

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**

**РОБОЧА ПРОГРАМА,**

**методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни**  
**«Технології обробки тиском кольорових металів і сплавів» для студентів,**  
**які навчаються за спеціальністю 136 «Металургія»,**  
**спеціалізація «Обробка металів тиском».**

**Затверджено**  
**на засіданні Вченої ради академії**  
**Протокол № \_\_ від \_\_\_\_\_**

**Дніпро, НМетАУ, 2019**

Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Технології обробки тиском кольорових металів і сплавів» для студентів, які навчаються за спеціальністю 136 «Металургія», спеціалізація «Обробка металів тиском» / Укл. В. В. Андреев. – Дніпро: НМетАУ, 2019. – 30 с.

Наведені рекомендації до вивчення дисципліни «Технології обробки тиском кольорових металів і сплавів»; мета і завдання дисципліни; необхідний обсяг знань і умінь студентів у результаті її вивчення; методичні вказівки до вивчення кожного з розділів та література, що рекомендується; питання для самоконтролю, а також варіанти індивідуальних завдань, що виконують студенти в процесі вивчення дисципліни.

Призначені для студентів заочної форми навчання, які навчаються за спеціальністю 136 «Металургія», спеціалізація «Обробка металів тиском». Освітній рівень – «Магістр».

Укладач      В. В. Андреев, к-т техн. наук, доц.

Відповідальний за випуск      Д. В. Коноводов, к-т техн. наук, доц.

Рецензент Я. В. Фролов, д-р техн. наук, проф. (НМетАУ)

## ВСТУП

Дисципліна «Технології обробки тиском кольорових металів і сплавів» є базовою спеціальною навчальною дисципліною, що читається студентам, які навчаються за спеціальністю 136 «Металургія», спеціалізація «Обробка металів тиском».

Вивчення дисципліни вимагає знання наступних дисциплін освітнього рівня «бакалавр»: «Теорія пластичного плину металів», «Теорія обробки металів тиском», «Технології процесів за фахом».

Робоча програма складена на основі рекомендаційної програми для даної спеціальності і відбиває тенденції, що визначилися останнім часом, а саме: підвищення частки самостійної роботи при вивченні дисципліни, виявлення усіх взаємозв'язків між окремими явищами процесу пластичної деформації, розвиток практичних навичок рішення технічних завдань і т.п.

Знання по цій дисципліні необхідні для кожного спеціаліста в області обробки металів тиском. Вони дають основи розуміння та побудови технологічних процесів, вибору устаткування, проектування технологічного інструменту.

У зміст дисципліни входить: сортова прокатка профілів з кольорових металів і сплавів, листова прокатка листів і штаб з кольорових металів і сплавів, прокатка труб, технологія виробництва профілів з алюмінієвих і магнієвих сплавів, міді, титану і тугоплавких кольорових металів.

Отримані знання є основою для рішення таких лабораторних занять, як ***дослідження процесу прямого гарячого пресування суцільних профілів, волочіння алюмінієвого дроту.***

У результаті вивчення дисципліни студент повинний уміти: запропонувати спосіб або технологію виробництва виробу з кольорового сплаву відповідно до вимог стандартів й ескізу виробу; визначити раціональні технологічні параметри виробництва штаби, профілю або труби з кольорового металу або сплаву; розрахувати калібровку технологічного інструменту; визначити енергосилові параметри прокатки довгомірних виробів з кольорових металів.

Студенти заочного факультету матеріал програми вивчають самостійно, а лекції, що читаються їм, носять допоміжний характер і ні в якому разі не можуть замінити підручники. Для кращого освоєння матеріалу рекомендується робити конспекти.

Більш глибоке пророблення матеріалу програми вимагає читання рекомендованої нижче літератури, що є одним з видів самостійної роботи.

По даній дисципліні студентами виконуються лабораторні та практичні заняття, а також індивідуальна робота, яка відповідно до навчального графіку повинна бути захищена при особистій співбесіді з викладачем.

## 1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Відповідно до навчального плану дисципліну «Технології обробки тиском кольорових металів і сплавів» вивчають студенти за спеціальністю 136 «Металургія», спеціалізація «Обробка металів тиском». Загальний обсяг дисципліни для студентів заочної форми навчання -120 академічних годин. Розподіл годин за семестрами, видами занять і видами контролю представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Розподіл навчальних годин за семестрами, видами занять та видами контролю

Семестр	Усього годин	Види занять					Види контролю
		Аудиторні, годин	Лекції, годин	Лабораторні, годин	Практичні заняття, годин	Самостійна робота, годин	Індивідуальна робота. Іспит
1	120	16	8	4	8	104	

Робоча навчальна програма дисципліни з указівкою тем і методичних вказівок до лекційного матеріалу наведена в розділі 3. Передбачені програмою лабораторні роботи наведено в розділі 4. При вивченні дисципліни «Технології обробки тиском кольорових металів і сплавів» планується контрольована викладачем самостійна робота (розділ 6), що передбачає:

- самостійне вивчення розділів дисципліни, що не викладаються на лекціях;
- підготовку до практичних занять;
- підготовку до лабораторних робіт;

- вивчення лекційного матеріалу;
- виконання індивідуальної роботи.

Варіанти завдань і методичні вказівки для виконання індивідуальної роботи наведено в розділі 6. Виконана й оформлена за встановленими правилами індивідуальна робота здається в деканат. Після одержання зарахованої індивідуальної роботи необхідно врахувати всі зазначені рецензентом зауваження і внести необхідні виправлення.

## **2. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна**

1. Данченко В.М., Гринкевич В.О., Головка О.М. Теорія процесів обробки металів тиском. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 370 с.
2. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. Учебник для вузов / Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: МИСИС, 1999. – 416 с.
3. Данченко В.Н., Миленин А.А., Головка А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. – Днепропетровск: "Системные технологии", 2002. – 448 с.
4. Металлургия легких металлов. Николаев И.В., Москвитин В.И., Фомин Б.А. – М.: Металлургия, 1997. – 432 с.
5. Машины и агрегаты для обработки цветных металлов и сплавов: Учебное пособие для вузов / Паршин В.С., Костров В.П., Сомов Б.С., Федоров М.И., Губашов Б.М. – М.: Металлургия, 1988. – 400 с.
6. Грудев А.П., Машкин Л.Ф., Ханин М.И. Технология прокатного производства. – М.: Арт-Бизнес-Центр, Металлургия, 1994. – 656 с.
7. Технология процессов обработки металлов давлением/ Полухин П.И., Хензель А., Полухин В.П., и др. / Под ред. Полухина П.И. – М.: Металлургия, 1988. – 408 с.

