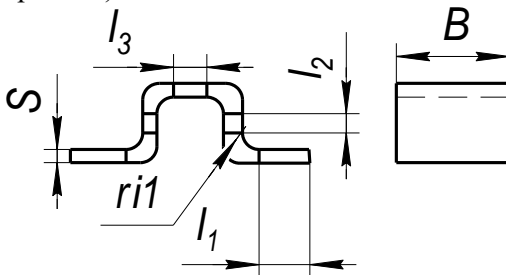


Рис.12

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]

$$l_i = \frac{\pi \alpha_i}{180} (r_i + x s) \quad (14)$$

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

$$L_{заг} = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{i=1}^m l_i \quad (15)$$

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

$$L_{заг} = \pi(D_e + S) + 2L_{np} \quad (16)$$

де  $D_e$  - внутрішній діаметр кільця;

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

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

$$\beta = \alpha_\partial - \alpha_{ш} \quad (17)$$

де  $\alpha_\partial$  - кут між полицями деталі після гнуття;

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

При вільному гнутті V-подібних деталей [2]

$$\operatorname{tg}\beta = 0,75 \frac{\sigma_S}{E} \cdot \frac{a_M}{(1-x)S} \quad (18)$$

де  $\sigma_S$  - межа текучості;

$E$  - модуль пружності металу, що гнеться;

$a_M$  - відстань між центрами округлень матриці рис.11, числові значення приведені [1].

При вільному гнутті П-подібних деталей

$$\operatorname{tg}\beta = 0,75 \frac{\sigma_S}{E} \cdot \frac{r_M + r_n + 1,25S}{(1-x)S} \quad (19)$$

де  $r_M, r_n$  - радіуси скруглення матриці і пуансона.

Розміри робочої частини матриці при П- подібному гнутті наведені в таблицях 4 та 5.

Таблиця 4- 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-	-	-	5	45	8	50	5	60	6	65



200									
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблиця 5- 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]

$$P_{\Gamma} = B_{\Gamma} S K_{\Gamma} \sigma_B \quad (20)$$

де  $B_{\Gamma}$  - сумарна довжина всіх ліній гнуття в даній операції.

$K_{\Gamma}$  - коефіцієнт, який враховує відносний радіус гнутої деталі  $r/S$ , значення якого наведені в таблиці 6.

$\sigma_B$  - межа міцності матеріалу деталі.

Таблиця 6- Коефіцієнт  $K_{\Gamma}$

$r/S$	$K_{\Gamma}$	$r/S$	$K_{\Gamma}$
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]

$$P_{III\Gamma} = (0,25 - 0,30) P_{\Gamma} \quad (21)$$

Зусилля штампування при вільному гнутті

$$P_{III\Gamma} = P_{\Gamma} + P_{III\Gamma} \quad (22)$$

Якщо гнуття виконують з калібруванням, то зусилля [1]

$$P_{III\Gamma} = Fq \quad (23)$$

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

$$P_{PP} = K_{III}P_{III\Gamma} \quad (24)$$

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

$$A_{\Gamma} = (0,33...0,5)Ph_p \quad (25)$$

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:

$$N = \frac{A \cdot n}{60 \cdot 102 \cdot \eta_{пер} \eta_{ц}} \quad (26)$$

#### 2.4.4a Приклад самостійного рішення задач по даному розділу

В якості прикладу, знайдемо довжину плоскої заготовки в перетині див. рис.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.

