

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Механіко-машинобудівний інститут

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра механіки пластичності та ресурсозберігаючих процесів

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»  
УДК 621.7

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності (спеціалізації) 131 Прикладна механіка

(код і назва спеціальності)

На тему: «Технологія виготовлення нарізів у трубчастій заготовці дорнуванням»

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи МД-73мп

(шифр групи)

Дубиніна Наталя Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник доц., к.т.н. Орлюк Михайло Володимирович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(назва розділу)

\_\_\_\_\_ (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет механіко-машинобудівний  
(повна назва)

Кафедра механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий магістерський за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 131 «Прикладна механіка»  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.А.Тітов  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Дубиніна Наталя Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Технологія виготовлення нарізів у трубчастій заготовці дорнуванням»

науковий керівник дисертації доц., к.т.н., Орлюк Михайло Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Об'єкт дослідження процес формоутворення нарізів методом дорнування

4. Вихідні дані \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Перелік завдань, які потрібно розробити \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі 89 сторінок, в тексті зазначено 66 рисунків, 4 таблиць. В даній атестаційній роботі використано 45 найменування бібліографічних посилань.

Метою роботи є визначення оптимальних розмірів заготовки та раціональних схем процесу дорнування для виготовлення напівфабриката з нарізами, а також проектування відповідного штампового оснащення для процесу дорнування.

В дисертаційній роботі були виконані наступні задачі:

- аналіз існуючих схеми дорнування та рекомендацій, пов'язані з вибором оптимальних режимів дорнування;
- на основі проведення аналізу обрана оптимальна схема дорнування;
- проведено моделювання процесу дорнування в середовищі Deform 3D та проаналізовано особливості методу;
- розроблено рекомендації для подальшої розробки технології для виготовлення напівфабрикату з нарізами.

Ключові слова: дорнування, дорн, компенсатор, метод скінченних елементів, напружено-деформований стан, критерій руйнування, коефіцієнт використання, ступінь деформації.

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация состоит из 89 страниц, в тексте указано 66 рисунков, 4 таблицы. В данной аттестационной работе использованы 45 наименования библиографических ссылок.

Целью работы является определение оптимальных размеров заготовки и рациональных схем процесса дорнования для изготовления полуфабриката с нарезками, а также проектирование соответствующей штамповой оснастки для процесса дорнования.

В диссертационной работе были выполнены следующие задачи:

- анализ существующих схем дорнования и рекомендаций, связанных с выбором оптимальных режимов дорнования;
- на основе проведенного анализа выбрана оптимальная схема дорнования;
- проведено моделирование процесса дорнования в среде Deform 3D и проанализированы особенности метода;
- разработаны рекомендации для дальнейшей разработки технологии для изготовления полуфабриката с нарезками.

Ключевые слова: дорнования, дорн, компенсатор, метод конечных элементов, напряженно-деформированное состояние, критерий разрушения, коэффициент использования, степень деформации.

## **ABSTRACT**

Master's thesis consists of 89 pages, the text set 66 figures, 4 tables. In this paper Attestation name applied 45 citations.

The purpose of the work is to the assignment of the optimal size billet that ratsionalnyh schemes process barrel rifling for the manufacture of semifinished product with thread, and also the design of the perforated barrel rifling.

In the dissertation work the following tasks were fulfilled:

- analysis of practical schemes and recommendations, which are made with the choice of optimal barrel rifling;
- on the basis of the conducted analysis, the optimal scheme of the barrel rifling;
- modeling was carried out in the middle of Deform 3D and analyzed in a special way;
- recommendations made for further production technologies for semifinished product with thread

Key words: barrel rifling, barrel rifling tool, compensator, finite elements method, stress-deformation, strain-strain state, criterion of destruction, degree of deformation.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	10
ВСТУП	11
1. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ФОРМОУТВОРЕННЮ ВНУТРІШНІХ ПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ В ЦИЛІНДРИЧНИХ ОТВОРАХ.	13
1.1 Опис та принцип роботи підствольного гранатомета.	13
1.2 Особливості конструкції та призначення гранатомету ГП – 25.	15
1.3 Будова та основні елементи каналу ствола.	18
1.4 Способи утворення профілю нарізів в каналі ствола при його виготовленні.	25
1.5 Види та процеси дорнування.	29
1.6 Основні параметри процесу деформуючого протягування.	36
1.7 Інженерні програмні комплекси Deform та Qform.	38
Висновки до першого розділу.	38
2. РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ДОРНУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ НАПІВФАБРИКАТА З ВНУТРІШНІМИ НАРІЗАМИ	40
2.1 Проектування дорна.	40
2.2 Моделювання процесу дорнування у програмному комплексі Deform 3D.	42
2.3 Вибір способу виготовлення вихідної заготовки .	61
Висновки до другого розділу.	66
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.	68
3.1 Вибір підшипника.	68
3.2 Конструкція вузла підшипника.	69
3.3 Конструкція вузла кріплення дорна.	69
3.4 Конструкція вузла кріплення оправки.	70
3.5 Конструкція та робота штампу для дорнування.	71

3.6 Вибір обладнання для штампу для дорнування	72
Висновки до третього розділу.	74
Загальні висновки.	75
Перелік використаних джерел.	76
ДОДАТКИ	81
Додаток А	82
Додаток Б	86

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

$\alpha_1$  – кут забірного конуса;

$\alpha$  – кут зворотного конуса;

$b$  – ширина калібруючого пояска;

$d_{\text{вн}}$  – внутрішній діаметр заготовки;

$d_{\text{зов}}$  – зовнішній діаметр заготовки;

$l$  – довжина заготовки;

$\mu$  – коефіцієнт тертя;

$V_0$  – величина швидкості переміщення головного інструменту;

$\varepsilon$  – накопичена пластична деформація;

$\bar{\varepsilon}$  – приріст накопиченої деформації;

$\sigma^*$  – максимальне головне напруження;

$\bar{\sigma}$  – інтенсивність напружень.

$\varepsilon_1$  – інтенсивність деформацій;

$P$  – зусилля дорнування;

$S$  – площа ;

$D$  – діаметр;

$V$  – об'єм;

$\rho$  – щільність;

$M$  – маса;

$K_B$  – коефіцієнт використання;

$\varepsilon$  – ступінь деформації.

$H$  – закрита висота штампу;

$L$  – довжина оправки з дорном;

$H_{\text{пл}}$  – товщина нижньої плити;

$h_{\text{пов}}$  – хід повзуна.

## ВСТУП

**Актуальність.** За останні роки у зв'язку з агресією Російської Федерації проти України гостро постала проблема у виготовленні власної стрілецької зброї чи удосконаленні її. Бойову ефективність стрілецької зброї можна збільшити в рази, об'єднавши в єдиній конструкції автомат і гранатомет.

Використання підствольних гранатометів може радикальним чином розширити бойові можливості піхотинця в умовах сучасних високоманеврових бойових дій. В лісопосадках і міських умовах, коли немає прямої видимості ворога, також добре використовувати підствольний гранатомет, безсумнівним плюсом являється зона ураження, також можна знищувати легкоброньовані цілі. Найвідповідальнішим моментом у виробництві підствольного гранатомета є виготовлення нарізів. Високопродуктивним способом їх утворення є дорнування. Якщо розміри заготовки та схеми дорнування підібрані неправильно це призводить до браку деталі. Однак робота по визначенню оптимальних розмірів та раціональної схеми дорнування – при виготовленні ствола гранатомета є актуальною.

**Мета роботи** – визначення оптимальних розмірів заготовки та раціональних схем процесу дорнування для виготовлення напівфабриката з нарізами, а також проектування відповідного штампового оснащення для процесу дорнування.

### **Задачі дослідження:**

- 1) проаналізувати існуючі схеми дорнування та рекомендації, пов'язані з вибором оптимальних режимів дорнування;
- 2) на основі проведення аналізу вибрати оптимальну схему дорнування;
- 3) проведення моделювання процесу дорнування в середовищі Deform 3D та аналіз особливостей методу;
- 4) проектування штампового оснащення;
- 5) розробити рекомендації для подальшої розробки технології для виготовлення напівфабрикату з нарізами.

**Об’єкт дослідження** – процес формоутворення нарізів методом дорнування.

**Предмет дослідження** – особливості та закономірності утворення нарізів за різних схем дорнування.

**Методи дослідження** – для вирішення поставленої задачі, а саме визначення оптимальних розмірів заготовки та схем дорнування, були використані основні положення теорії ОМТ та моделювання процесу в спеціалізованому програмному комплексі Deform 3D.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:**  
виконано аналіз особливостей заповнення складного профілю у отворі трубчастій заготовці за різних схем дорнування шляхом моделювання процесу в середовищі Deform 3D.

**Практичне значення одержаних результатів** – на основі проведених досліджень обрана заготовка з оптимальними розмірами та схема дорнування, спроектовано штампове оснащення. Розроблені рекомендації, щодо технології виготовлення деталі.

**Особистий внесок здобувача:**  
розглянуті основні способи утворення внутрішніх профільних поверхонь; обрана раціональна схема дорнування ; виконане чисельне моделювання процесу дорнування та проведено аналіз отриманих результатів; запропоновані розміри заготовки і схеми дорнування та технологія виготовлення напівфабрикату з нарізами.

**Апробація.** Результати роботи були представлені на ХІХ Міжнародній науково-технічній конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта» 19 – 22 червня 2018 р., яка проходила в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

# **1. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ПО ФОРМОУТВОРЕННЮ ВНУТРІШНІХ ПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ В ЦИЛІНДРИЧНІХ ОТВОРАХ.**

В даній роботі досліджується можливість отримання (виготовлення) профільної поверхні (нарізів) в отворі напівфабрикату, який є заготовкою ствола підствольного гранатомету типу «ГП – 25»

## **1.1 Опис та принцип роботи підствольного гранатомета.**

Гранатомет являє собою переносну вогнепальну зброю. Використовується для ураження техніки, споруд або живої сили противника за допомогою пострілу боєприпасом, який значно перевершує за калібром патрон стрілецької зброї. Боєприпас гранатомета – гранатометний постріл. [1]. Гранатомети можна поділити на декілька груп [2].

По принципу дії на безвідкатні, активні, реактивні та активно-реактивні: безвідкатний гранатомет призначений для стрільби, при якій початкова швидкість гранати надається за рахунок енергії газів, що утворюються при згорянні стартового заряду в стволі;

реактивний гранатомет призначений для стрільби гранатою, яка досягає максимальної швидкості на траєкторії за рахунок роботи свого реактивного двигуна;

активно – реактивний гранатомет призначений для стрільби, при якій початкова швидкість реактивної гранати повідомляється за рахунок стартового заряду, що згоряє в стволі, закритому з казенної частини затвором.

По кратності застосування на одноразового (після вистрілу гранати ствол гранатомета викидається) і багаторазового використання.

По конструкції на ручні, гвинтівочні, підствольні, станкові (одиначного вогню і автоматичні):

ручний гранатомет призначений для стрільби з плеча. Складається з ствола, прицілу і ударно-спускового механізму. Ефективна стрільба з ручного гранатомета – 500 метрів;

гвинтівочний гранатомет, як правило, надягають на ствол гвинтівки або автомата і граната відстрілюється за рахунок енергії холостого або бойового патрона. Ефективна стрільба з гвинтівочного гранатомета – 100 метрів;

підствольний гранатомет – портативний пристрій, що приєднується до гвинтівки або автомата. Стрільба з нього ведеться унітарними пострілами. Ефективна стрільба з підствольного гранатомета – 400 метрів;

станковий гранатомет призначений для стрільби зі станка. Складається з ствола, ударно – спускового механізму і станка. Ефективна стрільба з станкового гранатомета – 1000 метрів.

За призначенням на протитанкові і протипіхотні.

По пристрою ствола на гладкоствольні та нарізні, з роз'ємними і складальними стволами.

Підствольні гранатомети за класифікацією озброєння відносяться до стрілецької зброї [3].

Підствольні гранатомети представляють собою ствол із спусковим механізмом, кріпляться під стволом гвинтівки (автомата) і служать для збільшення можливостей зброї [2,3].