8. Слоистые металлические композиции. Учебн. Пособие. Потапов И.Н., Лебедев В.Н., Кобелев А.Г., Кузнецов Е.В., Быков А.А., Ключников Р.М. – М.: Металлургия, 1986. – 216 с.
9. Технология и оборудование для обработки тугоплавких порошковых и композиционных материалов. Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с.
10. Технология производства труб: Учебник для вузов / Потапов И.Н., Коликов А.П., Данченко В.Н. и др. – М.: Металлургия, 1994. – 528 с.
11. Нагайцев А.А., Габарник Л.М. Прессование труб и прутков из меди и ее сплавов. – М.: Металлургия, 1981. – 108 с
12. С.В. Беляев, И.Н. Доженко, Р. Е. Соколов и др. Конспект лекций по дисциплине «Технология прессования». – Красноярск, 2007. – 310 с.
13. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов / Л.А. Никольский, С.З. Фиглин, В.В. Бойцов и др. – М.: Машиностроение, 1975. – 285 с.
14. Левченко Л.Н., Головки О.М., Гридін О.Ю. Технологія процесів волочіння: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2005. – 40 с.
15. Савин Г.А. Волочение труб. – М.: Металлургия, 1993. – 336 с
16. Ф.В. Мосин Технология изготовления деталей из труб. – М.: МАШГИЗ, 1962. – 172 с.
17. Жолобов В.В., Зверев Г.И. Прессование металлов. – М.: Металлургия, 1971. – 455 с.
18. Щерба В.Н. Прессование алюминиевых сплавов. – М.: "Интермет Инжиниринг", 2001. – 768 с.
19. .Шевакин Ю.Ф., Рытиков А.М. Повышение эффективности производства труб из цветных металлов. – М.: Металлургия, 1968. – 240 с.

#### **Додаткова**

20. Крейндин Н.Н., Кручер Г.Н. Производство листов и лент из легких сплавов – М.: ГНТИ Черцветмет, – 1957. – 310 с.

21. Холодная прокатка труб / З.А. Кофф и др. – Свердловск: ГНТИ Черцветмет. – 1962. – 431 с.
22. Шевакин Ю.Ф. Калибровка и усилия при холодной прокатке труб. – М.: Металлургия, 1963. – 269 с.
23. Шевакин Ю.Ф., Глейберг А.З. Производство труб. – М.: Металлургия, 1968. – 440 с.
24. Матвеев Б.Н. Горячая прокатка труб. – М.: "Интермет Инжиниринг", 2000. – 372 с.
25. Горячее прессование труб и профилей / Ю.В. Манегин, А.Э. Притоманов, Т. Шпиттель и др. – М.: Металлургия, 1980. – 272 с.
26. Левченко Л.Н., Головки О.М., Гридін О.Ю. Пресування металів і сплавів: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2005. – 48 с.
27. Шапиро В.Я., Уральский В.И. Бухтовое волочение труб. – М.: Металлургия, 1972. – 264 с.
28. Мосин Ф.В. Технология изготовления деталей из труб. – М.: Машгиз, 1962. – 172 с.
29. Биметаллические материалы / М.И. Чепурко и др. – Л.: Судостроение, 1984. – 272 с.
30. Производство биметаллических труб и прутков / М.И. Чепурко, В.Я. Остренко, А.А. Когадеев и др. – М.: Металлургия, 1986. – 240 с.
31. Производство слоистых композиционных материалов / А.Г. Кобелев и др. – М.:Интермет Инжиниринг, 2002. – 496 с.

При вивченні дисципліни матеріал програми варто вивчати в послідовності розділів, що викладені нижче.

### **3. РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

Розподіл навчальних годин за темами і видами занять з дисципліни «Обработка тиском кольорових металів і сплавів» наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Розподіл навчальних годин за темами і видами занять

№ теми	Найменування теми	Кількість годин за видами занять				
		Аудиторні				Самостійна робота
		лекції	практичні заняття	лабораторні заняття	усього	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ I - Прокатка кольорових металів і сплавів</b>						
1	Класифікація кольорових металів і сплавів	0,5	-	-	0,5	10
2	Сортова і листова прокатка кольорових металів і сплавів	1	-	-	1	12
3	Прокатка труб з кольорових металів і сплавів	1	-	-	1	12
<b>Розділ II – Пресування (екструзія) кольорових металів і сплавів</b>						
1	Технологія виробництва профілів з алюмінієвих і магнієвих сплавів	1	2	2	5	20
2	Пресування труб і прутків з міді і її сплавів	0,5	-	-	0,5	8
3	Технологія виробництва прес-виробів з титану і тугоплавких кольорових металів	1	-	-	1	8
4	Пресовий інструмент	1	-	-	1	8
<b>Розділ III – Волочіння і постформінг виробів з кольорових металів і сплавів</b>						
1	Безоправочне волочіння виробів з кольорових металів і сплавів	0,5	-	2	2,5	10
2	Оправочне волочіння труб з кольорових металів	0,5	2	-	2,5	10
3	Гнуття труб з кольорових металів	1	-	-	1	6
Усього		8	4	4	16	104

Відповідно до навчальної програми студент зобов'язаний засвоїти всі теми дисципліни. Нижче наводяться зміст робочої програми дисципліни і методичні



вказівки до вивчення окремих тем з вказівкою годин, що відводяться на лекційне та самостійне вивчення.

У випадку труднощів під час роботи над підручником студенту слід звернутися за консультацією до викладача.

## РОЗДІЛ І ПРОКАТКА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

### Тема 1. Класифікація кольорових металів і сплавів

*Лекції – 0,5 годин*

*Самостійне вивчення - 10 годин*

Алюміній і його сплави, їх класифікація. Спеціальні алюмінієві сплави. Ливарні і деформуючі алюмінієві сплави. Класифікація магнієвих сплавів. Технічний магній. Мідь і її сплави, загальні відомості. Класифікація сплавів на основі міді. Спеціальні мідні сплави. Загальна характеристика титанових сплавів. Класифікація титану і його сплавів. Технічний титан. Тугоплавкі метали та їх сплави, загальні відомості. Тугоплавкі метали технічної чистоти. Принципи легування тугоплавких металів.

[2] С. 55-143, 154-164, 232-260, 271-300, 355-364; [3] С. 11-21; [4] С. 276-281, 324-327.

### *Питання для самоперевірки*

1. За якими ознаками класифікують всі алюмінієві сплави?
2. Як розрізняють алюмінієві сплави за способом отримання?
3. Які елементи є основними домішками в алюмінії?
4. На які групи розділяють магнієві сплави?
5. У чому основна відмінність між латунями і бронзами?
6. На які групи розділяють бронзи високої електропровідності?
7. Переваги і недоліки титанових сплавів.
8. За якими ознаками класифікують титанові сплави?
9. Значення молібденового та алюмінієвого еквіваленту при описі титанових сплавів.
10. Які метали і сплави відносяться до тугоплавким?
11. З якою метою легують тугоплавкі метали?

## **Тема 2. Сортова і листова прокатка кольорових металів і сплавів**

*Лекції – 1 година*

*Самостійне вивчення - 12 годин*

Устаткування, технологія та інструмент сортової прокатки профілів зі сплавів алюмінію, міді й титану. Прокатка полосової міді і мідних сплавів. Прокатка листів з титанових, алюмінієвих і магнієвих сплавів. Прокатка біметалів. Виробництво алюмінієвої фольги.

