

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут
(повне найменування інституту, факультету)
Обробка металів тиском
(повне найменування кафедри) (D.M.T.)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему Тривалісна ефективність
володіння видавничання
пероохиснення деталі

Виконав: студент(ка) V курсу, групи М-819-м

Спеціальності 131-Технічна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Обладнання та технології машинобудівного
форезувальних конструкцій деталей
магістр Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Д.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Машиннобудівний факультет
Кафедра Точка металів тиском (ДМТ)
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 181 - Прикладна механіка
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Обладнання та технології
частотної привода Назва освітньої програми/спеціалізації машиннобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри О.К. Шеремет
«18» грудня 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Машкіна Олена Володимирівна
(прізвище, ім'я, по батькові)
Тема проєкту (роботи) Технічне проектування електричної
частотної передаючої паразитної
деталі
Рівнік проєкту (роботи) Одур Василь Дмитрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» листопада 2019 року № 319
Строк подання студентом проєкту (роботи)
Вихідні дані до проєкту (роботи) віт з магістерського
атестації

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно зробити) 1

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

предметної матеріал

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	
	Сідух В. Я. доцент	20.08.20	<i>[Signature]</i>
	Сідух В. Я. доцент	20.08.20	<i>[Signature]</i>
	Сідух В. Я. доцент	20.08.20	<i>[Signature]</i>
	Матерів О. В. доц. к.т.н		<i>[Signature]</i>
	Матерів О. В. доц. к.т.н		<i>[Signature]</i>

7. Дата видачі завдання « 20 » серпня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
I	Зворотне вивчення як способу суттєвої економії матеріалу	
II	Облаштування, яке застосовується при кожному вивченні	
III	Склад робочих деталей	
IV	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	
V	Висновки	

Студент(ка)

[Signature]
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

[Signature]
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з 114 сторінок, в тексті проілюстровано 36 рисунків, використано 62 джерела літератури.

Метою магістерської роботи є збільшення, покращення ефективності процесів холодного зворотного видавлювання шляхом розробки й застосуванням оснащення й обладнання для зворотного видавлювання деталей типу стакан.

Об'єкт дослідження. Процеси зворотного холодного видавлювання порожніх деталей .

Для досягнення мети в магістерській роботі поставлені й вирішені такі основні задачі:

- виконання аналізу шляхів й методів удосконалення оснащення зворотного видавлювання;
- виконання аналізу і шляхи удосконалення обладнання для зворотного видавлювання;
- теоретичний аналіз напружено – деформованого стану, зміни форми заготовки;
- аналіз літературних джерел;
- дослідження силового режиму зворотного холодного видавлювання.

Ключові слова: зворотне видавлювання, заготовка, зусилля видавлювання, напружено – деформований стан, матриця, пуансон.

ABSTRACT

The master's thesis consists of 114 pages, the work has 36 pictures, used 62 sources of literature.

The purpose of the master's work is to increase, improve the efficiency of cold back extrusion processes by developing and using equipment and equipment for back extrusion of glass parts.

Object of study. Processes of reverse cold extrusion of hollow par To achieve the goal in the master's thesis the following main tasks are set and solved:

- analysis of ways and methods of improving the equipment of reverse extrusion;
- analysis and ways to improve the equipment for back extrusion;
- theoretical analysis of the stress - strain state, changes in the shape of the workpiece;
- analysis of literary sources;
- study of the power regime of reverse cold extrusion.

Key words: back extrusion, workpiece, extrusion force, stress - strain state, matrix, punch.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ I.....	10
ЗВОРОТНЕ ВИДАВДЛЮВАННЯ ЯК СПОСІБ СУТТЕВОЇ ЕКОНОМІЇ МАТЕРІАЛУ.....	10
1.1 Поняття та види холодного видавлювання	10
1.1.1. Пряме видавлювання.....	17
1.1.2. Зворотне видавлювання.....	19
1.1.3. Комбіноване видавлювання	22
1.1.4. Радіальне видавлювання.....	23
1.2 Оцінка деформації заготовок при зворотному видавлюванні.....	23
1.3 Основні чинники, що визначають залежності для розрахунку зусилля деформування при холодному видавлюванні	33
1.4 Висновки	42
РОЗДІЛ 2	44
ОБЛАДНАННЯ, ЯКЕ ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ ПРИ ХОЛОДНОМУ ВИДАВЛЮВАННІ.....	44
2.1 Вибір обладнання для холодного видавлювання.....	44
2.2 Результати експериментальних досліджень.....	51
2.3 Висновки	61
РОЗДІЛ 3	63
СТІЙКІСТЬ РОБОЧИХ ДЕТАЛЕЙ.....	63
3.1 Силкові параметри процесу зворотного видавлювання	63
3.2. Вісеві навантаження на пуансон.....	69

3.3 Навантаження на пуансон при його видаленні з видавленої деталі	74
3.5 Розрахунок та проектування робочих деталей штампу	80
3.6 Висновки	86
РОЗДІЛ 4	89
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	89
4.1 Аналіз потенційних небезпек.....	89
4.2 Заходи по забезпеченню безпеки	90
4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	97
4.4 Заходи з пожежної безпеки	102
4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	103
ВИСНОВКИ.....	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	108

ВСТУП

Актуальність теми. Важлива умова успішного розвитку промислового виробництва - впровадження в виробництво нових технологічних процесів, які забезпечують збільшення продуктивності труда, зниження собівартості й покращення якості виробів. Реалізація цих умов дає змогу застосовувати ресурсозберігаючі процеси заготівельного виробництва – штампування.

Вироби, які є складні за конфігурацією досить розповсюджені в промисловості й виготовляються способами штампування послідовно, поетапно, в тому числі видавлюванням. Для такого процесу характерним є велике питоме навантаження на інструмент та обмежена номенклатура виробів. Для зниження сили деформування

Застосування холодного штампування забезпечує точні розміри й високу якість поверхні виробу, дозволяє досягти деформаційного зміцнення. Також при даному виді штампування відсутні надрізи вздовж напрямку конфігурації штампованої заготовки, покращення мікрогеометрії та одночасно зміцнення матеріалу. Все це дозволяє скоротити кількість операцій механічної обробки або зовсім виключити механічну обробку.

Виходячи з вище перерахованого, тема магістерської роботи, присвячена технологічному вдосконаленню процесів, які відбуваються за допомогою холодного штампування деталей по типу стакан на основі застосування зворотного видавлювання, являється актуальною.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є збільшення, покращення ефективності процесів холодного зворотного видавлювання шляхом розробки й застосуванням оснащення й обладнання для зворотного видавлювання деталей типу стакан.

Для досягнення мети в магістерській роботі поставлені й вирішені такі основні задачі:

- виконання аналізу шляхів й методів удосконалення оснащення

зворотного видавлювання;

- виконання аналізу і шляхи удосконалення обладнання для зворотного видавлювання;

- теоретичний аналіз напружено – деформованого стану, зміни форми заготовки;

- аналіз літературних джерел;

- дослідження силового режиму зворотного холодного видавлювання.

Об’єкт дослідження. Процеси зворотного холодного видавлювання порожніх деталей .

Предмет дослідження Закономірності зміни форми порожнистих деталей методом зворотного видавлювання.

Практичне значення отриманих результатів. На основі проведеного аналізу, встановлених закономірностей і співвідношення силового й деформаційного режимів розроблена методика проектування технологічного процесу зворотного видавлювання порожнистих деталей.

Запропонована конструкція пуансона й матриці для здійснення зворотного видавлювання. Також було запропоновано використання для зворотного видавлювання механічного й гідравлічного пресу.

РОЗДІЛ I

ЗВОРОТНЕ ВИДАВДЛЮВАННЯ ЯК СПОСІБ СУТТЄВОЇ ЕКОНОМІЇ МАТЕРІАЛУ

1.1 Поняття та види холодного видавлювання

Холодне видавлювання, як елемент процесу штамповки, відомий та використовується на протязі десятиліть при обробці металів й сплавів з малим опором деформації (свинець, цинк, алюміній, мідь, маловуглецевих сталей і т.і.). Проте в якості основної операції, і в ряді випадків як самостійний спосіб виробництва деталей, холодне видавлювання стало широко використовуватися тільки на протязі останніх років. У порівнянні з іншими способами обробки металів тиском й, в першу чергу, звичайної витяжки з потоншенням стінок холодне видавлювання несе ряд значних переваг, які сприяють все більшому його застосуванню:

- загальна трудомісткість виготовлення деталей знижується в 3-4 рази за рахунок зменшення числа технологічних переходів штамповки, та збільшення можливості механізації й автоматизації процесу;
- витрати на виготовлення оснащення для штамповки зменшується в 2-3 рази;
- підвищується можливість отримання деталей складної конфігурації: з ребрами жорсткості, відростками і т.і.;
- деталі, які отримані методом видавлювання, мають мінімальні припуски, підвищену міцність та добру якість поверхні [1-4]. В літературі зустрічається декілька визначень, які містять одне поняття – видавлювання, причому використовуються різні терміни: видавлювання, вдавлювання, витікання, екструдинг-процес і т.і. Зазвичай визначення процесу прийнято зв'язувати з видом формозміни та деформації металу. Тому для даного процесу найбільш правильним буде наступне визначення [1].

Холодне видавлювання базується на пластичних властивостях металів

та сплавів. Це є зміна форми заготовки всебічним стискуванням металу у відкритій порожнині штампу. Цей метод дозволяє виготовляти різні деталі з складними конструкціями (мінімальними операціями) та дає можливість отримувати взаємозамінні деталі з заданою точністю [1].

Зворотне видавлювання застосовують для виготовлення щонайменше 40–50% усіх дрібних і середньо серійних, масових деталей, які виготовляють методом різання з пруткової сталі, кольорових металів та сплавів. Це дає змогу зберегти багато тон металу, які до цього йшли у відходи. Виходячи з цього, це метод обробки металу дає можливість суттєво скоротити трудомісткість, тим самим це дозволяє знизити собівартість виробів, які випускаються. Економічні показники, які отримані при холодному видавлюванні замість інших видів обробки металу наведені в табл. 1.1 [5].

Таблиця 1.1 - Економічні показники зворотного видавлювання у порівнянні з іншими процесами

Технологічні процеси	Економічні показники при холодному видавлюванні, %		
	Економія витрат металу	Зниження трудомісткості	Зменшення собівартості
Обробка різанням	40–90	30–65	20–75
Лиття	10–35	10–20	15–35
Гаряче штампування	15–45	20–35	15–40

До війни за допомогою холодного видавлюванням виготовляли прості невеликі за розмірами деталі (тюбики для фарб і парфумів) з матеріалу, який найбільш пластичний (олово і свинець). В післявоєнні роки холодне видавлювання набуло більш широкого застосування, здебільшого в радіоприладобудуванні. Виготовлялися корпуси полюсів для кишенькових батарей, корпуси електролітичних конденсаторів, цоколі, екрани для

радіоламп, трубки для водяного охолодження фільтрів і опріснювачів та багато інших виробів. Вироби виготовляли з алюмінію, цинку, дюралюмінію, міді, латуні та інших матеріалів і сплавів (рис. 1.1) [3].

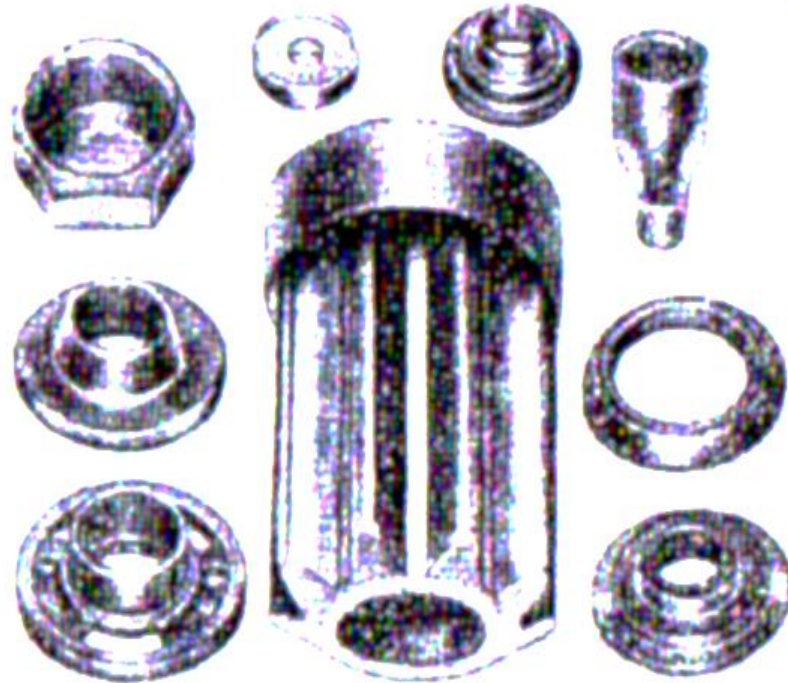


Рисунок 1.1 – Порожністі деталі, які отримані шляхом холодного видавлювання

Також холодне видавлювання застосовують для отримання профільних напівфабрикатів, які до цього виготовлялись шляхом фрезеруванням або свердлінням, а потім витягуванням отворів спеціальної форми (рис. 1.2).

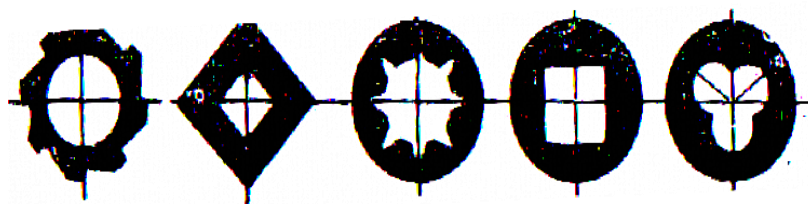


Рисунок 1.2 – Приклади перерізів виробів, які отримані холодним видавлюванням

Сьогодні холодне видавлювання застосовується для виготовлення різноманітних форм деталей, які виготовляються з різних металів й сплавів, з високоміцних в тому числі. За останній час виробництво виготовило велику кількість деталей з вуглецевих, легованих, інструментальних, нержавіючої та жароміцної сталей, а також з сплавів титану, молібдену, цирконію та ін.

Розміри деталей, які отримуються шляхом холодного видавлювання, визначаються потужністю обладнання. Порожністі вісесиметричні сталіні деталі діаметром 125 мм і вище та довжиною (вздовж напрямку видавлювання) 250 мм і вище. Максимальна товщина стінок може дорівнювати 12–18 мм, а мінімальна – 2–3 мм. При всіх цих параметрах напівфабрикати й деталі мають достатню точністю (2–4 клас) і високу стабільність розмірів, високу чистоту поверхонь (∇ 7–9) і високу міцність. Після видавлювання в деяких випадках доопрацювання деталі різанням зводиться до мінімуму, а в більшості випадків це стає непотрібним взагалі. Здебільшого це: вирізання вузьких пазів, свердління та вирізання невеликих отворів і т. і..

Проте, холодному видавлюванню притаманні небезмежні технологічні можливості. Вони визначаються такими основними факторами:

- величина питомого тиску на інструмент;
- конструкція необхідної деталі.

Показник величини питомого тиску приймається у вигляді середнього тиску в поперечному перерізі пуансона. Пуансон працює при найнапруженіших умовах. Тому оцінка умов, де відбувається видавлювання, впливає інтенсивність навантаження пуансона. Конструкторська можливість збільшення міцності пуансона є обмеженими, тоді, коли робоче напруження в стінках матриці можуть знижуватися шляхом створення попередніх напружень з протилежним знаком.

Питоме зусилля (нормальне середнє напруження) p визначається за формулою 1.1 – це відношення тиску максимального зусилля P до нормального до напрямку дії зусилля найменшої площі поперечного перерізу

пуансона F_n [4]:

$$p = \frac{P}{F_n} \quad (1.1)$$

На сьогодні оснащення для холодного видавлювання виготовляють з високолегованих інструментальних сталей X12M, X12Ф1, X6ВФ, 65X4В7ФМ, P18. Вони мають межу текучості в загартованому стані, яка близька до 2500 МПа. Тому питоме зусилля, яке виникає, в процесі видавлювання не повинне перевищувати цього значення.

Беручи до уваги нерівномірне розподілення питомих тисків вздовж площі поперечного перерізу пуансона та те, що необхідно мати деякий запас міцності, в виробництві обмежуються величиною питомих тисків 2000–2200 МПа.

При холодному видавлюванні відбувається наклеп металу деталі. Це призводить до підвищення міцності деталі. Це дозволяє використовувати низьковуглецеві марки 20, 15X, 20X замість середньовуглецевої констукційної сталі 45, 40X без подальшого відпалу (або інших видів термічної обробки). Деталь, яку отримують шляхом холодного видавлювання, володіє підвищеною міцністю за рахунок ще й того, що немає перерізу волокон металу.

Дослідження показали, що втомна міцність та ударна в'язкість деталей, виготовлених холодним видавлюванням, також зросли. Наприклад, за допомогою видавлювання з'являються можливості для виготовлення багатограних або зубчатих деталей різної форми (рис. 1.3). Поперечний переріз цих деталей може мати змінну товщину стінки. Однак симетричність форми є обов'язковою при масовому виробництві.

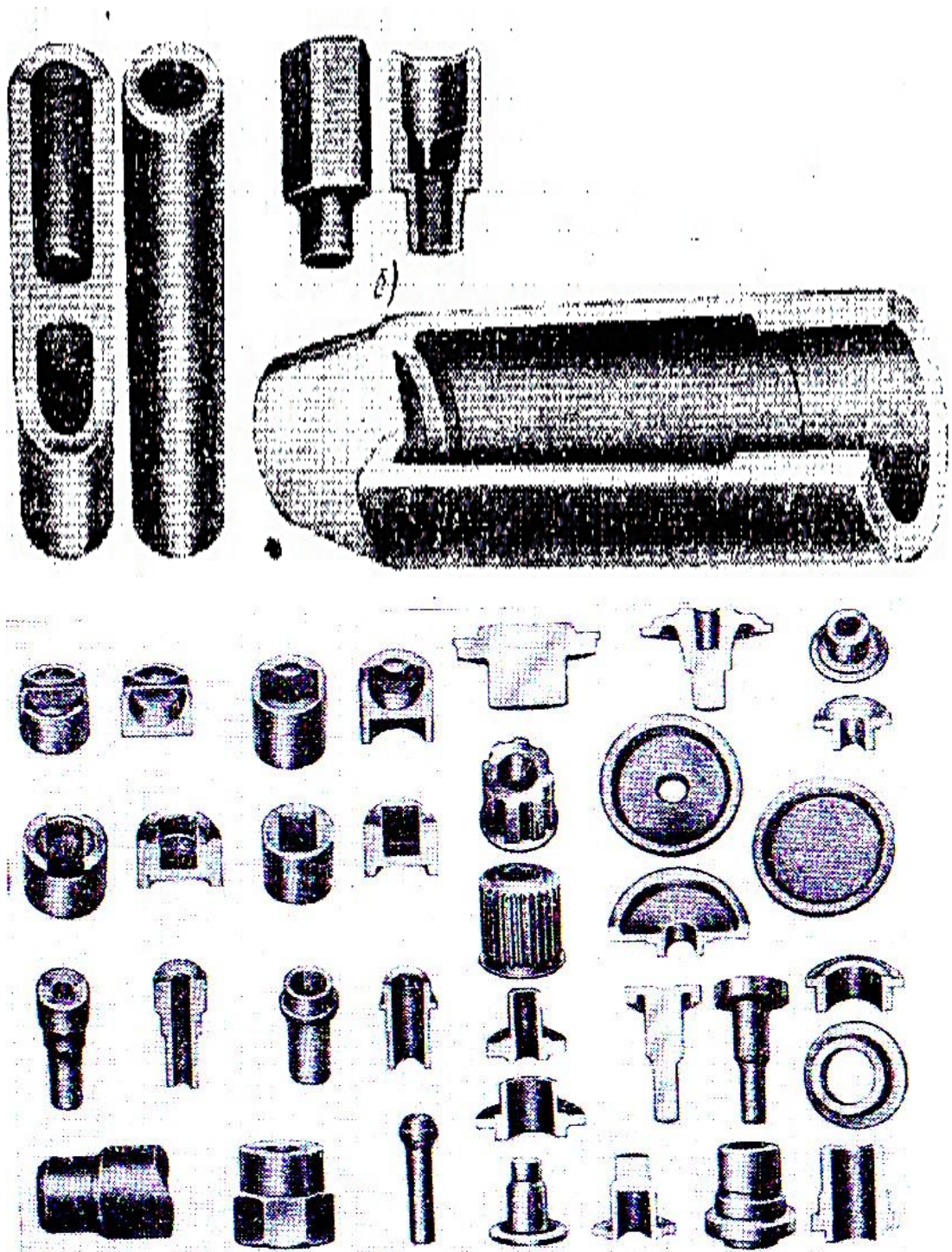


Рисунок 1.3 – Деталі, що виготовляють шляхом холодного видавлювання в США (а, б); Великобританії (в) та Німеччині (г, д) [5-9].

Виготовлення деталі за одну операцію досягається найбільший ефект холодного видавлювання. Та при цьому є небажаним велика різниця в площах поперечного перерізу деталі. Виробництво шляхом холодного видавлюванням

в США, Великобританії, Німеччині та Франції [5-9]: напівфабрикати поршневих пальців та корпусів свічок запалювання для автомобільних двигунів, гідроаккумуляторні циліндри довжиною до 130 мм, різні деталі для велосипедів, мотоциклів й автомобілів (рис. 1.3).

Розрізняють такі способи холодного видавлювання, їх характер й вид роботи різні:

- прямий;
- зворотній;
- комбінований;
- радіальний (рис 1.4)

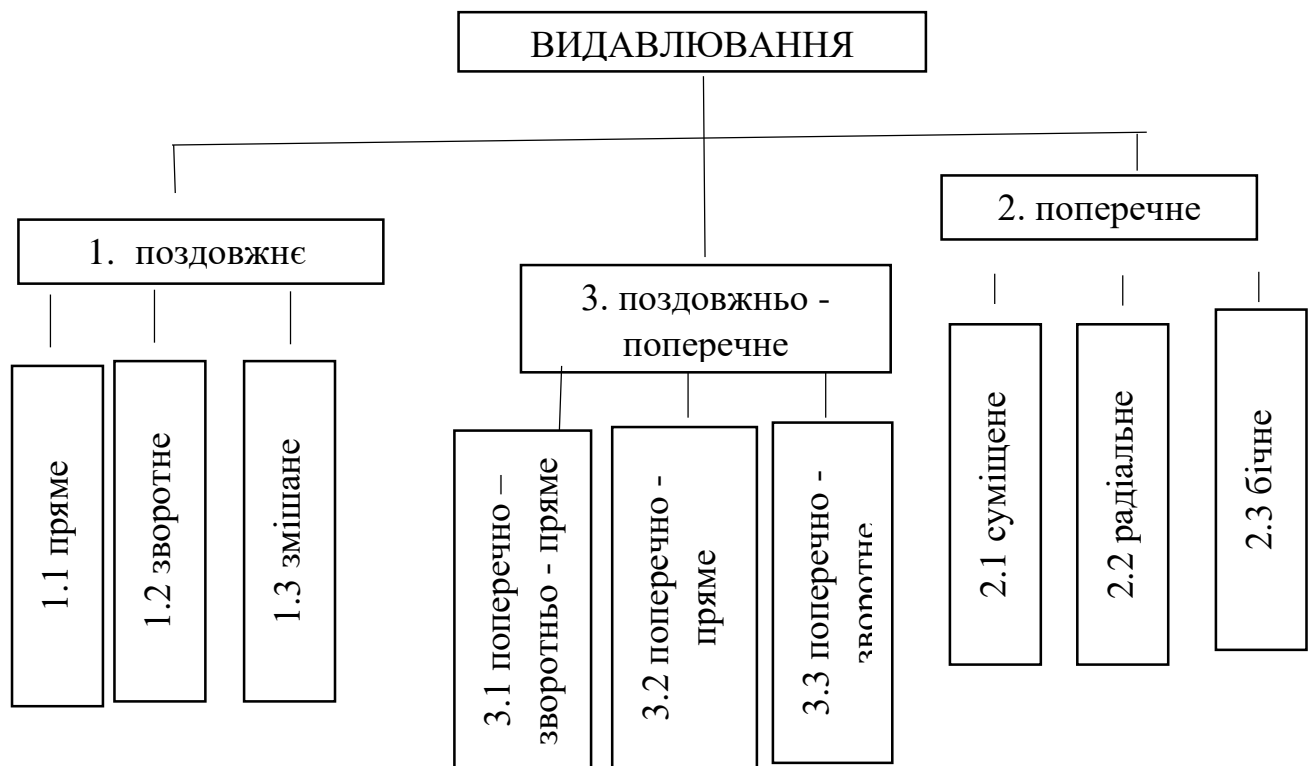
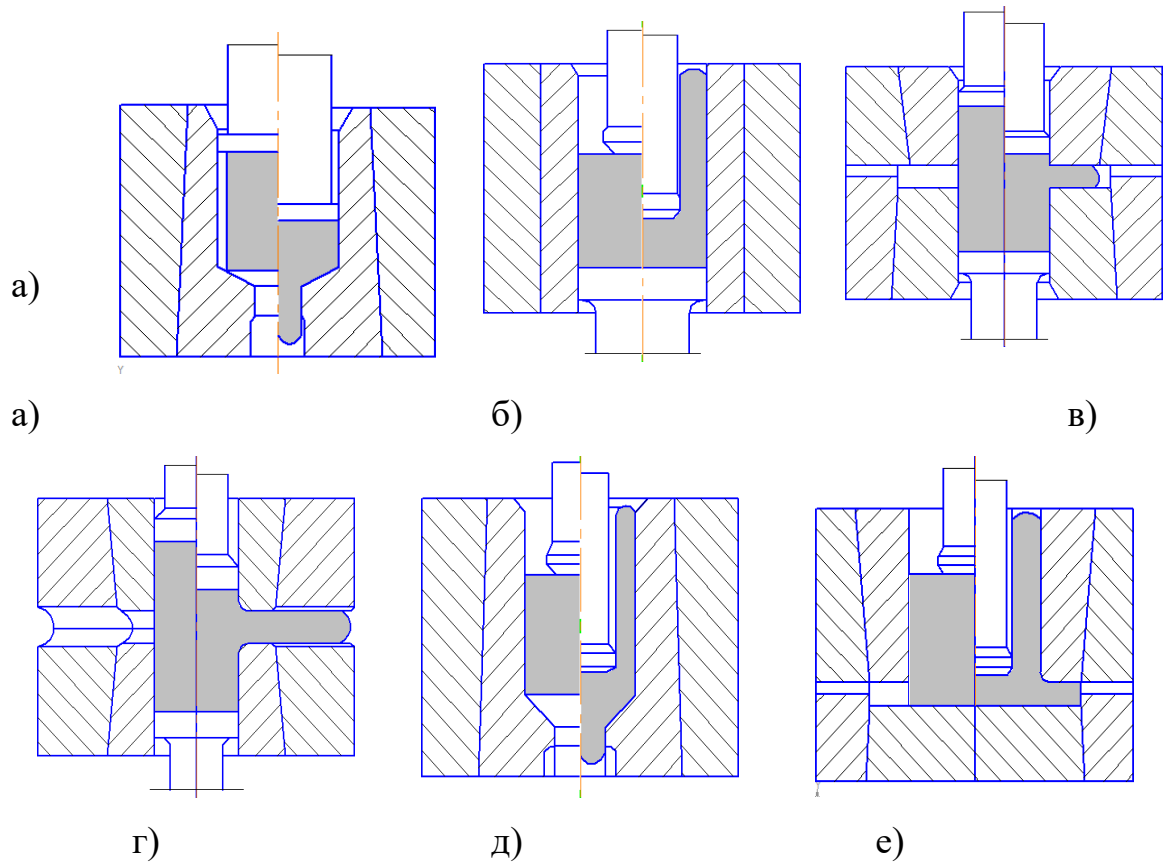


Рисунок 1.4 - Класифікація способів видавлювання

На рис 1.5 зображені способи холодного видавлювання: прямий, поперечний (радіальний) та 2 види комбінованого – зворотно – прямий та радіально – зворотний.