В автоматичному гранатометі АГС – 17 «Полум'я» [2,4] спостерігається, що при пострілі під дією порохових газів граната викидається з каналу ствола з початковою швидкістю 185 м / с і за допомогою 16 нарізів в каналі ствола набуває обертання навколо своєї осі. Нарізи на гранаті формуються нарізами ствола. Для стрільби з гранатомета АГС – 17 використовуються 30–мм постріли ВОГ–17А або ВОГ–17М (рис.1.1, а). А в підствольному гранатометі ГП – 25 використовується постріл ВОГ–25 (рис.1.1, б) особливістю є те, що він в середній частині має поясок з 12 ведучими виступами [2,5], які входять в нарізи, і в процесі пострілу надають гранаті обертання.

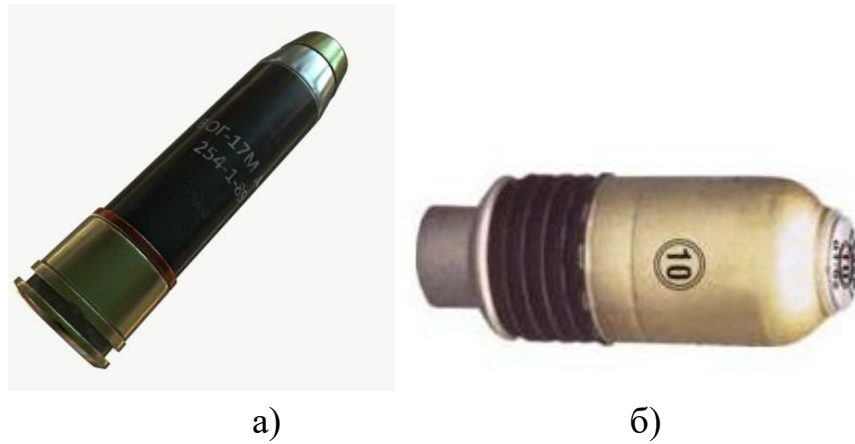


Рис.1.1 Постріли:  
а) ВОГ – 17 М; б) ВОГ – 25.

## 1.2 Особливості конструкції та призначення гранатомету ГП-25.

Розглянемо однозарядний 40-мм підствольний гранатомет ГП – 25 (рис.1.2). ГП-25 «Костер» - це нарізна дульнозарядна зброя [2]. Призначена для установки на різні види автоматів Калашникова калібру 7,62 мм і 5,45 мм.



Рис.1.2 Підствольний гранатомет ГП-25.

Пристрій простий, з мінімумом рухомих частин, тому і ламатися в ньому практично нічому. Бійцю треба просто вставити гранату в ствол, прицілитися і зробити постріл. При цьому стрільбу можна вести і прямою наводкою, і по навісній траєкторії, вражаючи супротивників, прихованих за природними перешкодами [5]. Це дуже важливо під час бойових дій в гірських умовах. Під час бою борець може практично миттєво перемкнутися з автомата на

гранатомет. Гранатомет використовується як засіб вогневої підтримки та для різних штурмових дій.

Маса цього пристрою приблизно – 1,5 кг та габаритами – 330 мм, гранатомет має прекрасну прицільну дальність стрільби і відмінну скорострільність. З ГП – 25 не потрібно витягувати використані гільзи, проводити маніпуляції з затвором, що значно підвищує його практичну скорострільність і вигідно відрізняє від іноземних аналогів. Максимальна дальність складає 400 метрів [6]. За хвилину боєць може зробити до п'яти пострілів. Детальна характеристика приведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 Характеристика підствольного гранатомету ГП – 25

Калібр, мм	40
Довжина ствола, мм	98
Кількість нарізів	12
Маса гранатомету, кг	1,5
Довжина гранатомету, мм	323
Прицільна дальність стрільби, м:	
максимальна	400
мінімальна при навісній стрільбі	200
Практична скорострільність, постр. / хв	4 – 5

Довжина ствола ГП-25 становить п'ять калібрів гранатомета (205 мм), він має 12 правобічних нарізів, спеціальний підпружинений фіксатор утримує гранату в каналі ствола.

Зброя складається з трьох частин: казенника, ствола з кріпленням і прицілом, а також ударноспускового механізму. Для перенесення гранатомета його зазвичай розбирають на дві частини: ствол з прицілом і кріпленням, а також казенник з ударнопусковим механізмом. У комплект гранатомета також

входить спеціальний гумовий потиличник для приклада та інструменти для чищення і обслуговування зброї.

Ударно-спусковий механізм ГП-25 - куркового типу, самовзводного. Спуск гранатомета рухається прямолінійно, за допомогою зацепа він відтягує назад курок і стискає бойову пружину. Потім курок зривається з зацепа і досилає вперед ударник, який і розбиває капсуль гранати. ГП-25 має запобіжник прапорця з двома положеннями, а також спеціальний механізм, який блокує ударний механізм, в разі, якщо гранатомет неправильно встановлений на автоматі. Фіксатор в стволі також пов'язаний з ударним механізмом і якщо граната дослана в повному обсязі, то зробити постріл неможливо – блокується ударник [6,7].

Для зручності стрілка ГП-25 оснащений пластиковим порожнистим руків'ям. Гранатомет можна розрядити за допомогою спеціального екстрактора.

Стандартним пострілом для ГП-25 є ВОГ-25 (рис.1.1, б), який виготовлений за безгільзовою схемою. Це означає, що і капсуль, і металевий заряд знаходиться всередині його корпусу (в донній частини) [6,8]. Подібна схема дозволила значно спростити конструкцію боєприпасу, а також в кілька разів підвищити скорострільність зброї [7].

Граната має сталевий корпус, під яким знаходиться картонна сітка, що сприяє раціональному утворенню осколків під час підриву. На зовнішній поверхні корпусу знаходяться готові нарізи [6], які надають боєприпасу обертальний рух. Саме з його допомогою граната стабілізується в польоті.

ВОГ-25 має радіус ураження п'ять метрів.

Крім боєприпасу ВОГ-25, ГП-25 може використовувати «стрибаючі» гранати ВОГ-25П (рис.1.3) і гранату «Гвоздь» (рис.1.4) зі сльозогінним газом. ВОГ-25П має спеціальний заряд, який спрацьовує після зіткнення гранати з перешкодою і підкидає її на 0,5-1 метр. І тільки потім спрацьовує детонатор [6 – 8].



Рис.1.3 Постріл гранатометний ВОГ-25П «стрибаючий».

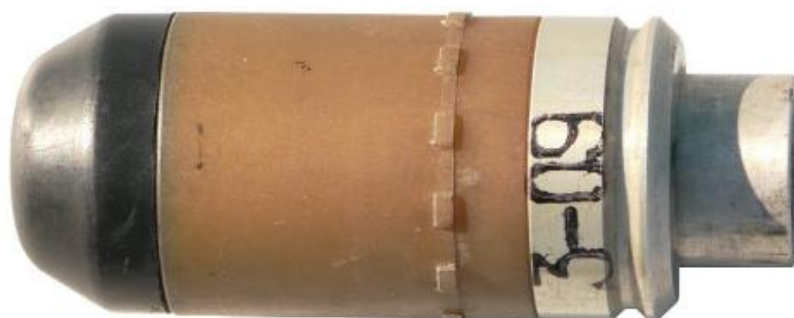


Рис.1.4 Граната дратівної дії «Гвоздь».

### **1.3 Будова та основні елементи каналу ствола.**

Ствол це найцінніша і основна деталь зброї [9], він як і зброя працює в специфічних умовах та призначений для надання вражаючому елементу (кулі, снаряду, гранаті) обертово-поступального руху з певною початковою швидкістю в певному напрямку за рахунок енергії порохового заряду [10].

Являє собою трубу певного внутрішнього діаметра. Зовні ствол має форму і вид, який відповідає конструктивним рішенням конкретного типу стрілецької зброї і вимогам балістики.

Основні частини ствола вогнепальної зброї [11] представлений на рис.1.5

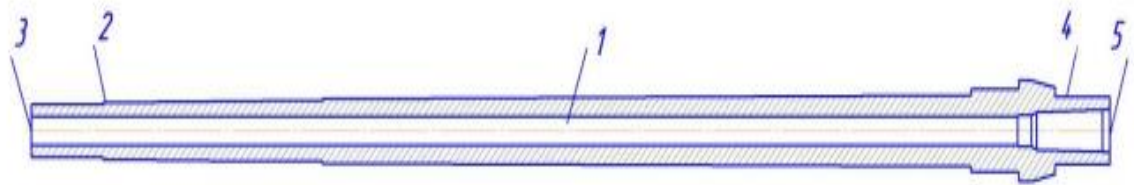


Рис.1.5 Ствол вогнепальної зброї  
 1 – канал ствола; 2 – дульна частина; 3 – дульний зріз;  
 4 – казенна частина; 5 – казенний зріз.

По способу виготовлення канали бувають гладкостінні та нарізні [10 – 12]. Патронник, кульовий вхід, нарізна частина [10] – це основні частини нарізного каналу представленні на рис.1.6. Патронник повинен забезпечувати вільне входження патрона, фіксацію гільзи (вражаючого елемента) та запобігати прориву порохових газів між стінками каналу ствола і гільзою або снарядом.

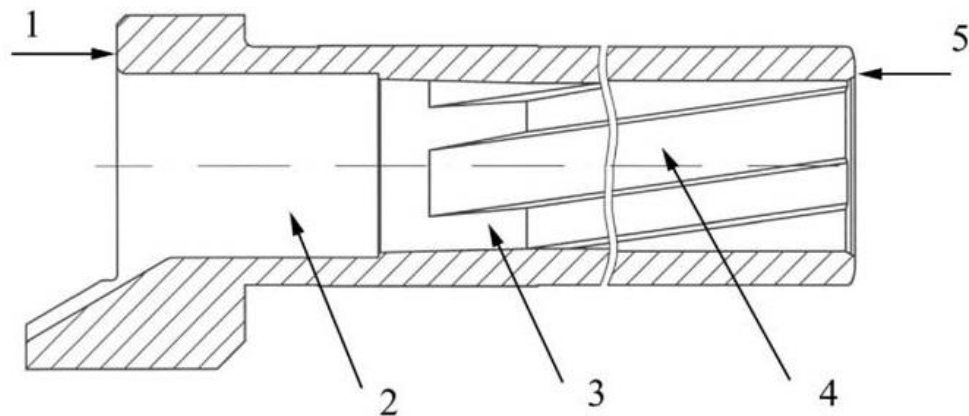


Рис.1.6 Поздовжній розріз ствола нарізної зброї:  
 1 – казенний зріз; 2 – патронник; 3 – кульовий вхід;  
 4 – жолоб; 5 – напрямна частина; 6 – дуловий зріз.

Кульовий вхід потрібен для плавного входження кулі в направляючу частину, а також врізання кулі у нарізи нарізного ствола [12]. Розріз ствола [13] с патронником можна побачити на рис.1.7.

Жолобок, який в'ється уздовж поверхні каналу ствола по гвинтовій лінії – це наріз [11,14] рис.1.8. Принцип дії нарізів полягає в наданні вражаючому

елементу обертального руху, завдяки чому забезпечується його напрямок та стійкість в повітрі.[12 – 15].



Рис.1.7 Розріз ствола з патронником.

Нарізний ствол може мати нарізку полігональну або у вигляді жолобків (канавок). Направлення нарізів зустрічається як ліве – в’ється з права вгору наліво (Франція, Англія, Італія), так і праве – в’ється з ліва вгору направо (країни у минулому які були в складі СРСР, Америка та Германія) [11,16].

Вимоги до параметрів нарізів [11]:

- форма, повинна не ускладнювати чистку каналу ствола, легко виконуватися;
- глибина нарізки – забезпечує ведення кулі без прориву порохових газів;
- кут нарізки – кут між віссю каналу ствола і дотичної до гвинтової лінії;
- ширина – ширина гвинтового паза на поверхні направляючої частини;
- число нарізів – залежить від калібру зброї і становить близько половини числа, що виражає калібр в міліметрах;
- крок – це довжина ствола, на якій наріз робить повний оберт та являє собою основну характеристику, яка визначає стійкість кулі в каналі ствола;
- ширина полів – ділянка поверхні направляючої частини каналу між сусідніми нарізами каналу ствола;

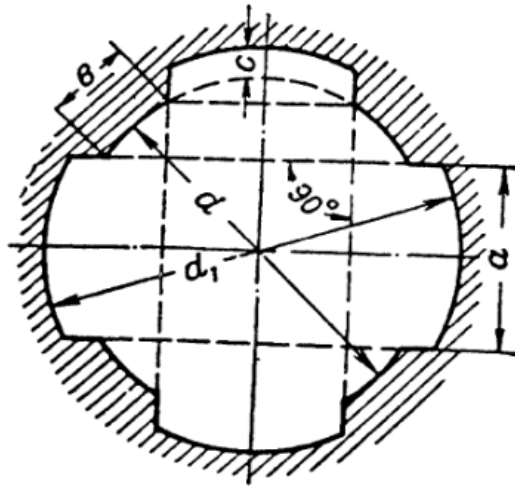


Рис.1.8 Поперечний розріз нарізної частини ствола:  
 а – ширина нарізу; b – ширина поля; с – глибина нарізу; d – калібр зброї;  
 d<sub>1</sub> – діаметр по нарізах.