[5] С. 9-21, 80-160; [6] С. 292-302, 308-311; [7] С. 137-141, 204-213, 246-256; [8] С. 19-23.

### ***Питання для самоперевірки***

1. На які групи розділяють сортамент сортового прокату з кольорових металів і сплавів?
2. Склад устаткування безперервного ливарно-прокатного агрегату для отримання алюмінієвої катанки?
3. Які види зливків і заготовок використовують на прокатних станах при отриманні сортового прокату з кольорових металів і сплавів?
4. Які системи калібрів використовують при прокатці профілів з кольорових металів?
5. Сутність способів отримання біметалів прокаткою.
6. Що таке фольга, її властивості і спосіб отримання?

## **Тема 3. Прокатка труб з кольорових металів і сплавів**

*Лекції – 1 година*

*Самостійне вивчення - 12 годин*

Особливості технології виробництва та інструменту для гарячої прокатки труб з кольорових металів і сплавів. Устаткування, технологія та інструмент холодної пильгерної прокатки труб на станах ХПТ.

[9] С. 267-326; [10] С. 475-484; [5] С. 31-37; [6] С. 566 – 573.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Кінематичні особливості гвинтової та поздовжньої прокатки?

2. Назвіть послідовність основних технологічних операцій, які виконуються при виробництві гарячедеформівних труб з кольорових металів і сплавів.
3. Чим обумовлена багатопрохідність і багатocyклічність виробництва холоднодеформівних труб малих розмірів?
4. Які операції і з якою метою входять в кожен цикл процесу виробництва холоднодеформівних труб?
5. Основні елементи і принцип дії стану ХПТ.

## РОЗДІЛ II ПРЕСУВАННЯ (ЕКСТРУЗІЯ) КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

### Тема 1. Технологія виробництва профілів з алюмінієвих і магнієвих сплавів

*Лекції – 1 година*

*Практичні заняття – 2 години*

*Лабораторні заняття – 2 години*

*Самостійне вивчення - 20 годин*

Вимоги стандартів до профілів з алюмінієвих і магнієвих сплавів. Устаткування для пресування алюмінієвих профілів, пресовий інструмент. Технологія виробництва профілів з алюмінієвих і магнієвих сплавів.

[1] 202-215; [3] С. 53-83; [5] С. 22-31; [7] 384-396.

### *Питання для самоперевірки*

1. Дайте визначення процесу пресування (екструзії).
2. Наведіть переваги та недоліки процесу пресування.
3. Опишіть вимоги стандартів до профілів з алюмінієвих і магнієвих сплавів.
4. Наведіть основні типи матриць для пресування суцільних профілів з кольорових металів і сплавів.
5. Зобразіть ескіз плоскої форкамерної матриці.
6. Наведіть основні стадії процесу прямого гарячого пресування. Що таке індикаторна діаграма?

7. Наведіть основні технологічні операції процесу виробництва труб на прутково-профільних і трубо-профільних пресах.

## **Тема 2. Пресування труб і прутків з міді і її сплавів**

*Лекції – 0,5 годин*

*Самостійне вивчення - 8 годин*

Сплави, що деформуються і сортамент прес-виробів. Область застосування і технічні вимоги до готової продукції. Устаткування і технологічні особливості виробництва прес-виробів з міді і її сплавів.

[7], С. 397-402; [11], С. 5-100; [12] С. 273-280.

### ***Питання для самоперевірки***

1. На які групи умовно ділять сплави на мідній основі?
2. Назвіть сортамент продукції з міді і її сплавів.
3. Назвіть область застосування і технічні вимоги до готової продукції із мідних сплавів.
4. Опишіть конструкцію пресів для отримання мідних труб і профілів.
5. Наведіть характерні температурно-швидкісні параметри пресування міді та її сплавів?
6. Опишіть основні технологічні схеми виробництва суцільних і порожнистих профілів, і труб з мідних сплавів.

## **Тема 3. Технологія виробництва прес-виробів з титану і тугоплавких кольорових металів**

*Лекції – 1 година*

*Самостійне вивчення - 8 годин*

Область застосування і технічні вимоги до готової продукції. Устаткування і технологічні особливості виробництва прес-виробів з титану і тугоплавких кольорових металів. Вплив умов пресування на структуру і властивості виробів.

[9], С. 36-52; [12] С. 280-289; [13] С. 139-163.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Назвіть сортамент виробів з титанових сплавів.
2. Опишіть сферу застосування та вимоги до готової продукції.
3. Які специфічні особливості титанових сплавів істотно впливають на вибір технологічних параметрів?
4. Які схеми пресування титанових сплавів використовуються в промисловості?
5. Опишіть характер течії титану при пресуванні.
6. Наведіть конструкцію інструменту для пресування титану і його сплавів?
7. Які мастила використовують при пресуванні титану і тугоплавких металів.

### **Тема 4. Пресовий інструмент**

*Лекції – 1 година*

*Самостійне вивчення - 8 годин*

Класифікація пресових матриць. Матриці для пресування алюмінієвих сплавів низької і середньої міцності. Оправки. Контейнери. Вплив параметрів конструкції інструменту на витікання металу.

[1] С. 203-206; [3] 289-314; [10] С. 259-261.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Що входить до складу матричного комплексу?
2. Класифікація пресових матриць.
3. Опишіть основні елементи конструкції форкамерних матриць і їх призначення.
4. Опишіть основні елементи конструкції комбінованих матриць і їх призначення.
5. Які вимоги висуваються до сталей для пресового інструменту?
6. З якою метою і як проводять зміцнення поверхні матриць?

## РОЗДІЛ III ВОЛОЧІННЯ І ПОСТФОРМІНГ ВИРОБІВ З КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

### **Тема 1.** Безоправочне волочіння виробів з кольорових металів і сплавів

*Лекції – 0,5 годин*

*Лабораторні заняття – 2 години*

*Самостійне вивчення - 10 годин*

Устаткування, основні технологічні операції при безоправочному волочінні труб і прутків з кольорових металів і сплавів. Волочильний інструмент. Мастила.

[1] С. 231-251; [5], С. 31-33; [7]С. 303-322.

#### ***Питання для самоперевірки***

1. Дайте визначення процесу волочіння.
2. Які види виробів отримують за допомогою процесу безоправочного волочіння?
3. Вкажіть основні переваги та недоліки процесу безоправочного волочіння?
4. Охарактеризуйте основні технологічні операції при безоправочному волочінні суцільних профілів і труб.
5. Які види мастил і мастильних шарів використовують при безоправочному волочінні кольорових металів і сплавів?
6. Як змінюються розміри труб при безоправочному волочінні труб?