а – прямий; б – зворотній; в – поперечний (радіальний); г – поперечний (бічний); д – комбінований (зворотньо - прямий); е – комбінований (радіально - зворотній).

Рисунок 1.5 - Способи холодного видавлювання

1.1.1. Пряме видавлювання

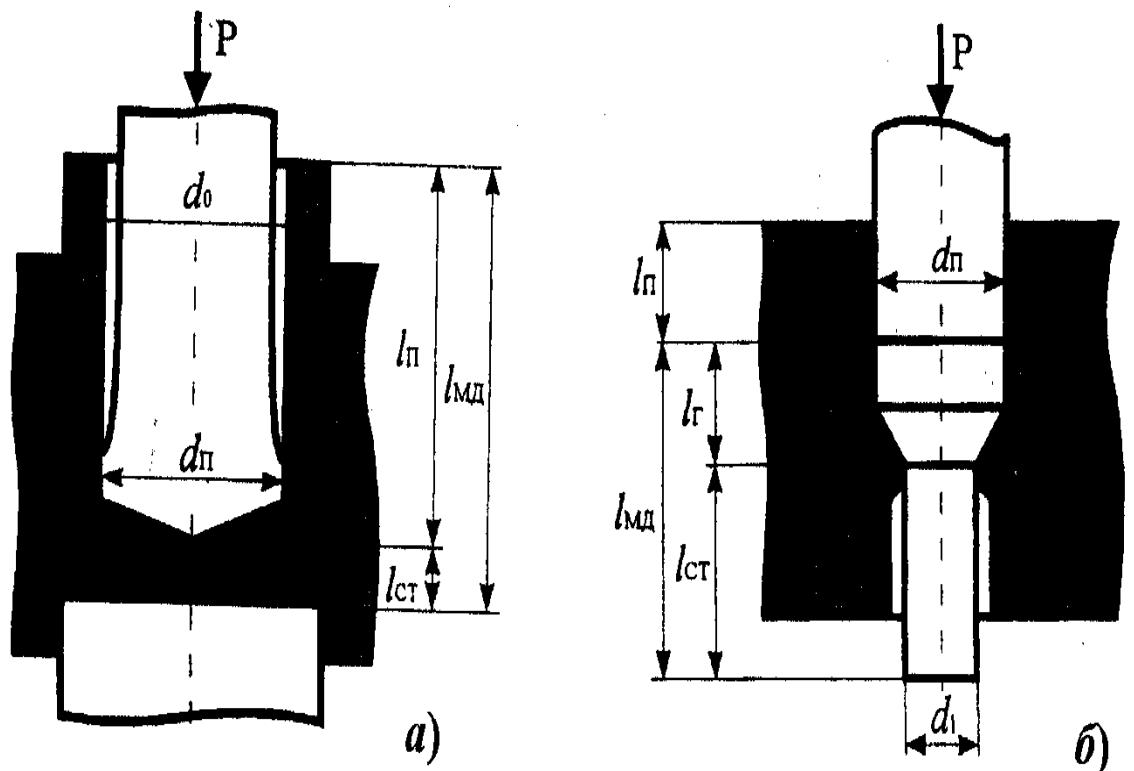
Пряме видавлювання характеризується тим, що протікання металу відбувається в напрямку руху пуансона з витіканням металу в отвір матриці

При цьому методі вихідна заготовка розташовується в порожнині матриці й видавлюється пуансоном, який рухається в порожнині матриці з таким зазором, що не відбувається затікання металу між пуансоном й матрицею.

По мірі опускання пуансона метал тече в зазор між очком матриці й головкою пуансона. Як правило, для отримання виробу з бажаною конфігурацією, застосовують попередньо деформовану заготовку, хоча в деяких випадках використовують плоску заготовку простої форми. Співвідношення товщини заготовки до товщини стінки порожнистого виробу має становити від 25:1 до 4:1.

Пряме видавлювання застосовується для виробництва труб з відкритими й закритими кінцями, втулками й різних профільних виробів.

На рис 1.6 зображена схема видавлювання прямим й зворотним способами.

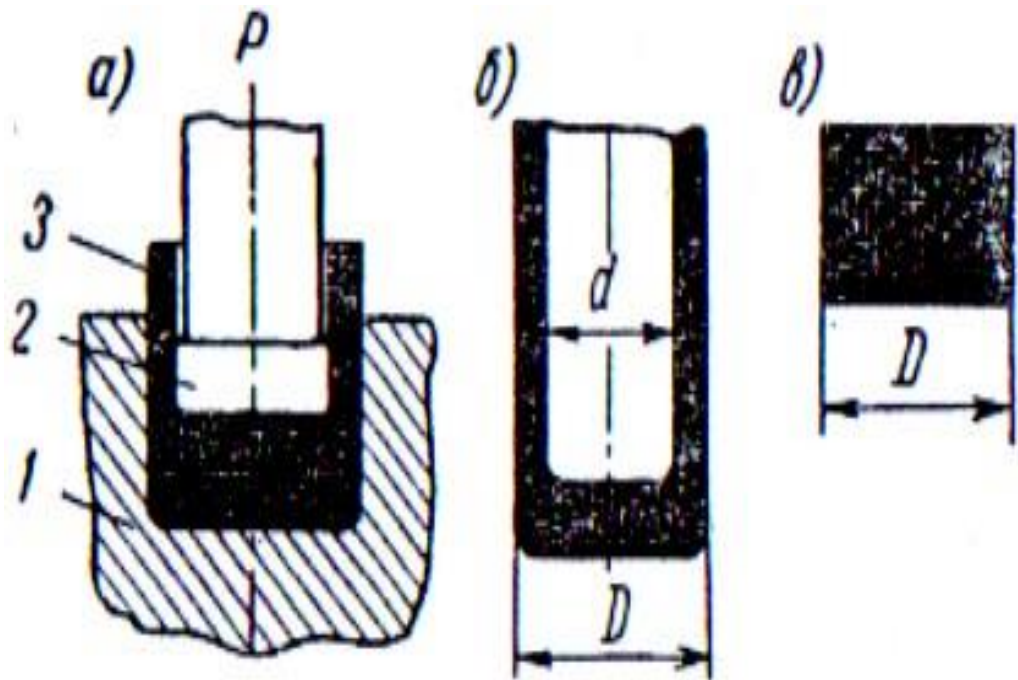


а) – прямий спосіб; б) - зворотній

Рисунок 1.6 - Схеми видавлювання

1.1.2. Зворотнє видавлювання

При зворотному видавлюванні течія металу відбувається в напрямку, зворотному додатку сили тиску, тобто зворотному руху пуансона (рис. 1.7). Товщина стінки виробу визначається зазором між пуансоном й матрицею, а товщина основи й висоти виробу – ходом пресу і не залежить від товщини стінки.



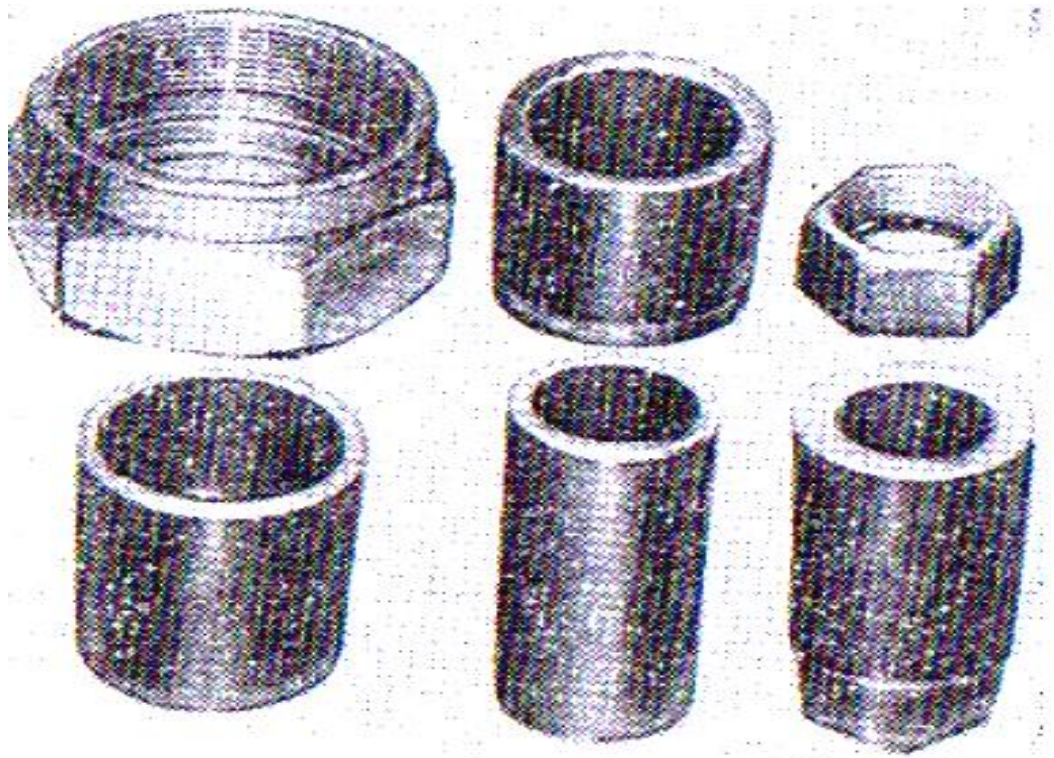
- а) схема зворотного видавлювання (1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – деталь);
 б) виріб;
 в) заготовка.

Рисунок 1.7 - Елементи зворотнього способу видавлювання

Цей спосіб використовується для виготовлення широкого асортименту порожнистих виробів (круглого, овального, прямокутного й інших

поперечних перетинів) діаметром від 8 до 100 мм, товщина стінки від 0,05 до 10 мм й висотою до 300 мм (рис. 1.8).

Метод зворотного видавлювання дуже цінний, оскільки ним можна виробляти такі деталі, нижня частина яких може бути товщою стінок, а також можна видавлювати вироби з виступами, ребрами і т. і., але товщина стінок буде однаковою.



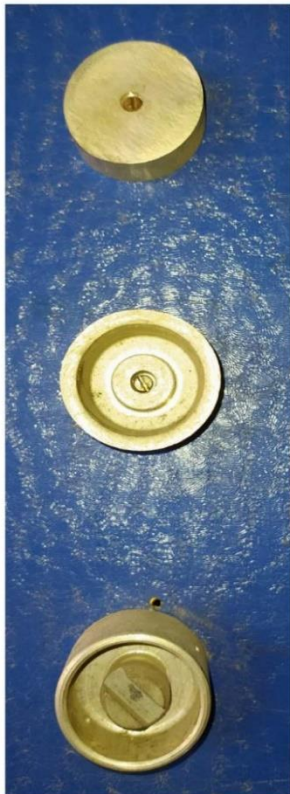


Рисунок 1.8 – Вироби, які отримані зворотним способом видавлювання

Однією з відмінностей методу зворотного видавлювання являється простота конструкції штампового оснащення, легкість налагодження й, в окремих випадках, знімання виробів з пуансона і видалення з зони штампа.

До недоліків способу можна віднести те, що преси, що застосовуються повинні мати хід повзуну не менше ніж в $2,4 \div 2,5$ рази перевищуючий висоту виробу; довжина пуансона, а, відповідно, й висота виробу обмежується умовою стійкості пуансона. Хоча зворотне видавлювання є загальновідомим способом обробки металу, який дає змогу отримувати деталі різних форм, його можливості не є безмежними, це обумовлено здатністю металів витримувати технічні навантаження без руйнування.

Операція зворотного видавлювання здійснюється наступним чином. Заготовку встановлюють на дно матриці. Між матрицею та пуансоном є зазор, який дорівнює товщині стінки порожнистого виробу. Під тиском пуансона метал заготовки тече вгору між стінками матриці та пуансона. Деталі, що видавлені залишаються на пуансоні і при зворотному русі останнього знімається за допомогою зйомника або стиснутим повітрям, яке поступає через пуансон. Щоб зменшити тертя пуансон забезпечують зворотнім конусом. Зворотне видавлювання здійснюється на спеціальному кривошипному й шарнірно-важельному пресі, які мають велику потужність. Тиск, який розвивається, набагато більший, ніж при прямому видавлюванні. Крім того, із зменшенням товщини стінки деталі тиск, який необхідний, зростає обернено пропорційно товщині.

1.1.3. Комбіноване видавлювання

Комбіноване видавлювання представляє собою комбінацію прямого й зворотного видавлювання, тобто метал тече одночасно в напрямку руху пуансона й у зворотному напрямку.

Застосовується комбіноване видавлювання для отримання порожнистих виробів складної форми, циліндричних, овальних, багатогранних з відростками різного профілю.

1.1.4. Радіальне видавлювання

Вперше спосіб радіального видавлювання був розроблений колективом авторів заводу ім. Шмерля» (ЧССР, Брно). Радіальне видавлювання принципово близько до прямого видавлювання. Характерною особливістю цього процесу є те, що плинність металу відбувається в напрямку, радіальному до вісі прикладення тиску.

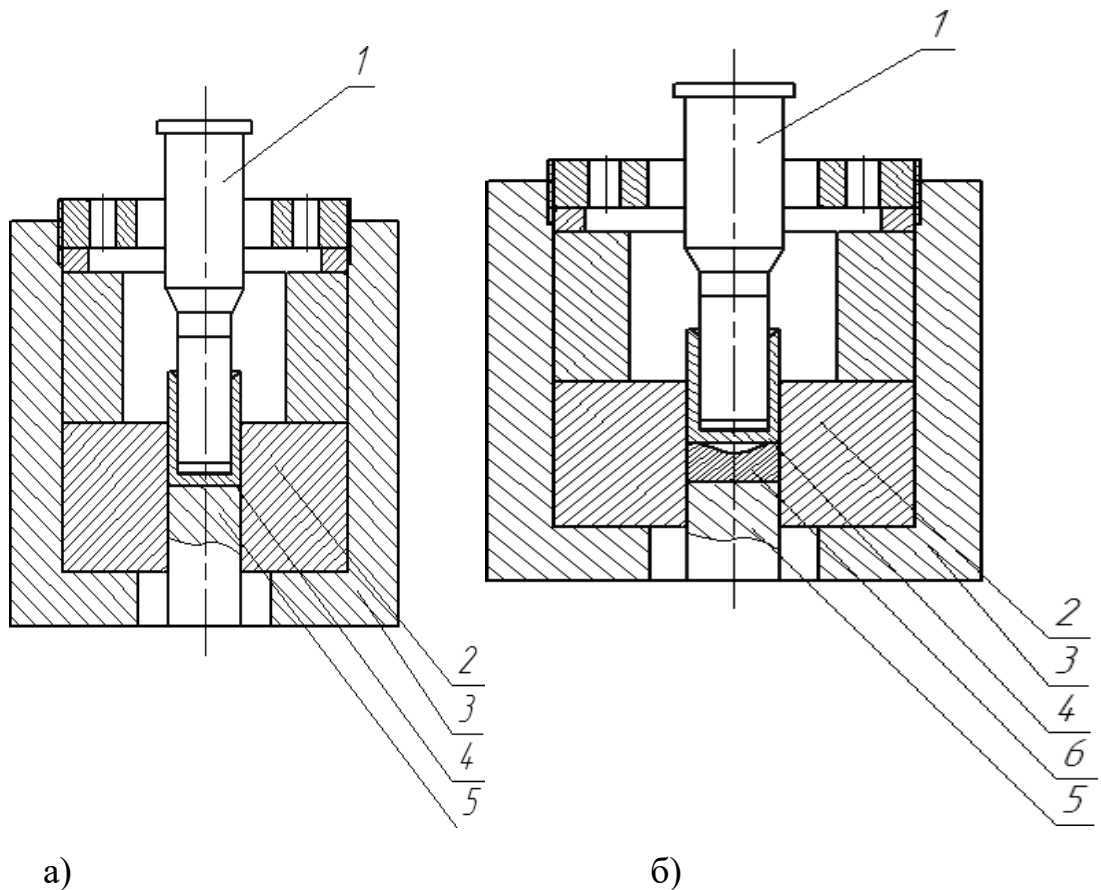
Застосовується радіальне видавлювання для отримання зубчатої частини розгорток, шліцевих валиків, зубчатих коліс, деталей з внутрішнім профільним перетином.

1.2 Оцінка деформації заготовок при зворотному видавлюванні

Широко використовується холодне видавлювання, але його можливості використовуються ще недостатньо. Це пов'язано з тим, що зазвичай при проектуванні процесу обробки металу тиском, увага приділяється визначенню енергосилових параметрів [10,11,12,13] та забезпечення геометричної точності заготовок [14,15]. Це не дає змоги для оцінки граничного формозмінення і технологічної спадковості готових виробів, а також не дає кількісної оцінки пошкодження zdeформованого металу. Запропоновано конкретний метод оцінки деформації заготовок під час холодного пластичного деформування.

Однією з основних проблем в процесі зворотного видавлювання є нерівномірний розподіл пластичної деформації та ресурсу пластичності, який використовується по об'ємам заготовок, які деформуються. Це збільшує можливість появи браку, мікротріщин [16,17]. Для усунення цих недоліків рекомендується використовувати гідростатичні підпори під час зворотного видавлювання заготовок, таких як «Стакан».

Були проведені експериментальні дослідження за двома основними схемами. Перша схема – без гідропідпору (рис. 1.9 а) і друга схема – з гідропідпором (рис 1.9 б). Мета дослідження – дослідити вплив умов тертя при контакті та вплив гідростатичного підпору при розподілі деформації та інтенсивність пошкоджень в процесі зворотного видавлювання.



а – без гідропідпору; б – з гідропідпором

Рисунок 1.9 - Схема видавлювання з гідропідпором й без

Пристрій з гідропідпором (рис 1.9 б) складається з контейнера 3, в який

встановлюється матриця 2. Кільцева проточка вкладиша 6 наповнюється консистентним мастилом. Це необхідно для реалізації гідростатичного підпору, а також необхідним є створення умов рідинного тертя. На заплечики вкладишу (рис. 1.9б) встановлюється заготовка (кругла, плоска) 4. Пуансон 1 тисне на заготовку зверху. Метал видавлюється в зазор між матрицею 2 та пуансоном 1. Для видалення готової деталі з зони видавлювання служить протипуансон 5. В експериментальній роботі використовувалися алюмінієві заготовки АД0. Відношення діаметру заготовки D до вихідної товщини заготовки t_0 було більшою величиною D/t_0 , з якої починається нестационарне видавлювання.

Для того, щоб дослідити кінематику зворотного видавлювання, як процесу, координатно - розточним верстатом робили ділильну сітку на меридіональному перерізі вихідних заготовок кроком 2 мм (рис. 1.10).

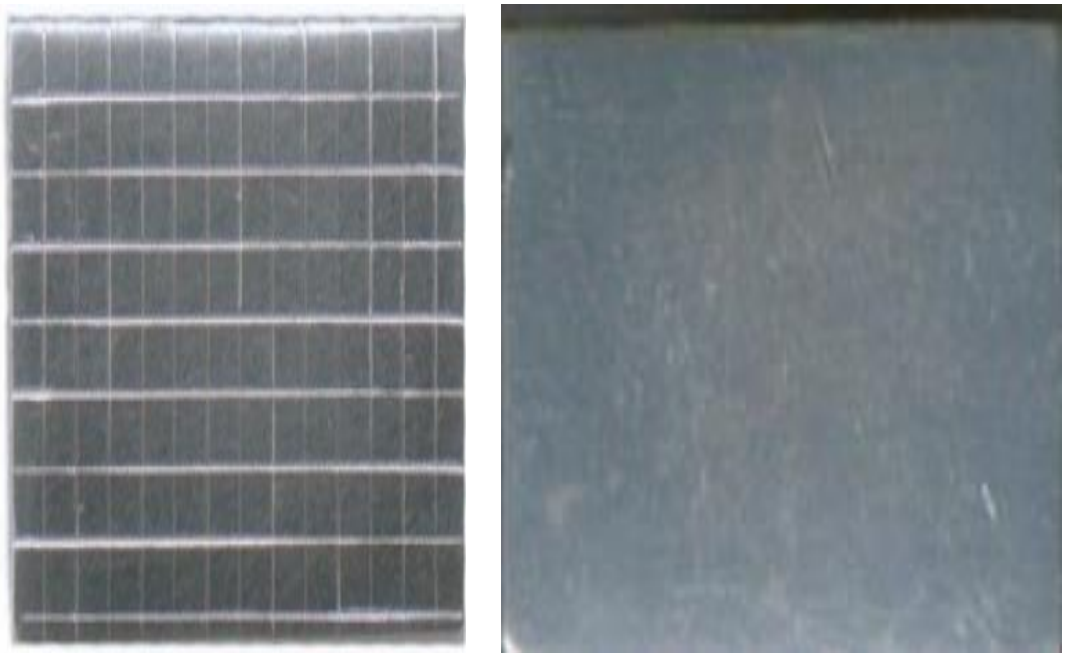


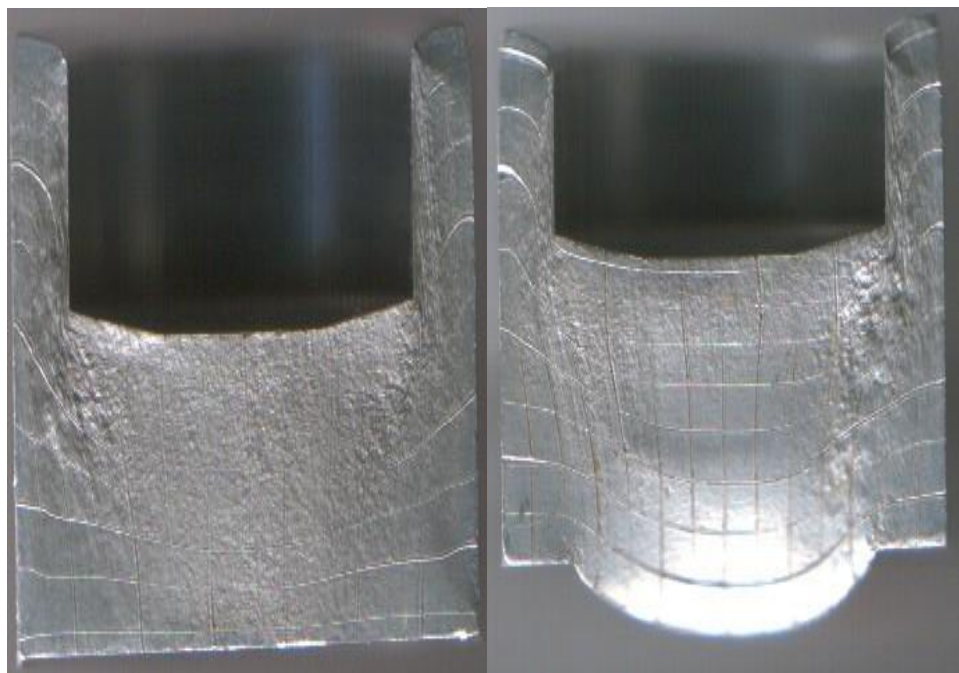
Рисунок 1.10 - Заготовка, на яку була нанесена ділильна сітка

Було прийнято рішення брати складені заготовки, тобто заготовки, які складаються з двох половинок. Це рішення було прийняте, тому що після різання вздовж меридіонального перерізу, заготовки в діаметрі ставали б

меншими, і кожна заготовка повинна бути попередньо осаджена в контейнер, що спричинить додаткові деформації та напруження. Сітка наносилася на одну половину заготовки. (рис. 1.10). Перед самим експериментом заготовки піддавали відпалу. Умовою відпалу для АД0 є: заготовка нагрівається до температури 500 °С і витримується на протязі години, а потім охолоджується з піччю. Весь процес проводився поступово.

На інструментальному мікроскопі проводилися заміри елементів zdeформованої сітки. За допомогою прийомів, які були запропоновані І. П. Ренне було розраховане поле деформацій [18].

Зображення заготовок, які піддавалися деформації показані на рис. 1.11 та 1.12

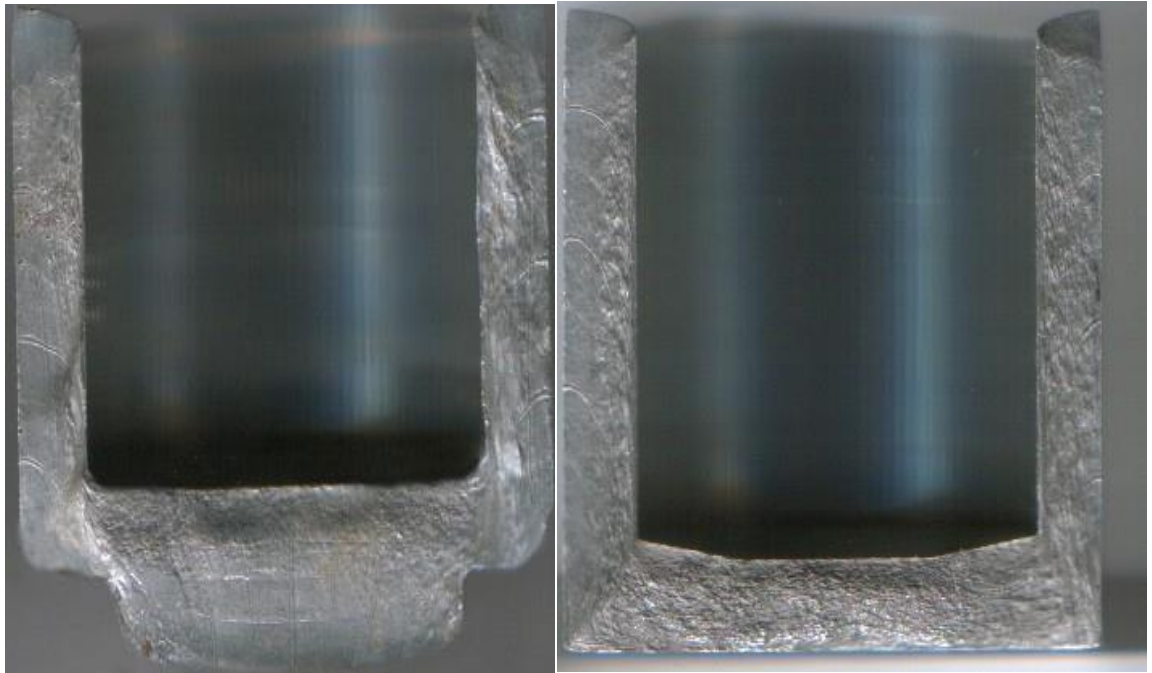


а)

б)

а – без гідропідпору, б – з гідропідпором

Рисунок 1.11 - Зображення проміжної стадії заготовок з АД0, що піддавалися деформації



а)

б)

а – з гідропідпором, б – без гідропідпору

Рисунок 1.12 - Зображення кінцевої стадії заготовок з АД0, які піддавалися деформуванню

В таблиці 1.2 наведені результати вимірювання силових параметрів при зворотному видавлюванні.

Таблиця 1.2 - Результати вимірювань силових параметрів в процесі зворотного видавлювання деталей з АД0

Видавлювання без гідростатичного підпору	На проміжній стадії	На кінцевій стадії
Глибина вдавлювання, мм	5,5	12,22
Зусилля видавлювання, кН	130	148
Видавлювання з гідростатичним підпором	На проміжній стадії	На кінцевій стадії
Глибина вдавлювання, мм	4,8	12
Зусилля видавлювання, кН	102	118,4

Результат, отриманий у вигляді ізолінії $\epsilon_u = \text{const}$, показаний на рис. 1.13. Згідно проведеного аналізу видно, що використовуючи гідростатичний підпір відбувається значне поліпшення однорідності розподілу деформації вздовж об'ємів заготовки, що видавлюється. Якщо при звичайному видавлюванні спостерігається значний градієнт деформацій в зоні контакту, особливо в зоні контакту пуансона і заготовки, то з гідростатичною підпорою $\text{grad } \epsilon_u$ знижується в 4,0...5,0 рази.