На енергію та кучність зброї напрямлення обертання нарізів не впливає. Але потрібно пам'ятати, що при лівому обертанні деривація буде в ліво, а при правому – вправо [11, 16].

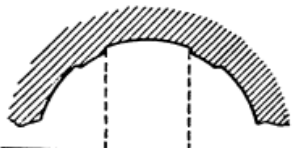
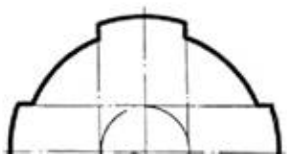
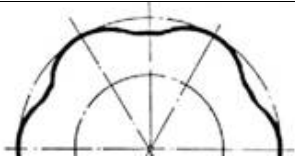
Фігура, що утворюється при перетині нарізу площиною перпендикулярною осі каналу ствола називається профілем нарізів. Його можна побачити в таблиці 1.2. Профіль нарізів може бути [11]:

- округлим;
- трапецеїдальним;
- прямокутним;
- сегментним.

Таблиця 1.2 Основні профілі нарізів.

Рисунок профілю	Переваги	Недоліки
 <p>Округлений профіль – грані мають округленні поверхні.</p>	<p>Забезпечує майже повне заповнення нарізу матеріалом оболонки кулі;          Обтюрація порохових газів стає кращою;          Спрощуються умови чистки зброї.</p>	<p>Складне у виробництві та дороге у виготовленні ріжучого інструменту.</p>

Продовження таблиці 1.2

Рисунок профілю	Переваги	Недоліки
 <p>Трапецеїдальний профіль – грані мають нахил та утворюють тупий кут с дном нарізу.</p>	Такі ж як і в округлому профілі.	Такі ж як і в округлому профілі.
 <p>Прямокутний профіль – грані паралельні одна одної.</p>	Не важкий у виготовленні інструмент для обробки нарізів при необхідній точності виготовлення.	Недостатньо заповнюються кути між гранями и дном нарізів оболонкою кулі.
 <p>Сегментний профіль – утворюється описом дуг окружностей радіусом, меншим половини калібру, з центрів, що не збігаються з центром перетину каналу ствола.</p>	Спрощуються умови чистки зброї; Збільшується термін служби ствола тому, що має гладку поверхню;	Складний та дорогий у виготовленні.

В залежності від нахилу нарізів, розрізняють нарізи постійної, змінної, змішаної крутизни (рис.1.9). Крутизна нахилу визначається з умови забезпечення стійкості кулі в повітрі [10,11]

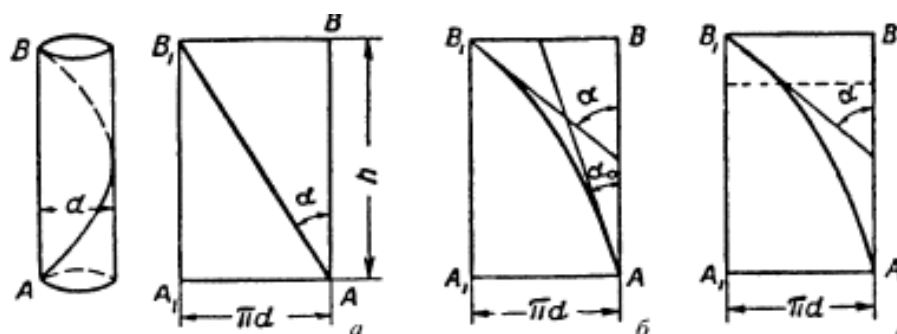


Рис.1.9 Види нарізів (розгортка):  
а – постійної крутизни; б – змінної крутизни; в – змішаної крутизни.

У нарізах постійної крутизни кут  $\alpha = \text{const}$ , тобто є незмінним. Дану нарізку легко виготовити, але наріз нерівномірно зноситься за направляючою частиною каналу ствола. Максимальний знос відбувається в направляючій частині ствола ближче до кульового входу та у дульного зрізу, а найменший – в центрі і в кінці [11].

Кут  $\alpha$  буде зростати від початку нарізів до дульної частини при змінній крутизні. Знос при змінній крутизні майже рівномірний, тиск на межі нарізів залишається відносно однаковим по всій довжині направляючої частини, вони покращують кучність бою. Складність полягає у виготовленні. Такі нарізи не використовують у виготовленні стрілецької зброї, вони знайшли застосування в артилерійських системах [10 – 14].

Наріз, при розгортці який поєднує в собі криву і пряму лінію називають нарізом змішаної крутизни [10].

Від глибини нарізів залежить висота виступів на оболонці кулі. Глибину нарізів роблять великою тому, що якщо нарізи будуть дрібними незначний знос виступів може призвести до зриву куль з нарізів [11]. Але при збільшені глибини нарізів збільшується зусилля, яке необхідне для врізання кулі в нарізи, це може викликати розрив оболонки або демонтаж кулі [17 – 18].

Ширина нарізів робиться більшою в два рази за ширину полів. Це обумовлено тим, щоб отримати більш міцні виступи на оболонці кулі, для легкості чищення, а так само для забезпечення рівномірності ствола та кулі. Ширину поля роблять приблизно рівною половині ширини нарізу, так як вузькі поля не забезпечують достатню їх міцність [11].

Полігональна нарізка – це нарізка, яка у поперечному перетині ствола має форму однієї з геометричних фігур. Вважається, що полігональна нарізка (рис.1.10) забезпечує менший прорив газів через канали нарізки, велику початкову швидкість кулі, більш точний напрям польоту кулі, менше забруднення каналу ствола. Кількість граней – полігонів варіюється від трьох до кількох десятків, але оптимальною схемою є шестигранник. Стволи с такою нарізкою мають більш точніше направлення кулі в польоті та мають більшу

живучість. У наш час полігональна нарізка використовується в конструкції американо-ізраїльського пістолета Desert Eagle [11,19].

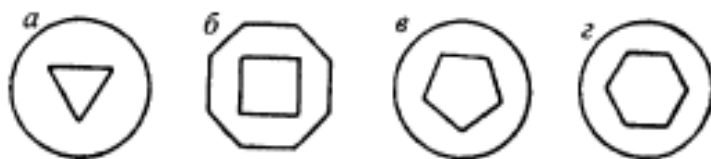


Рис.1.10 Види полігональної нарізки:

а – давньої російської козачої гвинтівки "Тройця";  
б – німецької дослідницької гвинтівки 1791р; в, г – гвинтівок Вітворта 1857р.

Живучість ствола – кількість вистрілів, після яких ствол втрачає потрібні балістичні параметри. Основною причиною механічного зносу каналу ствола є стирання його внутрішніх поверхонь в результаті [12]:

- тиску між виступами оболонки кулі і полями нарізів, що виникає внаслідок обертального руху кулі;
- зусилля, що виникає при врізанні полів нарізів в оболонку кулі;
- тертя при русі кулі;
- неправильного чищення каналу ствола.

Щоб підвищити його живучість, внутрішню поверхню ствола хромують, це роблять або на всю довжину, або в його казенної частини і у кульового входу [11].

На рис.1.11 можна побачити нарізи інших форм, які не використовують у наш час [11,14].

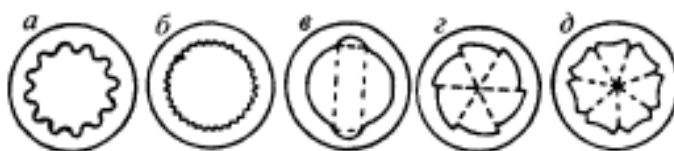


Рис.1.11 Види нарізів інших форм:

а – «хвилясті» старовинних штуцерів; б – старовинні гострокутні;  
в – овальні Бернера; г – люттійські; д – Генрі;

#### **1.4 Способи утворення профілю нарізів в каналі ствола при його виготовленні.**

Існує багато способів утворення профілю нарізів. Всі способи мають свої переваги та недоліки. При виготовленні будь-якого ствола є такі основні операції, як свердління, оконтурювання, розгортка каналу, полірування, хонінгування, потім відбувається профілювання (визначає метод отримання нарізів та властивості ствола). Фінішні операції (полірування, термохімічна і термічна обробка та інші) визначаються технологією отримання нарізів [20].

Розглянемо основні способи утворення профілю нарізів.

Ротаційне кування – в канал ствола вводиться оправка зі зворотнім профілем нарізів, удари бійка (рис.1.12) верстата стискають метал, і внутрішня поверхня залишає відбиток форми оправки. В основному застосовується холодне ротаційне кування (рис.1.13), завдяки цьому спрощуються операції по обробці заготовки [21]. Цей метод дозволяє отримати більш чисту поверхню. Але існують проблеми внутрішньої напруги (так як йде ударне ущільнення матеріалу), це негативно позначається на стрільбі. Для зняття напружень і зміцнення поверхневого шару деякі фірми вдаються до нітроцементації (процес одночасного насичення стали вуглецем і азотом в середовищі).



Рис.1.12 Один з бійків ковальської машини, що перетворює сталеву трубу в ствол

Точність каналу ствола при цьому методі виходить з допусками в соті долі міліметрів, і цього недостатньо для прецизійної стрільби. Перевагою є висока продуктивність на виготовлення ствола (приблизно 3 хвилини), підвищується чистота обробки і поліпшуються фізичні властивості виробу. У процесі кування усуваються дефекти, які зазвичай залишаються на поверхні після інших процесів обробки [22]. До недоліків можна віднести те, що ротаційним куванням як правило можна виготовляти тільки вісесиметричні вироби, дуже дороге обладнання, високі вимоги до хонінгування. До фірм які виробляють стволи цим методом відносяться: Зауер і Маузер, Браунінг, Вінчестер, Сако, Блейзер, ЧЗ, Ремінгтон, Штеєр Манліхер [19, 20].

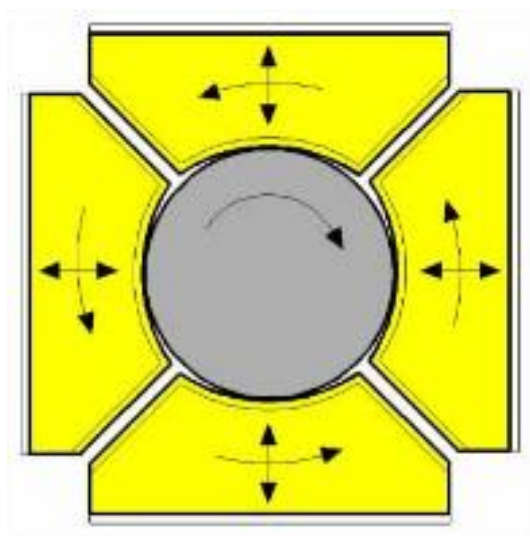


Рис.1.13 Схема ротаційного кування.

Нарізування – метод отримання нарізів зняттям стружки. Кожен наріз, поодинці обробляється лезом інструменту (шпалером), і за рахунок ступеневого переміщення шпалера, прорізає його поки не вийде бажаний профіль. При цьому може бути закріплена ствольна заготовка, чи штанга шпалера обертається, щоб отримати спіральні канавки. Нарізування здійснюється на стволонарізувальному верстаті, він дозволяє точно виконувати бажаний крок нарізів, попередньо задавати глибину нарізів і відстежувати наріз при кожному проході. Після чого здійснюється

вигладжування грубих поверхонь притиром. Виникаючі при цьому процесі мінімальні напруги усуваються шляхом термічної обробки (стволи у вертикальному положенні нагрівають в печі до певної температури і охолоджують). Цим методом користуються американські фірми Bartline і Krieger [20].