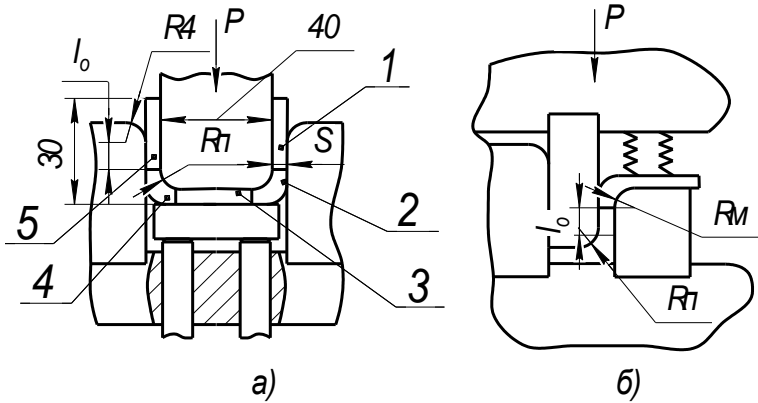


Рис.13 Схема переміщення пуансонів в матрицю.  
 а- при П-образному гнутті; б- при Г-образному гнутті.  
 Згідно рис.13а виріб розбиваємо на 5 ділянок.  
 Загальну довжину заготовки знайдемо за формулою (15)

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

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 притисканням, то зусилля притискання знайдемо за формулою (21)

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

Загальне зусилля штампування складає

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

Зусилля преса для штампування знайдемо за формулою (24)

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

Роботу гнуття визначаємо за формулою (25)

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

$$h_{p} = h_{M} = 20 \text{ мм} \text{ згідно таблиці 4.}$$

Згідно зусилля гнуття вибираємо кривошипний прес моделі

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

Потужність електродвигуна, визначимо за формулою (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)

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

#### **2.4.46 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  $90^{\circ}$ .

2. Визначити довжину заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі типу скоба з двома кутами  $90^{\circ}$ . Довжина прямолінійних бічних полук  $L_1=200$  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  $90^\circ$  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  $45^\circ$ . 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  $180^\circ$ . 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  $60^\circ$ .

10. V- образну (однокутову) деталь вигинають під кутом  $90^\circ$ . 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 сталевій 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  $40 \times 20$ . питоме зусилля калібрування 100 МПа.

13. Розрахувати повне переміщення пуансона в матрицю і роботу, яку витрачаємо при гнутті сталевій 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.14). матеріал деталі – алюміній АМц,

число ходів преса за хвилину  $n=40$ ; ККД передачі  $\eta_n=0,8$ ; ККД циклу  $\eta_{ц}=0,5$ .

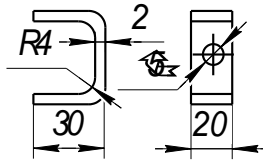


Рис.14

15. Визначити геометрію пуансона і матриці гнуттєвого штампа, який гарантує якісні розміри деталі, яка зображена на рис.3.

16. 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  $\eta_{пер}=0,8$ ;  $\eta=0,5$ .

17. Знайти довжину заготовки для гнуття деталі (рис.15).

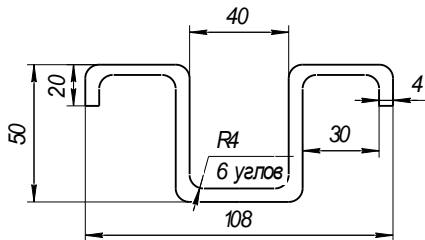


Рис.15

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

19. Симетричну деталь товщиною 4 мм штампують з двома вигинами під кутом  $30^\circ$ . Дві бічні прямолінійні полки цієї деталі довжиною по 60 мм, а з'єднає їх полка - 200 мм. Радіус гнуття 4 мм. Визначити довжину заготовки.

20. Знайти довжину плоскої заготовки, яка необхідна для виготовлення деталі з двома шарнірними петлями, якщо довжина

прямолинійної полки деталі 100 мм, внутрішній радіус закруглення петель 8 мм, кут закруглення їх  $330^\circ$ , а товщина матеріалу 2 мм.

21. Деталь з двома вигинами під кутом  $90^\circ$  і трьома полками довжиною 30, 40, 100 мм штампують з під чеканкою матеріалу в кутах. Товщина заготовки  $S=2$  мм. Знайти її довжину.

22. Як знайти довжину і ширину сталевий 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.

23. Знайти зусилля гнуття V- образної деталі на кут  $90^\circ$ , 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.