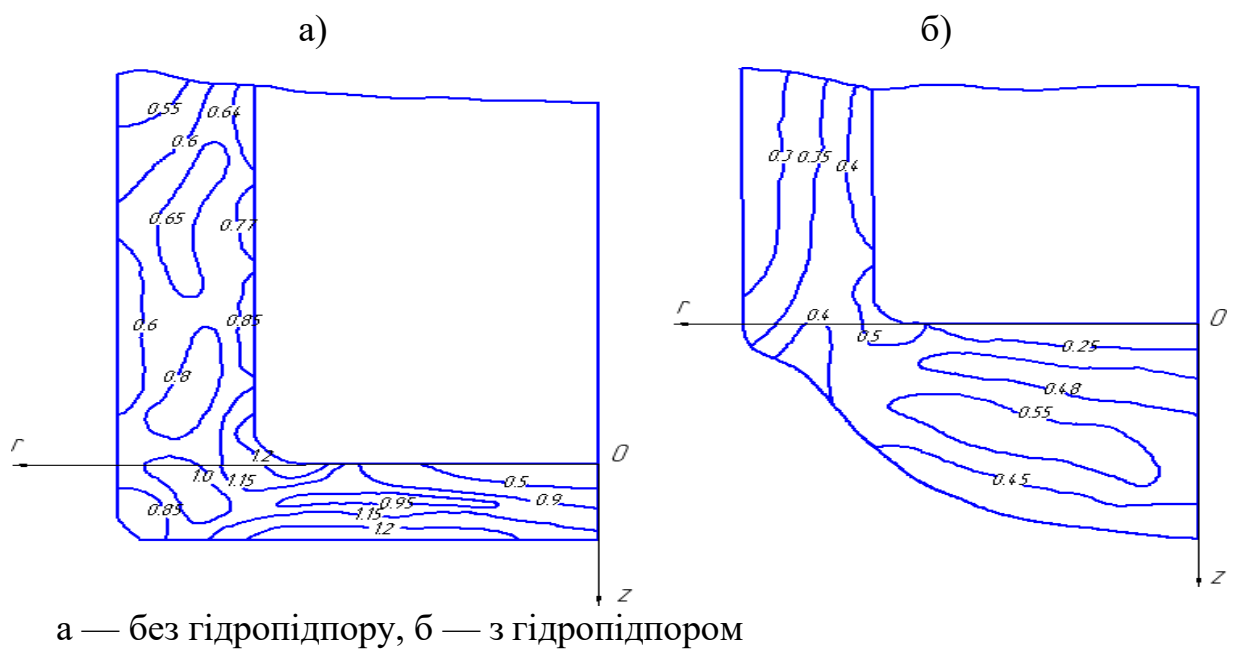


Рисунок. 1.13. Схема ізоліній накопиченої деформації алюмінієвих зразків АД0

На якість та технологічні властивості деталей, які отримані методом обробки металу тиском, має суттєвий вплив рівень розподілу та закон розподілу ресурсу пластичності ψ вздовж об'ємів заготовок, що деформуються.

Для того, щоб оцінити здеформовуваність заготовок при зворотньому видавлюванні, необхідна інформація про напружено-деформований стан та

закон зміни цього стану при формозмінненні у пластичній області. Тому розроблено експериментально-розрахунковий метод для визначення напружено-деформованого стану [19,20]. При цьому використані праці Г.Д. Деля та В.А. Огороднікова [21,22].

В подальшому для розрахунку показників напруженого стану та використаного ресурсу пластичності циліндричних виробів з глухим отвором з урахуванням гідропідпору та без, використовували дані напружено-деформованого стану.

Перш за все розраховується параметр Надаї-Лоде за формулою 1.2:

$$\mu_{\sigma} = \frac{2S_2 - S_1 - S_3}{S_1 - S_3} \quad (1.2)$$

де S_1, S_2, S_3 – компоненти девіатора напружень.

Далі необхідно визначити показник напруженого стану за формулою 1.3:

$$\eta = \frac{\sigma_p + \sigma_{\theta} + \sigma_z}{\sigma_u} \quad (1.3)$$

де $\sigma_p, \sigma_{\theta}, \sigma_z$ – компоненти тензора напружень; σ_u – інтенсивність напружень.

Результат розрахунку напружено-деформованого стану використовується для оцінки значення використаного ресурсу пластичності ψ , який можна визначити за формулою 1.4:

$$\psi = \int_0^{e_u} \frac{de_u}{e_p(\eta, \mu_{\sigma})} \quad (1.4)$$

де $e_p(\eta, \mu_{\sigma}) = 1,1 \exp(0,42 \mu_{\sigma} - 0,51 \eta)$ – поверхня межових деформацій для АД0 та методи деформації небезпечних зон при здійсненні зворотного видавлювання деталей циліндричної форми, які мають глухий отвір (рис.

1.14).

З точки зору руйнування, найнебезпечнішими, є точки, які розташовані в зоні максимальної пластичної деформації $z = 0$, $r = 10$ і 14 мм.

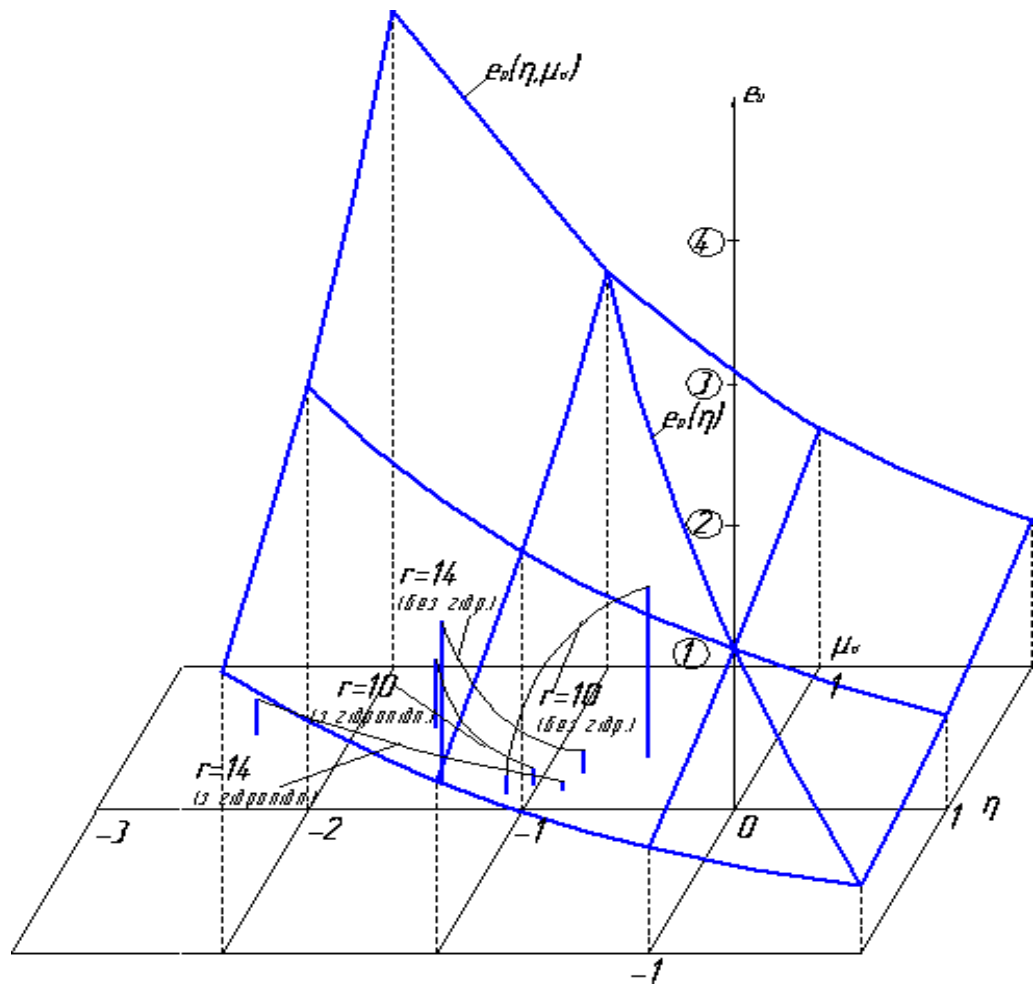
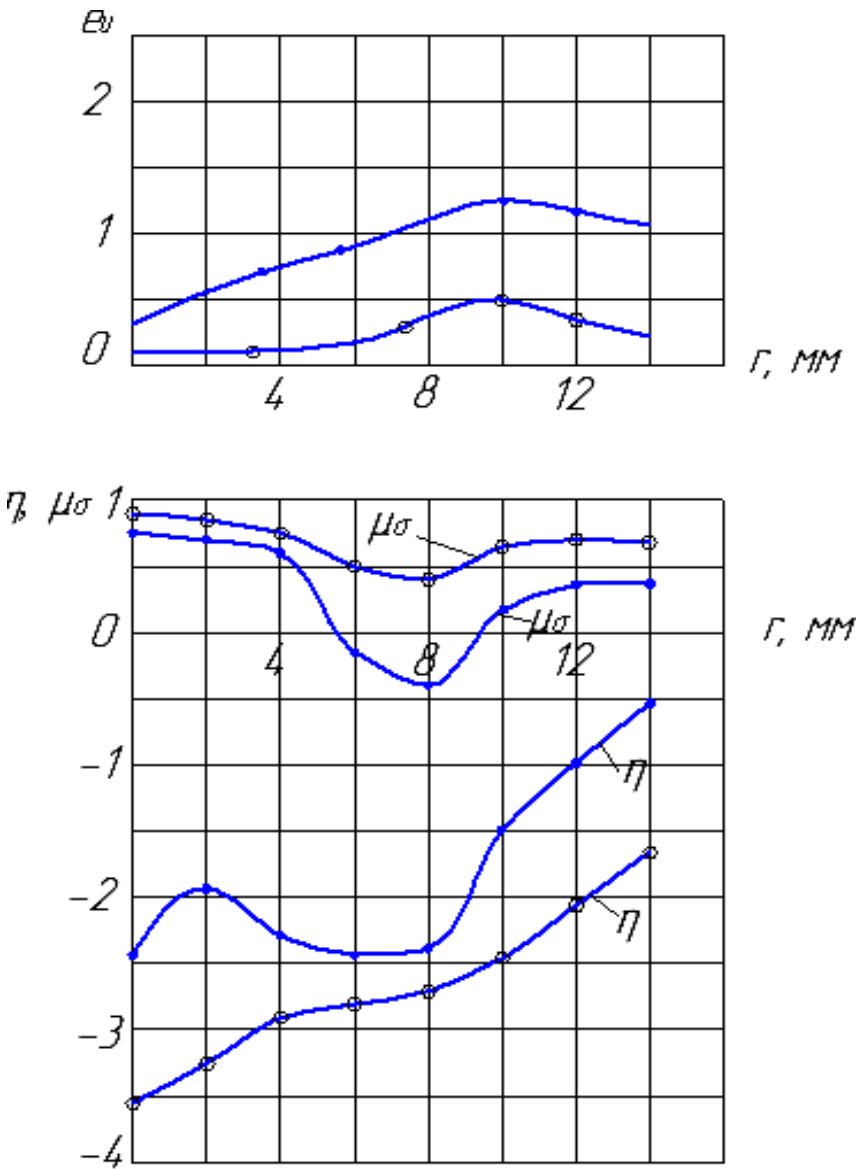


Рисунок 1.14 - Поверхня граничної деформації АД0 та шляхи деформування небезпечних областей

На рис 1.15 та 1.16 показані зони змінення інтенсивності деформації, напружений стан η і μ_0 та ресурс пластичності Ψ вздовж радіусу заготовки в небезпечній зоні коли $z = 0$. Згідно аналізу результатів, які були отримані, можна зробити висновок, що максимальна інтенсивність пошкодження

відбувається в областях, де відбувається максимальна нерівномірність пластичних деформацій (рис 1.13). Використання гідростатичного підпору дасть змогу зменшити ступінь використання ресурсу пластичності, але й забезпечить більш рівномірний його розподіл (рис. 1.16).



- - видавлювання за схемою а,
- – видавлювання за схемою б.

Рисунок 1.15 - Зміна інтенсивності деформацій й показників напруженого стану вздовж радіусу заготовки АД0 для $x z = 0$:

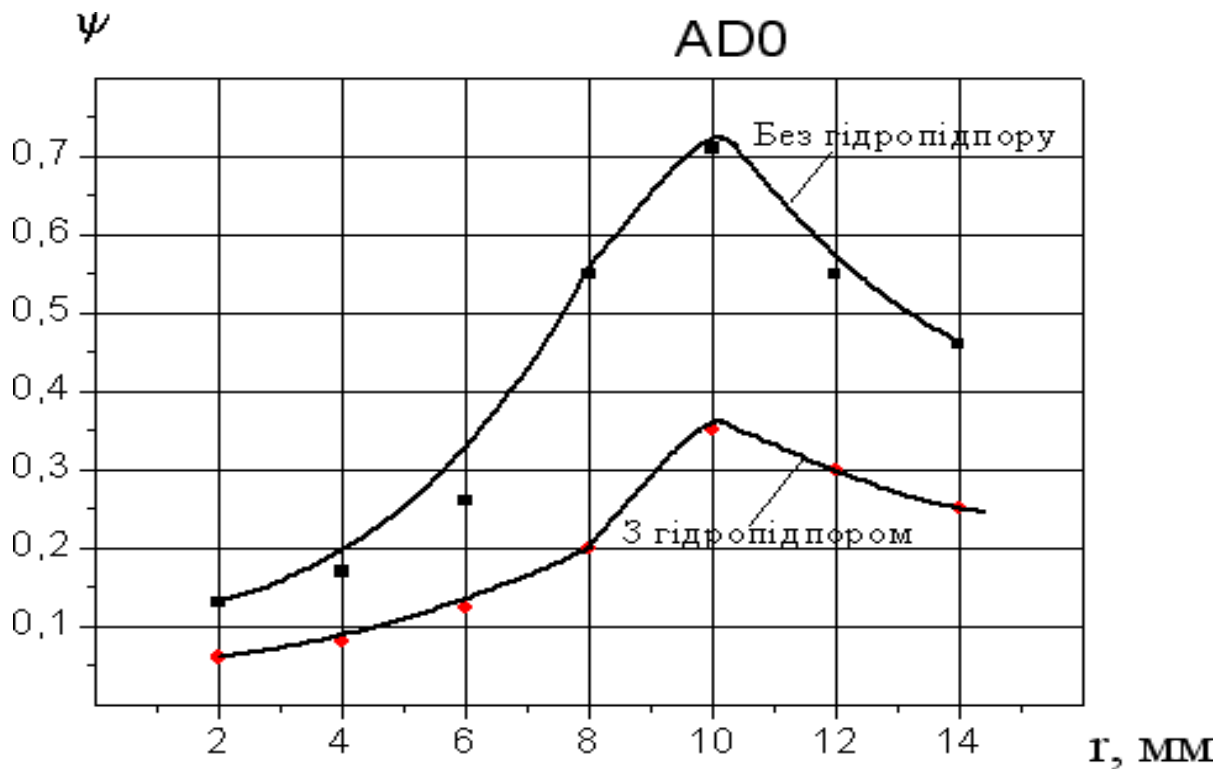


Рисунок 1.16 - Зміна використаного ресурсу пластичності по радіусу r заготовки АДО для $z = 0$

Отже, отримаємо розподіл деформації, що накопичилася, вздовж меридіального перерізу заготовки для здійснення видавлювання без гідравлічної опори та з її використанням.

Для більш точної оцінки здеформованості металу при об'ємному напруженому стані, що виникає при зворотному видавлюванні, вдосконалено метод оцінювання здеформованості шляхом використання поверхні граничної деформації замість діаграми пластичності.

Було встановлено, що порівняно з схемою без гідропідпору, з використанням гідростатичної опори дозволяє по - перше - зменшити ступінь ресурсу пластичності, який використовується, а по - друге - отримати більш рівномірний його розподіл.

Результати дослідження здеформованості заготовок при зворотному видавлюванні, що відображається деформуванням в небезпечних зонах, дозволяє запропонувати моделювання цього процесу стосовно до матеріалів,

в яких відома діаграма пластичності.

1.3 Основні чинники, що визначають залежності для розрахунку зусилля деформування при холодному видавлюванні

Встановленню взаємозв'язку різних факторів на величину повних й питомих тисків при холодному видавлюванні, а також ступеню їх впливу присвячена велика кількість робіт, які узагальнюють виробничий досвід, результати теоретичних й експериментальних досліджень [3,23,24,10,25,26,27,28,29].

Всі види видавлювання, якщо прийняти деформацію однорідною по всьому обсягу осередка течії, характеризуються однаковою механічною схемою: напружений стан – тривісне нерівномірне стиснення ($|\sigma_1| > |\sigma_2| \geq |\sigma_3|$) [3].

Згідно класифікації методи обробки тиском по напружено - деформованому й пластичному станам оброблювального металу діляться на сім груп.

Зміна напруженого й пластичного стану при переході від першої групи методів (обробка – пресування видавлюванням й штамповка під пресом у замкнутих штампах з розширенням без протитиску) до шостої (вільне кування без бічного тиску (осад й витяжка) на плоских бойках, прокатка сортового прокату у відкритих струмках з необмеженим розширенням, прокатка на гладких валках) характеризується:

- зменшення пластичності;
- зниженням допустимої деформації;
- зниженням опору деформації або деформуючої сили [24].

Тому перша і друга (пресування видавлюванням без протитиску в контейнерах, штамповка в замкнутих штампах без розширення й без протитиску) групи методів обробки тиском вигідні (особливо перша група) з

точки зору високої пластичності й майже необмеженої допустимої деформації оброблювального матеріалу. Та не є вигідною в силу необхідності застосування машин великої потужності, тому що опір деформації матеріалу, що оброблюється, при таких напружених станах значно зростає.

Великою перевагою цих методів обробки являються також стабільність процесів деформації по відношенню сталості основних термомеханічних параметрів обробки тиском (швидкості, ступеня й температури деформації) та рівномірності деформації.

Саме тому методи обробки першої й другої груп слід застосовувати там, де необхідно збільшити пластичність сплавів, що обробляються, та для досягнення однорідності властивостей напівфабрикатів, що виготовляються.

Методи обробки третьої (штамповка у замкнених штампах з обмеженим розширенням на молотах й пресах (безоблойна штамповка), штамповка на горизонтально – ковочних машинах в замкнених штампах, штамповка у відкритих штампах з обмеженим розширенням на молотах й пресах) і четвертої групи (штамповка у відкритих штампах з необмеженим розширенням на молотах и пресах) необхідно застосовувати для обробки сплавів з великим запасом пластичності й коли від напівфабрикатів, що деформуються, не вимагається верхня межа механічних властивостей.

Штамповку видавлюванням застосовують для отримання поковок переважно з низьковуглецевих й низьколегованих сталей, в деяких випадках – середньо вуглецевих [10]. Збільшення вмісту вуглецю в сталі з 0,1 до 0,3% призводить до збільшення питомої деформуючої сили видавлювання приблизно на 25% [25].

Основним фактором, який допомагає визначити придатність до холодного видавлювання, являється показник міцності металів й сплавів. Зазвичай, у матеріалу, який придатний до видавлювання в стані поставки максимальна межа міцності на розрив не перевищує 600 МПа. В багатьох випадках придатність матеріалів до холодного штампування оцінюється за твердістю, яка не повинна перевищувати HB 230.

Для видавлювання необхідні великі питомі зусилля, тому що у холодному стані метал володіє високим опором деформуванню (для алюмінієвих сплавів 500–1200 МПа, для сталей 2000-3000 МПа) [30].

Застосовуючи для кожного типу металу оптимальне покриття поверхні заготовок й мастил забезпечується стійкість пуансона й матриць для видавлювання.

Холодна штамповка видавлюванням є рентабельною, коли стійкість інструменту дає змогу штампувати 10 000–15 000 поковок.

Для виготовлення робочого інструменту, зокрема пуансонів, найбільше застосування отримали сплави P18, P6M5, X12, X12Ф1 й ін. [10]. Характеристики міцності цих сплавів дозволяють рентабельно виготовляти поковки холодною штамповкою видавлюванням при приложені питомих деформуючих сил 2000-2500 МПа.

Питома деформуюча сила на пуансоні за умовами економічно доцільної стійкості інструменту не повинна перевищувати 150 МПа для сталей 6ХЗФС, 7ХЗ, Х12М, Х12Ф1 і 2500 МПа для високоміцних сталей типу Р6М5 й ЕП761 [31].

Необхідність докладання до заготовки високих питомих сил, щоб деформувати заготовку. В результаті чого в інструменті виникають напруги, які близькі до межі міцності. Для цього пред'являють високі вимоги до точності методів розрахунку деформуючих сил [10].

При проектуванні технологічних операцій розробляють схеми деформування, здійснення яких можливе при докладанні менших сил. При розробці технології холодного видавлювання найчастіше використовують результати і рекомендації, які були отримані експериментально та при впровадженні у виробництво.

Питоме і повне зусилля деформації відображає в розрахунках величину напруг та їх розподіл на поверхні контакту металу з інструментом, яка являється одним з основних критеріїв оцінки процесу формозміни [33].

На величини питомого й повного зусилля впливають ряд факторів, до

числа яких відносяться [3]:

- фізична природа матеріалу, що штампується (вміст основних компонентів й домішок, структура, стан і т.і.);
- кінематика руху інструменту й деформуємого металу (видавлювання зворотне, пряме, радіальне і т.і.);
- ступінь деформації при видавлюванні та її рівномірність (форма та розміри вихідної заготовки й отриманого напівфабрикату);
- умови тертя (підготовка і фізико - хімічний стан поверхні заготовки та інструменту, ступінь й стабільність розділу відносно зміщуючихся поверхонь металу й інструменту, швидкість їх відносного зміщення, співвідношення між реактивними й активними силами тертя і т.і.);
- форма, розміри, якість поверхні частин інструменту, що деформуються (матриці, пуансони, оправлення і т. і.);
- тепловий ефект при деформації та його вплив на структуру металу, який деформується та умови тертя;
- швидкість деформації.

Крім того, в кожному окремому випадку необхідно враховувати умови геометричної й фізико – хімічної подібності, масштаб й інші фактори.

Множинність діючих факторів та їх складний взаємозв'язок призвели до того, що для визначення зусилля видавлювання запропонована значна кількість формул як вітчизняними, так й закордонними дослідниками. Проте більшість з них не отримали визнання у зв'язку з тим, що в уточненнях, які вводяться, не дають практично відчутного ефекту в наслідок складності кількісної оцінки зазначених факторів в кожному окремому випадку.

В зв'язку з цим рекомендується зіставляти отримані розрахунком дані з результатами експериментальних вимірів, які були проведені в умовах, найбільш близьких до проектуємих.

Питоме зусилля при прямому видавлюванні суцільних й порожнистих деталей розраховується за формулою 1.5 [3,32]

$$p \cong \sigma_{\text{ср}} \left(\varepsilon + 1 + \frac{4\mu L_k}{t} \right) \quad (1.5)$$

де $\sigma_{\text{ср}}$ - середня по осередку деформації величина істинного опору з урахуванням зміцнення й нерівномірності деформації.

З достатньою для практики точністю можна прийняти $\sigma_{\text{ср}}$ за формулою 1.6:

$$\sigma_{\text{ср}} \cong \frac{\sigma_{\text{н}} + \sigma_{\text{к}}}{2} \quad (1.6)$$

де $\sigma_{\text{н}}$ і $\sigma_{\text{к}}$ – напруга плинності до та після деформації в даному переході, які визначаються по кривим зміцнення при заданих ступенях деформації; $\varepsilon_{\text{н}}$ й $\varepsilon_{\text{к}}$ до та після переходу; $L_{\text{к}}$ – довжина калібруючого пояску матриці; ε – логарифмічна деформація.

При прямому видавлюванні й редукуванні логарифмічна деформація складає (формула 1.7) [24]:

$$\varepsilon = \ln \frac{F}{f} \quad (1.7)$$

де F та f – площини поперечного перерізу приймача матриці або заготовки на вході в матрицю й заготовки на виході з конічної ділянки матриці (формули 1.8 та 1.9):

$$F = \frac{\pi(D^2 - d_1^2)}{4} \quad (1.8)$$

$$f = \frac{\pi(d^2 - d_1^2)}{4} \quad (1.9)$$

де D – діаметр приймача матриці (при редукуванні й калібруванні – зовнішній діаметр вихідної заготовки); d – діаметр циліндричного пояску матриці; d_1 – діаметр центральної ступені пуансона (для суцільної заготовки $d_1 = 0$).

Рекомендуемі та гранично допустимі значення ступеня деформації ϵ при видавлюванні для різних металів й сплавів приводяться в [3,23].

Гранично допустимим значенням ступеню деформації ϵ для сталі 08, 10 рекомендується при прямому видавлюванні суцільного стрижня 70%, гранично допустима ступінь деформації – 80%; при зворотному видавлюванні полого стрижня рекомендується ступінь деформації для цих сталей - 60%, гранично допустима ступінь деформації – 75% [23,3].

Щоб уникнути різкого росту зусилля ступені деформації ϵ слід приймати не більш 55–60%, а для сплавів з підвищеним опором деформуванню – не більше 40–45% [3].

Величина μ приймається для розрахунку в залежності від матеріалу, якості підготовки поверхні й ступеню деформації [3].

Для алюмінію та сплавів на його основі (анодування + тваринний жир) $\mu = 0,12–0,15$; для міді й сплавів на її основі (пасирування + тваринний жир) $\mu = 0,08–0,10$; для сталей, заліза, нікелю й сплавів на нікелевій основі (фосфатування або оксалатірування + омилування) $\mu = 0,08–0,10$ [3].

Величини коефіцієнтів тертя μ , які приймаються при розрахунку технологічних зусиль холодного штампування вуглецевої сталі, міді, латуні, алюмінію для різних видів деформації, ступеня деформації, підготовки поверхні, приведені в [23,25, 31].

Для суцільних круглих заготовок товщина стінки $t = d$, а для складних перетинів t визначається за середніми діаметрами.

Зворотне видавлювання (рис. 1.17) характеризується значно складнішими й важкими умовами роботи інструменту.

Визначенню зусилля при зворотному видавлюванні та впливу на нього різних факторів присвячується ряд робіт.

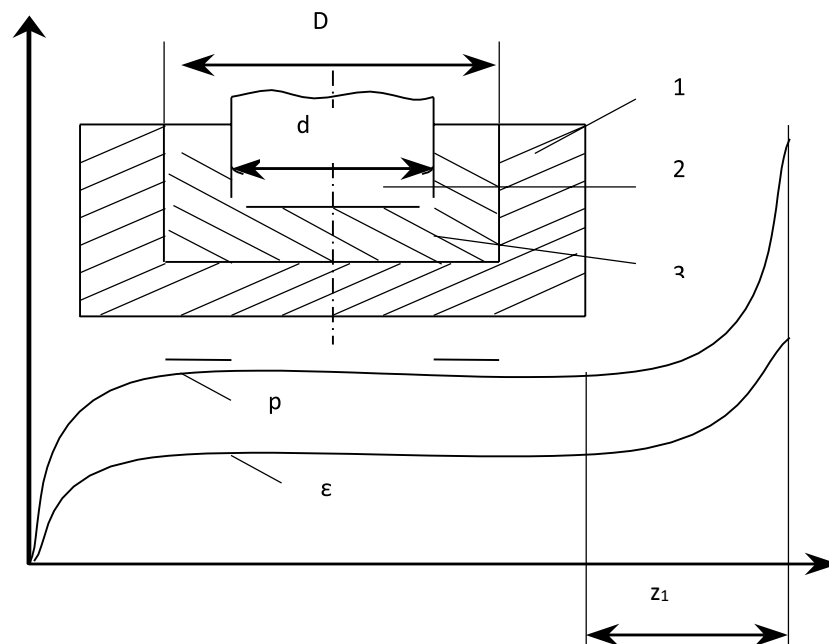
На зусилля при зворотному видавлюванні впливають наступні фактори:

1. ступінь деформації по перетину ϵ та висоті ϕ ;
2. відносний радіус скруглення J робочої частини пуансона.