Електрохімічне нарізування – засновано на законі Фарадея, коли при пропущенні постійного струму через електроліт відбувається розчинення матеріалу анода в місцях, не захищених ізоляторами [23]. В результаті хімічних реакцій, які відбуваються на аноді (деталі) утворюється пасивуюча плівка  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , яка повинна видалятися потоком електроліту. Суть процесу полягає в тому, що потік електроліту проходить в катоді між ізоляторами, виконаними за кількістю нарізів з шириною, яка дорівнює полю наріза та необхідним кутом їх підйому. Щоб нарізи виготовлялися по всій довжині каналу з потрібною крутизною, катод повинен крім осьового руху ще обертатися. Формування канавок необхідної глибини відбувається за рахунок розчинення матеріалу анода на поверхні каналу за час проходження катодом будь-якого перетину. Глибина, залежить від електрохімічних параметрів та швидкості осьового переміщення катода. Верстатами для цього процесу служать модернізовані шпалеровальні верстати на які поставлені пристрої струмопідведення та подачі електроліта. Перевагою є те, що можна обробляти заготовки без утворення задирок, а також отримання гострих кромок. Недоліком є дорогі інструменти, на виготовлення яких витрачається дуже багато часу. В приміщенні де виконується електрохімічне нарізування клімат повинен бути стабільний, так як через температурні коливання можуть бути неточності у виготовленні [20, 24].

Дорнування – суть процесу полягає в тому, що через канал продавлюється інструмент – дорн, трохи більшого діаметра ніж канал. На інструменті присутні виступи по кількості нарізів з розмірами і нахилом, відповідним нарізам. Цим методом можна частково усунути конусність і овальність отвору. Час на нарізування каналу ствола становить менше

хвилини. При проходженні через канал дорн видавлює профіль всіх нарізів. Дорнування проходить без використання доводочних та полірувальних матеріалів, тому в поверхню не вдавлюються шкідливі для експлуатації деталей абразивні зерна. Після протягування дорном отвір виходить більше калібру, тому для отримання точного розміру і зняття напружень ствол йде в спеціальну піч де повільно нагрівається і остигає протягом 50 годин. Після термічної обробки йде фінішне полірування. Деталь оброблена дорнуванням має велику зносостійкість та міцність [20, 25].

Також існують методи, які застосовуються дуже рідко – електроерозійний спосіб, протягування, лиття. В Україні [26] та Турції [12] існує метод схожий на ротаційне кування, але там замість ударів бойків, застосовують валки, які здавлюють метал на оправку.

При обробці отворів, в зв'язку з обмеженістю робочого простору в отворі, доводиться зменшувати розміри поперечного перерізу ріжучого інструменту, що призводить до зниження його жорсткості і допускає появу вібрацій в процесі різання [19]. Так само спостерігається відведення інструменту від геометричної осі деталі багатолезових інструментів. Обробка отворів ускладнюється поганими умовами виведення стружки. Для більш точної обробки отворів вигідніше застосовувати дорнування, воно відноситься до поверхневого пластичного деформування [19,27].

Поверхнєве пластичне деформування (ППД) є найбільш ефективним серед різних способів підвищення експлуатаційних властивостей деталей. Експлуатаційні властивості одержуваних виробів в значній мірі залежать від якості поверхні деталей. Під якістю поверхні мають на увазі сукупність параметрів якості: фізико-механічні властивості поверхневого шару, шорсткість, залишкові напруги, ступінь зміцнення та ін [25,27].

ППД являє собою обробку тиском, при якій деформується лише поверхневий шар деталі без утворення стружки. При використанні цього методу зменшується витрата матеріалу, що забезпечує значну економію споживання матеріалу і скорочує обсяг механічної обробки. Також можна

відзначити те, що потрібна менша кількість обладнання для обробки металу без зняття стружки і це призводить до додаткової економії коштів [19].

Поверхнєве пластичне деформування дає можливість підвищити контактну витривалість, довговічність, втомну міцність та зносостійкість поверхонь [28]. Розрізняють динамічне (ударне) та статичне поверхнєве пластичне деформування. До методів динамічного ППД відносять: дробоструминну, гідродробоструминну, ультразвукову обробку, віброударну, ротаційну обробку, обробку кульково-стрижневими зміцнювачами, віброконтактний наклеп, ударне накочування, обробку механічними щітками, віброобкочування, вібровигладжування, чеканку, та ін. Цей метод полягає в чисельних ударах які наносяться інструментом по поверхні деталі та залишають на ній велике число локальних відбитків. Він дає можливість отримання потрібної якості та точності поверхневого шару. Такі методи як вигладжування, вібраційне накатування, вібраційне вигладжування, дорнування відносять до статичного поверхневого деформування [29,30].

### **1.5 Види та процеси дорнування.**

За конструктивним оформленням застосовуються різні види дорнів, але у них є спільні для всіх конструкцій частини і параметри [27]. Дорн в межах робочої частини свого профілю рис.1.14. має забірну частину, яка виконує основну роботу деформування металу; циліндричну частину, яка підвищує зносостійкість дорна і покращує якість обробленої поверхні; задню частину, призначену для зменшення сил тертя при дорнуванні.

На рис.1.15 представлена схема дорнування циліндричного отвору у втулці за допомогою дорна з забірним та заднім профілем у вигляді конуса [27]. Через те, що діаметр дорна завжди більше діаметра попередньо підготовленого отвору, в кільцевій зоні навколо отвору при дорнуванні відбуваються пластичні деформації, і діаметр отвору після дорнування збільшується [32].

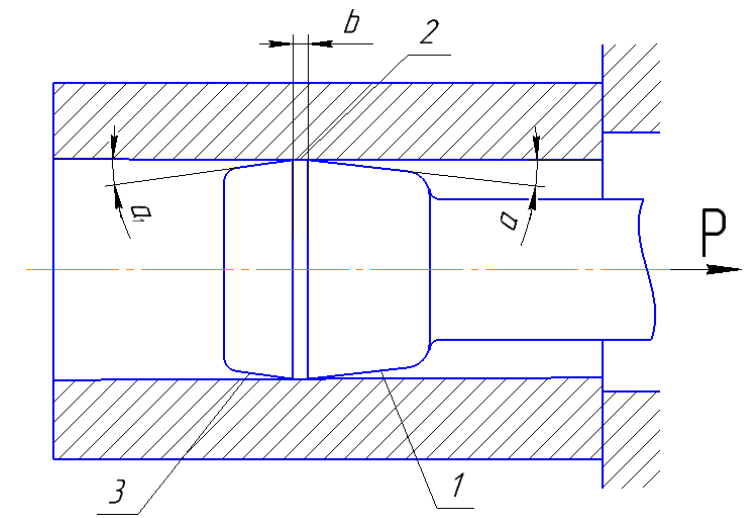


Рис.1.14 Елементи геометрії дорна:  
 $\alpha_1$  – кут забірного конуса;  $\alpha$  – кут зворотного конуса;  
 1 – забірна частина; 2 – калібруюча частина (циліндрична стрічка);  
 3 – задня частина.

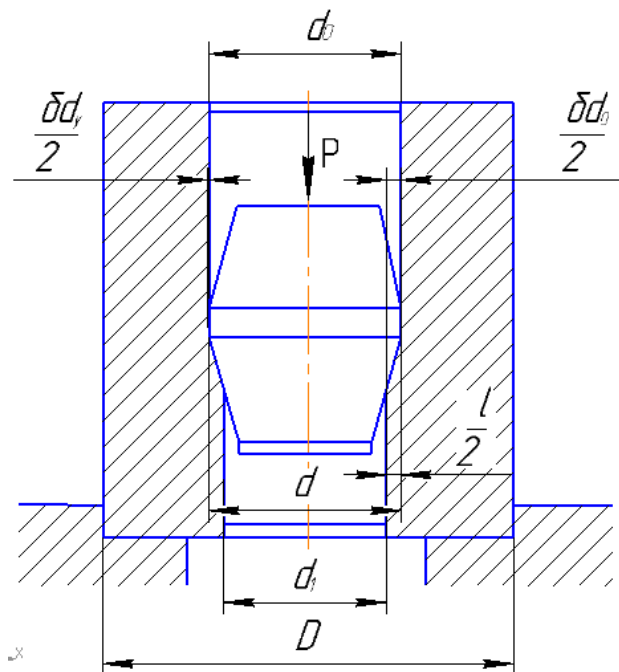


Рис.1.15 Схема дорнування втулки та позначення розрахункових величин:

- $D$  – зовнішній діаметр дорнуємої втулки;
- $d_1 = 2r_1$  – діаметр отвору в заготівці до дорнування;
- $d$  – діаметр дорна по циліндричній стрічці;
- $d_0$  – діаметр отвору після однократного дорнування;
- $P$  – тягове зусилля дорнування.

Дорнування буває об'ємне та поверхневе. Об'ємне дорнування відносять до методів обробки металів тиском (ОМТ), пластичне деформування

відбувається по всьому поперечному перерізі оброблюваної деталі. При об'ємному дорнуванні в заготовках за один робочий хід многозубого дорна можна отримати отвори точністю IT11 і шорсткістю оброблених поверхонь –  $Ra = 0,63-0,04$  мкм. Поверхнєве дорнування забезпечує обробку отворів з точністю 6 – 9 квалітетів і шорсткістю -  $Ra = 0,32 - 0,04$  мкм

Інструментом для поверхневого дорнування служить дорн [31]. Розрізняють дорни кочення і дорни ковзання (рис.1.16, а, б).

Дорни можуть бути однозубі і багатозубі, цільні і набрані з окремих зубів (рис. 1.16, в – і).

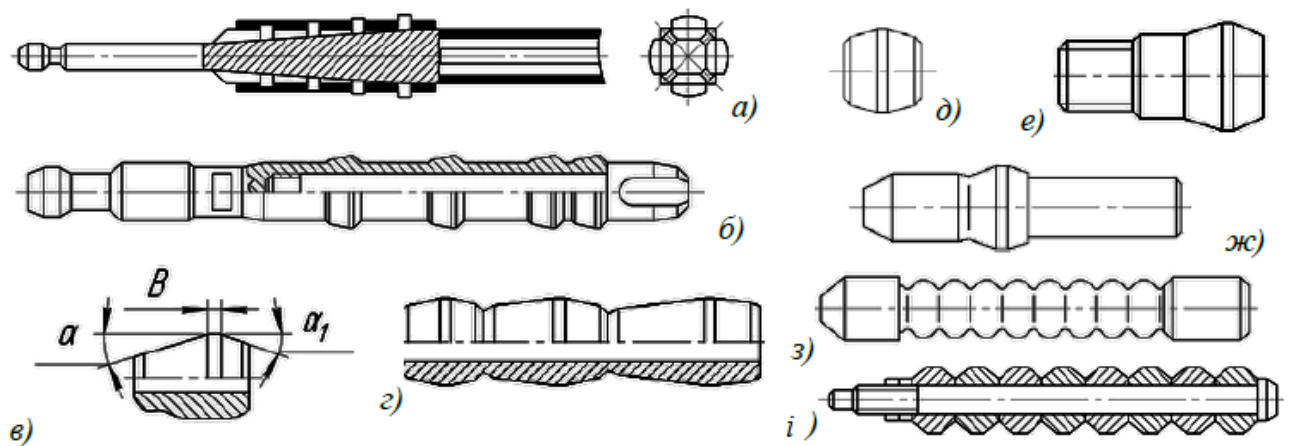


Рис.1.16 Деформуючі дорни:

- а – дорн кочення; б – дорн ковзання; в – зуб дорна; г – блок зубів;
- д – однозубий без хвостовика для роботи на пресі;
- е – однозубий з хвостовиком для роботи на протяжному стані;
- ж – однозубий без хвостовика з напрямним пояском;
- з – багатозубий з направляючим пояском; і – набірний.

Для ефективного використання процесу деформуючого протягування слід правильно вибрати схему цього процесу. На рис.1.17 наведено класифікацію основних схем процесу деформуючого протягування згідно О. А. Розенберга і А. М. Розенберга [25, 32].