### **Тема 2.** Оправочне волочіння труб з кольорових металів

*Лекції – 0,5 годин*

*Практичне заняття – 2 години*

*Самостійне вивчення - 10 годин*

Устаткування і основні технологічні операції при оправочному волочінні труб з кольорових металів і сплавів. Волочильний інструмент.

[1] С. 231-251; [10] С. 491-507; [14] С. 5-30; [15] С. 146-207.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Опишіть основні способи оправочного волочіння.
2. Наведіть основні технологічні операції при оправочному волочінні.
3. Конструкція станів для оправочного волочіння.
4. Охарактеризуйте основний технологічний інструмент при оправочному волочінні.

### **Тема 3. Гнуття труб з кольорових металів**

*Лекції – 1 година*

*Самостійне вивчення - 6 годин*

Гнуття круглих труб в холодному стані. Інструмент і устаткування для гнуття труб. Гнуття труб прямокутного поперечного перерізу.

[16], С. 42-110.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Від яких параметрів залежить вибір способу гибки?
2. Як визначається ступінь деформації при гибці?
3. Які основні технологічні параметри, при розробці технології згинання деталей трубопроводів, необхідно розрахувати?
4. Основні вимоги, які висуваються до трубокзгинальних верстатів в процесі їх монтажу, налагодження та експлуатації.
5. Машина та механізми для гнуття труб прямокутного перетину.

## **4. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ**

***1. Дослідження процесу прямого гарячого пресування суцільних профілів (2 години).***

***2. Волочіння алюмінієвого дроту (2 години).***

Лабораторні роботи проводяться під керівництвом викладача в період лабораторно-екзаменаційної сесії. При виконанні лабораторної роботи студент

повинен фіксувати результати її проведення в окремому зошиті. Послідовність проведення роботи наступна:

- 1) вивчення інструкції, підготовка к роботі;
- 2) проведення роботи та фіксація даних;
- 3) обробка даних;
- 4) аналіз результатів та висновки;
- 5) складання короткого звіту;
- 6) захист звіту по лабораторній роботі.

Під час підготовки до лабораторної роботи студент може використовувати підручники, а також методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.

## **5. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

Робочою програмою дисципліни «Технології обробки тиском кольорових металів і сплавів» передбачено проведення двох практичних занять. Теми та зміст практичних занять приведені нижче.

### **Заняття 1. Розрахунок сили деформації при прямому гарячому пресуванні (4 години).**

1. Обґрунтування технологічної схеми процесу прямого гарячого пресування.
2. Розрахунок деформаційних параметрів процесу.
3. Розрахунок швидкісного і температурного режиму пресування.
4. Розрахунок енергосилових параметрів прокатки.
5. Перевірка виконання технологічних обмежень.
6. Розрахунок продуктивності пресу.

### **Заняття 2. Розрахунок енергосилових параметрів волочіння, технологічних обмежень і маршрутів виготовлення труб з кольорових металів і сплавів (4 години).**



1. Обґрунтування технологічної схеми процесу оправочного волочіння труб.
2. Розрахунок маршрутів і калібровок інструмента.
3. Розрахунок силових параметрів волочіння та продуктивності волочильного стану.
4. Перевірка технологічних обмежень.
5. Розрахунок витратного коефіцієнта при деформації.
6. Аналіз коефіцієнтів міцності основних деталей робочої кліти волочильного стану.

## **6. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ**

По дисципліні передбачено виконання одного індивідуального завдання, що складається з 30 варіантів. Кожен варіант складений з 1-го теоретичного питання і двох практичних (розрахункових). Номер теми розраховується як дві останні цифри залікової книжки мінус число, кратне 30 (наприклад: номер книжки 893887 - номер варіанта  $87-2 \times 30 = 27$ ).

При виконанні індивідуального завдання необхідно дати конкретну відповідь на кожне питання. Відповіді ілюструються необхідними схемами і рисунками. Допускається використання копій складних малюнків.

Приклад виконання розрахункового завдання наведено в п. 5.1.3.

Кращим є виконання контрольного завдання з застосуванням ПЕОМ.

### **6.1. ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ТИСКОМ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ»**

#### **6.1.1 Теоретичні питання:**

- 1) Сутність і різновиди процесу пресування.
- 2) Сортамент і технічні вимоги до якості листового прокату з кольорових металів і сплавів
- 3) Пресування із зворотним витіканням.

- 4) Безоправочне волочіння. Сутність способу. Зміна геометричних розмірів при волочінні.
- 5) Пресування з випереджальною дією контейнера.
- 6) Багатоканальне пресування.
- 7) Пресування профілів змінного перетину.
- 8) Пресування труб.
- 9) Бухтове волочіння труб.
- 10) Способи волочіння труб на оправці.
- 11) Пресування титанових сплавів.
- 12) Пресування міді та її сплавів.
- 13) Пресування тугоплавких металів.
- 14) Сортамент і вимоги до прес-виробів з алюмінієвих сплавів.
- 15) Гідропресування.
- 16) Особливості тертя й змащення при пресуванні.
- 17) Силкові умови пресування.
- 18) Способи пресування порожнистих виробів з алюмінієвих сплавів.
- 19) Технологія пресування зі зварюванням порожнистих профілів і труб з алюмінієвих сплавів.
- 20) Устаткування для пресування алюмінію і його сплавів.
- 21) Технологічний пресовий інструмент: конструкція, сталі, що застосовуються.
- 22) Основні технологічні операції при пресуванні алюмінієвих профілів.
- 23) Загальна характеристика титанових сплавів. Вплив домішок на структуру й механічні властивості титану.
- 24) Фізичні й механічні властивості тугоплавких металів. Взаємодія тугоплавких металів з легуючими елементами й домішками.
- 25) Способи отримання біметалевих композицій з використанням процесів обробки тиском.
- 26) Устаткування для прокатки листів з кольорових металів.
- 27) Виробництво алюмінієвої фольги.

- 28) Валкова розливка-прокатка алюмінієвих штаб.
- 29) Класифікація гідравлічних пресів та їх конструктивні особливості.
- 30) Устаткування ділянок пресування: механізми транспортування й подачі заготовок, механізми зміни матриць і видалення прес-залишку, допоміжні механізми.

### 6.1.2 Варіанти розрахункових завдань

Розрахункове завдання рекомендується виконати по розробленим самостійно програмах. При оформленні розрахункового завдання необхідно привести методику розрахунку і результати розрахунку. Якщо використовується запозичена програми, друкувати її текст не потрібно.