Оптимальним по зусиллям для сплавів з підвищеним опором деформації

являється інтервал $\varepsilon = 0,3 - 0,4$.

З збільшенням відносного радіусу скруглення J пуансона необхідне зусилля видавлювання зростає, інтенсивність зростання збільшується з підвищенням ступеня деформації.



1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – заготовка; H и h – початкова висота заготовки й поточне значення товщини дна деталі, що видавлюється; z_1 – хід пуансона в кінцевій стадії видавлювання

Рисунок 1.17 – Схема зворотного видавлювання та криві зміни деформації ε та тиску p [23].

Зусилля на встановленій стадії зворотного видавлювання можна визначити за формулою 1.10 [27]:

$$P = pF = Fk\sigma_B \ln\left(\frac{F}{F-F_n}\right) \quad (1.10)$$

де p – тиск видавлювання; F – площа поперечного перетину заготовки; F_n – площа поперечного перетину пуансона; k – коефіцієнт, який становить для

алюмінію 3,5 – 4, для маловуглецевої сталі, міді й латуні 2,5 – 3.

Зусилля при зворотному видавлюванні порожніх деталей, N визначається за формулою 1.11 [3]:

$$P = 0,52 \left(\frac{R_M}{r_{\text{кп}}} + \varphi \right) \sigma_B \left[\left(\frac{R_M^2 - r_n^2}{R_M^2 - r_{\text{кп}}^2} - 1 \right) R_M^2 + r_n^2 \right] \theta, \quad (1.11)$$

де R_M – радіус робочої порожнини матриці, мм; r_n – радіус переходу торця пуансона, мм; $r_{\text{кп}}$ – радіус робочої частини пуансона, мм; φ – ступінь деформації дна деталі; σ_B – межа міцності матеріалу деталі до видавлювання (після віджигу), МПа; θ – коефіцієнт, який враховує вплив нахилу робочої частини пуансона: при $\alpha = 75^\circ$ $\theta = 0,8$; при $\alpha = 60^\circ$ $\theta = 0,85$; при $\alpha = 30^\circ$ $\theta = 1,1$.

Сили тертя в операціях кування й штамповки виникають не тільки в результаті пластичної течії заготовки, яка деформується, але й в результаті переміщення заготовки або штампового оснащення [10]. В залежності від напрямку руху робочого інструменту або заготовки в процесі деформування сили тертя можуть сприяти течії металу й можуть створювати опір тертю. В першому випадку сили тертя, які визначаються коефіцієнтом тертя μ_m , відносять до числа активних, в другому – до реактивних. Рівнодіюча сил тертя на контактній поверхні з торцем пуансона, яка визначається коефіцієнтом тертя μ_n , створює опір течії металу.

Активні сили тертя при зворотному видавлюванні разом з активними силами тертя створюються в результаті руху контейнеру в бік закінчення металу. Виникнення активних сил тертя дозволяє отримувати видавлюванням більш якісні вироби. Матеріал заготовки, який видавлюється з-під торця пуансона, тече в зазор між пуансоном й контейнером. Якщо відносна швидкість контейнера зростає, то сили тертя, які прикладаються до заготовки, також зростають. Зворотне видавлювання з активними силами тертя при різних швидкостях контейнера дозволяють знизити сили деформування до

30%. Якщо ж контейнер не закріплений та під дією сил тертя, які викликані течією металу заготовки, яка деформується, переміщується в напрямку течії, то можливе зниження сили видавлювання тільки до 8% у порівнянні з звичайним видавлюванням.

Холодне штампування видавлюванням прагнуть застосовувати також для виготовлення поковок з металів та сплавів, які важко деформуються, напруга текучості яких більше 700 МПа.

До металів та сплавів, які важко деформуються відносяться ті, які мають низьку технологічну пластичність, високий опір деформуванню, вузький температурний інтервал обробки тиском, бояться перегріву та активно взаємодіють з навколишньою атмосферою. До них відносяться високолеговані сталі, сплави на нікелевій основі, титанові, а також більшість сучасних сплавів кольорових й тугоплавких металів.

Деформування - показник, який враховує одночасно здатність металів й сплавів до пластичного деформування та характер спостережуваного при цьому руйнуванні [28].

Деформування металу й сплавів при обробці тиском характеризується пластичністю й опором деформації.

При видавлюванні матеріалів, які важко деформуються питома сила деформування, яка прикладена до торця пуансона, може бути високою. В цьому випадку важко очікувати задовільної стійкості робочих елементів штампного оснащення.

Для випадку гладкого пуансона з активними силами тертя питома деформуюча сила, необхідна для зворотного видавлювання розраховується за формулою 1.12 [10]:

$$q = -\left[\sqrt[3]{\frac{(1-2\mu_m R)(0,5+\mu_n)}{R^2-1}} + \frac{R^2+3}{\sqrt{3}\sqrt{R^2+3}} + 0,82 \right] \quad (1.12)$$

де $R = \frac{\bar{R}}{\bar{r}}$, \bar{R} – радіус замкнутої порожнини, з якої відбувається витікання металу при видавлюванні; \bar{r} – радіус робочого інструменту (пуансона); μ_m –

коефіцієнт тертя, який визначає сили тертя при переміщенні заготовки або штампового оснащення (в залежності від напрямку руху робочого інструменту або заготовки в процесі деформування сили тертя розділяють на активні, які можуть сприяти течії металу, й реактивні сили, які можуть створювати опір течії); μ_n – коефіцієнт тертя, який визначає рівнодіючу силу тертя на контактній поверхні з торцем пуансона, яка створює опір течії металу.

Також відомі вирази для визначення основних параметрів процесу зворотного видавлювання (питомої сили деформування й відносної висоти осередку пластичної деформації) з використанням активних сил тертя, отримані О.М. Дмитрієвим [29].

1.4 Висновки

На основі проведеного літературного огляду можна зробити наступні висновки:

1. Зворотне видавлювання є ресурсозберігаючим типом обробки металу. Воно забезпечує високу точність готового виробу, мінімізацію відходів, а також являється ресурсозберігаючою технологією. На основі цих переваг є сенс вдосконалювати цей процес, для отримання більш складних за формою деталей без додаткової механічної обробки.

2. Зворотне видавлювання характеризується значно більш складними й важкими умовами роботи інструменту.

3. При розробці технології холодного видавлювання найчастіше використовують результати і рекомендації, отримані експериментально та при впровадженні у виробництво.

4. Однією з основних проблем під час зворотного видавлювання полягає у значній неоднорідності розподілу пластичних деформацій та використаного ресурсу пластичності по об'єму здеформованої заготовки, що значно підвищує ймовірність браку, обумовленого зародженням мікротріщин. Для усунення цих недоліків пропонується використання гідростатичного підпору в процесах зворотного видавлювання заготовок типу «Стакан».

5. Встановлено, що використання гідростатичного підпору за запропонованою схемою зворотного видавлювання, у порівнянні зі схемою без гідропідпору, дозволить не тільки зменшити ступінь ресурсу пластичності, який використовується, а й дасть змогу отримати більш рівномірний його розподіл.

РОЗДІЛ 2

ОБЛАДНАННЯ, ЯКЕ ЗАСТОСОВУЄТЬСЯ ПРИ ХОЛОДНОМУ ВИДАВЛЮВАННІ

2.1 Вибір обладнання для холодного видавлювання

Загальними вимогами для холодного видавлювання в першу чергу визначаються характером зміни робочого зусилля по дорозі деформуючого інструменту.

Графік зусиль деформації при видавлюванні порожніх тонкостінних деталей має вигляд трапеції з значною ділянкою робочого ходу при постійному зусиллі на початку й на кінці робочого ходу.

На сьогодні холодне видавлювання відбувається на кривошипних, кривошипно – колінних й гідравлічних пресах універсального або спеціального призначення.

Згідно загальної думки спеціалістів механічні преси найбільш вигідні в багатосерійному й масовому виробництві, а також для видавлювання виробів для яких необхідні невеликі ходи, малі зусилля.

Гідравлічні преси більш доцільні для дрібносерійного виробництва великих й складних виробів, а також при виробництві виробів значної довжини та виробів, які вимагають значні зусилля (3000 тс й вище).

Механічні преси, як правило, швидкохідні, тому мають підвищену продуктивність. В порівнянні з гідравлічними пресами кривошипні преси, особливо невеликих зусиль, найбільш економічні та вимагають менших експлуатаційних витрат.

Проте, основною перевагою механічних пресів є те, що рух інструменту на цих пресах строго фіксований і його можливо контролювати на протязі всього робочого ходу.

Одною з основних переваг являється також те, що в наслідок безперервного руху колінвалу усувається можливість затримки пуансона в

результаті застосування робочого навантаження.

Головним недоліком механічних пресів є те, що номінальне зусилля пресу допускається тільки на деякій ділянці робочого ходу, так званому номінальному недоході S_n .

Графік допустимих зусиль повзуна пресу зазвичай має вид параболи, який знижується по мірі збільшення відстані повзуна від крайнього нижнього положення.

При холодному видавлюванні повне зусилля деформації досягається незабаром після контакту пуансона з заготовкою, коли невелика частина ходу пуансона витрачається на заповнення металом вільного простору між пуансоном й матрицею.

Практично максимальне зусилля необхідне практично з самого початку видавлювання, тому прес повинен допускати повне зусилля видавлювання з самого початку процесу.

Якщо позначити товщину заготовки для зворотного видавлювання через h_0 , товщину денця – h_1 , номінальний недохід пресу – S_n , то умовою нормальної експлуатації пресу, з врахуванням пружної деформації Δl , буде нерівність 2.1:

$$h_0 - h_1 + \Delta l \leq S_n \quad (2.1)$$

Величина номінального недохіда S_n вказується в паспорті пресу або може бути визначена за графіком допустимих зусиль.

Особливості характеристики міцності ланок приводу в виконуючому механізмі, обмежений запас роботи системи «двигун – маховик», вимагає повного обґрунтування в виборі таких механічних пресів за наступними основними параметрами: зусилля, хід й величина допустимої роботи приводом преса.

Зусилля пресу визначається розмірами пустотілого стакану та матеріалом з якого він виготовлений. Зусилля обраного пресу повинно дорівнювати або бути більшим розрахункового та відповідати найближчому

типорозміру з ряду номінальних зусиль, а також повинна виконуватися нерівність (2.1).

Величина ходу повзуна пресу повинна в 1,5 – 2 рази перевищувати висоту виробу. Менші значення слід брати при застосуванні автоматичних пристроїв, які подають заготовку та відводять видавлені стакани, більше при ручній подачі заготовок та видалення деталей.

Величину корисної роботи пресу визначаємо за формулою 2.2 [33]:

$$A_d = \frac{\eta_p}{K_e(2-\eta)} \left[N_{\text{нф}} t_{\text{двх}} \frac{1}{p_b} - K_e(2-\eta)n_b A_b - A_x \right] \quad (2.2)$$

де η_p – к.п.д. робочого ходу; η – повний к.п.д. передач; $N_{\text{нф}}$ – фактична номінальна потужність електродвигуна; $t_{\text{двх}}$ – час одного подвійного ходу; p_b – коефіцієнт використання ходів пресу; n_b – кількість включень муфти на одиничних ходах; A_b – робота, яка витрачається на включення муфти; A_x – робота, яка витрачається на холосте переміщення механізмів пресу; K_e – коефіцієнт запасу, $K_e = 1,2 - 1,6$ – функціонально залежить від номінального сковзання S_n , встановленого електродвигуна, кількісне значення для кожного пресу можна знайти в [33].

Співвідношення між роботою деформації A_d і коефіцієнтом використання ходів пресу p_b наглядно відображається так званим графіком працездатності преса або графіком допустимої технологічної роботи (рис. 2.1).

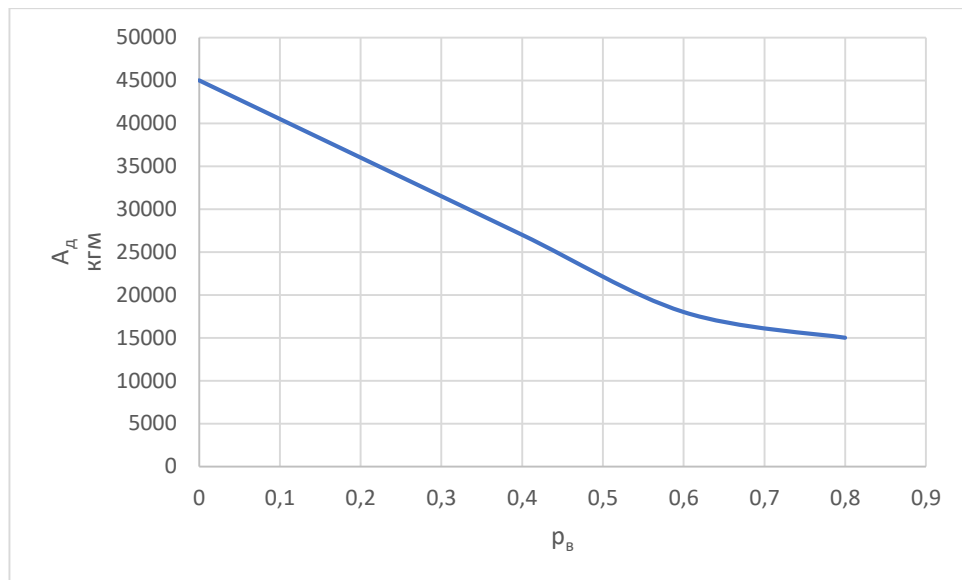


Рисунок 2.1 - Співвідношення A_d і коефіцієнтом використання ходів пресу p_B

В режимі автоматичних ходів без вимикання муфти, тобто при $p_B = 1$ непродуктивні втрати в приводі зменшуються $A_B = 0$ й, відповідно, допустима робота деформації різко збільшується в порівнянні з тою, яку можливо було б зняти з пресу при $p_B = 1$ на одиничних ходах.

Якщо розрахункова величина технологічної роботи для видавлювання даної деталі виявиться менше роботи A_d , яка визначається по графіку працездатності пресу, то такий прес може бути використаний для зворотного видавлювання.

Величину корисної роботи при видавлюванні даної деталі визначаємо за формулою 2.3:

$$A'_a = P_a \Delta h m \quad (2.3)$$

де: m – коефіцієнт заповнення графіку зусилля – шлях; P_a – зусилля деформації; Δh – величина робочого ходу.

На основі експериментальних досліджень силового режиму зворотного

видавлювання тонкостінних деталей коефіцієнт $m = 0,85$.

З точки зору енергосилового режиму роботи обладнання гідравлічні преси мають важливу перевагу. На них можна використовувати максимальне зусилля пресу на будь-якій ділянці ходу.

При можливих перенавантаженнях в результаті заміни заготовок, що віджигалися, тими, що не віджигалися або за іншими причинами, гідравлічні преси, які не мають запобіжних пристроїв або зупиняються, або уповільнюють хід до наростання тиску без поломок штампів й вузлів пресу.

До числа недоліків гідропресів відноситься можлива затримка пуансона при контакті останнього з заготовкою.

В нових конструкціях пресів цей недолік усувається застосуванням спеціального приводу, який збільшує швидкість пуансона в момент дотику його з заготовкою.

Гідравлічні преси в порівнянні з механічними пресами менш швидкохідні й менш економні в роботі. Зазвичай потужність двигуну механічного пресу набагато менше потужності двигунів насосної станції гідропресу.

В останній час холодне видавлювання виробів з кольорових металів і їх сплавів успішно виконується на універсальних кривошипних пресах.

Однак, для масового рентабельного промислового застосування процесу холодного видавлювання й особливо для виконання робіт, які вимагають великого ходу й великих зусиль, вкрай бажані преси спеціальної конструкції, параметри й конструкція яких найбільш повно відповідають технологічним вимогам процесу.

Зарубіжними фірмами були випущені ряд спеціалізованих пресів для холодного видавлювання в вертикальному й горизонтальному виконанні.

Преси бувають 6 типорозмірів з номінальним зусиллям від $P_n = 100$ тс до $P_n = 1600$ тс. В таблиці 2.1 наведені основні параметри спеціалізованих пресів для холодного видавлювання.

Таблиця 2.1 - Основні параметри спеціалізованих пресів для холодного видавлювання

Параметри пресів	Показники					
	100	160	250	400	630	1000
Номінальне зусилля, тс	100	160	250	400	630	1000
Величина ходу повзуна при номінальному зусиллі, мм	18	22	23	36	45	56
Хід повзуна, мм	125	160	200	250	315	400
Зусилля виштовхувача, тс	12	20	30	50	75	120
Хід виштовхувача, мм	106	132	170	212	265	335
Запас корисної роботи, тм	2,0	4,0	8,0	16,0	32,0	64,0
Кількість ходів повзуна, хв	50	40	32	25	20	16
Замкнута висота пресу	500	560	630	750	900	1100
Розміри стола, в мм справа - наліво	500	630	800	1000	1250	1600
Спереду - назад	630	800	1000	1250	1400	1600

Спеціалізовані преси будують з приводом, який забезпечує зазвичай трьохшвидкісний режим руху:

1. Швидке підведення пуансона до заготовки.
2. Мала швидкість зустрічі пуансона з заготовкою й видавлювання виробу (порядку 80 – 100 мм/сек).
3. Швидке відведення пуансона в крайнє верхнє положення.

Так для спеціалізованого пресу з номінальним зусиллям 350 тс, швидкість зустрічі пуансона з заготовкою не перевищує 15 – 20 мм/сек.

Преси для холодного видавлювання мають ряд особливостей:

1. Станина (зварна або лита) виконується замкнутою двохстійною конструкцією. Двохстійна конструкція станини забезпечує високу жорсткість системи, запобігаючи можливим кутовим переміщенням інструменту.

Преси з С-подібною станиною й звичайним кривошипним приводом для виконання процесів видавлювання неприпустимі, тому що станина пружинить під навантаженням, що призводить до повороту інструменту на деякий кут та його поломки. Підвіска штампу на шарових опорах повністю не усуває цей

дефект.

2. Вертикальна жорсткість пресів зусиллям більше 400 тс складає 300 – 350 т/мм й більше. Недостатня вертикальна жорсткість системи прес – штамп може привести до отримання бракованих виробів, при видавлюванні деталей з тонким дном через змінення механічних властивостей заготовок, які можуть викликати великі розбіжності в довжині деталей.

3. Ділянка робочого ходу повзуна, яка допускається додаванням номінального навантаження по відношенню до повного ходу повзуна задається великою. Це пояснюється тим, що процес видавлювання відбувається практично при постійному зусиллі, а величина ходу може бути значною.

4. Направляючі повзуну виконуються подовженими, жорсткої конструкції й з точною системою регулювання. Найбільша відстань між столом й повзуном та його нижнім положенням декілька більше, ніж в пресах для обробки листового матеріалу. Цим забезпечується розміщення посиленних пакетів штампів й механізмів автоматизації преса.

5. Преси забезпечуються нижнім виштовхувачем, який дозволяє розвивати зусилля, яке досягає 15 – 20% номінального зусилля пресу.

6. Преси забезпечені засобами автоматизації й механізації, а також запобіжниками від перенавантаження та показчиками зусиль.

Для впровадження технологічного процесу зворотного видавлювання стакану у виробництво рекомендується спеціалізований прес для холодного видавлювання номінальним зусиллям 1000 тс, або кривошипний двостійковий замкнутий прес простої дії моделі K2540 з номінальним зусиллям 1000 тс.

Для отримання заготовок з листового матеріалу шляхом вирубки, необхідний кривошипний прес в будь-якому конструктивному виконанні з номінальним зусиллям не менше 160 тс. В таблиці 2.2 приведені основні параметри рекомендованих пресів.

Таблиця 2.2 - Основні параметри пресів

Параметр	К-8540	К-2540	Спеціалізовані	К-3532	К-2432	К-22-2232
Номінальне зусилля, тс	1000	1000	1000	160	160	160
Хід повзуну, мм	500	400	400	220	160	160
Число ходів в хв.	160	16	16	37	37	37
Найбільша відстань між столом й повзуном в його крайньому нижньому положенні, мм	900	950	1100	450	480	480
Потужність двигуна, квт	104,5	104,5	-	13,2	13,6	13,6
Габарити, мм						
довжина	6950	6350	-	2130	1765	1765
ширина	4180	3800	-	1700	2060	3150
висота	3800	4180	-	4290	3560	3575

2.2 Результати експериментальних досліджень

Видавлювання деталі стакан проводилося на штампі, показаному на рис

2.2

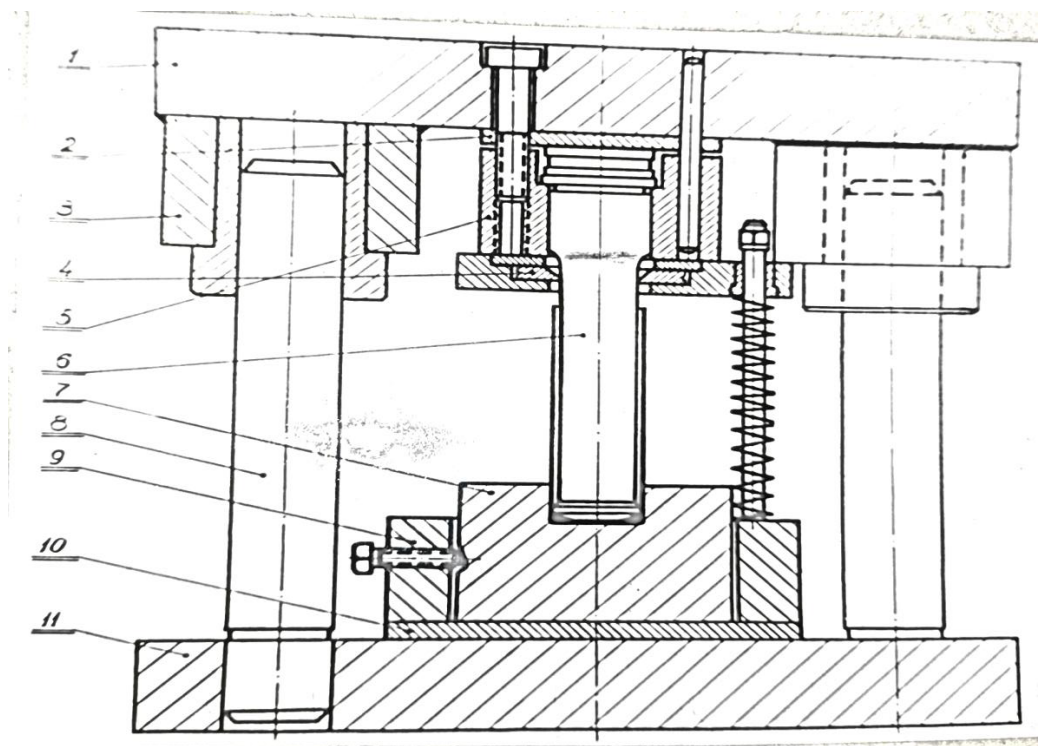


Рисунок 2.2 - Схема штампу для видавлювання пустотілих стаканів

Штамп складається з нижньої 11 й верхньої 1 плити. В нижню плиту 11 запресовуються направляючі колонки 8, які переміщуються в направляючих втулках 3, які запресовані в верхню плиту 1.

Матриця 7 кріпиться на нижній плиті 11 за допомогою матрицетримача 9, який закріплений гвинтами й штифтами.

Для регулювання положення матриці в горизонтальній площині передбачені регулювальні гвинти 1. Пуансон кріпиться за допомогою пуансонотримача 5 до верхньої плити 1. Хвостовик пуансона спирається на месдозу заміру зусилля, й зусилля штамповки повністю передаються на месдозу. Для знімання готових виробів з пуансона встановлений знімач 4, який виконаний у вигляді рознімного кільця. Пуансон й матриця спираються на колінні прокладки, які виготовлені з високоміцної сталі.

а) вимір зусиль штамповки

Зусилля деформації вимірювалось за допомогою месدوزи, яка встановлена між пуансоном й верхньою прокладкою. Месдоза представляє собою циліндр, який виготовлений з високоміцної сталі й загартованої до твердості HRC 56-60.

На зовнішню бокову поверхню циліндру наклеюються тензодатчики опору, які з'єднуються у півмостову схему (рис.2.3).

Робота месдези ґрунтується на зміні опору тензодатчиків внаслідок їх осьової деформації. Тензодатчики характеризуються коефіцієнтом тензочутливості, який розраховується за формулою 2.4:

$$K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l} \quad (2.4)$$

де ΔR , R – зміна опору й початковий опір датчика; Δl , l – деформація бази й початкова довжина датчика.

В період штамповки відбувається пружна деформація корпусу месдози на величину $\Delta l'$, яка пропорційна прикладеному зусиллю.

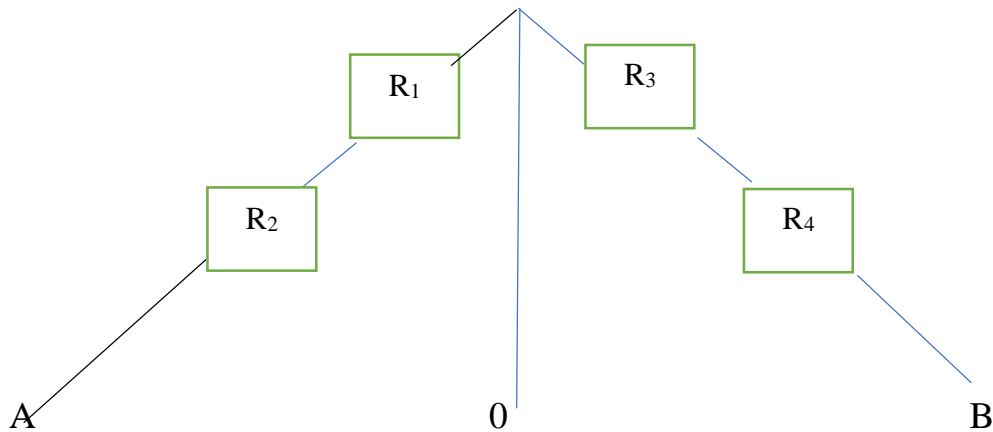


Рисунок 2.3 - Схема з'єднання датчиків

Одночасно відбувається пружна деформація бази датчика, який наклеєний уздовж осі дії навантаження, й відповідно формулі (2.4) змінюється його опір, змінюючи опір одного плеча А (рис. 2.3). Для компенсації впливу температури, зовнішніх обурюючих факторів на корпус месдози наклеюються перпендикулярно основним (робочим) датчикам компенсаційні датчики, які створюють друге плече В (рис. 2.3).

Висновки півмостової схеми А В О (рис. 2.3) під'єднуються через підсилювач до осцилографу. При зміні опору робочих датчиків величина дисбалансу плеч А та В реєструється в осцилографі на плівку, так як зміна опору датчика пропорційна зусиллю деформації, на плівці записується останнє у визначеному масштабі.

Для обробки отриманих даних осцилограм використовувались тарировочні графіки, які представляють собою залежність зусилля деформації від відхилення променя на плівці в мм. Тарировочні графіки отримують при

навантаженні месдоз зусиллям відомої величини з записом сигналу на плівку осцилографу.

Навантаження месдоз звичайно відбувається на гідравлічних випробувальних пресах до зусилля, яке перевищує на 30 - 50% максимальне зусилля штамповки.

б) реєстрація часу.

Час реєструвався за допомогою спеціального визначника часу з частотою коливань 500 Гц. На плівці фіксувалась пилоподібна крива з шагом між сусідніми піками 0,002 сек.

в) реєстрація переміщень повзуну.

Для реєстрації переміщень повзуну пресу застосовувався балочного хідографу, рис. 2.4.