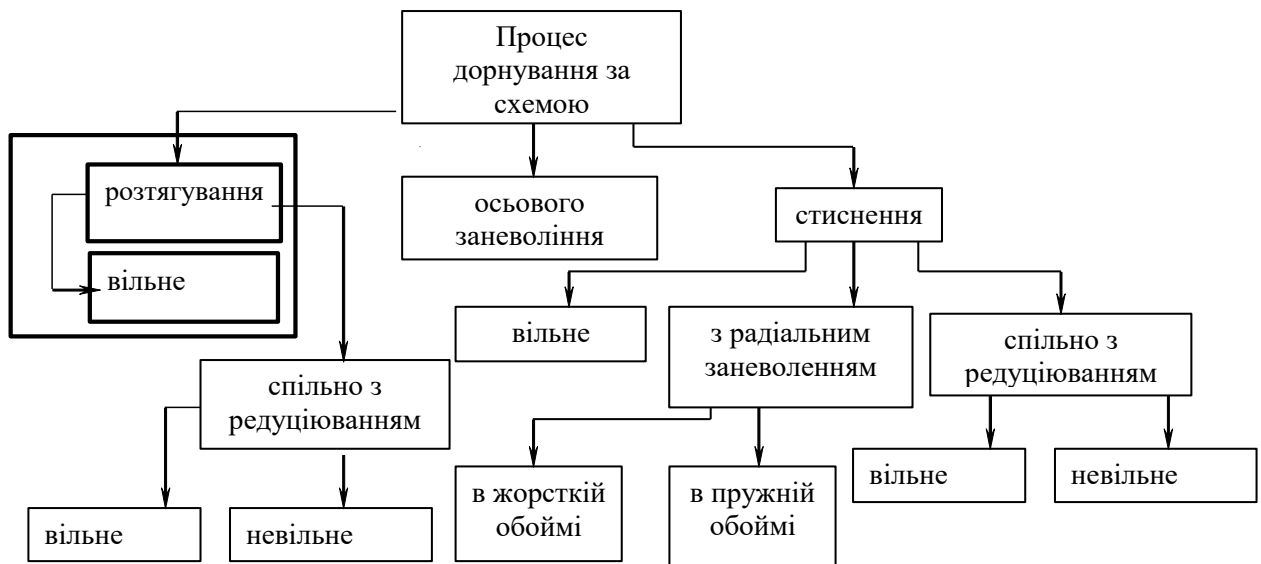


Рис.1.17 Класифікація основних схем процесу дорнування.

На рис 1.18, а [33] показана обробка за схемою розтягування. У цьому випадку вхідний торець деталі 2 є опорним. При обробці за схемою розтягування заготовка в процесі обробки подовжується. За цією схемою зазвичай обробляються довгі деталі ( $L / d > 3 \dots 4$ ) при підвищених вимогах до прямолінійності їх утворення. Обробка за схемою стиснення представлена на рис.1.18, б [33]. Відповідно до цієї схеми деталь 2 в процесі обробки спирається вихідним торцем на опору 3. Стрілкою показаний напрямок руху інструменту 1. Схема стиснення зазвичай застосовується для обробки коротких деталей ( $L / d < 3 \dots 4$ ).

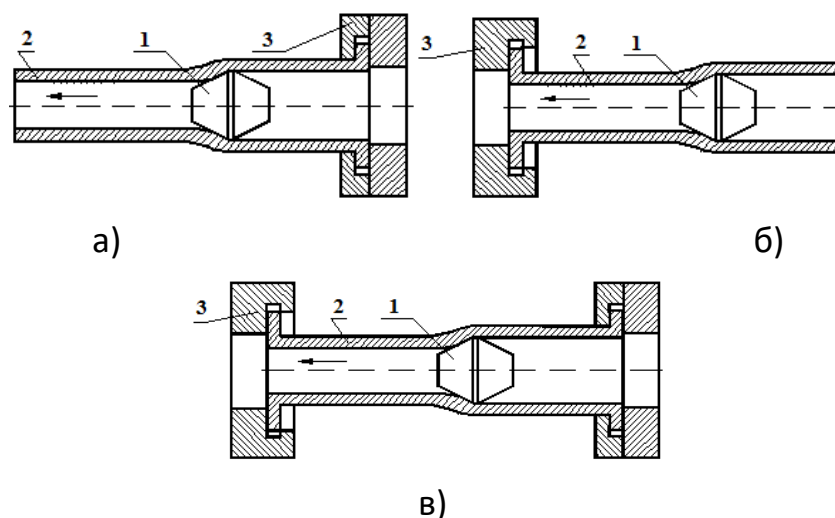


Рис. 1.18 Обробка процесом дорнування за схемою:  
а – розтягування, б – стиснення, в – осьового заневолення.

На рис. 1.18, в [33] показана обробка за схемою осьового заневолення. Суть цього способу полягає в наступному: процес "роздачі" виробу проводиться при закріплених обох кінцях, що перешкоджає виникненню при цьому вкорочення. Разом з осьовим навантаженням від роздаючого інструменту (дорна) це створює в осередку деформації виробу осьові напруження розтягу. Обробка за схемою осьового заневолення проводиться таким чином: виріб 2 роздається деформуючим елементом 1, переміщається в напрямку, показаному стрілкою. Обидва кінця деталі за допомогою технологічних буртів фіксуються в осьовому напрямку на опорах 3. Під час обробки деталь буде прагнути до вкорочення. Однак внаслідок того, що обидва кінця закріплені в осьовому напрямку, укорочення не відбудеться, а в стінках виробу виникнуть напруження розтягу.

Залежно від умов деформування зовнішніх поверхонь заготовок розрізняють процеси вільного і невільного деформуючого протягування [27]. При вільному деформуючому протягуванні завжди відсутні обмеження деформацій цих поверхонь. За такою схемою виконуються процеси поверхневого деформуючого протягування заготовок всіх видів, а також об'ємного деформуючого протягування заготовок з великої і середньої товщиною стінки.

Однак застосування вільного об'ємного дорнування отворів тонкостінних заготовок ( $D / d < 1,2$ ) обмежена (через малу жорсткість заготовки) низькими напруженнями в зоні контакту дорн - деталь, які часто не забезпечують інтенсивного вигладжування оброблюваних поверхонь.

З іншого боку, через невисоку поздовжню жорсткість ці заготовки достатньої довжини ( $D / d < 10$ ) швидко втрачають при вільному об'ємному дорнуванні свою поздовжню стійкість, викривляючись уздовж поздовжньої осі.

Дорнування тонкостінних заготовок в умовах жорсткого або пружного обмеження деформації їх зовнішніх поверхонь (невільне дорнування) значно знижує або повністю усуває зазначені недоліки. Невільне дорнування

виконується в жорстких або пружних обоймах, а також шляхом поєднання дорнування з редуціюванням зовнішньої поверхні заготовок [19,27].

Зазначені особливості процесу дорнування в жорстких обоймах і різноманітність застосовуваних схем деформування визначають широкі можливості обробки заготовок деталей типу втулок, гільз. Крім того, шляхом зміни форми або рельєфу внутрішньої робочої поверхні жорсткої обойми, можна отримати на зовнішній поверхні нову форму (насічку, різьблення та ін.). Основні різновиди невільного дорнування [27] в жорстких обоймах представлені на рис. 1.19.

Застосування плаваючої обойми (рис.1.19, а) забезпечує сталість деформуючої сили, відсутність осьових відносних переміщень заготовки в обоймі, а також порівняно більш полегшені умови пластичної течії металу, ніж при використанні обойм інших видів. Через відсутність осьових переміщень заготовки в обоймі в спеціальних плаваючих рознімних обоймах невільним дорнуванням можна отримати спеціальні профілі по зовнішній поверхні заготовки.

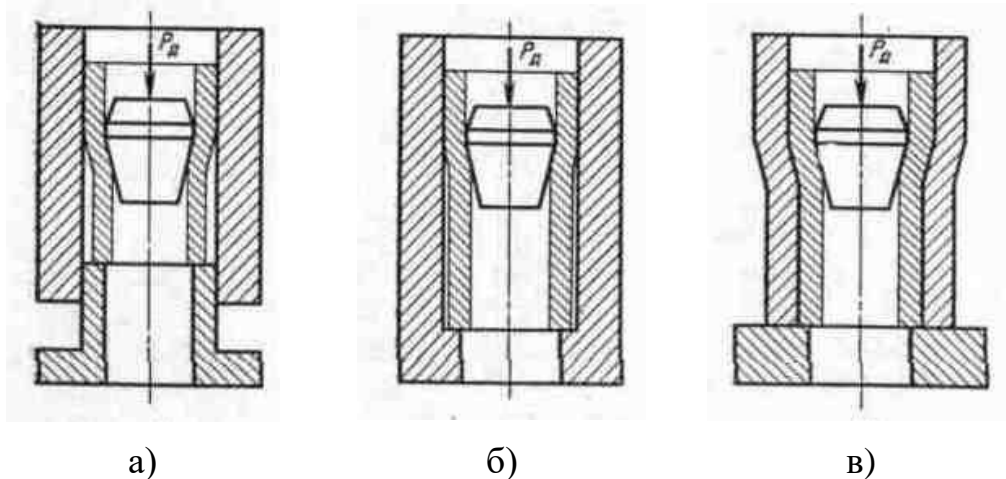


Рис. 1.19 Основні види невільного об'ємного дорнування в жорсткій обоймі:

а – плаваючої; б – нерухомої; в – деформуючої.

При дорнуванні в нерухомій обоймі (рис.1.19, б) умови пластичної течії металу ускладнюються через виникнення значних сил тертя між рухомою в

осьовому напрямку деформованою ділянкою заготовки і нерухомою обоймою, що призводить до істотного збільшення сили дорнування.

Пластично деформуючі обойми (рис.1.19, в) застосовують для отримання великих тангенціальних деформацій оброблюваних заготовок без їх руйнування. В результаті деформаційного зміцнення металу заготовки, оброблені дорнуванням в обоймі, набувають підвищені механічні властивості (в порівнянні з властивостями вихідного матеріалу) по всьому перетину трубної заготовки, причому найбільше зміцнення отримують шари металу у поверхні отвору. Це дозволяє в деяких випадках відмовитися від подальшої термічної обробки деталей або використовувати замість легованих і вуглецевих сталей маловуглецеві сталі [27]. Необхідно також відзначити, що сприятливі схеми деформування металу і локальність осередка пластичних деформацій при невеликому дорнуванні в жорстких обоймах визначають менші в порівнянні з холодним видавлюванням значення деформуючих сил. У зв'язку з цим процес дорнування в обоймі може бути успішно здійснено на протяжних верстатах та гідропресах малої потужності.

Слід зазначити важливу роль мастильного матеріалу для проведення дорнування. При обробці отворів методом дорнування вибір мастила може різко погіршити якість оброблюваної поверхні, привести до зниження стійкості інструменту, зменшення тягового зусилля і зносу дорна. Відсутність змащення в процесі дорнування призводить до налипання металу на поверхню дорна, що може викликати заклинювання. При виборі мастильного матеріалу необхідно виходити з умови отримання найкращої частоти оброблюваної поверхні. Для цього мастильний матеріал частково повинен усувати безпосередній контакт між дорном і поверхнею отвори оброблюваної деталі, тобто підтримувати труться поверхні на відстані один від одного [27].

При обробці міцних сталей з середніми і малими натягами найкращим змащувальним матеріалом є сурепне, рицинове та інші масла; для мало – і середньовуглецевих сталей, що обробляються при відносних натягах до 0,006, економічно вигідніше використовувати дешевші інструментальні

змащувальні матеріали. При дорнуванні високоміцних сталей з великими натягами використовуються змащувальні матеріали, що складаються з суміші мінерального масла з наповнювачем – графітом, тальком. Чавун добре обробляється при змазуванні очищеним гасом, сплави на мідній основі – мінеральними маслами і емульсіями, а алюмінієві сплави - мильною водою, а також сумішшю мінеральних і рослинних мастил і жирів [34].

Застосування сучасних мастильних матеріалів для деформуючого протягування дозволяє отримати поверхню отворів з шорсткістю  $Ra = 0,32 - 0,04$  мкм. Точність діаметральних розмірів, що отримуються при дорнуванні деталей в обоймі, залежить від точності вихідних заготовок, конструкції обойми з режимів деформування і знаходиться в межах 8 – 10-го квалітетів. Видалення дефектних торцевих частин деталі в ряді випадків дозволяє підвищити точність діаметральних розмірів до 7 – го квалітету.

Дорнування в жорсткій обоймі може застосовуватися при обробці як пластичних матеріалів, так і матеріалів зі зниженою пластичністю (високолеговані сталі та ін.).