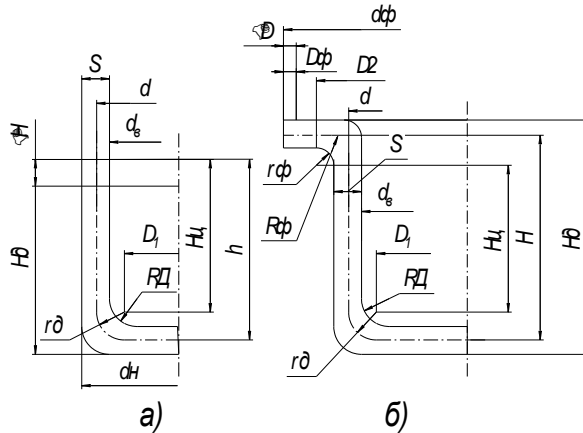
24. Як знайти зусилля гнуття П- образної деталі з притиском матеріалу, якщо розмір заготовки впродовж лінії гнуття 150 мм, товщина заготовки 20 мм, межа міцності матеріалу 200 МПа. Радіус матриці штампю 100 мм, а пуансона - 40 мм?

#### 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.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  
Рис.16- Напівфабрикат перед обрізанням циліндричної деталі

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

$$\text{Коефіцієнт витяжки:} \quad m = \frac{d}{D_0} \quad (27)$$

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

$D_0$  - діаметр плоскої заготовки.

$$\text{Коефіцієнт витяжки в переході:} \quad m_i = \frac{d_i}{d_{i-1}} \quad (28)$$

де  $i$  – номер переходу витяжки;

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

$$\text{Коефіцієнт витяжки в першому переході:} \quad m_1 = \frac{d_1}{D_0} \quad (29)$$

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 7,8. 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 7 – Допустимі коефіцієнти витяжки циліндричних виробів без фланця з притискуванням.

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 8 – Допустимі коефіцієнти витяжки з притисканням у першому переході ( $m_1$ ) виробів з фланцем.

Відносний діаметр фланця $d_\phi / d_1$	Значення $m_1$ при відносній товщині заготовки ( $S/D_0$ )·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 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 9,10 наведені рекомендуємі припуски на обрізку в залежності від абсолютної та відносної висоти деталі.

Таблиця 9 – 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 10 – Припуски по висоті на обрізку деталей з широким фланцем, мм.

Діаметр фланця $d_\phi$ , мм	Припуск на сторону при відносному діаметру фланця $d_\phi/d$			
	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.

$$\text{Тоді } D_0 = 1,13\sqrt{F} \quad (30)$$

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.16а):

$$D_0 = \sqrt{D_1^2 + 4dH_{Ц} + 2\pi r_{Д} D_1 + 8r_{Д}^2} \quad (31)$$

а для деталі з фланцем (рис.16б)

$$D_0 = \sqrt{D_1^2 + 2\pi r_{Д} D_1 + 8r_{Д}^2 + 4dH_{Ц} + 2\pi r_{Ф} D_2 - 8r_{Ф}^2 + d_{Ф}^2 - D_2^2} \quad (32)$$

Щоб визначити кількість переходів витяжки виробів без фланця, вибирають спочатку допустимі коефіцієнти витяжки в усіх можливих переходах ( $m_i$ ) за таблицями 7,8 або за іншими джерелами, в яких наводяться відповідні дані. А потім за формулою

$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg(m_1 D_0)}{\lg m_2} \quad (33)$$

Допустимі діаметри на кожному переході визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} d_1 &= m_1 D_0; & d_2 &= m_2 d_1; & d_3 &= m_3 d_2; \\ & & d_i &= m_i d_{i-1} \end{aligned} \quad (34)$$

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:

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_1^2}{4d_1} \quad (35)$$

$$h_2 = \frac{D_0^2 - d_2^2}{4d_2} \quad (36)$$

$$h_i = \frac{D_0^2 - d_i^2}{4d_i} \quad (37)$$

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

$$h_1 = 0,25 \left( \frac{D_0}{m_1} - d_1 \right) + 0,43 \frac{r_1}{d_1} (d_1 + 0,32r_1) \quad (38)$$

$$h_2 = 0,25 \left( \frac{D_0}{m_1 m_2} - d_2 \right) + 0,43 \frac{r_2}{d_2} (d_2 + 0,32r_2) \quad (39)$$

$$h_i = 0,25 \left( \frac{D_0}{m_1 m_2 \dots m_i} - d_i \right) + 0,43 \frac{r_i}{d_i} (d_i + 0,32r_i) \quad (40)$$

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 незмінюваним, а деформація проходить за рахунок зменшення діаметра циліндричної частини напівфабрикату (рис.17). при цьому ширина фланця та висота напівфабрикату збільшується.