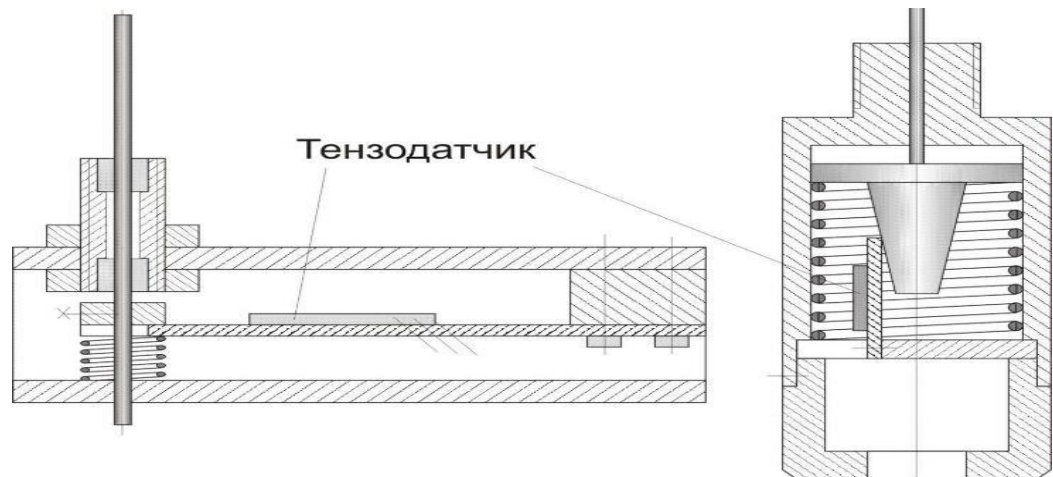


Рисунок 2.4 - Схема пристрою хідографу

Для посилення сигналів з месدوزи зусиль використовувався тензометричний посилювач 8 АНЧ-7М.

Експериментальне дослідження силового режиму зворотного видавлювання виконувалось на чотири кривошипному пресі $P_n = 800$ тс.

Технічна характеристика чотирьохкривошипного пресу простої дії, моделі К 4539, наступна:

Номінальне зусилля – 800 тс

Хід повзуна – 800 мм

Замкнута висота пресу при угвинчених регулюючих гвинтах – 1500 мм

Хід регулювання замкнутої висоти пресу – 600 мм

Розміри повзуна (ширина, довжина) – 4200 x 2000 мм

Кількість ходів за хвилину – 15

Електродвигун типу – АК 102-6

Потужність – 100 квт.

На рис 2.5 зображена кінематична схема 4 кривошипного пресу.

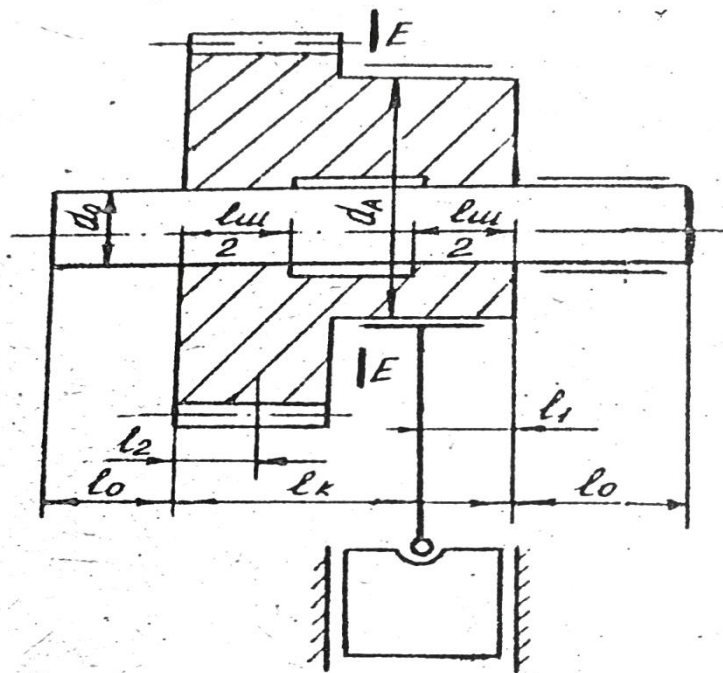


Рисунок 2.5 - Кінематична схема 4 кривошипного пресу

Діаметр стакану $\varnothing 125,5$ мм, товщина стінки $S = 0,9$ мм, висота $H = 285$ мм, марка алюмінію АДОМ, вихідна товщина заготовки $h_0 = 10$ мм, товщина дна колби $h_1 = 1$ мм.

Враховуючі кінематику та жорсткість пресу, отримаємо (рис. 2.6) графіки зусиль деформацій $P_d = f(\Delta h)$, навантажувальний графік

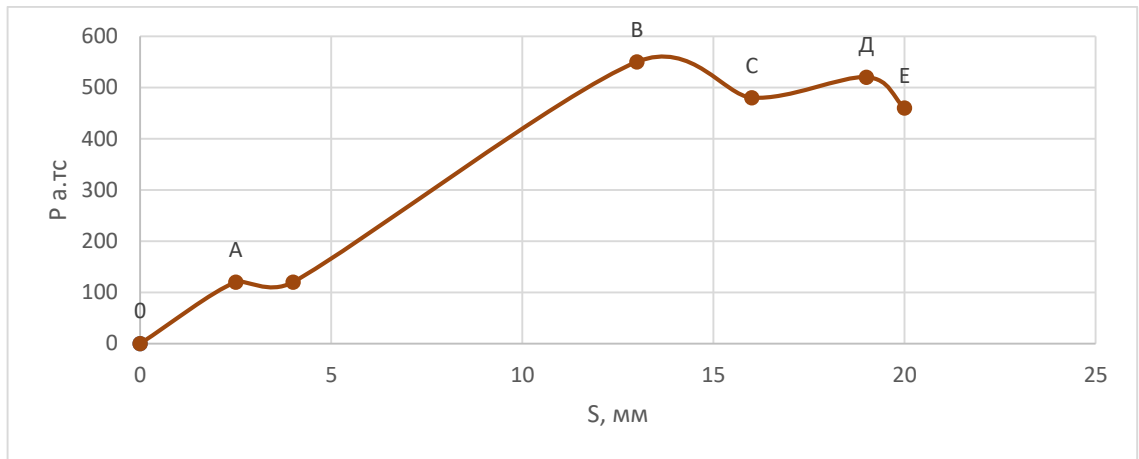


Рисунок 2.6 - Графік зусиль деформації

$$P_d = f(\Delta h + \Delta l)$$

Де Δh – база деформації (в даному випадку $\Delta h = h_0 - h_1 = 9$ мм), Δl – пружна деформація пресу при даному зусиллі деформації.

Аналіз навантажувального графіку дозволяє розділити весь процес видавлювання на чотири стадії.

1 стадія, ділянка OA. З моменту, коли пуансон стикається з заготовкою відбувається осад останньої до повного заповнення обсягу між торцем пуансона й дном матриці. Ця стадія характеризується безперервним збільшенням напруженого стану металу й зростом нерівномірності розподілу деформації. Зусилля різко зростає. У міру зростання зони пластичної деформації, частинки металу, які прилягають до пуансону, починають рухатися й спрямовуються в проміжок між пуансоном й матрицею.

Під час першої стадії відбувається також вибірка зазорів в системі головного виконавчого механізму кривошипного пресу. Саме вибіркою зазорів пояснюється горизонтальний майданчик на початку графіку $P_d = f(s)$.

II стадія, ділянка АВ характеризується початком витікання металу в кільцевий зазор між матрицею і пуансоном, що супроводжується збільшенням осередку пластичної деформації й збільшенням поверхні тертя по мірі заповнення металом зазору, внаслідок чого зусилля видавлювання продовжує зростати до максимуму. В другій стадії найбільш інтенсивно надходять в зазор внутрішні шари металу, які прилягають до пуансона. Зростання зусилля триває до тих пір, поки метал не пройде пояску пуансона, й поверхня тертя не досягне максимальної величини; іншими словами, поки висота стінки деталі, яка видавлюється, не перевищить ширини пояску пуансона.

III стадія, ділянка ВСД. Метал продовжує видавлюватись у зазор між пуансоном й матрицею. В цієї стадії величина й форма осередку деформації, який переміщується по висоті заготовки залишаються постійними. При цьому залишається практично постійною й величина поверхні тертя, так як вона обмежена шириною пояску пуансона.

Однак зусилля в межах III стадії падає на 15 – 20 %. Це пояснюється тим, що в результаті ударного характеру процесу видавлювання, температура металу, що деформується, значно збільшується (у даному випадку – до 160 – 190⁰С) за рахунок теплового ефекту деформації. Температура фіксувалась за допомогою термокросок й термісторів, які вбудовані в матриці.

На підставі проведених механічних випробувань алюмінієвих зразків, які вирізані з того ж листу, що й заготовки для видавлювання, отримана залежність характеристик межі міцності σ_b й межі плинності σ_s при різних температурах (рис. 2.7). Встановлено, що при нагріванні зразків до 145⁰С значення σ_b й σ_s зменшуються майже на 20%.

мм²

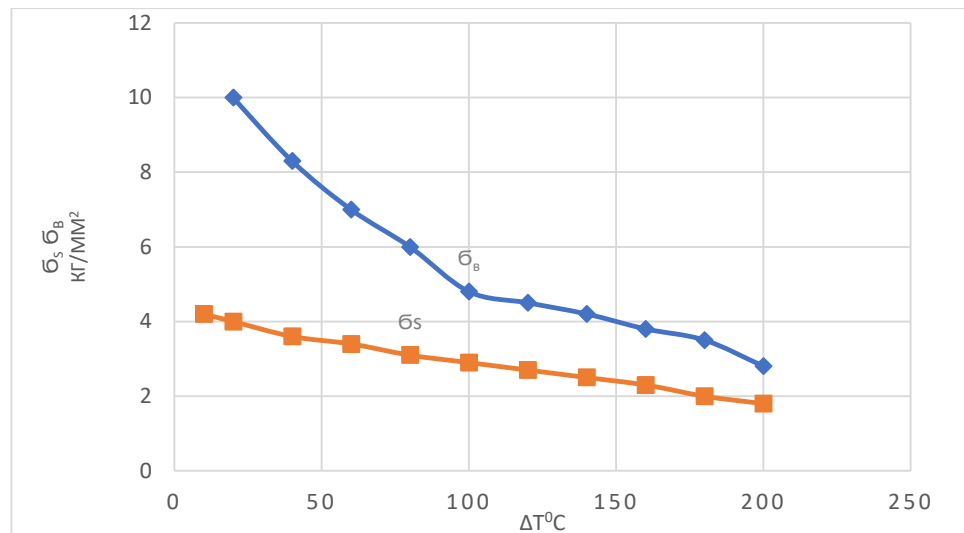


Рисунок 2.7 - Залежність характеристик межі міцності σ_b й межі плинності σ_s при різних температурах

Третю стадію процесу можна вважати стаціонарною, і вона буде такою до тих пір, поки товщина дна й товщина стінки деталі не будуть рівними.

IV стадія, дільниця ДЕ. Якщо процес видавлювання припиняється при товщині дна деталі $h_1 > S$, то у IV стадії має місце плавне розвантаження пресу від максимуму до нуля. Але при товщинах дна $h_1 \leq (1 \div 1,25) S$, де S – товщина стінки виробу. Зусилля на четвертій стадії починає швидко зростати, й досягає за величиною двократної величини зусиль на другій стадії. Зростання зусилля видавлювання слід пояснити наростанням сил тертя між металом й дном матриці, зміною характеру протягу металу.

У зв'язку з цим, отримання деталей з товщиною дна $h_1 < (1 \div 1,25) S$ не слід рекомендувати. Товщина дна h_1 , при якому починається інтенсивне зусилля деформації (точка Д на рис. 2.6) сильно залежить від здатності металу до зміцнення. При зворотному видавлюванні дрібних деталей ($\phi 20$) на кривошипному пресі також спостерігався спад зусиль на третій стадії, але вже не такого ступеню, як при зворотному видавлюванні великогабаритних деталей ($\phi 85 \div 126$ мм) з того самого матеріалу. Це можна пояснити меншим

тепловиділенням, так як обсяг деформованого металу під пуансоном й ступінь деформації при однакових товщинах стінок різна.

Питомі зусилля деформації при зворотному видавлюванні, відповідні точці В на типовому графіку навантаження (рис. 2.6) з різних металів з однаковою товщиною стінки виробу $S = (0,5 \div 1,0)$ мм складає:

Для алюмінію АДОМ – 35-58 кг/мм²;

Для алюмінію АДІМ – 48-68 кг/мм²;

Для міді МІ – 110-140 кг/мм²;

Для дюралюмінію Д16 – 150-180 кг/мм².

Як показали проведені експерименти – тепловий ефект деформованого металу помітно зменшує справжній опір деформування і його треба враховувати при визначенні силового режиму процесу [32].

Проведені експерименти показали деякі особливості проектування штампного оснащення й підготовки заготовок для видавлювання деталей.

Жорсткість плит, колонок й втулок повинна бути збільшена. Матриця повинна бути виготовлена бандажірованою й мати спеціальну геометрію даної частини. Використання фігурної матриці й пуансона дозволили помітно зменшити зусилля видавлювання й збільшити стійкість стакану на площині. З аналізу зворотного видавлювання при плоскому й сферичному дні матриці видно, що схема напруг в зоні деформації різна. При плоскому дні реактивна складова напруги σ_n (діюча від металу на пресовий інструмент) паралельна вісі пуансона, а при сферичному дні – мають горизонтальні складові σ'_x і σ''_x , які діють у напрямку вихідного отвору. Зусилля видавлювання на цій матриці було на 15-20% менше зусилля видавлювання на плоскій матриці. Ця матриця дозволяє не тільки робити видавлювання з меншими зусиллями, але й вона забезпечує добру площинність дна, що має немало важливе значення для стійкості стакану на площині.

При більшому під'ємі сфери в матриці складаючі напруги σ'_x і σ''_x більш сприяють плинності металу, чим при меншому під'ємі сфери, але, з іншого боку, кінець пуансона скоріш досягає вершини дна матриці (при

більшому під'ємі сфери), цим самим викликаючи швидкий ріст зусилля, за рахунок наростання сил тертя між металом й дном матриці та зміною характеру плинності металу. Тому, тільки при певному оптимальному значенні під'єму сфери, може бути забезпечено раціональне видавлювання з мінімальними зусиллями.

Проведені експерименти показали, що видавлювання порожнистих деталей можна виробляти як на спеціалізованих пресах для видавлювання, так і на універсальних кривошипних пресах.

2.3 Висновки

В теперішній час холодне видавлювання відбувається на кривошипних, кривошипно – колінних й гідравлічних пресах універсального або спеціального призначення.

При холодному видавлюванні повне зусилля деформації досягається незабаром після контакту пуансона з заготовкою, коли невелика частина ходу пуансона витрачається на заповнення металом вільного простору між пуансоном й матрицею. Практично максимальне зусилля необхідне майже з самого початку видавлювання, тому прес повинен допускати повне зусилля видавлювання з самого початку процесу.

З точки зору енергосилового режиму роботи обладнання гідравлічні преси мають важливу перевагу. На них можна використовувати максимальне зусилля пресу на будь-якій ділянці ходу.

Гідравлічні преси в порівнянні з механічними пресами менш швидкохідні й менш економні в роботі. Зазвичай потужність двигуну механічного пресу набагато менше потужності двигунів насосної станції гідропресу.

Недоліками механічних пресів є: обмежені технологічні можливості, великий хід повзуна, мала продуктивність через малу швидкохідність, а також великі втрати енергії на холостий хід.

Враховуючі все недоліки, пропонується:

1. Механічний прес забезпечити:
 - встановленою на столі рухомою плитою, що дасть можливість переміщення уздовж вісі його за направляючими від силового циліндру;
 - підставками, розташованими на столі пресу й шарнірно з'єднаними за допомогою двоплечих важелів з силовими циліндрами, змонтованими на станіні;

- корпус силового циліндру прикріплений до нижньої поверхні столу;
- радіус ексцентриситету ексцентрикового валу складає 0,5 – 0,8 повного ходу повзуна пресу.

Все це значно збільшує жорсткість пресу, яке має дуже велике значення при видавлюванні. За рахунок забезпечення пресу цими характеристиками, при зворотному видавлюванні виробів, типу стакан, істотно зменшується товщина дна й різностінність. Вид і процес видавлювання наведені в [57].

2. Гідровлічний прес забезпечити:

- верхньою рухомою поперечиною, зв'язаною з штоком верхнього циліндру;
- рухомими упорами, зв'язаними з штоками бічних циліндрів;
- циліндрами зворотного ходу, які розташовані в нижній частині станіни.

Завдяки цьому знизяться енерговитрати, збільшиться продуктивність та дозволить розширити номенклатуру виготовляємих виробів [58].

РОЗДІЛ 3

СТІЙКІСТЬ РОБОЧИХ ДЕТАЛЕЙ

3.1 Силіві параметри процесу зворотного видавлювання

Зворотнє видавлювання призначене для виготовлення деталей, типу стакан (рис 3.1). Цей процес характеризується однією ступеню свободи течії металу в проміжках $D_m - d_p$.

При цьому видавлюванні змінення форми визначається на основі умови сталості обсягу [34].

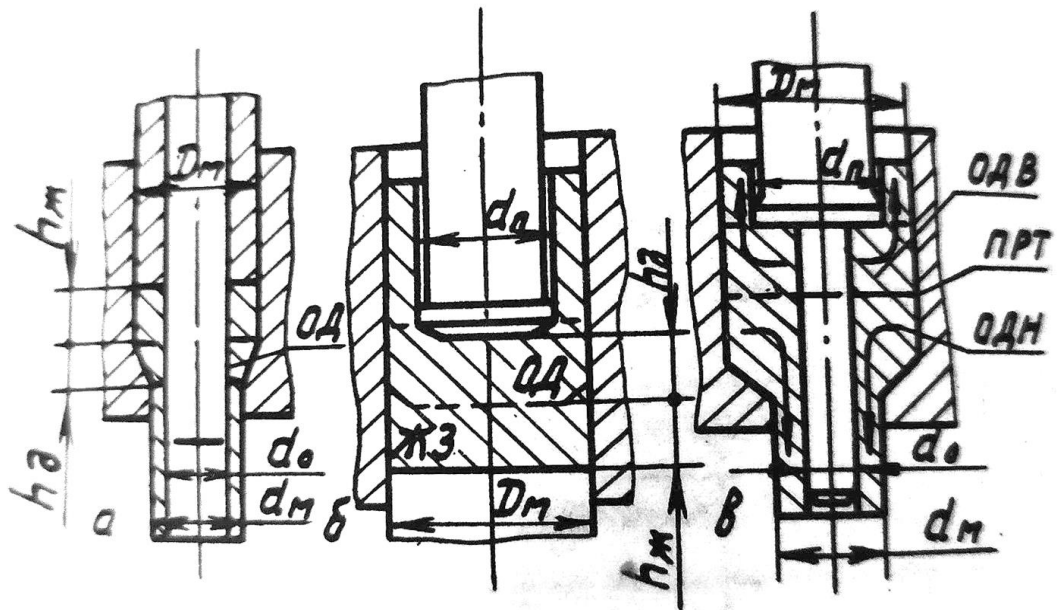


Рисунок 3.1 - Схеми процесу поздовжнього видавлювання

Процеси видавлювання прийнято умовно ділити на три стадії. Початкова нестационарна стадія характеризується тим, що заготовка, яка деформується, осаджується (якщо її діаметр менше діаметра порожнини матриці) або редукується (якщо її діаметр більше діаметра матриці). Коли торець заготовки опуститься на дно матриці, в ній формується осередок

деформації. Її форма і розміри визначаються законом найменшого опору і залежать від форми інструменту. До моменту закінчення першої стадії процесу осередок деформації стабілізується за формою та розмірами. Зусилля деформації на першій стадії швидко зростає до відповідного максимуму.

Друга стадія базових процесів видавлювання (рис 3.1, а, б) відбувається при сталих розмірах форми та висоти осередку деформації h_d .

Сталість осередку деформації обумовлена залученням в осередок деформації все нових частин деформуємої заготовки та зменшенням висоти жорсткої зони h_j .

Незмінність розмірів осередку деформації при видавлюванні деталей типу стаканів обумовлює сталість зусилля діючого на пуансон.

У зв'язку з цим другу стадію видавлювання називають стаціонарною. Вона продовжується до тих пір, поки висота жорсткої зони не буде дорівнювати 0, тобто поки осередок деформації не охопить весь обсяг заготовки, яка розташована між пуансоном та дном матриці (3.1) [34].

$$h_j = h - h_d \quad (3.1)$$

З цього моменту починається остання, заключна нестаціонарна стадія видавлювання.

В продовж третьої стадії обсяг металу, охоплений пластичною деформацією, безперервно зменшується, зменшується й контактна поверхня в зоні деформації.

Тому на початку нестаціонарної стадії зусилля деформації зменшується. Подальше зменшення товщини денця h призводить до значного збільшення інтенсивності деформації зрушення й сильному зміцненню матеріалів. В зв'язку з цим зусилля деформації починає різко збільшуватися [34].

Деформація заготовки за такою схемою відбувається тільки в тому випадку, якщо висота вихідної заготовки h_3 більше глибини поширення осередку пластичної деформації h_d . Якщо ж $h_3 < h_d$, то після завершення

початкової нестационарної стадії видавлювання одразу ж переходить до заключної нестационарної стадії. В наслідок цього зусилля опору деформації безперервно змінюється по ходу пуансона.

Заготовки, які деформуються по першій стадії (з стаціонарною стадією), будемо називати високими, а заготовки, що деформуються за другою схемою – низькими.

При видавлюванні деталей типу стаканів, втулок, коробок пуансон і матриця завжди розташовуються неспіввісно.

Розрізняють ненавмисну та навмисну неспіввісність. Ненавмисна неспіввісність обумовлена не бездоганністю конструкції штампу, неточністю його виготовлення та налагодження.

Через це в технічних вимогах на деталі, які видавлюються, прописуються допустимі значення різностінності ΔS . В залежності від розмірів деталі ΔS може досягати 0,3...0,7 мм та більш. Навмисна неспіввісність має місце в тих випадках коли необхідно виготовити деталі з змінною по периметру товщиною стінки.

При цьому різностінність ΔS визначається формою деталі і може складати 1...5 мм та більш [34].

Неспіввісність розташування інструменту призводить до порушення вісєвої симетрії осередку деформації (рис 3.2).

Цей факт відмітив раніше Л.В. Прозоров [35], В. Джонсоном и Х. Кудо [36].

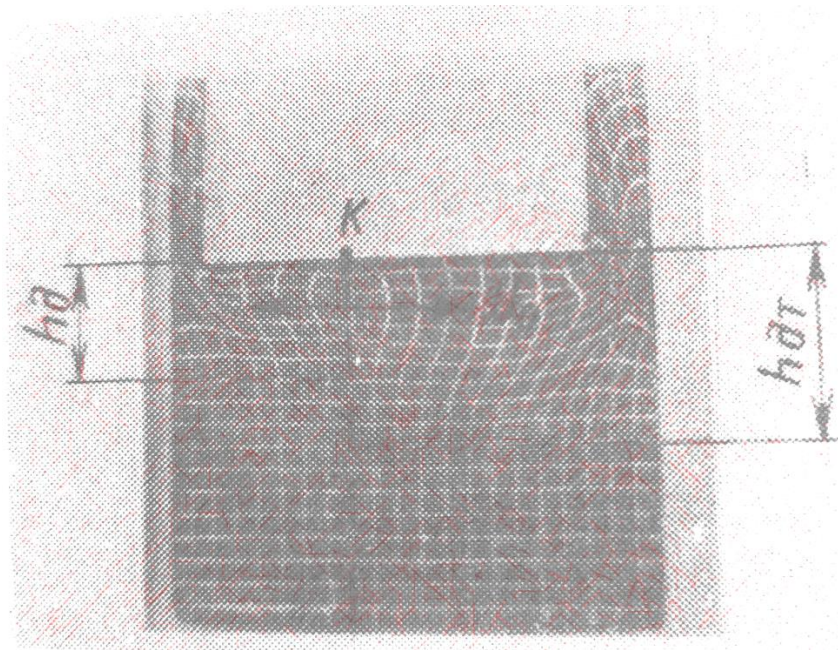


Рисунок 3.2 - Характер течії металу при неспіввісному розташуванні пуансона й матриці, який виявляється методом координатної сітки

На рис. 3.2 видно, що лінія розділу перебігу KL (для якої горизонтальні складові V_r швидкості руху частинок в осередку деформації перетворюються в 0) зміщена від осі стакана в сторону тонкої стінки.

Висота осередку деформації зліва h_d і праворуч від лінії розділу течії h_{dt} відрізняється тим більше, чим більше відмінність в товщинах стінки зліва і зправа [34].

Такі зміни в кінематиці призводять до важливих наслідків.

По перше, на торці пуансона з'являється неврівноважена сила тертя T_t , яка спрямована в сторону товстої стінки (контактні дотичні напруження τ_k на поверхнях AK й KB не врівноважуються), яка згинає пуансон (рис 3.3).

По – друге, максимум епюри $\sigma_z(x)$ чи $\sigma_z(r)$ зміщується від вісі пуансона разом з лінією розділу перебігу металу. З цієї причини рівнодіюча контактних напружень σ_z , тобто сила опору деформації P_d , зміщується від вісі пуансона на величину e , та виникає момент $P_d e$, який згинає пуансон.

Через різні умови перебігу металу в тонку та товсту стінки на калібруючий поясок пуансона l_k діють різні напруги σ_x (чи σ_r), рівнодіюча яких T_k також призводить до згинання пуансона.

Нарешті, через порушення симетрії течії металу змазка на контактній поверхні пуансона розподіляється нерівномірно, що також призводить до виникнення моменту, згинаючого пуансон.

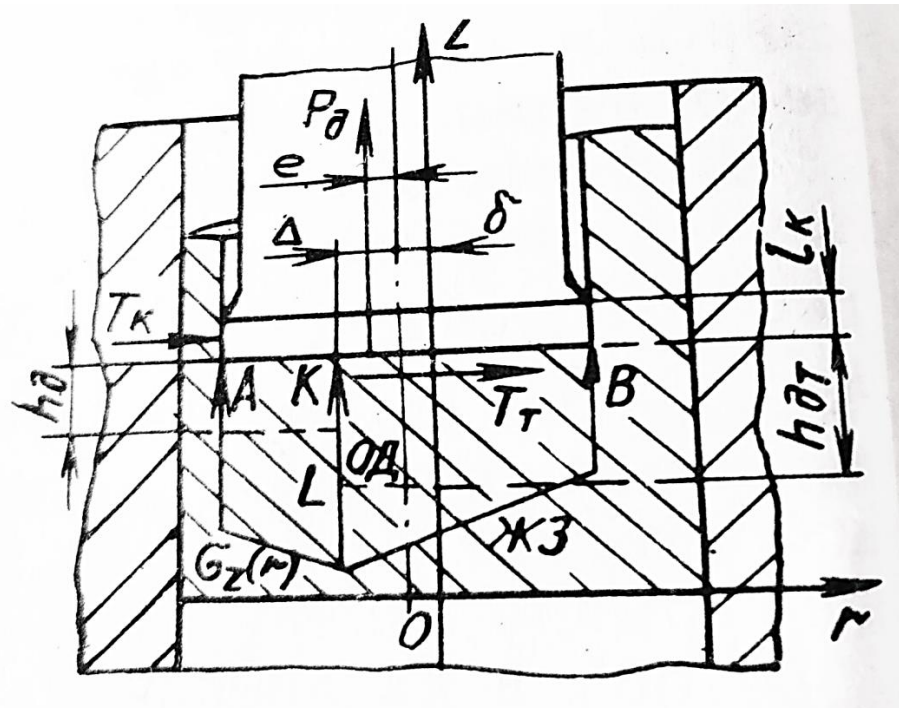


Рисунок 3.3 - Схема течії металу і навантаження на пуансон в умовах неспіввісності розташування пуансона й матриці.

Вивчення та системність поломок пуансонів дають підставу стверджувати, що при нормальному ході процесу видавлювання в виробничих умовах їх остаточне руйнування відбувається в момент початку зворотного ходу повзуна пресу.

У всіх пуансонах, які досліджувалися, руйнування починалося біля концентратора напруги (конструктивного або технологічного характеру).

Поверхні злому мають специфічний вид, який характерний для циклічного руйнування [37, 38].