Вихідні дані для виконання розрахункового завдання наведені в таблицях 5.1 та 5.2, а також на рисунку 5.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані до варіантів завдання з розрахунку сили пресування

Варі- ант	Мате- ріал	$D_k$ , мм	$D_z$ , мм	$l_z$ , мм	Прес-виріб	T, °C	V, мм/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	АД00	100	96	350	ø12	350	2
2	АД31	105	101	370	ø13	400	3
3	АД33	110	106	380	ø14	450	4
4	АД35	115	111	400	ø 15	350	5
5	АД00	120	116	420	ø 16	400	6
6	АД31	125	121	440	ø 17	450	7
7	АД33	130	126	460	ø 18	350	8
8	АД35	135	131	480	ø 19	400	9
9	АД00	145	141	510	ø 20	450	10
10	АД31	150	146	520	ø 21	350	11
11	АД33	155	151	540	ø 22	400	12

1	2	3	4	5	6	7	8
12	АД35	160	156	560	ø 23	450	13
13	АД00	165	161	580	ø 24	350	14
14	АД31	170	166	600	ø 25	400	15
15	АД33	175	171	610	ø 26	450	2
16	АД35	180	176	630	ø 27	350	3
17	АД00	185	181	650	ø 28	400	4
18	АД31	190	186	670	ø 29	450	5
19	АД33	195	191	680	ø 30	350	6
20	АД35	200	196	700	ø 31	400	7
21	АД00	205	201	720	ø 32	450	8
22	АД31	210	206	730	ø 33	350	9
23	АД33	215	211	760	ø 34	400	10
24	АД35	220	216	770	ø 35	450	11
25	АД00	225	221	790	ø 36	350	12
26	АД31	230	226	800	ø 37	400	13
27	АД33	235	231	820	ø 38	450	14
28	АД35	240	236	840	ø 39	350	15
29	АД00	245	241	860	ø 40	400	2
30	АД31	250	246	880	ø 41	450	3

Таблиця 6.2 – Вихідні дані до варіантів завдання з розрахунку геометричних розмірів матриці

№ вар.	№ рис.*	$a$ , мм	$b$ , мм	$c$ , мм	$d$ , мм	$R$ , мм	$lnp$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	44	46	1,3	2,8	22	2,5
2	1	36	30	1,6	2,5	18	2,4
3	1	74	60	1,9	4,2	37	2,6
4	2	18	84	2,1	3,1	18	2,8

1	2	3	4	5	6	7	8
5	2	14	77	1,4	4,2	14	2,1
6	2	24	110	1,7	3,6	24	2,2
7	3	28	54	1,8	3,8		2,9
8	3	26	26	2,4	4,4		2,3
9	3	34	50	3	5		3
10	4	34	24	5	7	14	3,1
11	4	45	22	4	5	13	2
12	4	53	28	4	8,3	9	2,7
13	5	25	64	1,8	4		2,5
14	5	12	30	1,2	3		2,4
15	5	16	48	1,5	4		2,6
16	6	51	80	3	8		2,8
17	6	28	21	1,2	5,4		2,1
18	6	83	22	3	7		2,2
19	7	10	15	1,5	3	25	2,9
20	7	12	20	2	5	20	2,3
21	7	15	25	2,5	4	20	3
22	8	40	80	1	3		3,1
23	8	25	60	2	6		2
24	8	30	70	2,5	4		2,7
25	1	40	46	1,2	2,8	20	2,5
26	1	30	30	1,2	2,5	15	2,4
27	1	80	62	1,8	4,2	40	2,6
28	2	20	60	2,1	3,1	20	2,8
29	2	16	72	1,4	4,2	16	2,1
30	2	28	80	1,7	3,6	28	2,2

\* № рис. – відповідає порядковому номеру на рисунку 6.1

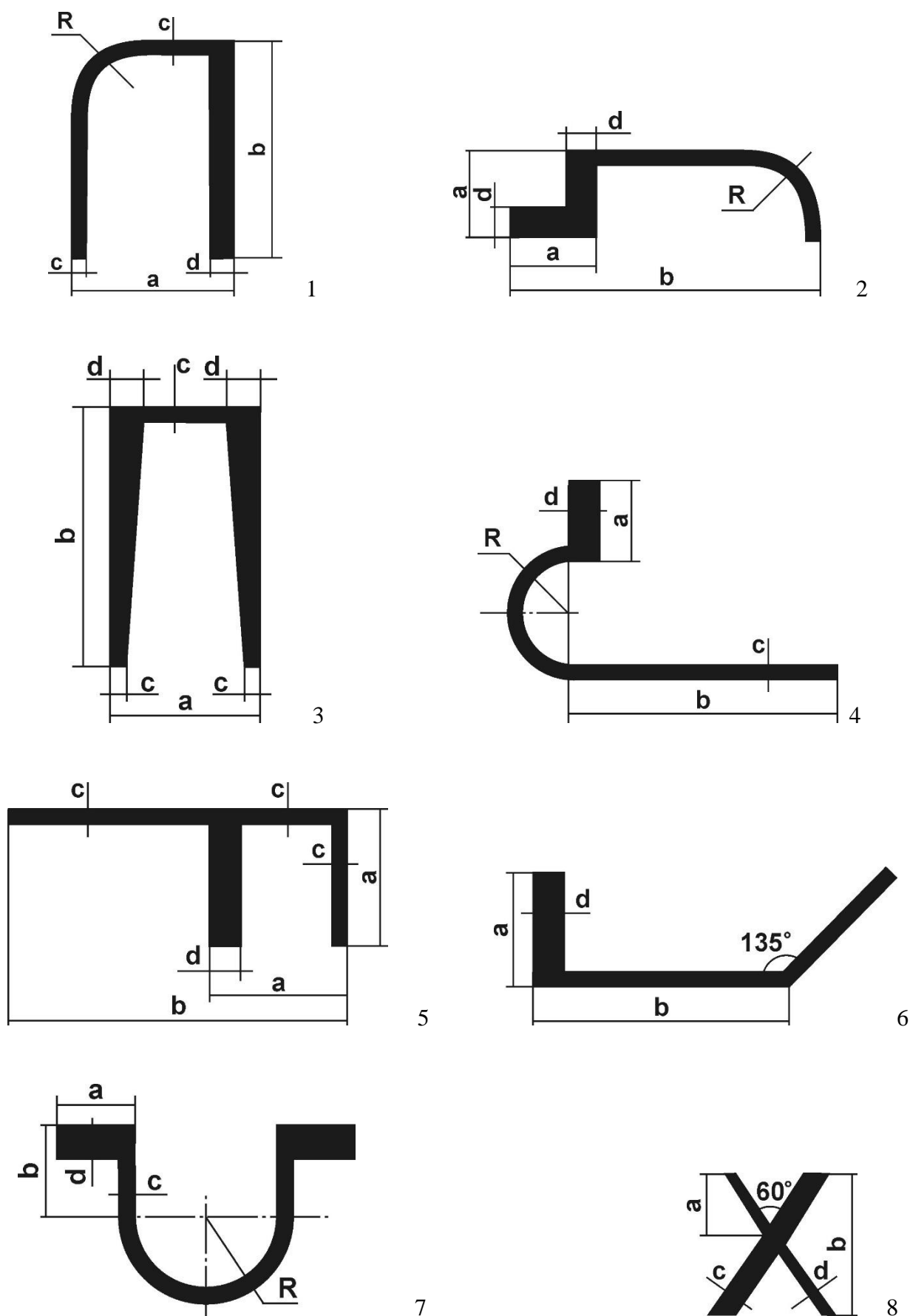


Рисунок 6.1 - Вихідні дані до варіантів завдання з розрахунку геометричних розмірів матриці