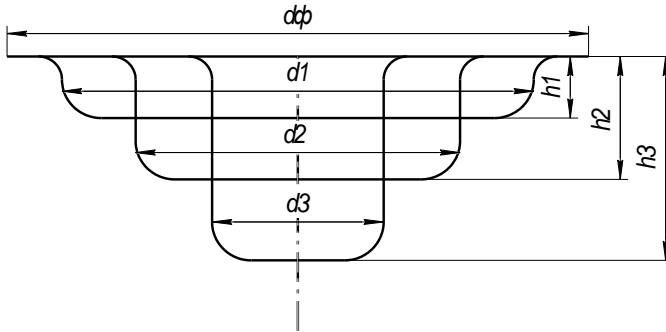


Рис.17 Витягування виробів з фланцем.

Розміри заготовки знаходимо за формулою (32), кількість переходів – за формулою (33), діаметри напівфабрикатів за формулами (34). На першому переході коефіцієнт витяжки знаходимо по табл..8, а не 7. Висоти напівфабрикатів знаходимо за формулами:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_1} + 0,86r_1 \\
 h_2 &= \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_2} + 0,86r_2 \\
 h_n &= \frac{D_0^2 - d_{\phi}^2}{4d_n} + 0,86r_n
 \end{aligned} \tag{41}$$

Для визначення витягування з притискуванням чи без, необхідно знайти відносну товщину  $\frac{S}{D_0} \cdot 100\%$  і якщо  $\frac{S}{D_0} \cdot 100\% < 1,5$ , то витягування 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]

$$P_i = \pi d_i S \sigma_B C_i \tag{42}$$

де  $\sigma_B$  - 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]

$$Q = F_i q \quad (43)$$

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

$$P_{np} = 1,25(P_i + Q_i) \quad (44)$$

Робота на витяжку в переході [1]

$$A = (0,6 \div 0,8) P_{np} H_{gi} \quad (45)$$

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 приклада, розробимо технологічний процес виготовлення деталі рис.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  $\psi = 0,25$ .

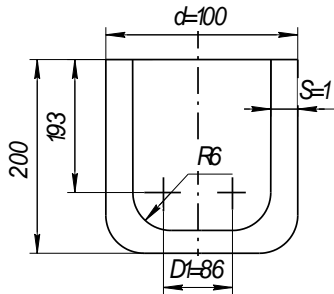


Рис.18

**Вирішення**

1. Діаметр заготовки визначаємо з умови постійності поверхні з рахунком припуску на обрізування краю за формулою (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  $\frac{S}{D_0} \cdot 100 = 0,32$

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

2. Визначаємо кількість переходів витяжки:

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

3. 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:



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

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

4. Визначаємо висоти напівфабрикатів за переходами витягування за формулами (35,36):

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

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

5. 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:

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

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

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

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

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

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

6. 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.  $P_{вн} > 128кН$ ,  $P_{зов} > 32,4кН$  - для першого переходу нас задовольняє

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

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

$$\sum P = P_e + Q$$

Перший перехід  $\sum P = 128 + 32,4 = 160кН$ ;

$$S_1 = 2,1 \cdot 85 = 178мм.$$

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

Другий перехід  $\sum P = 38 + 5,9 = 43,9кН$ ; хід  $S_2 = 270мм$ .

Вибираємо прес моделі К2535  $P_H = 400мм$  і т.д.