На основі аналізу зламів встановлено, що руйнування пуансонів відбувається під дією помірних розтягуючих напружень при наявності досить сильного концентратора напружень [38, 12, 39, 40].

Отже, необхідним є визначення довговічності пуансонів необхідно визначити також і зусилля P_n , яке діють на пуансон при вилученні його з деталі, яку видавили.

Таким чином, в процесі видавлювання на пуансон діють системи навантажень, без знань яких неможливо оптимізувати умови його роботи та хоча б спрогнозувати стійкість.

З метою підвищення стійкості пуансона та його надійності в роботі пропонується розрізну втулку забезпечити розміщеним в її порожнині циліндричним розпірним вкладишем і виконаної у вигляді двох порожніх усічених конусів, які з'єднані між собою меншими основами, один з яких розміщений у виїмці, виконаної в корпусі, а інший – в робочій голівці.

Виконання пуансона у вигляді усіченого конусу, який прилягає меншою основою до робочої головки та з'єданого з нею шпилькою, забезпечує більш жорстке кріплення робочої головки до втулки за рахунок створення додаткового натягу між ними [59].

Ще одне рішення, для досягнення підвищення стійкості й надійності роботи пуансона, пропонується корпус виконувати у вигляді усіченого корпусу, меншою основою сполученого з робочою голівкою й з'єднаний з нею шпилькою, встановленою співвісно корпусу, а на ділянці робочої голівки, примикаючим до корпусу жорстко, закріплене кільце з отворами, при цьому робоча голівка з'єднана з втулкою за допомогою гвинтів, які пропущені через отвори кільця [60].

В штампах для видавлювання, крім пуансонів, в дуже важких умовах працюють виштовхувачі й матриці.

Тому, для наукового підходу їх конструювання необхідно визначити системи навантажень на них, які насправді відповідатимуть реальним умовам їх роботи.

3.2. Вісеві навантаження на пуансон

Для визначення зусилля P_d зворотного та прямого видавлювання деталей типу стакан запропоновано значна кількість формул. В залежності від структури їх можна розділити на дві групи:

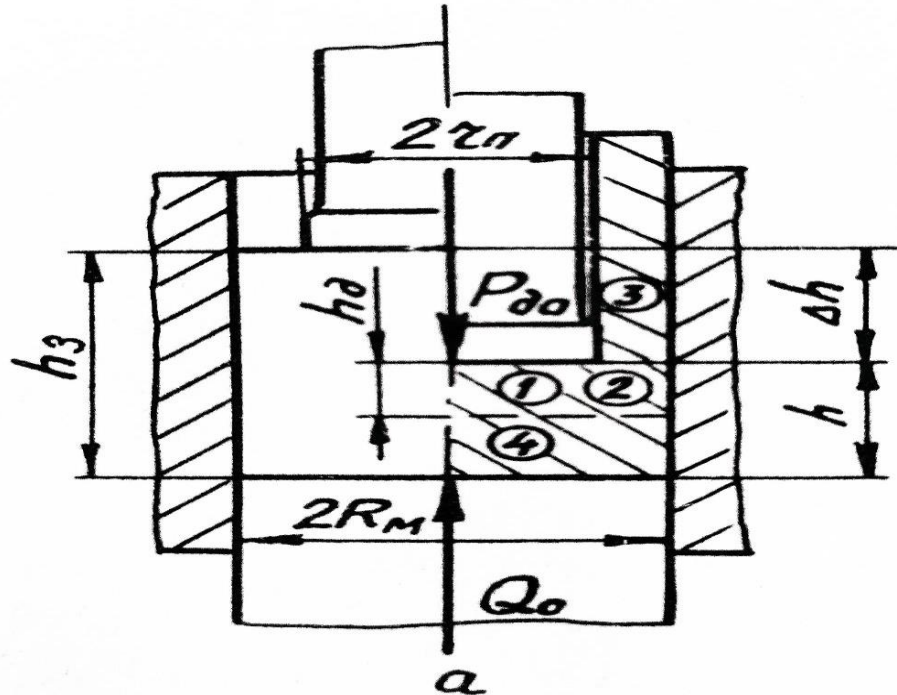
– формули, які визначають зусилля, яке відповідає першому максимуму (тобто моменту переходу від початкової нестационарної стадії видавлювання до стаціонарної).

Істотний недолік цих формул складається в тому, що вони не відображають зміни питомого зусилля по ходу деформації.

– формули виду 3.2:

$$P_d = f(\Delta h) \quad (3.2)$$

В таких формулах зусилля зв'язується з ходом пуансона Δh (а також іншими параметрами процесу). Формули другої групи дозволяють визначити також і роботу деформації [34].



1, 2 – осередок деформації, 3, 4 – жорсткі зони, h_3 – початкова висота заготовки; h – поточна товщина дна; h_d – глибина розповсюдження осередку пластичної деформації; Δh – хід повзуну.

Рисунок 3.4 - Схема зворотного видавлювання стаканів

Для зворотного видавлювання деталей типу стаканів (рис. 3.4) можна використовувати формули 3.3 та 3.4 [34]:

$$P_d = \pi r_p^2 \bar{p} \sigma_{s0} \quad (3.3)$$

$$\bar{p} = a_1 + a_2 \frac{h_d}{R_m} + a_3 \frac{R_m}{h_d} \quad (3.4)$$

де P_d – зусилля деформації; \bar{p} – відносне питоме зусилля видавлювання, тобто безрозмірний критерій, який розраховується за формулою 3.5:

$$\bar{p} = \frac{P_d}{F_d \sigma_{s0}} \quad (3.5)$$

де σ_{s0} – напруга плинності, усереднене по обсягу очагу деформації з урахуванням зміцнення; F_d – площа поперечного перерізу головки пуансона, яка визначається за формулою 3.6 [34]:

$$F_d = \pi r_{\Pi}^2 \quad (3.6)$$

$$\begin{cases} a_1 = 1 + \frac{c}{\sqrt{3}} + \frac{2\mu k_{\Pi}}{1-\bar{r}}; \\ a_2 = \frac{1+\mu r\sqrt{3}}{\bar{r}\sqrt{3}(1-r^2)}; \\ a_3 = \frac{1}{3\sqrt{3}} \left[\bar{r} (\mu\sqrt{3} + K_0) + (1 + K_0) \frac{2-3r+r^3}{1-r^2} \right]. \end{cases}$$

$$c = \frac{1}{1-r^2} \left[2 - \bar{r}^2 \sqrt{3 + \frac{1}{r^4}} + \ln \frac{1}{3} \left(\frac{1}{r^2} + \sqrt{3 + \frac{1}{r^4}} \right) \right]$$

де K_0 – коефіцієнт, який залежить від стадії деформації: для стаціонарної стадії $K_0 = 1$, для нестаціонарної $K_0 = \mu\sqrt{3}$; μ – коефіцієнт тертя пари «заготовка, що деформується - інструмент»; k_{Π} – відносна висота колібруючого пояска пуансона 3.7:

$$k_{\Pi} = \frac{l_k}{r_{\Pi}} \quad (3.7)$$

r_{Π} – радіус пуансона по колібруючому пояску; \bar{r} – відносний радіус пуансона 3.8:

$$\bar{r} = \frac{r_{\Pi}}{R_M}; \quad (3.8)$$

R_M – радіус матриці; h – поточне значення висоти заготовки, що деформується (товщина денця стакану) 3.9:

$$h = h_3 - \Delta h; \quad (3.9)$$

Δh – хід пуансона; h_d – глибина розповсюдження осередку пластичної деформації.

Для стаціонарної стадії 3.10

$$h_d = R_m \sqrt{\frac{a_3}{a_2}} \quad (3.10)$$

Для нестационарної заключної стадії 3.11

$$h_d = h. \quad (3.11)$$

В першому наближенні можна вважати, що осередок деформації закінчує формуватися й стабілізується за формою й розміром в той момент, коли верхній торець стінки деталі, що видавлюється, вийде за межі колібруючого пояску пуансона. Це дає можливість визначити хід пуансона Δh_c (3.12) відповідний переходу до стаціонарної стадії [34]:

$$\Delta h_c = l_k \frac{1-r^2}{r^2} \quad (3.12)$$

Перехід від стаціонарної стадії до заключної нестационарної визначається на основі критерія В. Джонсона та Х. Кудо [36]. Розкриваючи умови, які відповідають цьому критерію, отримаємо для зворотного видавлювання 3.13:

$$h_n = R_m \sqrt{\frac{a_3}{b_2}} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{a_{3n}}{a_{3c}}} \right) \quad (3.13)$$

В процесах холодного видавлювання важливу роль грає мастило: воно визначає силовий режим, стійкість інструменту та якість деталей. Для видавлювання сталевих деталей використовують мило та концентрат НБ-5, які наносять на фосфатне підзماشувальне покриття.

Товщина слою фосфатного мастильного покриття складає 25 ... 40 мкм. В процесі видавлювання початкова товщина слою покриття значно зменшується. Наприклад, при видавлюванні стакану з глибиною порожнини $h_{\text{п}} = 2,5 d_{\text{п}}$ його середня товщина зменшується в 11 разів.

Аналіз поверхонь видавленої деталі й колібруючого пояску пуансона показав, що при порушенні суцільності фосфатного мастильного покриття відбувається схоплювання матеріалу заготовки та пуансона. Це призводить до різкого збільшення зусилля видавлювання деталей й погіршенню їх якості.

Стан фосфатного покриття можна оцінити коефіцієнтом суцільності мастильного покриття K_c , який розраховується за формулою 3.14 [34]:

$$K_c = \frac{L_6 - \sum L_{\text{ю}}}{L_6} \quad (3.14)$$

де L_6 – довжина базової ділянки, на якій визначається коефіцієнт суцільності; $\sum L_{\text{ю}}$ – сума довжин ювенільних (вільних від фосфатного покриття) ділянок поверхні деформуємої заготовки в межах базової ділянки виміру.

Значення K_c може бути достатньо просто визначити на установках ІС – 1 та ІС – 2 [41, 42], які відображають значення K_c для будь-якої заданої базової довжини ділянки виміру L_6 .

Експериментальні дослідження показали, що значення K_c сильно залежить від глибини порожнини, що видавлюється $h_{\text{п}}$ та геометрії головки пуансона (рис 3.5).

При видавлюванні глибоких порожнин загостренні пуансони не можуть бути оптимальними. Оптимальними є такі, форма головки яких забезпечує найбільш рівномірний розподіл мастила й мінімальне пошкодження мастильного шару на протязі всього ходу пуансона [34].

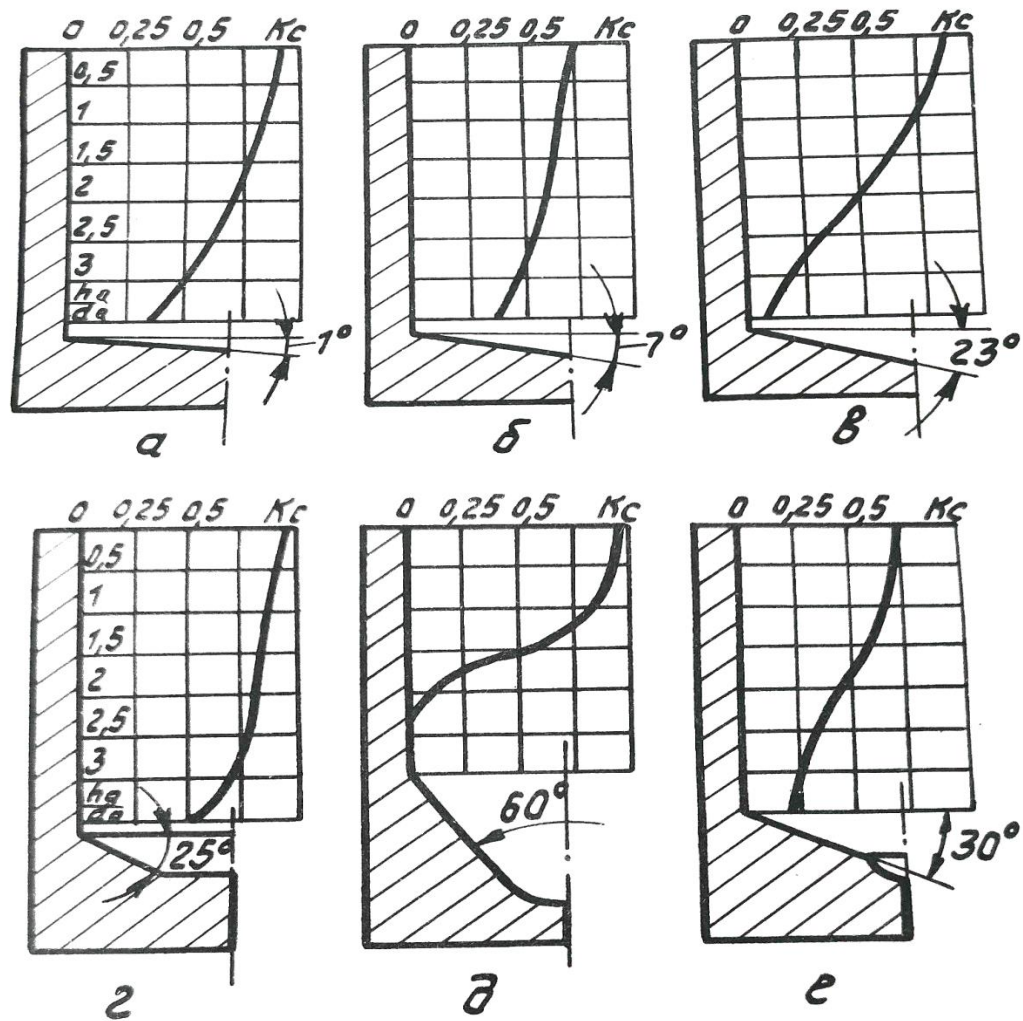
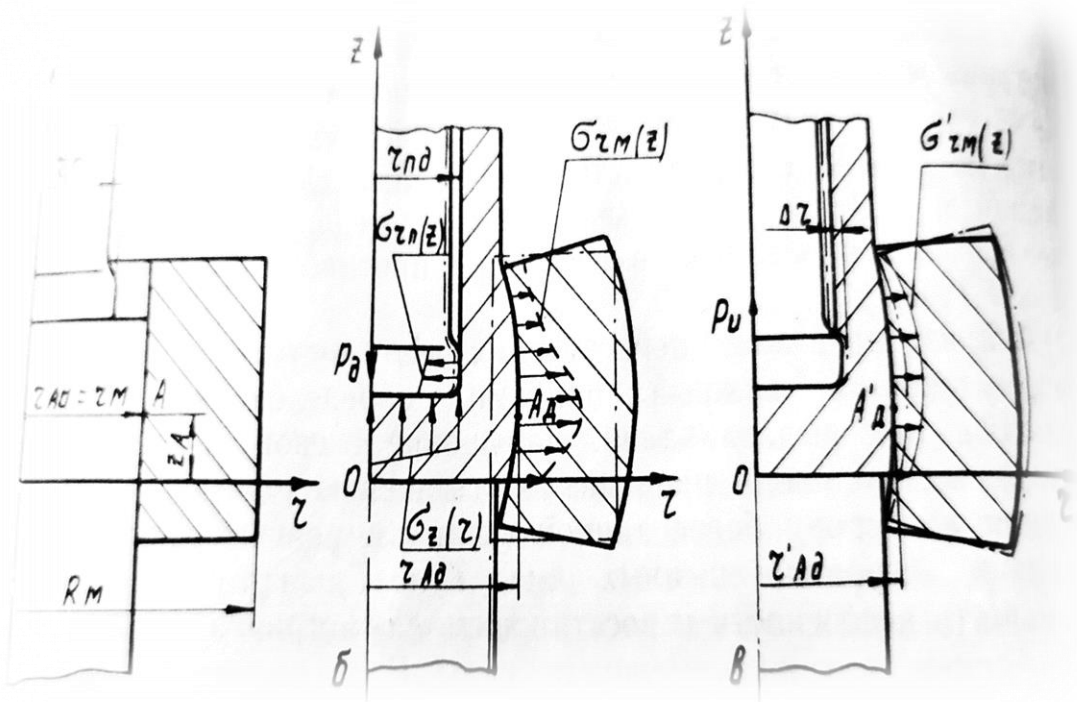


Рисунок 3.5 - Графіки залежності коефіцієнту сплошності фосфатного мастильного покриття K_c від відносної глибини порожнини h_p/d_n при різних формах головки пуансона.

3.3 Навантаження на пуансон при його видаленні з видавленої деталі

Причиною безпосереднього руйнування пуансона є його розтягнення при видаленні з видавленої деталі. Тому одна з головних задач вибору варіанту видавлювання – гранично можливе зменшення зусилля вилучення [11, 32].

При видавлюванні заготовки на пуансон й матрицю діють розподілені навантаження $\sigma_z(r)$, $\sigma_{rn}(z)$, $\sigma_{rm}(z)$, під дією яких інструмент деформується (рис 3.6 б).



а – вихідний стан (інструмент не навантажений); б – момент закінчення видавлювання (найбільші навантаження на інструмент); в – початок видалення пуансона (матриця частково розвантажена)

Рисунок 3.6 - Схема деформації інструменту й видавлюємого стакану

Радіуси пуансона й виштовхувача збільшуються у зв'язку з поперечною деформацією (пропорційною коефіцієнту Пуассона), а радіус матриці збільшується у зв'язку з радіальною деформацією (пропорційною радіусу R_m).

В момент початку зворотного ходу повзуна преса навантаження на пуансон змінюються: $\sigma_z(r)$ дорівнює нуль, а на колібруючому паску пуансона радіальний тиск $\sigma_{rn}(z)$, який обумовлений вісевою течією металу в зазор між матрицею й пуансоном, дорівнює нуль; замість нього виникає тиск $\sigma'_{rn}(z)$,

обумовлений обтиском стінки деталі. Обтиск деталі відбувається у зв'язку з розвантаженням матриці й зменшенням її радіусу (рис. 3.6, в).

Діаграма радіальної деформації матриці й видавленої деталі зображено на рис 3.7 [34].

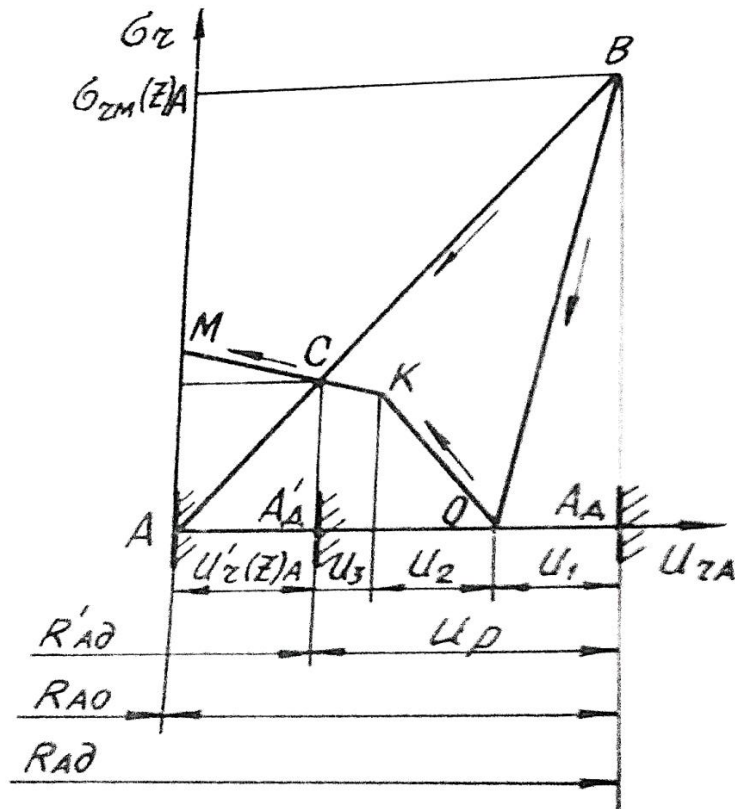


Рисунок 3.7 - Діаграми радіальної деформації матриці (лінія ВА) та деталі, що видавлюється (лінія ВОЛСМ).

В довільній точці матриці А ($r = R_{AO}$, $z = z_A$) радіальна деформація може бути виражена як лінійна функція від радіального тиску $\sigma_{rM}(z)_A$ (3.15):

$$u_{rA} = \frac{R_{AO}}{E} \left(\frac{1+k_M^2}{1-k_M^2} + \nu \right) \Phi_{\sigma}(z)_A \sigma_{rM}(z) \quad (3.15)$$

де E та ν – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона; k_M – коефіцієнт товстостіності матриці (формула 3.16); $\Phi_{\sigma}(z)_A$ – значення в точці А функції Φ_{σ}

(z), яка враховує довжину навантаженої частини матриці й форму епюри $\sigma_{гм}$ (z).

$$k_{м} = \frac{R_{AO}}{R_{м}} \quad (3.16)$$

Під час робочого ходу під навантаженням $\sigma_{гм}$ (z) стінка матриці переміщується в радіальному напрямку, й точка А переходить в положення $A_{д}$. після закінчення робочого ходу й розвантаження пуансона матриця прагне прийняти первинні розміри (а точка А з положення $A_{д}$ повернутися в вихідне), але зустрічає опір зі сторони видавлюємої заготовки.

Під дією сили $P_{д}$ заготовка деформується не тільки пластично, але й пружно: відбувається її усестороннє нерівномірне стиснення. При переході повзуна через крайнє нижнє положення схема напружено-деформованого стану деталі змінюється.

Спочатку відбувається пружне розвантаження, яке на рис. 3.7 зображене лінією ВО. Потім під дією пружного відновлення матриці деталь знову пружно стискається (по лінії ОК), після чого настає стадія її пластичної деформації (лінія КМ).

В точці С перетин ліній КМ та ВС радіальні напруги, що діють на матрицю та на деталь, врівноважуються. Тому на початку зворотного ходу пуансона точка А (рис. 3.6, в) займає положення $A_{д}^1$.

Пружне відновлення матриці при розвантаженні u_p призводить до обтиску деталі, що видавлюється, по пуансону й затіканню стінки за калібруючий пасок пуансона на Δr (рис 3.6 в). Щоб при цьому видалити пуансон з деталі, необхідно здійснити утонення її стінки, тобто так зване невідільне дорновання.

На рис 3.8 зображені графіки залежності зусилля видалення пуансона $P_{и}$ від абсолютного обтиску Δr та куту переходу від головки пуансона до робочої частини β_r .

Збільшення обтиску стінки Δr призводить до зростання зусилля P_H і тим більш інтенсивно, чим більше товщина стінки (рис. 3.8, б). Отже, довговічність пуансона безпосередньо залежить від розмірів матриці.

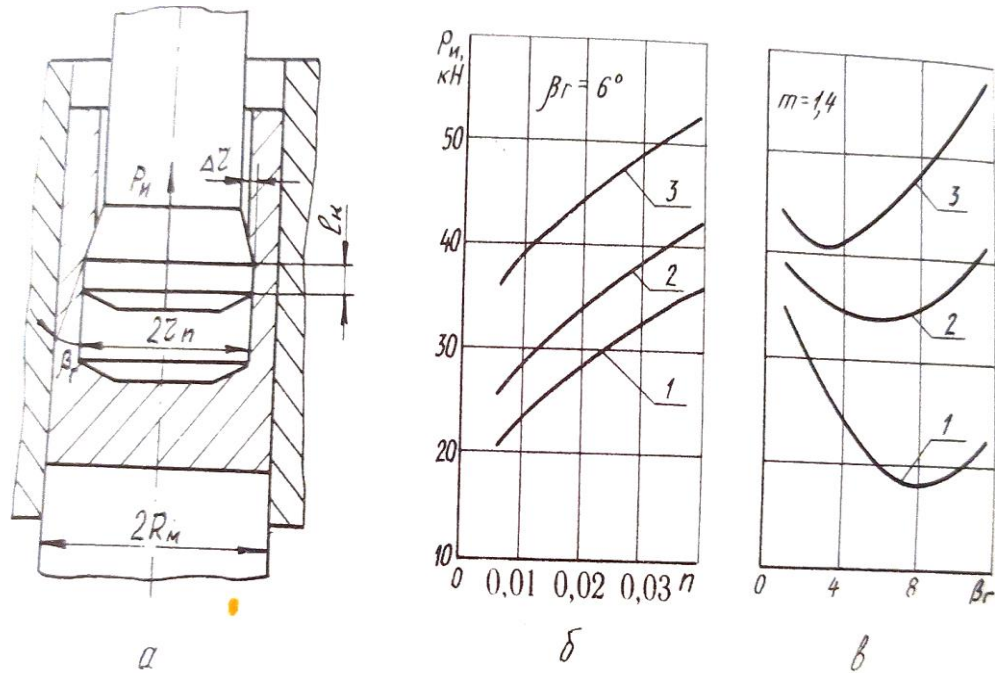


Рисунок 3.8 - Схема видалення пуансона (а) та залежність зусилля P_H від відносного обтиску n (б) та куту β_r (в) при $\mu = 0,08$, $l_k = 3,5$ мм, 1 – $m = 1,1$, 2 – $m = 1,2$, 3 – $m = 1,4$

Один з шляхів збільшення стійкості пуансонів – збільшення товщини стінки матриці. Висоту матриці зазвичай роблять більше, ніж довжина вихідної заготовки, тому навантаження матриці відбувається не по всій її висоті. На рис. 3.9, б зображені графіки залежності відносного радіального переміщення u_r/r_M від відносної довжини навантаженої частини матриці c/H . З рисунку видно, що зменшення c/H (тобто збільшення H при $c = \text{const}$) від 0,8...1,0 до 0,3...0,4 призводить до зменшення u_r в 1,3...1,4 рази. Отже, збільшення висоти матриці – ще один шлях збільшення довговічності пуансона. Обтиск стінки стакану залежить й від пружної деформації пуансона.

Хід кривих показує, що найбільш сприятливі умови роботи пуансонів при $\alpha_r = 0$, тобто коли голівка плоска.

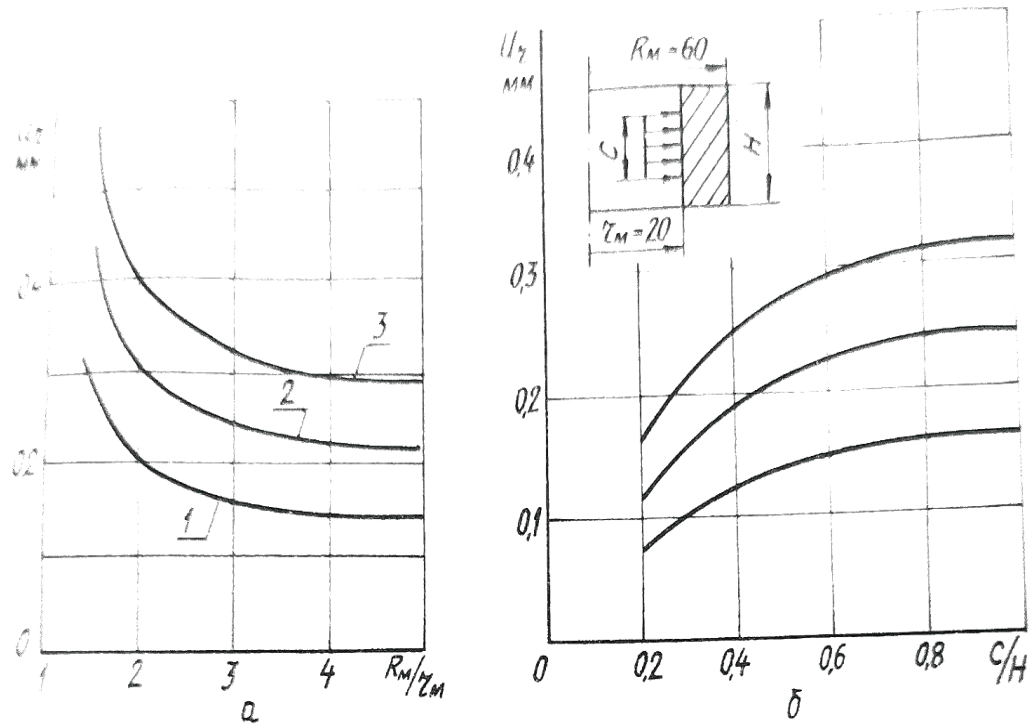


Рисунок 3.9 - Графіки залежності радіальної деформації матриці U_r від відносного радіусу матриці R_M/r_M (а) й відносної довжини навантаженої частини C/H (б).