### 6.1.3. Приклад виконання розрахункового завдання

#### 6.1.3.1 РОЗРАХУНОК СИЛИ ПРЕСУВАННЯ

Вихідні дані

Матеріал	АД31
Діаметр контейнера $D_k$	140
Діаметр заготовки $D_z$	136
Довжина заготовки $l_z$	500
Прес-виріб $D_l$	Пруток $\varnothing 19,8$ мм
Температура контейнера, Початкова температура заготовки	400 °C
Швидкість переміщення прес-штем- пеля	$V = 10$ мм/с

1. Коефіцієнт витяжки

$$\lambda = \frac{F_0}{F_1} = \frac{D_k^2}{D_l^2} = \frac{140^2}{19,8^2} = 50 \quad (1)$$

2. Логарифмічна витяжка

$$\ln(\lambda) = \ln(50) = 3,9 \quad (1)$$

3. Середня логарифмічна деформація

$$\bar{\varepsilon} = 2 \cdot \ln \frac{3}{\frac{D_l}{D_k} + 2} = 2 \cdot \ln \frac{3}{\frac{19,8}{140} + 2} = 0,674 \quad (2)$$

4. Висота мертвої зони

$$H_{мз} = \frac{D_k - D_l}{2 \cdot \tan(\alpha)} = \frac{140 - 19,8}{2 \cdot \tan(45)} = 60,15 \text{ мм} \quad (3)$$

5. Середня логарифмічна швидкість деформації

$$\dot{\bar{\varepsilon}} = \frac{\lambda - 1}{H_{мз}} \cdot V = \frac{50 - 1}{97,35} \cdot 10 = 8,15 \text{ } 1/\text{с} \quad (4)$$

Знаючи  $\bar{\varepsilon}$ ,  $\dot{\bar{\varepsilon}}$  і  $T = 400^\circ\text{З}$  можна визначити середній опір деформації в осередку деформації згідно рис. 5.2  $\bar{\sigma}_f = 31 \text{ } \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$

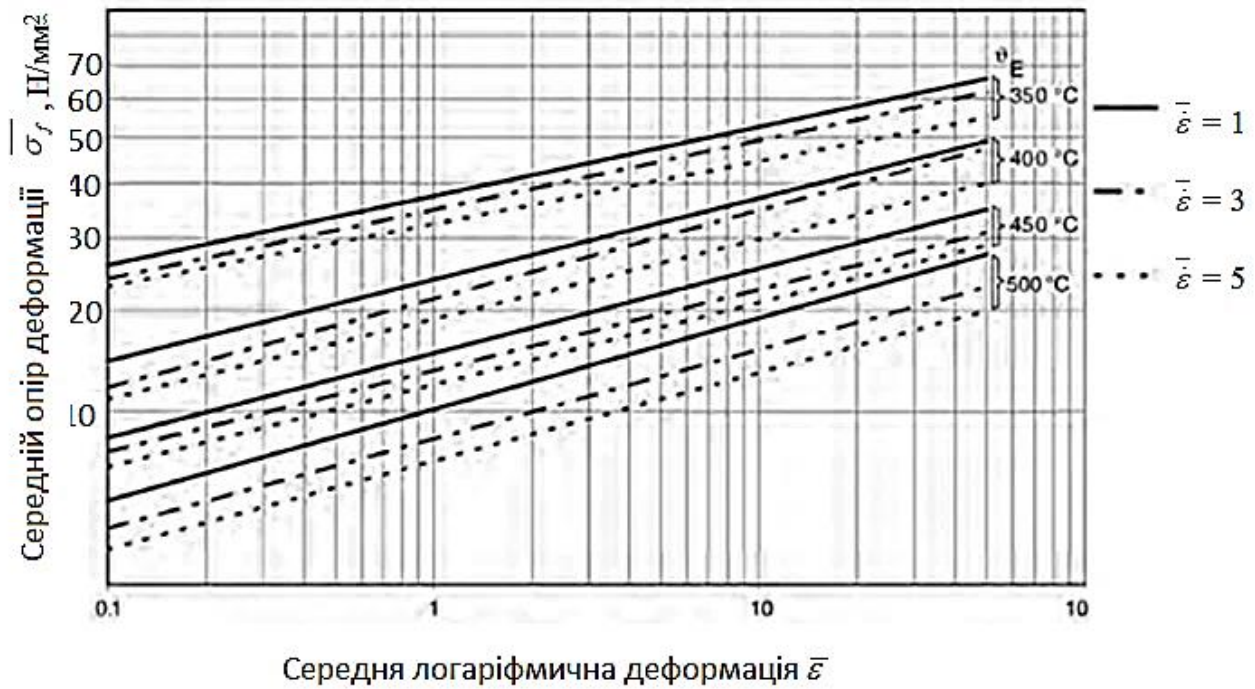


Рисунок 6.2 – Залежність середнього опору деформації від середніх температур швидкості й ступені деформації для сплаву АД00

#### 6. Розрахунки фактору, що враховує формозміну в матриці

$$C = \frac{f_n}{\eta_F} \quad (5)$$

де  $f_n$  – фактор профілю (при пресуванні прутка рівний 1);  $\eta_F$  – коефіцієнт ефективності деформації (КПД деформації) знаходиться в діапазон 0,5-0,6, обираємо рівним 0,6.

$$C = \frac{1}{0,6} = 1,67$$

$$F_M = C \cdot \ln(\lambda) \cdot \bar{\sigma}_f \cdot \frac{D_\kappa^2}{4} = 1,67 \cdot 3,9 \cdot 31 \cdot \frac{140^2}{4} = 3100 \text{ кН} \quad (6)$$

#### 7. Довжина заготовки після розпресовки

$$l_0 = l_3 \cdot \frac{D_3^2}{D_\kappa^2} = 500 \cdot \frac{136^2}{140^2} = 472 \text{ мм} \quad (7)$$

#### 8. Переміщення прес-штемپеля при розприсовці

$$s_1 = l_3 - l_0 = l_3 \cdot \left(1 - \frac{D_3^2}{D_0^2}\right) = 500 \cdot \left(1 - \frac{136^2}{140^2}\right) = 28 \text{ мм} \quad (8)$$



9. Довжина прес-залишку

$$l_{n.o.} \cong \frac{D_0}{6} = \frac{140}{6} = 23 \text{ мм} \quad (9)$$

Враховуючи, те що  $V = 10 \text{ мм/с}$ ,  $T=400 \text{ }^\circ\text{C}$ , опір зрізу для сплаву АД00 згідно рис. 5.3 буде рівним  $\tau = 10 \text{ Н/мм}^2$