#### 2.4.56 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.19,20,21, а розміри їх приведені в таблицях 11,12,13.

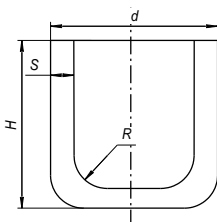


Рис.19

Таблиця 11

N завдання	H мм	d мм	S мм	R мм	Матеріал
1	60	20	1,0	3,0	ст08ю
2	150	45	1,5	5,0	ст08ю
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	Л62
7	140	35	0,8	2,5	Л62
8	180	40	0,9	3,0	М1
9	200	50	1,0	4,0	М1
10	250	65	1,2	5,0	ст10

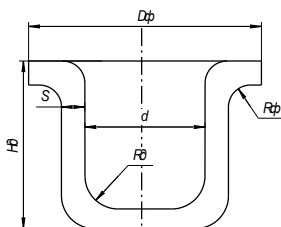


Рис.20

Таблиця 12

№	HФ мм	d мм	DФ мм	S мм	RФ мм	S мм	Матеріал
11	60	20	40	2	5	0,6	ст08кп
12	80	40	60	4	5	1,2	ст08кп
13	120	60	80	5	6	1,5	ст15кп
14	60	15	30	2	5	0,4	ст08ю
15	90	30	50	3	7	0,5	Л-62
16	125	50	75	4	7	1,0	Л-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	ст08ю
20	200	90	125	6	8	2,0	ст08кп

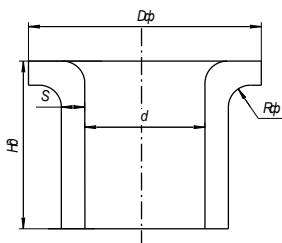


Рис.21

Таблиця 13

№	HФ 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	ст08кп
23	110	60	80	6	1,5	Л-62
24	50	25	50	5	0,4	Л-62
25	80	30	50	5	0,5	АМц
26	110	50	70	6	1,0	АМц
27	70	30	45	5	0,7	ст08ю
28	60	35	55	4	0,8	ст15
29	200	75	90	4	1,2	ст10
30	150	50	75	5	1,5	ст08ю

## 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 штамсів 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.19,20,21.

#### **2.4.7 Нормування штампувальних операцій**

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

$$T_{шт} = (T_0 + T_D) \left( 1 + \frac{a_{обс} + a_{вид}}{100} \right) \quad (46)$$

або по формулі (47):

$$T_{шт} = T_{он} \cdot K \quad (47)$$

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

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

$T_{шт}$  - штучний час в хвиликах;

$T_0$  - основний (машинний) час в хвиликах;

$T_D$  - допоміжний час в хвиликах;

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

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

### 2.4.7a 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 м<sup>2</sup>

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

Число хвйних ходів ножиць за хвилину – 22;

Тип муфти включення – двухкулачкова;

Включення ножиць – педаль ножна, стоячи.

№ 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 протокнути заготовку за ножиці	Площа листа 2м <sup>2</sup>	-	$t_2$	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	-	-

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

де  $n$  – кількість заготовок з листа;

$K=1,11$  (див. карту 73);

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

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

Вихідні дані

Вирубання деталі по контуру з штаби; Розмір штаби – 2х200х1000мм;

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

Прес зусиллям – 1000 кН; Штамп відкритий з упором;

Тип муфти включення – трьохкулачкова;

Робота проводиться на провал.

№ картки	№ позиції, індекс	Найменування переходів	Враховуючий фактор	Час на 1 шт. в хв.		
				$T_0$	Допоміжний $T_d$	
					перекрива- єме	неперекрива- єме
52	1в	Взяти штабу, піднести і встановити в штамп	Довжина і ширина штаби 200х1000мм	-	$t_2$	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 <sup>2</sup>	-	$t_4$	0,039
2	31г	Штампувати	$n=50$	0,023	-	-

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

де  $n$  – кількість деталей, одержаних з штаби;

$K=1,14$  (див. карту 62);

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

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

Вихідні дані

Штампувати заготовку. Розмір заготовки 1188x586x2мм;

Площа заготовки – 0,69м<sup>2</sup>; Подача заготовки в штамп – ручна;

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

Тип муфти включення – фрикційна; Положення робітника – стоячи.