Таким чином, оптимізація форми голівки пуансона – ще один шлях збільшення його довговічності.

Важливу роль грає не тільки кут α_r , який впливає на обтиснення стінки, але й також кут β_r , який впливає на зусилля видалення пуансона при постійному обтисненні (рис. 3.8, в). Як видно з графіків, збільшення товщини стінки призводить до значного зміщення мінімуму P_{II} в область малих кутів.

Відхилення куту β_r від оптимального значення може приводити до збільшення P_{II} на 15...25%.

β_r впливає на умови контактної взаємодії пуансона з деталлю, що видавлюється.

Якщо перехід від головки пуансона до його робочої частини виконувати по радіусу або з підрізом, то при цьому відбувається значний знос калібруючого паску в цій області, погіршуються умови контактного тертя, створюються задири. Так як при збільшенні тертя значно збільшується зусилля, то пуансони з радіусним переходом від робочої частини до голівки вимагають для видалення значно більших зусиль, чим пуансони з конічним переходом.

3.5 Розрахунок та проектування робочих деталей штампу

До робочих деталей штамсів для зворотного видавлювання відносяться матриці й пуансони. Конструкція й розміри робочих елементів змінного інструменту визначаються в основному конфігурацією й розмірами виробів та вихідної заготовки. При холодному видавлювання найбільш важкі умови роботи у пуансона, тому що він повинен сприймати повне зусилля деформації та його міцність залежить в більшості від довжини виробу, що видавлюється та якості виготовлення пуансона. При значному відношенні довжини пуансона до його діаметру може відбуватися втрата стійкості пуансона, або його деформація. Пуансони повинні виготовлятися з найбільшим радіусом закруглення, слід уникати різких перепадів діаметрів. Для зменшення тертя виробу з пуансоном неробоча частина виробляється менше робочої на $0,1 \div 0,5$ мм на сторону. Великий вплив на стійкість інструменту, а також на зусилля, яке необхідне для видавлювання надає форма торцевої частини пуансона.

Робочий торець пуансона виконується під кутом $5 - 7^{\circ}$ та полірується до $\nabla 10 - 11$, циліндричний пасок вибирається в залежності від матеріалу, який деформується й розмірів виробу й знаходиться в межах від 1,5 до 3 мм.

Матриці для холодного видавлювання піддаються впливу розтягуючих зусиль. Міцність матриць визначається величиною внутрішніх робочих тисків, міцністю інструментальної сталі й товщиною стінки матриці.

Матриці виготовляють цільними й бандажірованими. Значне зниження робочих напрямлень в матриці досягається шляхом створення бандажірованих матриць. Збільшення міцності таких матриць досягається за рахунок надресовки на них бандажів з відповідним натягом. В результаті, матриці повідомляється попередня напруга, яка протилежна за знаком радіальним напругам при штампуванні.

Для проектування матриці будемо використовувати діаметри, виходячи з даних таблиці 3.1 [23]

Таблиця 3.1 - Розміри вставок й бандажей матриці.

Тиск на стінку матриці, МПа	Кількість бандажів	Діаметр бандажів
До 140	1	$D_1 = 2 D_0; D_2 = 2 D_1 = 4 D_0$
140-200	2	$D_1 = 1,6 D_0; D_2 = 2,56 D_0; D_3 = 4,1 D_0$
Більше 200	3	$D_1 = 1,2 D_0; D_2 = 1,6 D_0; D_3 = 2,2 D_0; D_4 = 3,0 D_0$

Де D_0 – діаметр порожнини матриці; D_1 – зовнішній діаметр вставки матриці; D_2 - зовнішній діаметр першого бандажу; D_3 – зовнішній діаметр другого бандажу; D_4 – зовнішній діаметр третього бандажу.

За кількістю бандажів матриці діляться на однобандажні й багатобандажні.

Однобандажні матриці рекомендується застосовувати при видавлюванні металів, які легко деформуються, багатобандажні – при видавлюванні великогабаритних деталей.

Розрахуємо діаметри для матриць та бандажів:

$$D_0 = 26 \text{ мм};$$

$$D_1 = 1,2 D_0 = 31,2 \text{ мм};$$

$$D_2 = 1,6 D_0 = 41,6 \text{ мм};$$

$$D_3 = 2,2 D_0 = 57,2 \text{ мм};$$

$$D_4 = 3,0 D_0 = 78 \text{ мм}.$$

Натяги обираються наступні:

$$\Delta_1 = 0,02 D_1; \Delta_2 = 0,08 D_2; \Delta_3 = 0,04 D_3.$$

Матриці для зворотного видавлювання роблять з верхньою частиною та порожниною, які відповідають формі й розмірам деталі, що видавлюється.

В нижню частину порожнини встановлюють виштовхувач, торцева поверхня якого являється дном й частиною дна.

Матриця робиться з гладкою наскрізною порожниною, якщо в дні деталі не передбачено отримання фасок й уступів. Якщо ж навпаки, передбачені фаски або уступи, то матриця має ступінчасту форму.

Стінки наскрізної робочої порожнини виконують суворо циліндричними або для полегшення виштовхування – з ухилом $\approx 1^\circ$. Величина ухилу залежить від товщини стінки деталі, висоти заготовки.

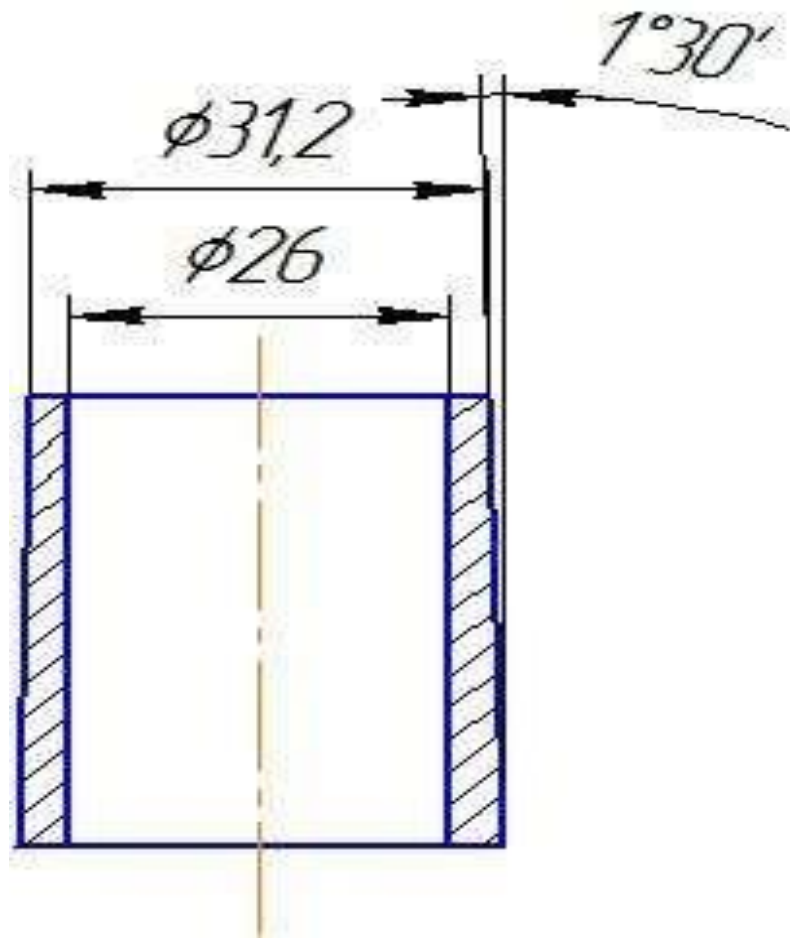


Рисунок 3.10 - Ескіз матриці для зворотного видавлювання

В якості матеріалу для виготовлення матриці обираємо жароміцну низьколеговану сталь 12ХМФ ДСТУ 20072-74 [43].

Перший бандаж, внутрішню деталь, рекомендують виготовляти з інструментальної вуглецевої сталі У10А ДСТУ 1435-99 твердістю HRC 50...52.

Другий бандаж, середня деталь, виготовляється з конструкційної легованої сталі 40Х ДСТУ 4543-71 твердістю HRC 42...44.

Третій бандаж, зовнішня деталь, рекомендується виготовляти з вуглецевої сталі 45 ДСТУ 1050-88 твердістю HRC 35...38 [44].

Схему бандажування матриці для зворотного видавлювання зображено на рис. 3.11.

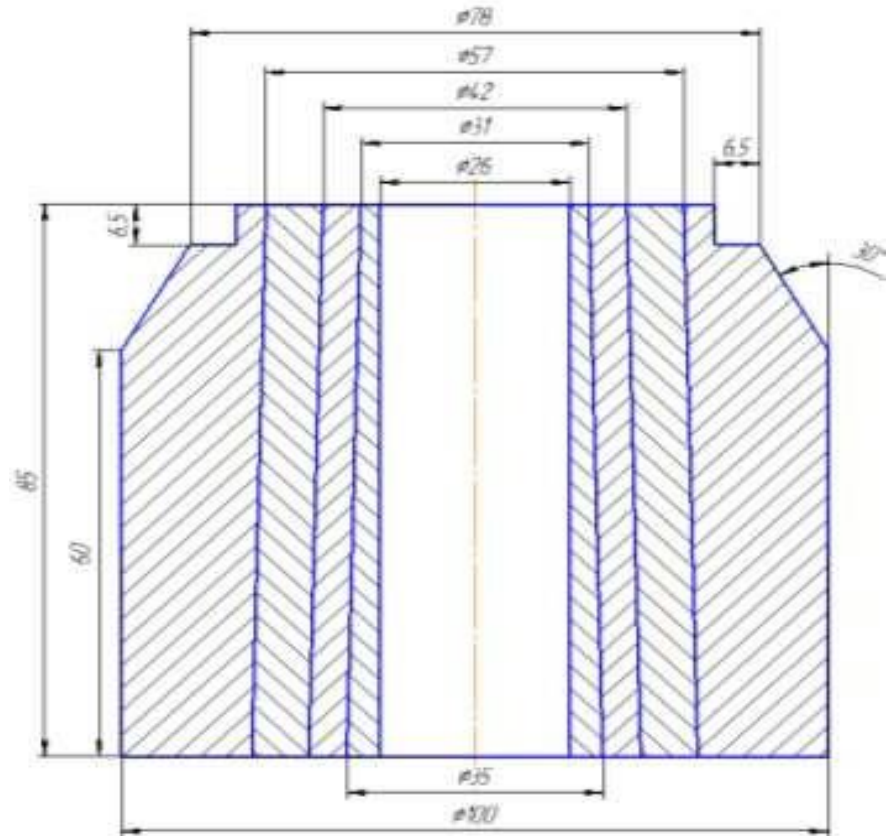


Рисунок 3.11 - Схема бандажування матриці для зворотного видавлювання.

Пуансони для зворотного видавлювання несуть навантаження на 20% більше.

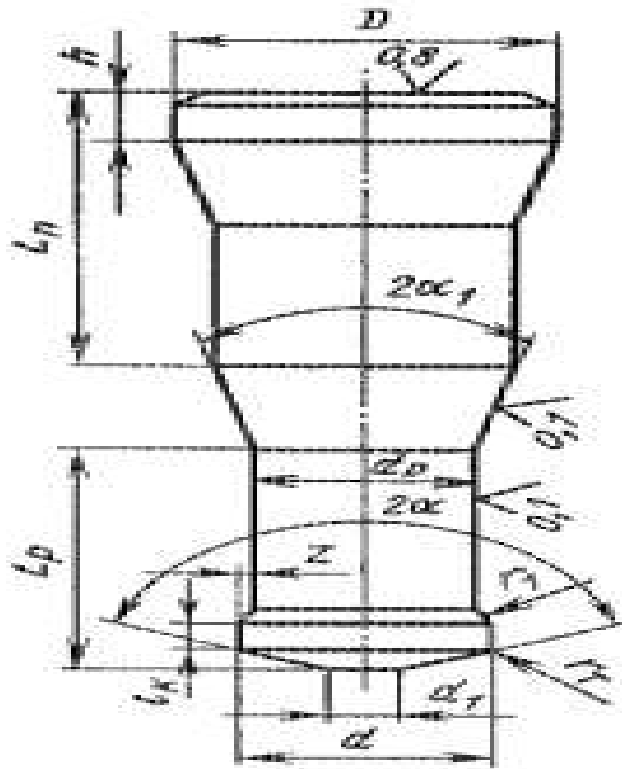


Рисунок 3.12 - Пуансон для зворотного видавлювання.

В типовій конструкції пуансона для зворотного видавлювання розмір паску d призначають по максимально й мінімально допустимому розміру порожнини; інші розміри $2\alpha \leq 150^\circ$; $d_1 = (0,2 \div 0,5) d$; $D_1 = 1,5d$; $D \approx 2d$; $l_k = (2 \div 3) \text{ мм}$; $R = 0,2d$; $r_1 = 0,1d$; $h = 5 \div 15 \text{ мм}$; $l = (1,5 \div 2,5)d$; $z = 0,05 \div 0,15 \text{ мм}$; $2\alpha_1 = 40 \div 60^\circ$. [44]

Отримаємо наступні дані для проектування пуансона:

$d = 20 \text{ мм}$; $2\alpha = 150^\circ$; $d_1 = 10 \text{ мм}$; $D_1 = 30 \text{ мм}$; $D = 40 \text{ мм}$; $l_k = 2 \text{ мм}$; $r_1 = 2 \text{ мм}$; $h = 15 \text{ мм}$; $l = 50 \text{ мм}$; $z = 0,1 \text{ мм}$; $2\alpha_1 = 60^\circ$.

В якості матеріалу для виготовлення пуансона обираємо жаропрочну низьковуглецеву сталь У10 ДСТУ1475-74 [45].

Розрахунок пуансона на стиснення в найменшому перетині (3.17):

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P}{f} \leq [\sigma]_{\text{ст}} \quad (3.17)$$

де: $\sigma_{\text{ст}}$ – напруга стиснення опорної поверхні, МПа; $[\sigma]_{\text{ст}}$ – напруга стиснення,

кгс/мм²; f – площа найменшого перетину пуансона, мм²;

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2;$$

$$[\sigma_{\text{ст}}] = 1600 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{1300 \text{ кН}}{314 \text{ мм}^2} = 422,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{ст}} < [\sigma]_{\text{ст}}$$

Розрахунок пуансона на змяття в найбільшому перетині (3.18):

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{P}{F} \leq [\sigma]_{\text{зм}} \quad (3.18)$$

де: $\sigma_{\text{зм}}$ – напруга зжимання опорної поверхні, МПа; $[\sigma]_{\text{зм}}$ – напруга змяття, МПа; F – площа найбільшого перетину пуансона, мм²;

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi 40^2}{4} = 1256 \text{ мм}^2;$$

$$[\sigma]_{\text{зм}} = 1600 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{\text{зм}} = \frac{1300 \text{ кН}}{1256 \text{ мм}^2} = 1035,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{зм}} < [\sigma]_{\text{зм}}$$

3.6 Висновки

Аналіз поверхонь видавленої деталі й колібруючого пояска пуансона показав, що при порушенні суцільності фосфатного мастильного покриття відбувається схоплювання матеріалу заготовки та пуансона. Це призводить до різкого збільшення зусилля видавлювання деталей й погіршенню їх якості.

Також зробивши аналіз оснащення для зворотного видавлювання та виявивши недоліки в продуктивності й його міцності, пропонується:

1. Механізм видалення готових виробів виконати у вигляді змонтованої на нижній плиті нерухомої рами з живильником й встановленої з можливістю горизонтального переміщення за направляючими, які є на нерухомій рамі, привідної рами, яка забезпечена змонтованими на її боковинах з можливістю зустрічного переміщення за допомогою приводу двома планками з закріпленими на них двома парами захватів. Це забезпечує надійне видалення виробів [61].

2. Забезпечити змонтованою на верхній плиті з можливістю повороту в горизонтальній площині й контактування в процесі формовки своїм нижнім торцем з формувальним кільцем вилоподібної втулки в внутрішнім діаметром, який відповідає діаметру стійки пуансона. Пуансон необхідно виконати з колібруючим паском, а формовочне кільце встановити з можливістю переміщення вздовж вісі пуансона, при цьому внутрішня його поверхня повинна бути виконана ступінчатою [62]

3. Виконати корпусу пуансона у вигляді усіченого конусу, який прилягає меншою основою до робочої головки та з'єднаного з нею шпилькою, забезпечує більш жорстке кріплення робочої головки до втулки за рахунок створення додаткового натягу між ними [59]

4. Виконувати у вигляді усіченого корпусу, меншою основою сполученого з робочою голівкою й з'єднаний з нею шпилькою, встановленою співвісно корпусу, а на ділянці робочої голівки, примикаючим до корпусу жорстко, закріплене кільце з отворами, при цьому робоча голівка з'єднана з втулкою за допомогою гвинтів, які пропущені через отвори кільця [60].

Всі рекомендації значно підвищать:

- стійкість пуансона та надійність в роботі;
- високі експлуатаційні якості;
- простота монтажу й демонтажу його складових елементів;
- підвищення надійності видалення готового виробу без ушкоджень;

- покращення якості виробів й продуктивності.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані заходи з охорони праці при визначені ефективності холодною видавлювання.

4.1 Аналіз потенційних небезпек

а) небезпеки, що пов'язані з порушеннями роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників», а саме [46]:

- вимог, які висуваються щодо облаштування робочих зон. Це може бути пов'язано з незадовільним станом устаткування, захисних пристроїв, аварійний стан приміщення, відсутність схем евакуації, захаращеність аварійних виходів;

б) недостатність професійної підготовка фахівця. Це обумовлено недостатнім рівнем знань за фахом, відсутність знань з технологічної та експлуатаційної документації. Недостатність цих знань може призвести до аварійних ситуацій;

в) можливість ураження електричним струмом при виконанні службових обов'язків. Що може статися внаслідок порушення правил з електробезпеки, несправності енергоспоживчого обладнання, відсутності групових або індивідуальних засобів захисту, що може призвести до електричних травм або летального наслідку;

г) можливість отримання механічних травм. Являється основною небезпекою при холодному та гарячому деформуванні. Визначається наступним: наявністю частин технологічного обладнання, які рухаються та

обертаються, станом вихідних матеріалів, особливостями технологічних прийомів формозмінювання;

г') небезпеки які пов'язані із обробкою результатів досліджень із використанням ПК, зокрема ушкодження кістково-м'язового апарату внаслідок довготривалої роботи в однотипній позі, що може призвести до зниження працездатності та розвитку професійних захворювань;

д) незадовільні параметри мікроклімату які повинні відповідати фізіологічним потребам організму працюючих, із врахуванням енергетичних витрат на виконувану роботу згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [47];

е) невідповідність вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [49]. Освітлення робочих зон дослідницької лабораторії внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів або хибного розрахунку їх кількості та потужності, що може призвести до погіршення зору;

є) можливість загоряння внаслідок порушень правил пожежної безпеки, які зазначені в НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні», а саме хибне визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння відносно категорій приміщень с пожежної безпеки, що може привести до пожежі [48];

ж) небезпеки, які пов'язані з можливим виникненням надзвичайних ситуацій.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

а) робоча зона – це простір, обмежений по висоті 2 м над рівнем підлоги або майданчика, на якому знаходяться місця постійного або непостійного (тимчасового) перебування працюючих.

Робоче місце – це зона, оснащена необхідними технічними засобами, у якій відбувається трудова діяльність виконавця або групи виконавців, які

спільно виконують одну роботу або операцію [48].

Вимоги до облаштування робочих зон передбачають справний робочий стан устаткування і захисних пристроїв, сприяння безпечних умов для усунення виявлених несправностей, які можуть негативно вплинути на безпеку і здоров'я працівників, можливість регулярного контролю і перевірок здатності функціонування захисних засобів і пристроїв, призначених для запобігання небезпеці або їх усунення.

Шляхи пересування в робочій зоні, включаючи сходи, стаціонарні переходи, аварійні виходи повинні бути позначені відповідними знаками, мати дороговкази, бути так розташовані і мати такі розміри, щоб прохід або проїзд був легким і безпечним[48].

б) всі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань з фахових питань та з питань охорони праці відповідно до «Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з охорони праці» [50].

Роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію працівників з питань охорони праці як відносно підприємства в цілому так і відносно специфіки виконуваних робіт на робочих місцях, де зазначені можливі небезпечні ситуації та заходи для їх запобігання. Найбільш ефективним є проведення відповідних інструктажів (вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий);

в) до основних заходів захисту людини від ураження електричним струмом, відносять:

- забезпечення неможливості випадкового дотику до струмоведучих частин, що перебувають під напругою;
- усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з електробезпеки, та отримати 2 чи 3 групу;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;

- періодично, але не рідше ніж 2 рази на рік, перевіряється справність електроз'єднань та опір захисного заземлення. Цілісність заземляючого контуру повинна перевірятися щоденно [48].

- електричний розподіл мережі;

- застосування спеціальних електрозахисних засобів, блокувань, сигналізації та запобіжних пристроїв;

- розташування струмо ведучих мереж виконання на недоступній висоті (при напрузі до 1000 Вт не менше 3,5 м, а при напрузі більше 4000 Вт не менше 6 м);

г) згідно аналізу потенційних небезпек найбільш ефективними заходами попередження механічних травм при використанні пристосувань для пластичного деформування є:

Згідно ГОСТ 12.2.109-89 «Штампы для листовой штамповки. Общие требования безопасности.» кріплення штампів до пресу можливе за допомогою болтів, прихватних плит або хвостовиків. Кріплення повинно бути надійним. Кількість елементів для кріплення визначається масою штампу та зусиллям при його роботі. При кріпленні верхньої частини штампу через хвостовик, його розміри повинні відповідати отвору у повзуні пресу. Схід направляючих втулок з колонок неприпустимий. У конструкції штампів повинні бути передбачені зазори безпеки між рухомим елементом штампу та нерухомим. Величина зазорів неменше 25мм при нижньому положенні повзуна. Для безпечної подачі та видалення заготовки з штампу повинні бути передбачені технологічні отвори для зручного користування пінцетом або кліщами [48].

При неможливості виконання цих вимог повинно бути передбачено використання захисних огорож. Функціями яких мають бути: виключення можливості потрапляння рук працюючого у небезпечну зону, виключення травмування працюючого самою захисною огорожею. Конструкція огорожі повинна давати можливість безпечного обслуговування штампу.

При неможливості використання захисних пристроїв дворучне

керування пресом є обов'язковим.

Для автоматичної зупинки роботи пресу у разі відхилення від нормального режиму (заклинювання пуансону, потрапляння в зону штампування сторонніх об'єктів, подвійний удар) передбачені запобіжні пристрої. До таких пристроїв належать [48]:

- обмежувачі ходу, упори, кінцеві вимикачі, гальмівні пристрої;
- елементи конструкції обладнання типу «слабка ланка», зокрема, зрізні штифти, шпонки, фрікційні муфти, плавкі запобіжники;
- блокуючі пристрої, які можуть бути механічними, електромеханічними, фотоелектричними;
- сигналізуючі пристрої, які надають інформацію про виконання процесу або у разі прояву відхилень вказують на місце їх прояву. Такі пристрої зазвичай є частиною електричних схем ланцюгів управління обладнанням.

Одними з розповсюджених випадків порушень є розміщення в матриці двох заготовок одночасно, спроба корегувати положення заготовки в матриці під час опускання пуансону, штучне блокування запобіжних пристроїв.

Попереджувальними заходами можуть бути постійний контроль збоку керівників та представників профспілок, стимулювання бездоганного виконання правил з охорони праці [48].

Заходами захисту мають бути: використання індивідуальних засобів захисту:

- спеціальний одяг ГОСТ 12.4.016-83;
- спеціальне взуття ГОСТ 12.4.024-76;
- спеціальні рукавиці ГОСТ 012.4.010-75;
- окуляри захисні ГОСТ 12.4.001-80;
- щитки на головні ГОСТ 12.4.023-84.

Щоб не допустити виникнення механічних травм при здійсненні холодного штампування необхідно щоб обладнання, на якому здійснюється штампування було справним, щоб своєчасно і в повному обсязі проводилися заміни деталей та комплектуючих, строк експлуатації яких вже закінчився.

Обов'язковим є використання індивідуальних засобів захисту [48].

г') при розташуванні елементів робочого місця користувача ПК до уваги необхідно взяти наступні фактори:

- робоча поза користувача;
- простір, який необхідний для розміщення користувача;
- можливість огляду елементів робочого місця;
- можливість вести записи, розміщення документації і матеріалів,

які використовуються.

Конструкція робочого місця повинна забезпечувати дотримання оптимальної робочої пози.

Робочий стіл повинен мати простір для ніг, висота якого повинна бути не менше 600 мм, ширина - не менше 500 мм та глибина – не менше 450 мм.

Ноги не треба витягувати далеко вперед, бо м'язи ніг будуть дуже напружені; при положенні «нога на ногу» відбувається підвищення тиску на сідничний нерв що сприяє порушенню кровообігу ніг, таке положення не рекомендується [48].

Робоче крісло повинно бути підйомно-поворотним, регулюватися по висоті та мати кут нахилу сидіння та спинки.

Висота поверхні сидіння повинна регулюватися в межах 400-500 мм, а ширина та глибина не повинна бути менше 400 мм. Кут нахилу сидіння – до 15 градусів вперед та до 5 градусів – назад.

Висота спинки крісла повинна бути 300 ± 20 мм, а ширина – не меншою 380 мм.

Кут нахилу спинки повинен регулюватися в межах $1-30^0$ від вертикального положення.

Відстань від спинки до попереднього краю сидіння має регулюватися в межах 260 – 400 мм.

Щоб зменшити статичне напруження м'язів верхніх кінцівок необхідно використовувати стаціонарні або змінні підлокітники.

б) яскравість монітору на робочій поверхні та навкруги повинна розподілятися рівномірно;

в) різких тіней на робочій поверхні не повинно бути взагалі;

г) відблиски в полі зору повинні біти відсутніми;

д) освітленість під час роботи має бути постійною.

д) З метою забезпечення оптимального мікроклімату (температура, вологість, швидкість переміщення і чистота повітря) в приміщенні з ПК необхідно передбачити систему вентиляції, кондиціонування та опалення, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [51].

В таблиці 4.1 норми мікроклімату в приміщеннях з ПК.

Таблиця 4.1 - Норми мікроклімату в приміщеннях з ПК

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	Легка – 1а	22-24	40-60	0,1
	Легка – 1б	21-23	40-60	0,1
Тепла	Легка – 1а	23-25	40-60	0,1
	Легка – 1б	22-24	40-60	0,2

Для підтримання оптимального мікроклімату влітку використовуються побутові кондиціонери.

Вибираючи систему для вентиляції, враховується те, що в приміщенні з комп'ютерною технікою необхідно забезпечити 3-х кратний повітрообмін за годину.

Склад позитивних й негативних іонів у повітрі наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Рівні іонізації повітря приміщення, де є комп'ютерна техніка

Рівні іонізації повітря	Кількість іонів в 1 см ³ повітря	
	n ⁺	n ⁻
Мінамально необхідні	400	600
Оптимальні	1500 - 3000	3000 - 5000
Максимально допустимі	50 000	50 000

Для підтримання оптимального рівня позитивних і негативних іонів у повітрі в приміщенні, яке обладнане комп'ютерною технікою, рекомендується використовувати біполярні коронні аероіонізатори;

е) приміщення, яке обладнане ПК з ВДТ повинне мати природне та штучне освітлення. Недостатнє освітлення може серйозно знизити продуктивність роботи користувачів ПК, це виявляється швидкою стомлюваністю, та може призвести до короткозорості.

Вимоги до природного та штучного освітлення приміщень, обладнаних ПК з ВДТ, визначаються згідно ДБН В.2.5-28-2018 [49].