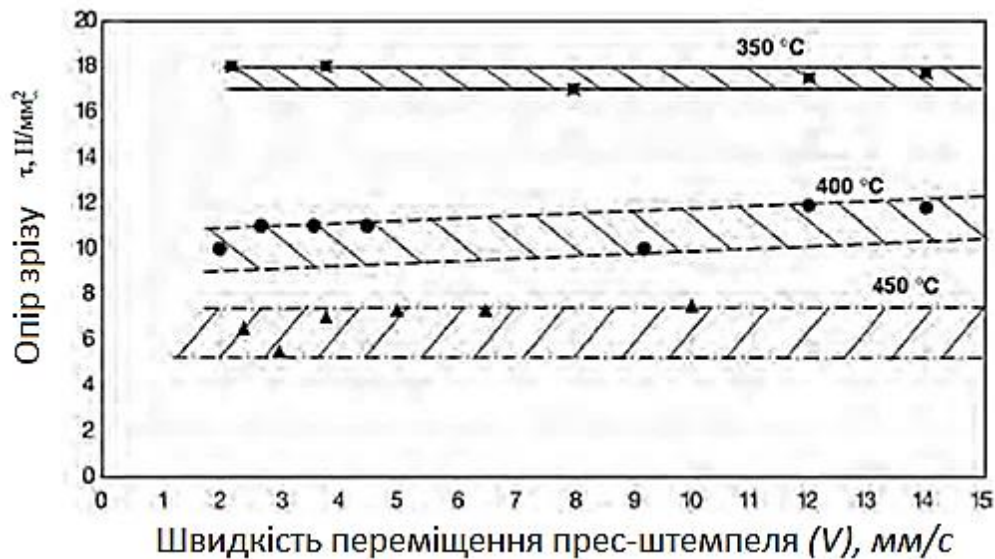


Рисунок 6.3 – Залежність опору зрізу від швидкості переміщення прес-штемпеля для сплаву АД00

10. Сила, яка витрачається на подолання тертя на втулці контейнера

$$F_T = \pi \cdot D_k \cdot \tau \cdot (l_0 - l_{n.o.} + s_1 - s(t)) = 4396 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} \cdot (477 - s(t)) \text{ мм} \quad (10)$$

11. Сила пресування

$$F = F_M + F_T = 3100 \text{ кН} + 4396 \frac{\text{Н}}{\text{мм}} \cdot (477 - s(t)) \text{ мм} \quad (11)$$

Максимальна сила пресування досягається після закінчення розпресовки та відповідає наступному положенню прес-штемпеля  $s(t) = s_1 = 28 \text{ мм}$ :

$$F_{\max} = F_M + F_T = 3100 \text{ кН} + 4396 \cdot (472 - 23 + 28 - 28) = 5074 \text{ кН} \quad (12)$$

Мінімальна сила пресування досягається при  $s(t) = l_0 + s_1 - l_{n.o.}$ . При таких значеннях сила тертя на контейнері вже не впливає й сила пресування відповідає силі, яка витрачається на формозміну в матриці

$$F_{\min} = F_M = 3100 \text{ кН} \quad (13)$$

Результати розрахунків сили пресування наведені на рис. 5.4.

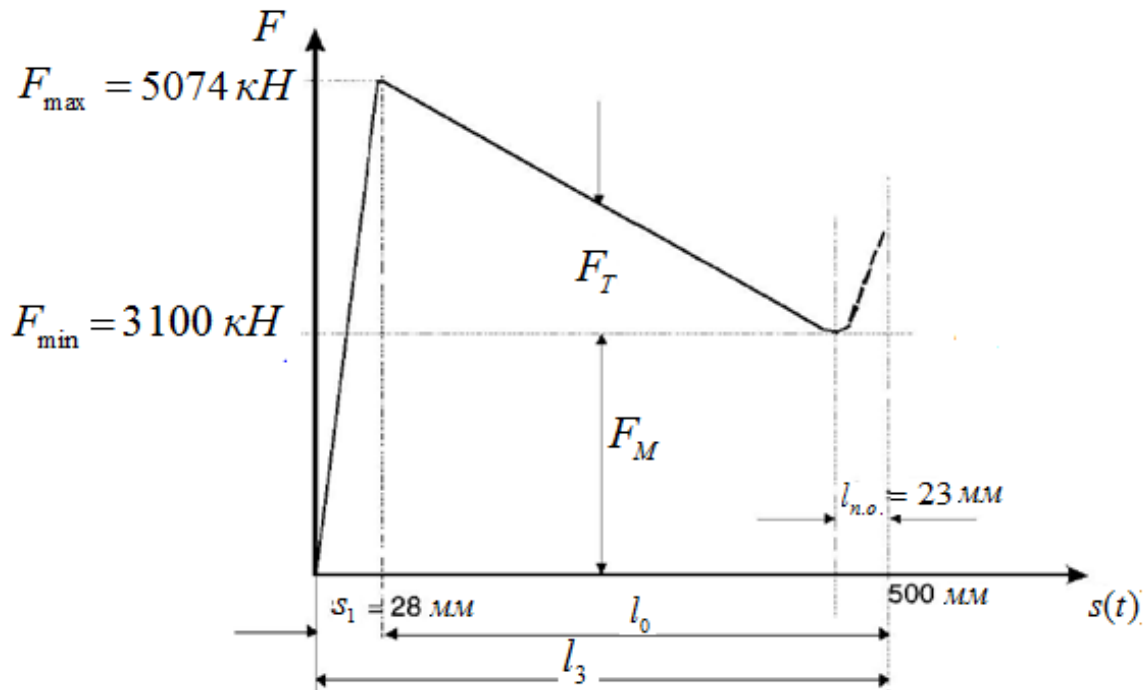


Рисунок 6.4 – Розрахункові значення сили пресування залежно від переміщення прес-штемплєя

#### 6.1.3.2 РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ МАТРИЦІ

Вихідні дані

##### *Геометричні розміри контейнеру*

Діаметр контейнеру  $D_k$ , мм 159

##### *Профіль, $A_0$*

a (габарит), мм 40

b (габарит), мм 46

c (товщина стінки профілю), мм 1,5

d (товщина стінки профілю), мм 2,8

R (радіус), мм 20

##### *Температурні параметри*

Тзаг 500

Тпр 550

Тм 470

$\alpha_{1Al}$  0,000026

$\alpha_{2Ст}$  0,000019

Кількість каналів  $n$

1

На рисунку 6.5 приведено схему розрахункової деталі.