Процеси невідного дорнування в пружних обоймах поки не мають повних технологічних характеристик, так як практично не досліджені і не вивчені.

### **1.6 Основні параметри процесу деформуючого протягування.**

Основними слід вважати такі технологічні параметри процесів дорнування: діаметральний натяг дорнування  $i$ , мм; відносний діаметральний натяг дорнування (відносний натяг)  $\lambda$ ; силу дорнування  $R_d$ , кН; швидкість дорнування  $V_d$ , м / хв; відносну радіальну деформацію при дорнуванні  $\psi D\%$ .

Натяг дорнування - це різниця вихідних номінальних розмірів (діаметрів) контактуючих поверхонь інструменту і отвори деформуючої дорном заготовки в поперечному перерізі.

Діаметральний натяг дорнування (рис. 1.20)

$$i_d = d_a - d. \quad (1.1)$$

Відносний натяг дорнування - це безрозмірний параметр процесу дорнування, що є відношенням натягу дорнування до відповідного розміру вихідного або рідше - обробленого отвору заготовки:

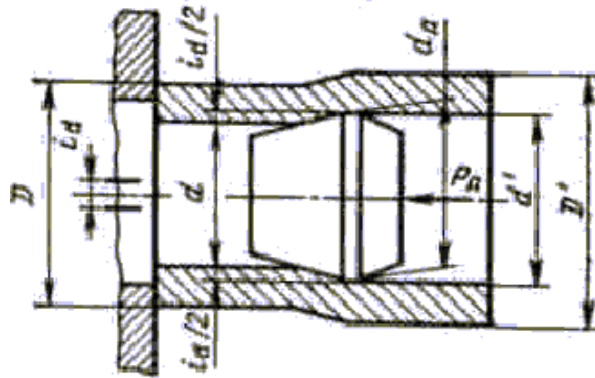


Рис.1.20 Розміри заготовки при об'ємному дорнуванні.

Відносна деформація при дорнуванні – це стандартний, виражений у відсотках, параметр процесу дорнування, що визначається при об'ємному дорнуванні фактичну деформацію по зовнішньому діаметру заготовки. Відносна деформація при вільному дорнуванні – це відношення різниці діаметрів зовнішньої поверхні заготовки після об'ємного дорнування і до його вихідного зовнішнього діаметру (рис. 1.20).

$$\psi_D = \frac{D' - D}{D} \quad \text{чи} \quad \psi_D \% = \frac{D' - D}{D} \cdot 100\%. \quad (1.2)$$

Одним з показників якості механічної обробки є точність. Аналізуючи це питання, необхідно розрізняти точність розміру і форми. Так при деформуючому протягуванні розрізняють точність розміру в поперечному перерізі, а також овальність, конусність викривлення лінійної утворюваної по дузі або більш складної кривої, що можна віднести до погрешностей форми.

Причинами похибки форми згідно [6, 35] є недосконалість форми і розмірів заготовки, головним чином її розностінність, розбіжність осей заготовки, інструменту та робочого органу верстата, недосконалість опори, що центрує положення заготовки.

Методом дорнування виготовляють підствольні гранатомети.

## **1.7 Інженерні програмні комплекси Deform та Qform**

Дорнування являє собою складний процес обробки металів тиском. Щоб скоротити витрати і час на експерименти доцільно використовувати комп'ютерне моделювання. Воно дозволить в короткий термін визначити підходящу схему для утворення профілю методом дорнування.

Існує багато програм для моделювання, але для моделювання процесів, пов'язаних з пластичною деформацією металів використовують програмні комплекси Deform 3D та Qform 3D.

Deform 3D – це спеціалізований програмний комплекс скінчено-елементного моделювання, який призначений для аналізу тривимірної течії металу при різних процесах обробки металу тиском [36].

QForm 3D – програмний комплекс для моделювання та оптимізації процесів обробки металів тиском. Програма заснована на методі скінченних елементів [37],

Посилаючись на [38] можна зробити висновок, що Qform 3D під час процесу дорнування часто перебудовує сітку, що призводить до погіршення точності отриманих результатів. Тому в подальшому будемо проводити моделювання в Deform 3D.

### **Висновки до розділу**

Метод дорнування дає менш точну обробку каналу ствола чим нарізування. Але незважаючи на це для виготовлення підствольного гранатомета типу ГП – 25 найкраще використовувати саме цей метод. Він має такі переваги перед усіма іншими методами: менші витрати металу, виробляється швидко. Можна отримати досить точні і чисті отвори, причому одночасно відбувається зміцнення поверхневого шару металу, підвищується довговічність оброблених деталей. Це дає дорнуванню важливу техніко – економічну перевагу перед іншими методами.

В даній магістерській роботі використовується поверхневе пластичне деформування тому, що при цьому способі на поверхні створюється міцний шар.

Використання програмного комплексу Deform 3D дозволить дослідити отримання потрібної геометрії і внести необхідні корективи в технологічні параметри процесу, це дозволить зменшити витрати на відпрацювання технологічного процесу дорнування.

## 2. РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ДОРНУВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ НАПІВФАБРИКАТА З ВНУТРІШНІМИ НАРІЗАМИ.

### 2.1 Проектування дорна

За конструкцією дорни зазвичай збірні, вони кріпляться на оправці. Дорни виготовляють зі швидкорізальної сталі, а в разі обробки деталей з важкооброблюваних матеріалів або з чавуну застосовують тверді сплави.

Форма робочого профілю дорна [27] впливає на остаточний вигляд обробленої поверхні і зусилля, яке виникає в процесі дорнування. При потрібній формі робочого профілю можна отримати необхідну чистоту поверхні. В даній роботі буде використовуватися дорн (рис.2.1) який має забірну та зворотню частину у вигляді конуса і циліндричного пояса з нарізами. Дорн проштовхують крізь канал ствола, в результаті утворюються нарізи з необхідними параметрами (число, глибина, крок). На рис.2.2 можна побачити профіль нарізів.

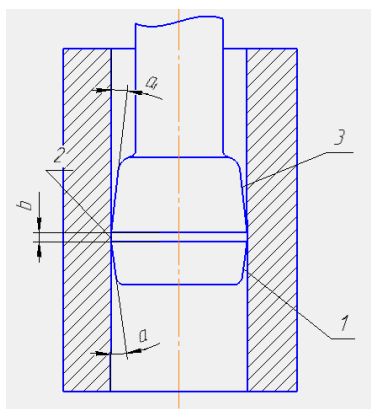


Рис.2.1 Елементи геометрії дорна:

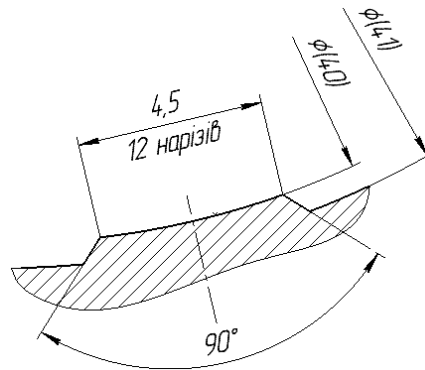
$\alpha$  – кут забірної конуса;  $\alpha_1$  – кут зворотного конуса;

1 – забірна частина; 2 – циліндрична стрічка;

3 – задня частина.

Важливим елементом, який визначає форму робочої частини поверхні дорна, є кут забірної конуса  $\alpha$  тому, що цією частиною здійснюється основна деформація оброблюваного металу. Від цього кута безпосередньо залежить величина прикладеного зусилля проштовхування і подальша чистота

поверхні, тому кут слід підбирати ретельно. При неправильному виборі кута  $\alpha$  можуть виникнути подряпини на обробленій поверхні.



2.2 Профіль нарізів.

З експериментних досліджень [27] для підвищення точності слід використовувати кут  $\alpha$  у межах від  $3^\circ$  до  $5^\circ$ . В даній роботі кут  $\alpha = 5^\circ$ . Зворотний кут  $\alpha_1$  (рис.2.1) суттєво не впливає на зміну тягового зусилля, тому що в зоні його впливу не відбувається активна деформація металу, тому  $\alpha_1 = 4^\circ$ . При виборі ширини циліндричного пояска  $b$  (рис.2.1) рекомендується користуватися наступною формулою [40]:

$$b = 0,35d^{0,6}, \quad (2.1)$$

де  $d$  – діаметр дорна по циліндричній стрічці, мм.

$$b = 0,35 \cdot 41^{0,6} = 3,2 \text{ (мм)}.$$

Користуючись рис.1.9 визначаємо те, що нарізи постійної крутизни (рис.2.3).

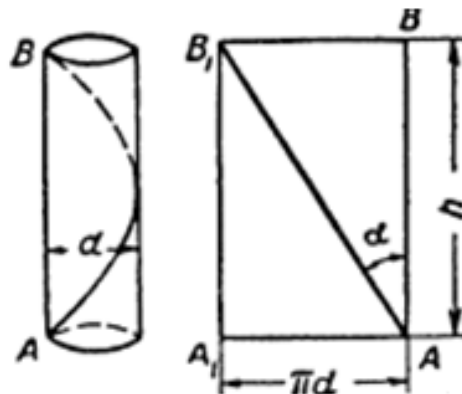


Рис.2.3 Нарізи постійної крутизни (розгортка)

Кут нахилу нарізів дорна можна знайти за допомогою прямокутного трикутника, який утворюється при розгортці. З формули довжини окружності (2.2) знайдемо невідомий катет:

$$a = \pi d, \quad (2.2)$$

де  $a$  – довжина окружності;  $d$  – діаметр окружності заготовки.

$$\pi d = 3,14 \cdot 40 = 125,66.$$

Знаходимо кут нахилу через котангенс гострого кута по формулі 2.3:

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{a}{b}, \quad (2.3)$$

де  $b$  – крок нарізів.

$$\operatorname{ctg} \beta = \frac{125,66}{1200} = 6^\circ.$$

Рекомендується для підвищення стійкості дорна:

- плавно скругляти гострий кут, який утворюється в місці переходу конічної частини дорна в циліндричну до  $R = 0,1 - 0,2$  мм за допомогою притира;
- виробляти дорнування деталей з можливо малими натягами.

Готовий дорн виконаний у КОМПАС – 3D можна побачити на рис.2.4

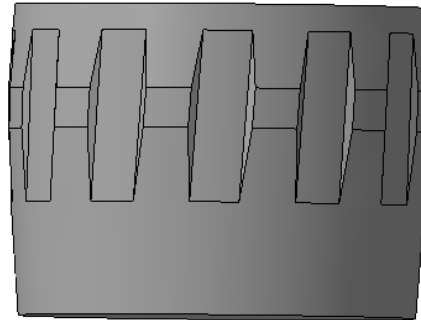


Рис.2.4 Дорн для процесу дорнування.

## 2.2 Моделювання процесу дорнування у програмному комплексі Deform 3D

Технологія виготовлення підствольного гранатомету є інформацією з обмеженим доступом. Тому відомі лиш мінімальні розміри заготовки для отримання напівфабрикату з нарізами. Для дипломної роботи будуть використовуватись саме вони.

Заготовка являє собою трубу (рис.2.5) з конструкційної легованої сталі-40Х. Виходячи з геометрії гранатомету мінімальні розміри заготовки:

- внутрішній діаметр ( $d_{\text{вн}}$ ) = 40 мм;
- зовнішній діаметр ( $d_{\text{зов}}$ ) = 60 мм;
- довжина ( $l$ ) = 120 мм , але довжину приймаємо 122 мм, по 1 мм (припуск на обрізку кромки) на кожну сторону.



Рис.2.5 Заготовка для процесу дорнування.

Для моделювання у середовищі Deform були задані такі параметри [39]:

- матеріал: аналогом сталі 40Х у Deform є AISI – 5135H;
- тип матеріалу: пластичний та пружно – пластичний;
- коефіцієнт тертя:  $\mu=0,1$  (за Кулоном);
- величина швидкості переміщення головного інструменту (дорна):  
 $V_0=2$  мм/сек.

Для дослідження заповнення моделювання ведемо без обертання, дорном з прямими нарізами, але відповідного профілю.

Також з метою скорочення часу моделювання проводиться не на всю довжину заготовки, тому що довжина не впливає на зусилля та заповнювання робочого профілю.