Природне освітлення повинно здійснюватися через світлові прорізи, переважно орієнтуватися на північ або північний схід та забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не менше 1,5%.

В приміщенні з ПК штучні освітлення здійснюються системами загального рівномірного освітлення.

е) Обладнання повинне бути виконане з важко горючих й не горючих матеріалів. На ділянці повинні бути протипожежні перешкоди з не горючих матеріалів у вигляді стін й перекриттів, отворів(двері, вікна) в таких перекриттях теж негорючі.

Підлога на ділянці повинна бути покрита металевими щитами для перешкоди розповсюдження пожежі. На ділянці повинне бути спеціально відведене місце для паління.

В приміщеннях повинні бути встановлені сигналізації, евакуаційні

виходи, засоби пожежотушіння.

На території цеху повинні бути розташовані пожежні щити з ведрами, ломами [48].

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Параметри мікроклімату і чистоти повітря визначаються згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [47], в залежності від категорії фізичних робіт, для певних робочих місць (постійних і непостійних).

Постійне робоче місце – це місце, на якому працівник знаходиться більше 50% робочого часу чи понад дві години безперервно. Якщо роботи виконуються в різних частинах робочої зони, постійним робочим місцем є вся площа.

Непостійне робоче місце – місце, де працівники перебувають менше 50% робочого часу або менше двох годин безперервно.

Необхідно враховувати, що (ГОСТ 12.4.021-75):

- для постійного робочого місця необхідно визначити оптимальний та допустимий мікроклімат в холодну та теплу пору року;
- для непостійного робочого місця необхідно визначити лише допустимий мікроклімат;
- в холодну пору року на постійному робочому місці: оптимальною температурою є - 18-20 °С, допустимою - 17-23 °С; оптимальною відносною вологістю - 40-60 %, допустимою - 75 %; оптимальною швидкістю переміщення повітря - не більше 0,2 м/с, допустимою - не більше 0,3 м/с;
- в холодну пору року на непостійному робочому місці допустимою температурою є - 15-24°С; допустимою відносною вологістю - 75%; допустимою швидкістю переміщення повітря - не більше 0,3 м/с;

- в теплу пору року на постійному робочому місці: оптимальною температурою є - 21-23°C, допустимою - 18-27 °С; оптимальною відотною вологістю - 40-60%, допустимою - 40-60%; швидкістю переміщення повітря оптимальною буде - не більше 0,3 м/с, допустимою - не більше 0,2-0,4 м/с;

- в теплу пору року на непостійному робочому місці допустимою температурою є - 17-29°C; допустимою відотною вологістю є - 65% при температурі 26°C; допустимою швидкістю переміщення повітря є 0,2-0,4 м/с.

Згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [51]. Визначаються оптимальні склад та тип системи вентиляції, кондиціонування й опалення, які підтримують передбачені параметри мікроклімату та чистоти повітря.

Згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [51]. Для опалення виробничих приміщень передбачена система центрального опалення, за допомогою повітряних опалювальних установок.

Для захисту від шкідливих газів, паро- та пило-виділень передбачається обладнання місцевої витяжної вентиляції для відсосу отруйних речовин. Місцеві відсоси влаштовують конструктивно вбудованими та зблокованими з обладнанням так, що агрегат не можна запустити при виключеному відсосі (ГОСТ 12.4.021-75).

При роботі з токсичними та забруднюючими речовинами використовується спецодяг – комбінезон, халат та фартух (ГОСТ 12.4.016-83); для запобігання лугів і кислот – гумове взуття та рукавички (ГОСТ 12.4.103-83); для захисту рук, обличчя та шиї застосовуються захисні пасти: антитоксичні, маслостійкі та водостійкі; окуляри оснащені герметичною оправою, маски й шоломи використовують для захисту очей від можливих опіків та подразнень (ГОСТ 12.4.020-82); щоб захистити органи дихання необхідно використовувати фільтруючі й ізолюючі прилади (протигази та респиратори) (ГОСТ 12.4.004-74).

Розрахунок освітлення є основою проектування освітлювального обладнання. Основне завдання розрахунку - визначити величини, які необхідні

для світлового потоку світильників щоб забезпечити нормоване значення мінімального освітлення робочої площини.

Беручи до уваги прямий світловий потік освітлювального обладнання та світло, яке відбивається від стін та стелі, більш точний метод розрахунку прямого світлового потоку світильників є метод світлового потоку. Він дає змогу визначити оптимальну кількість ламп й потужність освітлювальної установки.

В нашому приміщенні використовується комбінована система освітлення. Нормоване значення освітленості (E_n) – 1500 лк. У якості джерел штучного освітлення використовують люмінесцентні лампи ЛБ: потужність – 30 Вт, світловий потік лампи – 2180 лм, довжина лампи – 0,9. Клас світильника за світлорозподілом – прямого світла, доля світлового потоку світильника, яка спрямована у нижню півсферу – понад 80%.

Коефіцієнт запасу k_z враховує зменшення рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення 1,4 -1,7.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення з співвідношення середньої освітленості до мінімальної освітленості дорівнює: $z = 1,1$

Наше приміщення з незначним пиловиділенням, тому: $r_c=50\%$; $r_{ст}=30\%$; $r_{п}=10\%$;

Визначимо чисельне значення індексу приміщення за рівнянням 4.1:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} = \frac{18 \cdot 10}{2,4(18+10)} = \frac{180}{67,2} = 2,7 \quad (4.1)$$

де A – довжина приміщення, м; B – ширина приміщення, м; h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, м.

Розрахуємо кількість рядів світильників у приміщенні 4.2:

$$N_p = \frac{B}{(H-h_p)[L/h]} = \frac{10}{(3,5-0,8) \cdot 1,4} = 3 \quad (4.2)$$

Визначимо максимально припустиму відстань між рядами світильників за формулою 4.3:

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p} = \frac{10}{3} = 3,3 \text{ м} \quad (4.3)$$

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею 4.4:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]} = \frac{3,3}{1,4} = 2,4 \text{ м} \quad (4.4)$$

Висота звисання світильника від стелі 4.5:

$$h_3 = H - h_p - h = 3,5 - 0,8 - 2,4 = 0,3 \text{ м} \quad (4.5)$$

де H – висота виробничого приміщення, м; h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м; h_3 – висота звисання світильника від стелі, м.

Згідно розрахунків типу світильника, виду джерела світла та коефіцієнту відбиття поверхонь приміщення та індексу приміщення коефіцієнт використання світлового потоку η дорівнює 58.

Щоб визначити світловий потік лампи та загальну кількість світильників необхідно визначити:

а) сумарний світловий потік освітлювальної установки 4.6:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n S k_3 z}{\eta} = \frac{1500 * 180 * 1,4 * 1,1}{58} = 7169 \quad (4.6)$$

де Φ_s – розрахункове значення сумарного світлового потоку, лм; E_n – нормоване значення освітленості, лк; S – площа освітлюваної поверхні, м²; k_3 – коефіцієнт запасу; z – коефіцієнт нерівномірності освітленості; h – коефіцієнт використання світлового потоку.

Визначимо кількість світильників N^* (4.7):

$$N^* = \frac{AB}{L_{\max}^2} = \frac{18 \cdot 10}{10,89} = 16,5 \quad (4.7)$$

Розрахуємо світловий потік лампи Φ_L^* 4.8:

$$\Phi_L^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_L} = \frac{7169}{3,6} = 1991 \text{ лм} \quad (4.8)$$

де N_L – загальна кількість ламп (4.9):

$$N_L = N^* n = 16,5 \cdot 4 = 66 \quad (4.9)$$

n – кількість ламп у світильнику.

Визначимо коефіцієнт пропорційності m за формулою 4.10:

$$m = \frac{\Phi_L^*}{\Phi_L} = \frac{1991}{2180} = 0,9 \quad (4.10)$$

Знайдемо оптимальну кількість світильників 4.11:

$$N = N^* m = 16,5 \cdot 0,9 = 14,85 \quad (4.11)$$

Розрахуємо загальну освітленість E_p за формулами 4.12, 4.13 та 4.14:

$$E_p = \frac{\Phi_L N_{\phi L} \eta}{S k_{\Sigma} z} = \frac{2180 \cdot 4 \cdot 58}{180 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 1824 \quad (4.12)$$

$$N_{\phi L} = N_{\phi} n = 2 \cdot 2 = 4 \quad (4.13)$$

$$E_p = (-10\% \dots + 20\%) E_H \quad (4.14)$$

$$1824 = (+20\%)1500$$

Умова виконується, тобто тип і кількість ламп вибрані правильно.

Визначимо загальну потужність освітлювальної установки 4.15:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{фл}} P_{\text{л}} = 4 * 30 = 120 \text{ Вт} \quad (4.15)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність вибраної стандартної лампи.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки визначаються відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [52].

Категорія виробництва за пожежною небезпекою (А, Б, В, Г, Д) будівлі (приміщень) цеху (ділянки) визначається на підставі аналізу речовин і матеріалів, які використовують у виробництві, відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» і СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» [53].

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки та вимогами ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [54]. Дають змогу визначити ступінь вогнестійкості приміщення цеху (дільниці, підстанції).

Шляхи евакуації працівників на випадок пожежі передбачають згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [54].

Відповідність обладнання, силових і освітлювальних мереж вимогам пожежної безпеки в першу чергу залежить від відповідності ступеня захисту їх оболонки (ІР) класу пожежанебезпечної зони (П-I, П-II, П-IIIа и П-III)

визначених згідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» [55].

Засоби виявлення займань та пожеж передбачаються згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» [56].

В даний час можуть використовуватися:

- охоронно-пожежні сигналізації (ОПС) неадресного типу;
- порогова охоронно-пожежна сигналізація;
- адресно-порогова охоронно-пожежна сигналізація.

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Єдина державна система цивільного захисту (ЄДСЦЗ) забезпечує реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту. Вона складається з функціональних і територіальних підсистем та їх ланок [48].

Основні завдання єдиної державної системи цивільного захисту [48]:

- забезпечити готовність міністерств й інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, які спрямовані на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- забезпечити виконання заходів щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- проводити навчання населення стосовно поведінки й дій при виникненні надзвичайних ситуацій;
- здійснити загальнодержавні цільові програми, які спрямовані на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення стійкого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;
- опрацювати інформацію, що стосується надзвичайних ситуацій, та

публікація інформаційних матеріалів щодо захисту населення та території від наслідків надзвичайних ситуацій;

- прогнозувати та оцінювати соціально-економічні наслідки надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;

- створювати, раціонально зберігати і використовувати резерв матеріальних та фінансових ресурсів, які необхідні для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;

- інформувати населення про виникнення загроз та надзвичайних ситуацій, своєчасно та достовірно інформувати про фактичний стан і які були вжиті заходи;

- захистити населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

- проводити рятувальні й інші невідкладні роботи стосовно ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організувати життєзабезпеченість постраждалих;

- здійснити соціальний захист постраждалих;

- реалізація визначених законом прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;

- інші завдання, визначені законом.

Організація заходів щодо цивільного захисту суб'єктів господарювання здійснюється підрозділами або посадовими особами, відповідальними за їх ЦЗ. Вони створюються або призначаються керівниками цих установ з урахуванням цих вимог [48]:

- на суб'єкті господарювання, який відноситься до відповідних категорій ЦЗ, де працює більше 3 тисяч працюючих створюється підрозділ з питань ЦЗ;

- на суб'єкті господарювання, а також закладах охорони здоров'я з загальною чисельністю працюючих та осіб, які перебувають на лікуванні, від 200 до 3 тисяч осіб та у суб'єктах господарювання, які відносяться до другої

категорії ЦЗ, призначаються посадові особи з питань цивільного захисту;

- на суб'єкті господарювання де працює до 200 осіб призначаються позаштатні особи з питань ЦЗ;

- в навчальних закладах з денною формою навчання, де чисельність осіб 500 і більше, призначаються посадові особи з питань ЦЗ.

Інформування про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації - своєчасне інформування органів управління ЦЗ, силам ЦЗ, суб'єктів господарської діяльності й населення.

Захисні споруди ЦЗ – це сховища; протирадіаційні укриття; швидкоспоруджувані захисні споруди ЦЗ [48].

Евакуацію проводять на державному, регіональному, місцевому або об'єктовому рівні. Існують наступні види експлуатації: обов'язкова; загальна або часткова; тимчасова або безповоротна.

Відповідальність за забезпечення техногенної безпеки об'єктів господарювання несе його керівника. А при будівництві споруд, будівель відповідальність несуть архітектори, замовник, проектні організація. В житловому приміщенні – власники квартир або квартиронаймачі [48].

Вимоги норм проектування спрямовані на зниження можливого збитку, втрат серед населення та створення кращих умов для проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відбудовних робіт у можливих осередках ураження, а отже, сприяють підвищенню стійкості об'єктів.

ВИСНОВКИ

На підставі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз літературних джерел показав, що холодне зворотне видавлювання є економічно – раціональним, ресурсозберігаючим методом обробки металу. Також за допомогою такого виду обробки забезпечується висока точність готових виробів, мінімізуються відходи. Однією з переваг процесу зворотного видавлювання являється простота конструкції штампового оснащення, легкість налагодження й, в окремих випадках, знімання виробів з пуансона і видалення з зони штампа.

2. Враховуючі всі переваги зворотного обладнання є сенс розвивати й удосконалювати цей вид обробки металу, бо незважаючи на переваги, існують й недоліки. До недоліків способу можна віднести те, що:

- преси, що застосовуються повинні мати хід повзуну не менше ніж в $2,4 \div 2,5$ рази перевищуючий висоту виробу;

- довжина пуансона, а, відповідно, й висота виробу обмежується умовою стійкості пуансона

- значна неоднорідності розподілу пластичних деформацій та ресурсу пластичності, який використовується, по об'єму здеформованої заготовки, що значно підвищує ймовірність браку, обумовленого зародженням мікротріщин.

3. Для усунення цих недоліків пропонується використання гідростатичного підпору в процесах зворотного видавлювання заготовок типу «Стакан». Було встановлено, що використання гідростатичного підпору за запропонованою схемою зворотного видавлювання, у порівнянні зі схемою без гідропідпору, може не тільки зменшити ступінь ресурсу пластичності, який використовується, а й дозволить отримати більш рівномірний його розподіл.

4. Проаналізувавши переваги й недоліки механічних й гідравлічних пресів пропонується: удосконалити механічний прес, забезпечивши його

рухомою плитою й підставками, які необхідно розташувати на столі пресу.

Все це значно збільшує жорсткість пресу, яке має дуже велике значення при видавлюванні. За рахунок забезпечення пресу цими характеристиками, при зворотному видавлюванні виробів, типу стакан, істотно зменшується товщина дна й різностінність. Вид і процес видавлювання наведені в [57].

5. Гідровлічний прес забезпечити: верхньою рухомою поперечною, рухомими упорами й циліндрами зворотного ходу. Завдяки цьому знизяться енерговитрати, збільшиться продуктивність та дозволить розширити номенклатуру виробів, що виготовляються [58].

6. Також зробивши аналіз оснащення для зворотного видавлювання та виявивши недоліки в продуктивності й його міцності, пропонується ряд вдосконалень й додаткових пристроїв, які:

- забезпечать більш жорстке кріплення робочої головки до втулки за рахунок створення додаткового натягу між ними [59];

- забезпечить надійне видалення виробів (61, 62).

- забезпечить більш жорстке кріплення робочої головки до втулки за рахунок створення додаткового натягу між ними [59]

7. Всі рекомендації значно підвищать:

- стійкість пуансона та надійність в роботі;

- високі експлуатаційні якості;

- простота монтажу й демонтажу його складових елементів;

- підвищення надійності видалення готового виробу без ушкоджень;

- покращення якості виробів й продуктивності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Холодная и полугорячая штамповка на прессах : методические рекомендации / В.А. Головин, В.А. Евстратов, Л.И. Рудман [и др.]. – М. : НИИМАШ, 1981. – 73 с.
- 2 Евстратов В.А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов / В.А. Евстратов. – Харьков : Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 144 с.
- 3 Головин В.А. Технология холодной штамповки выдавливанием / В.А. Головин, А.И. Митькин, А.Г. Резников. – М.: Машиностроение, 1970. – 152 с.
- 4 Филимонов Ю.Ф. Штамповка прессованием. / Ю.Ф. Филимонов, Л.А. Позняк. М.: «Машиностроение», 1964. – 187 с.
- 5 Howard F. Cold Extrusion of Steel / F.Howard, H.Dennison, N.Angus // Sheet metal Industries. – 1961. – Vol. 38, No. 410.
- 6 Friedewald H. J.Richtlinien für die Konstruktion vorgespannter Fließ- und Strangtiefwerkzeuge / H.J. Friedewald. Werkstatttechnik, – Н. 1. – 1959.
- 7 Feldman H.D. Entwicklung und Stand der Maschinen und Einrichtungen, für das Kaltschmieden / H.D. Feldman // Draht. – 1961. – No. 9. – P. 11–12.
- 8 Poulsen S.C. The col Extrusion of Steel / S.C. Poulsen // Machinery (L). – 1960. – Vol. 97, No. 2503.
- 9 May O. Cold extrusion of small symmetrical and Asymmetrical Components / O.May // Machinery (L). – 1960. – Vol. 97, No. 2509.
- 10 Овчинников А.Г. Основы теории штамповки выдавливанием на прессах. / А.Г. Овчинников; — М.: Машиностроение, 1983. — 200 с.
- 11 Смирнов-Аляев Г.А. Механические основы пластической обработки металлов. / Г.А. Смирнов-Аляев.— Л.: Машиностроение, 1968. — 271с.
- 12 Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. / В.А. Евстратов — Харьков: Высшая школа, 1981. — 248 с.

- 13 Мартиросян Ф.А. Определение поля напряжений и размеров очага пластических деформаций при обратном выдавливании / Ф.А. Мартиросян // - Изв. ВУЗов. Машиностроение. — 1966. — № 10. — С. 147—154.
- 14 Антонюк Ф.И. Точность холодной объемной штамповки, выполняемой на кривошипных прессах с упорами и без упоров / Ф.И. Антонюк, Е.Н. Ланской // - КШП.ОМД. — 2003. — № 11. — С. 18—24.
- 15 Антонюк Ф.И. Точность холодной объемной штамповки, выполняемой на кривошипных прессах с упорами и без упоров / Ф.И. Антонюк, Е.Н. Ланской // - КШП.ОМД. — 2004. — № 1. — С. 19—29.
- 16 А. с. № 173107 СССР, МКИ В27J5/12. Способ выдавливания металлических изделий / Можейко Ю.П., Розенталь Н.К. — № 807016/25 — 27; Оpubл. 07.12.62, Бюл. № 18. — 2 с.
- 17 А. с. № 677800 СССР, МКИ В21J13/02. Штамп для выдавливания полых деталей / Поксеваткин М.И., Седешев М.А. (СССР). — № 2541392/25—27; Заявлено 09.11.77; Оpubл. 05.08.79, Бюл. № 29. — 2 с.
- 18 Ренне И.П. Экспериментальные методы исследования пластического формоизменения в процессах обработки металлов давлением с помощью делительной сетки. / И.П. Ренне.— Тула: ТПИ, 1970. — 146 с.
- 19 Сивак І.О. Деформовність заготовок в процесі оберненого видавлювання / І.О. Сивак, І.Ю. Нікітіна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2004. — № 6. — С. 70—73.
- 20 Нікітіна І.Ю. Напружений стан при оберненому видавлюванні циліндричних заготовок // XXXIII наук.-техн. конференція проф.-виклад. складу, співробітників та студентів університету з участю працівників наук.-дослід. орг. та інженерно-техн. працівників підприємств м. Вінниці та області, присвяченої 80-річчю професора І.В. Кузьміна. Вінниця, 21 — 24 березня. 2004 р. — Вінниця, 2004. — С. 140.
- 21 Дель Г.Д. Технологическая механика. / Г.Д. Дель — М.: Машиностроение, 1978. — 174 с.

- 22 Огородников В.А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении. / В.А. Огородников — К.: УМК ВО, 1989. — 152 с.
- 23 Ковка и штамповка: Справочник: В 4 т. Т. 4: Холодная объемная штамповка / Под ред. Г.А. Навроцкого; Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. — М.: Машиностроение. 1987. — 384 с.
- 24 Корнеев В. М. Ковка и штамповка цветных металлов: Справочник / Н.И. Корнеев, В.М. Аржаков, Б.Г. Бармашенко и др. — М. Машиностроение, 1971. — 232 с.
- 25 Навроцкий Г.А. Холодная объемная штамповка: Справочник / Под ред. Г.А. Навроцкого, В.А Головина, А.Ф. Нистратова. — М.: Машиностроение. 1973. — 495 с.
- 26 Митькин А.Н. Определение усилий при холодном выдавливании. / А.Н. Митькин — М.: НИИТ Автопром, 1957. — 95 с.
- 27 Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. / В.П. Романовский - М.: Машиностроение. 1971. — 782 с.
- 28 Жолобов В. В. Прессование металлов. / В.В. Жолобов, Г.И. Зверев. — М.: Металлургия, 1971. — 456 с.
- 29 Дмитриев А.М. Технологияковки и объемной штамповки. Часть 1: Объемная штамповка выдавливанием: учебное пособие для вузов / А.М. Дмитриев, А.Л. Воронцов. — М.: Высшая школа, 2002. — 400 с.
- 30 Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман В.М. Матюнин и др. — М.: Высшая школа, 2001. — 638 с.
- 31 Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.Ф. Фролов (пред.) и др. — Технологии заготовительных производств. Т. III-2 / И.Л. Акаро, Р.А. Андриевский, А.Ф. Ажанов и др., Под общ. ред. В.Ф. Мануйлова. - М.: Машиностроение, 1996. — 736 с.
- 32 Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. т. 1-3 / С.И. Губкин — М.: «Металлургиздат», 1960 — 1961.

- 33 Дубина В.И. Исследование энергоемкости штамповки полых изделий при обратном выдавливании и вытажке на кривошипных прессах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Запорожье, 1966.
- 34 Оптимизация технологических процессов и конструкций штампов для холодного и полугорячего выдавливания. Методические рекомендации. / В.А.Евстратов; О.М.Иванов; В.И.Кузьменко и др.; под ред. В.А.Евстратов. – М.: НИИМАШ, 1989. – 192 с.
- 35 Холодное выдавливание тонкостенных изделий / Л.В. Прозоров // Новые исследования в области кузнечной технологии: Сб. научн. тр. / ЦНИИТМАШ, кн.32 – М.: Б. и., 1950. – С. 111-148.
- 36 Джонсон В. Механика процесса выдавливания металла / В. Джонсон, Х Кудо. – М.: Металлургия, 1965. – 174 с.
- 37 Афанасьева Г.И. О причинах выхода из строя пуансонов для холодного выдавливания стальных деталей / Г.И. Афанасьева, В.А. Евстратов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1974. - №4. – С.7-10.
- 38 Гордеева Т.А. Анализ изломов при оценке надежности материалов / Т.А. Гордеева, И.П. Жегина. – М.: Машиностроение, 1978. – 200 с.
- 39 Ратнер С.И. Разрушение при повторных нагрузках / С.И. Ратнер. – М.: Оборонгиз, 1959. – 352 с.
- 40 Фридман Я.Б. Строение и анализ изломов металлов / Я.Б. Фридман, Т.А. Гордеева, А.М. Зайцев. – М.: Машгиз, 1960. – 128 с.
- 41 Даниленко В.Я. Исследование состояния смазочного покрытия и его влияния на процесс холодного выдавливания стальных деталей: дис. канд. техн. наук. 05.16.05 – Харьков, 1976. – 125с.
- 42 Евстратов В.А. Методика оценки качества фосфатного покрытия и оптимальное конструирование стальных деталей, изготовляемых холодным выдавливанием / В.А. Евстратов, Даниленко В.Я. // Объемная штамповка. – М.: МДНТП, 1973. – С. 155-161.

- 43 ГОСТ 20072-74. Сталь теплоустойчивая. Технические условия. – введен 01-01-76. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. :Изд-во стандартов, 1976.
- 44 Смирнов Г.В. Конструирование, изготовление и эксплуатация штампов для холодного выдавливания: методические указания /сост. Г.В. Смирнов, В.А. Королев. – Москва: Изд. Центральный научно–исследовательский институт информации и технико–экономических исследований приборостроения, средств автоматизации и систем управления, 1973. – 58 с.
- 45 ГОСТ 1475-74. Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры (с Изменениями № 1, 2) – введен 01-01-1982. – Госстандарт СССР ; М. : Изд-во стандартов, 1982.
- 46 Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників [Електронний ресурс]: НПАОП 0.00-7.11-12. – На зміну наказу МНС України від 26.11.2011 №1350; чинний від 2012-03-16. – К. : МНС України, 2012. – 116 с. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-> – (Нормативно-правовий акт охорони праці).
- 47 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.042-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999. – URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. – (Державні санітарні норми).
- 48 Методичні вказівки до розділу «Охорона праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Обладнання та технології пластичного формування конструкції машинобудування» усіх форм навчання / Укл.: О.В. Нестеров – Запоріжжя, 2020 – 30 с.
- 49 Природне і штучне освітлення. [Текст] : ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с. – (Державні будівельні норми України)

- 50 Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-4.12-05. – На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93 ; чинний від 2005-02-51
- 51 Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5-67:2013. – Чинний від 25.01.13. – К. : Мінрегіон України, 2012. - <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0024858-13#Text>
- 52 Правила пожежної безпеки в Україні [Текст] : НАПБ А.01.001-14. – На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30. – К. : МВС України, 2014. – 47 с. – (Нормативний акт пожежної безпеки)
- 53 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст] : ДСТУ Б В.1.1- 36:2016. – На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с. – (Національний стандарт України)
- 54 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Текст] : ДБН В.1.1-7:2016. – На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 47 с. – (Державні будівельні норми)
- 55 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Текст] : НПАОП 40.1-1.32-01. На заміну глав 5.4 5.5 7.1 7.2 7.3 7.4 7.6 Правил устроювання електроустановок, затв. Міненерго СРСР 06.07.1984 р.; чинний від 2002-01-01. – К. : Мінпраці України, 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01/card2#Card>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)
- 56 Системи протипожежного захисту [Текст] : ДБН В.2.5-56:2014. – На заміну ДБН В.2.5-56:2010 ; СНиП 2.04.05-91 (розділи 5 та 22) ; чинний від 2015-07-01. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 191 с. – (Державні будівельні норми)
- 57 А. с. № 541680 ССРСР. Механический пресс / Половина В.Д., Обдул В.Д., Половина Ю.Н. (ССРСР). — № 2115048/27; Заявлено 20.03.75; Опубл. 05.01.77, Бюл. № 1. — 5 с.

- 58 А. с. № 1191306 СССР. Пресс гидравлический / Обдул В.Д., Дубина В.И., Щербина В.В., Бадыгин В.Н. (СССР). — 3749064/25-05; Заявлено 01.06.84; Оpubл. 15.11.85, Бюл. № 42. — 2 с.
- 59 А. с. № 593800 СССР. Пуансон для выдавливания / Елистратов В.И., Сандовенко В.А. — № 2403115/25 - 27; Заявлено 03.09.76; Оpubл. 25.02.78, Бюл. № 7. — 2 с.
- 60 А. с. № 709236 СССР. Пуансон для обратного выдавливания / Елистратов В.И., Сандовенко В.А. — № 2550191/25-27; Заявлено 06.12.77; Оpubл. 15.01.80, Бюл. № 2. — 3 с.
- 61 А. с. № 541554 СССР. Устройство для изготовления полых изделий / Половина В.Д., Обдул В.Д., Половина Ю.Н. — № 2122606/27; Заявлено 08.04.75; Оpubл. 05.01.77, Бюл. № 1. — 6 с.
- 62 А. с. № 1472172 СССР. Штамп для обратного выдавливания изделий типа стаканов / Михайлов И.Н., Фалелюхин В.Ф., Носков В.М. — № 4237731/31-27; Заявлено 29.04.87; Оpubл. 15.04.89, Бюл. № 14. — 4 с.