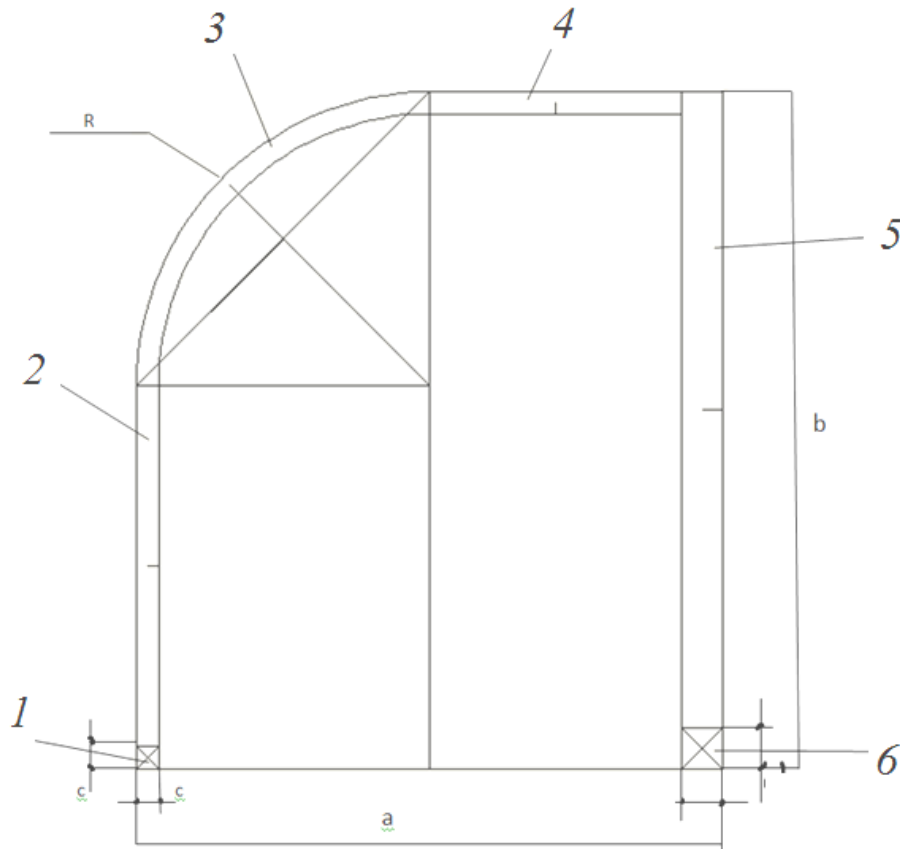


Рисунок 6.5 - схема розрахункової деталі

### 1. Габаритні розміри матриці

$$D_M = 1,4 \cdot D_k = 1,4 \cdot 159 = 223 \text{ мм}$$

$$H_M = D_M \cdot 0,25 = 223 \cdot 0,25 = 60 \text{ мм}$$

### 2. Розрахунок виконуючих розмірів каналу

$$K_y = 10^{(-1.524 - 0.467 \cdot \lg(A_0))}$$

$$K_p = 10^{(-1.628 - 0.318 \cdot \lg(A_0))}$$

$$K_T = T_{\text{пр}} \cdot a'_1 A l - T_v \cdot a'_2 C_T$$

$$\Delta_{\text{и}} = 0, \text{ якщо } A_0 \geq 6 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{и}} = 0,038 \cdot \ln(A_0) - 0,072, \text{ якщо } A_0 < 6 \text{ мм};$$

$$A_M = A_0 + (K_y + K_p + K_T) \cdot A_0 + \Delta_{\text{и}}$$

$K_y$	
$K_{y_a}$	0,005344
$K_{y_b}$	0,005006
$K_{y_c}$	0,024761

$K_{y_d}$	0,0185
$K_{y_R}$	0,007386
$K_p$	
$K_{p_a}$	0,007287
$K_{p_b}$	0,00697
$K_{p_c}$	0,020702
$K_{p_d}$	0,016975
$K_{p_R}$	0,009084
$K_T$	0,00537
$\Delta_{и}$	
$\Delta_{и_a}$	0
$\Delta_{и_b}$	0
$\Delta_{и_c}$	-0,05659
$\Delta_{и_d}$	-0,03287
$\Delta_{и_R}$	0
$A_M$	
$A_{M_a}$	40,72002
$A_{M_b}$	46,5509
$A_{M_c}$	1,511601
$A_{M_d}$	2,866456
$A_{M_R}$	19,19755

### 3. Розміри форкамери

$$C = 0,1 \cdot D_k;$$

$$B_s = (C/s) + s;$$

$s$  – товщина стінки профілю, мм;

$$b_2 = (B_s - s)/2,5;$$

$$b_1 = b_2 * 1,5;$$

$$b_3 = (b_1 + b_2) * 1,5;$$

$$H_\phi = 0,1 * D_k;$$

$C$	16
$B_c$	13
$b_{c1}$	7
$b_{c2}$	4,5
$b_{c3}$	16
$B_d$	9
$b_{d1}$	4
$b_{d2}$	6,2
$b_{d3}$	9
$H_\phi$	16

## 4. Розміри пояска

F <sub>пр1</sub>	2,25
F <sub>пр2</sub>	36,75
F <sub>пр3</sub>	45,33375
F <sub>пр4</sub>	25,8
F <sub>пр5</sub>	120,96
F <sub>пр6</sub>	7,84
П <sub>пр1</sub>	6
П <sub>пр2</sub>	52
П <sub>пр3</sub>	63,445
П <sub>пр4</sub>	37,4
П <sub>пр5</sub>	92
П <sub>пр6</sub>	11,2
П <sub>1</sub> /F <sub>1</sub>	2,666667
П <sub>2</sub> /F <sub>2</sub>	1,414966
П <sub>3</sub> /F <sub>3</sub>	1,399509
П <sub>4</sub> /F <sub>4</sub>	1,449612
П <sub>5</sub> /F <sub>5</sub>	0,760582
П <sub>6</sub> /F <sub>6</sub>	1,428571
ρ <sub>1</sub>	29,42
ρ <sub>2</sub>	21,36
ρ <sub>3</sub>	21,48
ρ <sub>4</sub>	23,85
ρ <sub>5</sub>	18,65
ρ <sub>6</sub>	28,51
K <sub>q</sub>	0,5

$$h_i = (h_{min} \cdot (\Pi_6/F_6) / (\Pi_i/F_i)) * ((1 - K_q * (2 * \rho_i / D_k)^2));$$

$$h_{min} = 0,01 \cdot D_k;$$

$\Pi_6/F_6) /$  – це  $\Pi_i/F_i$  з максимальним значенням, для нього  $h_i = h_{min}$ .

h <sub>min</sub>	1,59
h <sub>1</sub>	1,59
h <sub>2</sub>	2,888381
h <sub>3</sub>	2,919049
h <sub>4</sub>	2,793298
h <sub>5</sub>	5,421283
h <sub>6</sub>	2,777149

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	4
2. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	5
3. РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	7
4. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ.....	15
5. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	16
6. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	17

Підписано до друку \_\_\_\_\_. Формат 60×84 10 шрифт. Папір друк.

Друк плоский. Умов. друк. арк. 1,36.

Тираж 150 пр. Замовлення №

Національна металургійна академія України  
49600, Дніпро, пр. Гагаріна, 4

---

Редакційно – видавничий відділ НМетАУ