№ 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 0,69м <sup>2</sup>	-	$t_2$	12,5
1	2а	Включити прес	Ножна педаль		$t_1$	1,5
2	27б	Штампувати	Число подв. ходів за хвилину - 40	2,6	-	-
44	3ш	Взяти деталь, заготовку і скинути в тару	Площа деталі 0,5м <sup>2</sup>	-		5,1
45	1ф	Виштовхнут и відхід з штампа	Площа відходу 0,69м <sup>2</sup>		-	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.

## Склад, обсяг і термін виконання змістових модулів

Блоки змістових модулів	Короткий зміст модулів	Розподіл навчального часу за видами занять			СРС, годин	Обсяг навантаження студента	
		Лекції, годин	Лаб. роботи, №/год	Практ. заняття, №/год		Годин	Кредити
1	2	3	4	5	6	7	8
Блоки змістових модулів, що виносяться на 1-ий модульний контроль							
1	1. Вступ 2. Вихідний матеріал та його штампуємість 3. Роздільні операції	16	1/2 2/2	1/2 2/2 3/2	20	46	0,96
2	4. Чистове вирубання. Зачищення. Обрізка.	4	3/2	-	4	10	0,20
3	5. Розкрій листового металу 6. Гнуття листового матеріалу	4	4/2	4/2	8	16	0,34
Разом за 1-ий підсумковий модуль, годин		24	8	8	32	72	1,5
Термін проведення 1-ого підсумкового модульного контролю – 8 (або 9-ий) тиждень семестру							

1	2	3	4	5	6	7	8
Блоки змістових модулів, що виносяться на 2-ий модульний контроль							
4	7.Формозмінні операції	4		5/2	4	10	0,20
5	8.Витягування. Способи витягування. Зусилля витягування. Зусилля притиску	6	5/2	6/2	8	18	0,37
6	9.Реверсивна витяжка. Витяжка конусних, ступінчатих. 10.Відбортівка. Обтиск. Роздача. Ротаційна витяжка	12	6/2  7/2	7/2  8/2	16	36	0,75
7	11.Техніко-економічні показники та аналіз технологічних процесів	2	8/2		4	8	0,18
Разом за 2-ий підсумковий модуль, годин		24	8	8	32	72	1,5
Термін проведення 2-ого підсумкового модульного контролю – 17-ий тиждень семестру							
Всього		48	16	16	32	144	3

## 4 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.

### 4.1 Основна література

1. Аверкиев Ю.А., Аверкиев А.Ю. Технология холодной штамповки. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.
2. Зубцов М.Е. Листовая штамповка. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.
3. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.
4. Ковка и штамповка: справ очник. В 4-х т./Ред.: сонет: Е.И. Семенов (пред.) и др.. – М.: Машиностроение, 1987. – Т.4 – 544 с.

### 4.2 Додаткова література

5. Бабаев Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью СВМ. – М.: Машиностроение, 1982. – 168 с.
6. Романовский В.П. Справ очник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с.
7. Ході реВ В.А. Применение полиуритана в листоштамповочном производстве. – Пермское книжное изд-во, 1975. – 218 с.
8. Овчинников А.Г. Чистовая вырубка со сжатием. – М.: Машиностроение, 1975. – 280 с.
9. Шепельский М.В. Теорія та проектування процесів холодного штампування. Навчальний посібник.– Кіровоград:КНТУ, 2005.– 262 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени на холодную штамповку. – М.: Машиностроение, 1964. – 122 с.
11. Дубина В.І. Технологія холодного штампування. Конспект лекцій. Електронна версія. – Кафедра ОМТ. Запоріжжя, ЗНТУ, 2007 – 70 с.
12. ЕСТД “Форма и правила оформления документов на технологические процессы раскроя материалов”. ГОСТ 3.1402-84 Изд. Стандартов. – М.: 1984 – 18 с.

### **4.3 Навчально-методична література**

13. Машины и технология обработки металлов давлением. Лабораторные работы. /Под ред. Л.И. Живова. 2-е изд., перераб. И доп. – К.: Вища школа. Главное изд-во, 1987. – 199 с.