Схему дорнування в початковому та в кінцевому положенні можна побачити на рис.2.6 (в розрізі).

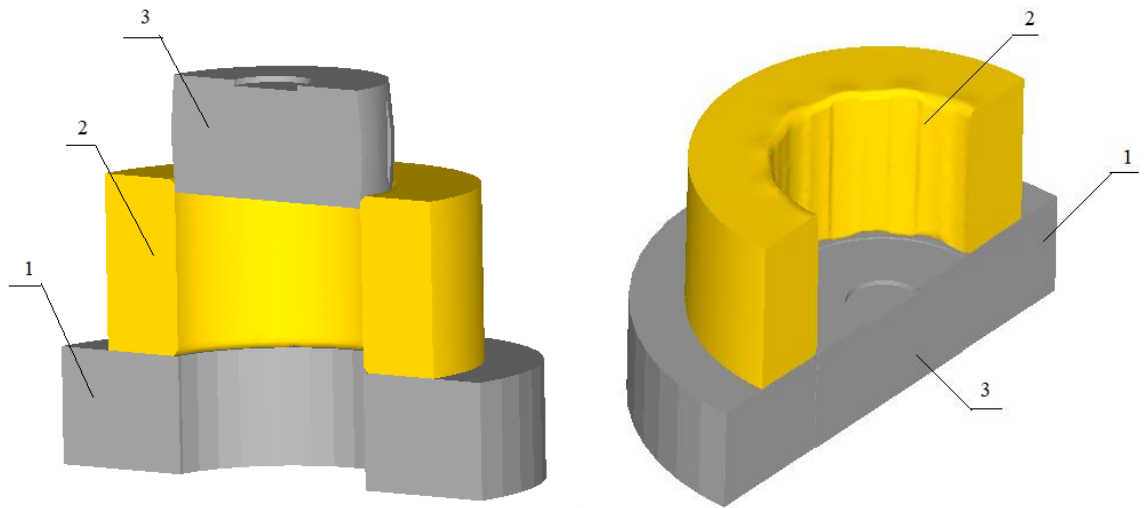


Рис.2.6 Схема дорнування внутрішнього профілю:  
 а – початкове положення; б - кінцеве положення  
 1 – опора; 2 – заготовка; 3 – дорн.

Для оцінки якості заповнення робочого профілю при моделюванні у програмі скінченних елементів потрібно ущільнювати сітку (рис.2.9) у місці деформування, тому що без ущільнення (рис.2.7) профілі утворюються не якісно, як видно з рис.2.8.

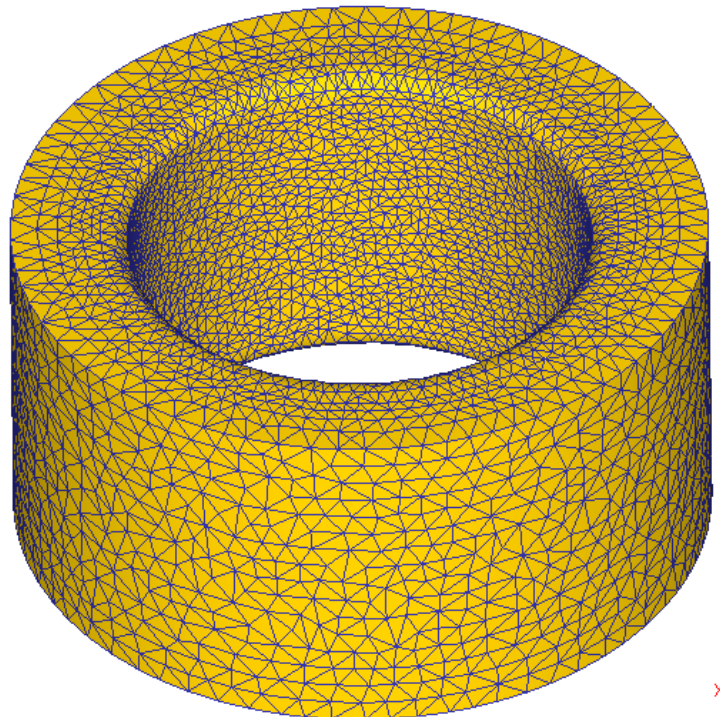


Рис.2.7 Будова сітки скінченних елементів.



Рис.2.8 Результати утворення профілю без ущільнення сітки скінченних елементів.

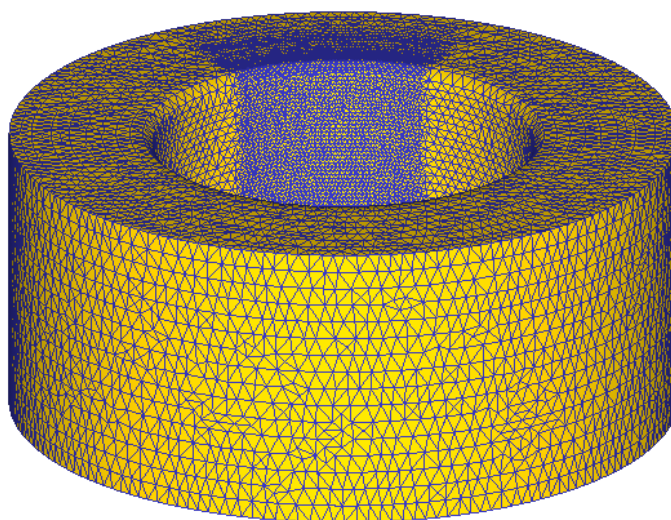


Рис.2.9 Будова ущільненої сітки скінченних елементів.

Ущільнювання сітки відбувається локально, що дозволяє отримати якісну картину утворення профілю (рис.2.10) при невеликому збільшенні часу моделювання.

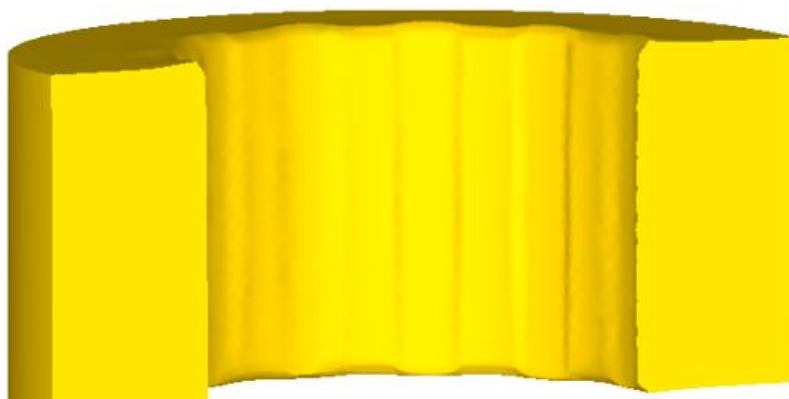


Рис.2.10 Результати утворення профілю з сіткою скінченних елементів.

Вихідними розмірами для моделювання у програмному комплексі Deform 3D беремо  $d_{BH} = 40$  мм,  $d_{зОВ} = 60$  мм.

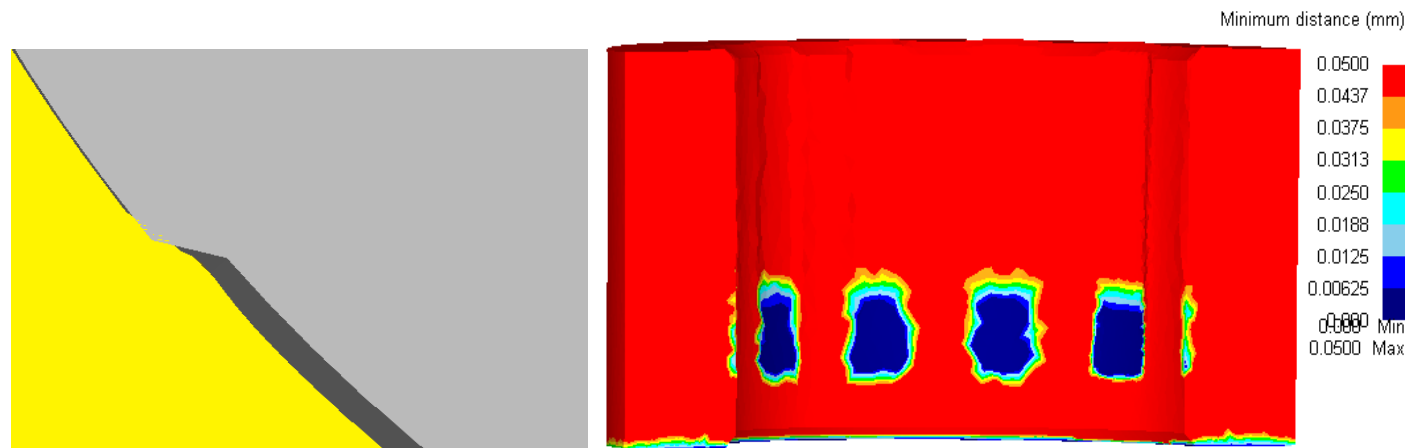


Рис.2.11 Заповнення профілю при пластичній постановці задачі з  $d_{BH} = 40$  мм,  $d_{зОВ} = 60$  мм.

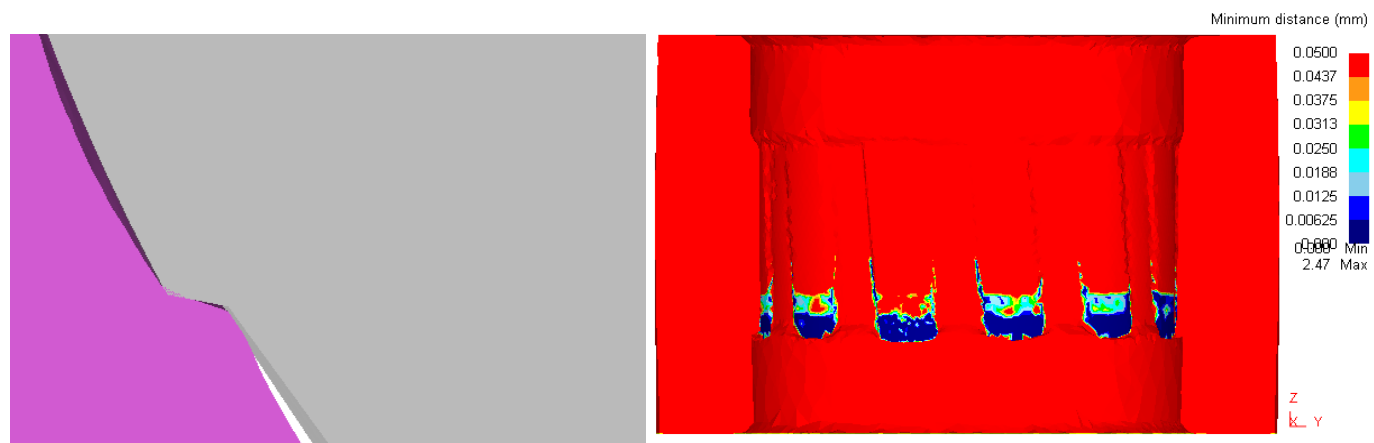


Рис.2.12 Заповнювання профілю при пружньо-пластичній постановці задачі з  $d_{BH} = 40$  мм,  $d_{зОВ} = 60$  мм;

Як можна побачити з рис.2.11 та рис.2.12 заповнювання профілю не відбувається при таких діаметрах  $d_{вн} = 40$  мм,  $d_{зов} = 60$  мм і пластичній постановці задачі, при пружньо – пластичній задачі картина заповнювання профілю трохи краща.

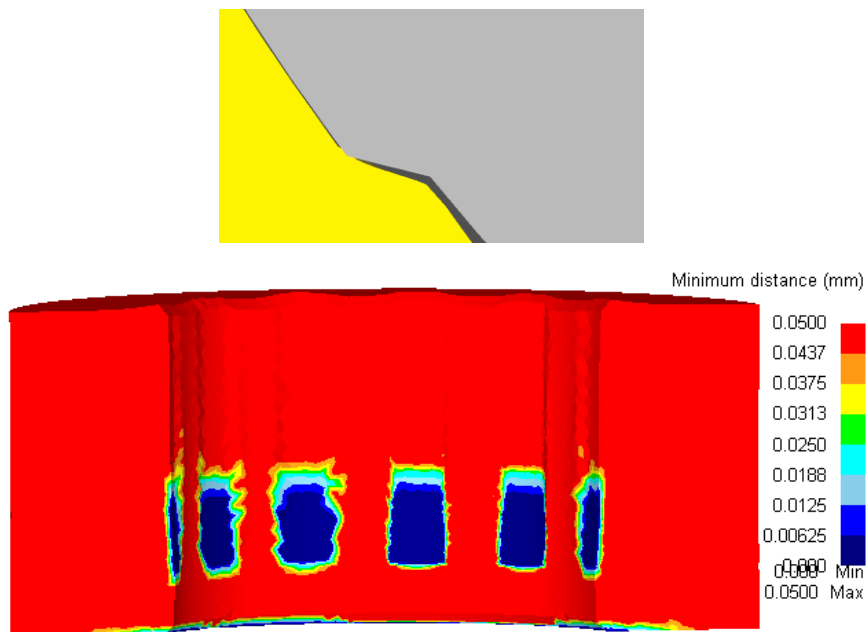


Рис.2.13 Заповнення профілю при пластичній постановці задачі з  $d_{вн} = 40$  мм,  $d_{зов} = 70$  мм.

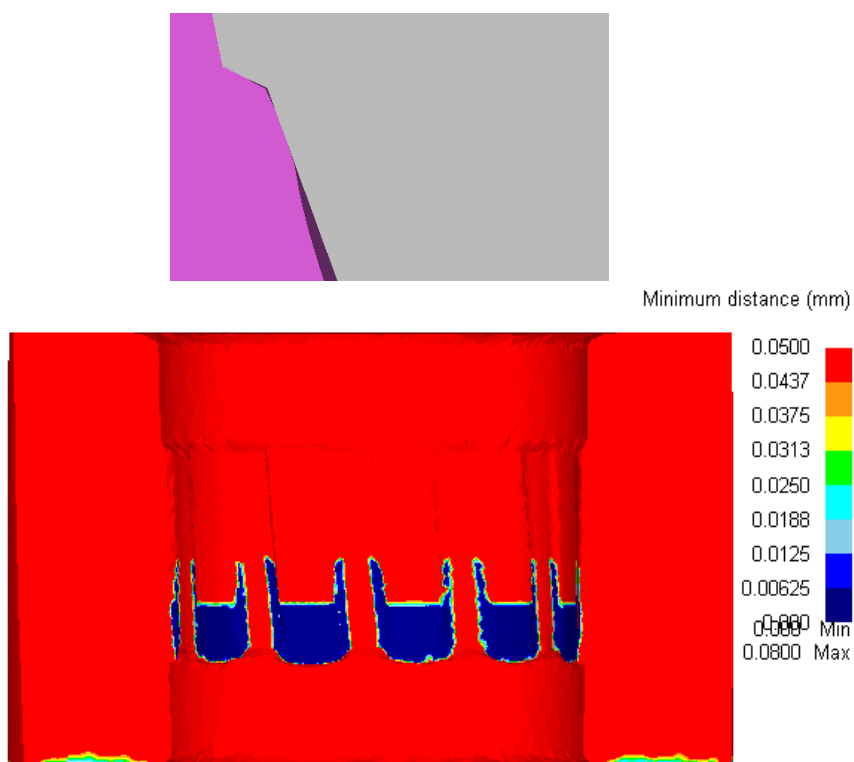


Рис.2.14 Заповнювання профілю при пружньо-пластичній постановці задачі з  $d_{вн} = 40$  мм,  $d_{зов} = 70$

Зі збільшенням зовнішнього діаметру на 10 мм (рис.2.13, 2.14), особливої зміни заповнюваності профілю не відбулось, тому необхідно продовжувати збільшувати зовнішній діаметр.

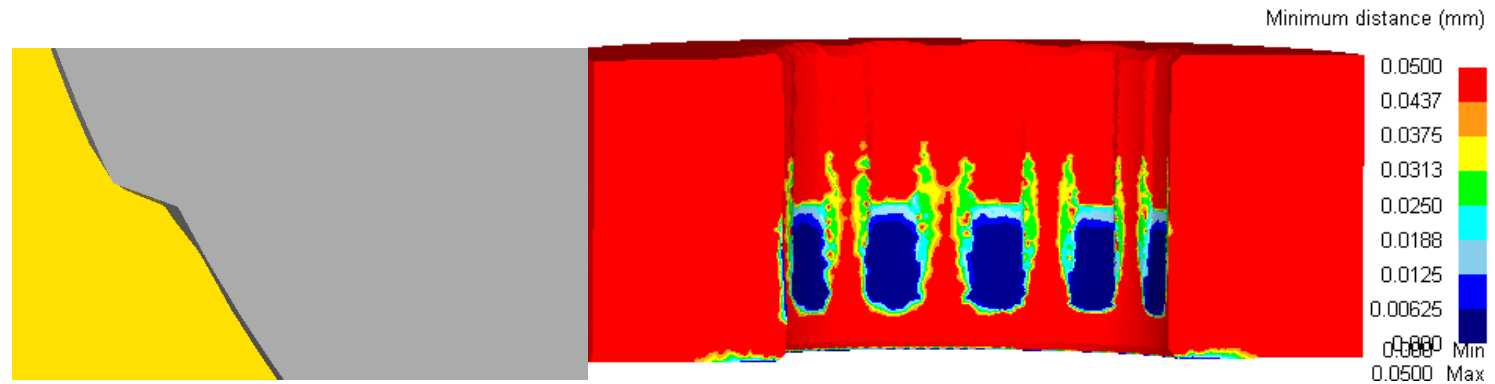


Рис.2.15 Заповнення профілю при пластичній постановці задачі з  $d_{\text{вн}} = 40$  мм,  $d_{\text{зов}} = 80$  мм.

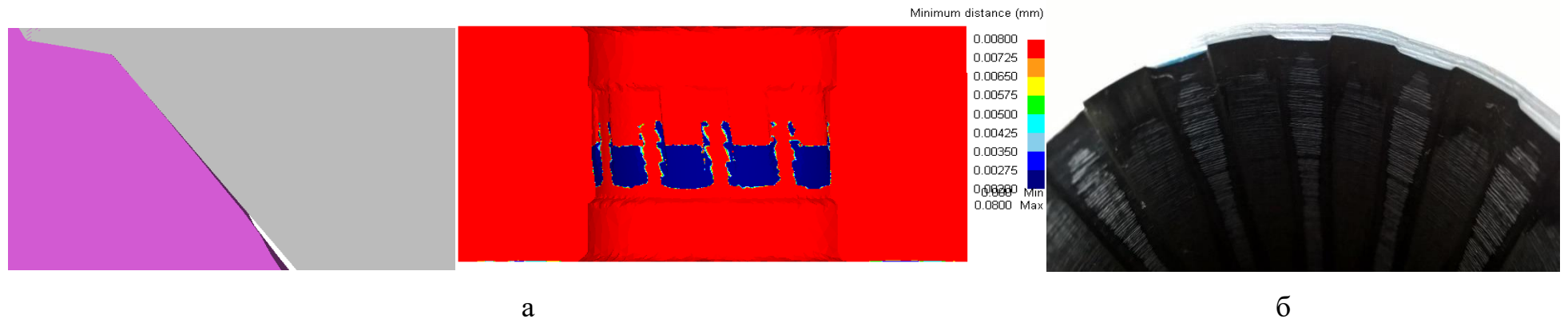


Рис.2.16:  
а – заповнювання профілю при пружньо-пластичній постановці задачі з  $d_{\text{вн}} = 40$  мм,  $d_{\text{зов}} = 80$  м;  
б – фото заповнювання профілю.

При  $d_{\text{зов}} = 80$  мм заповнення профілю вже краще, але спробуємо при цьому зовнішньому діаметрі, зменшити внутрішній. Промодельюємо з  $d_{\text{вн}} = 39,6$  мм та  $d_{\text{вн}} = 39,8$  мм.

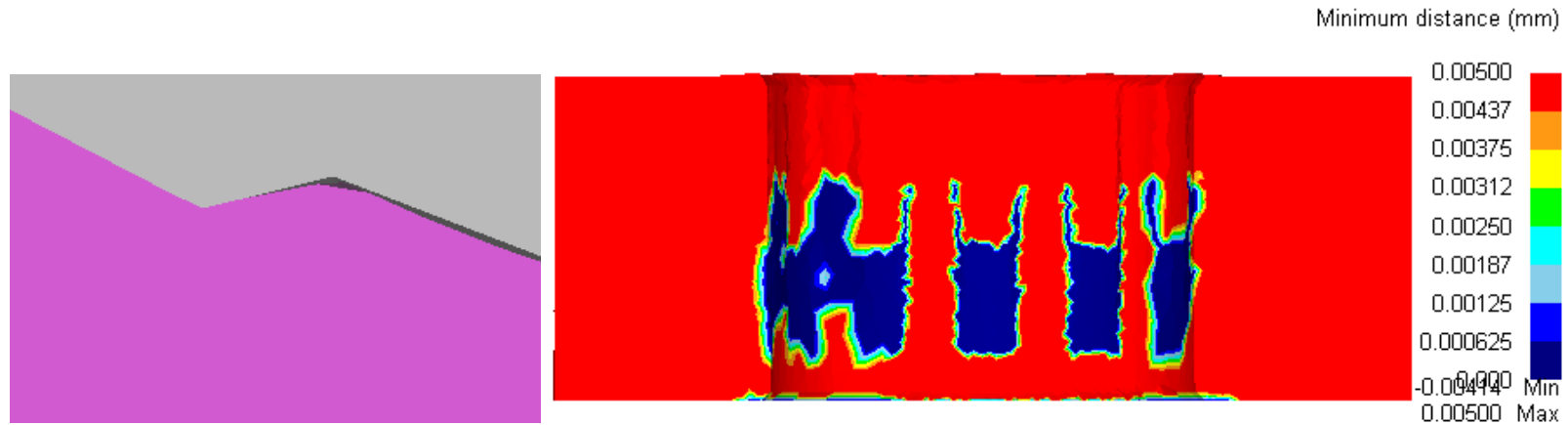


Рис.2.17 Заповнювання профілю при пружньо-пластичній постановці задачі з  $d_{\text{вн}} = 39,6$  мм,  $d_{\text{зов}} = 80$  мм.

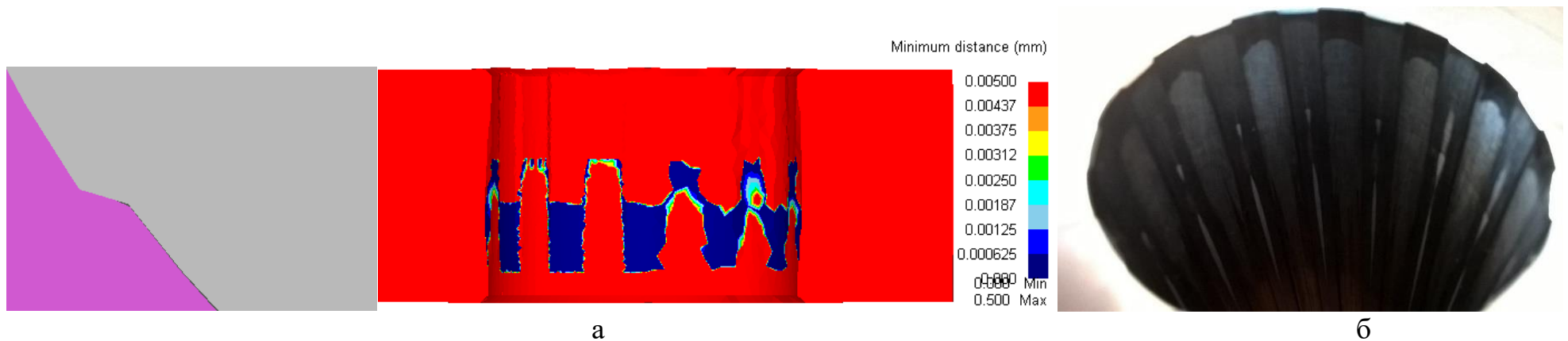


Рис.2.18:

а – заповнювання профілю при пружньо-пластичній постановці задачі з  $d_{\text{вн}} = 39,8$  мм,  $d_{\text{зов}} = 80$  мм;  
 б – фото заповнювання профілю.

За результатами моделювання тільки пружньо-пластичне моделювання відповідає реальним результатам.

Розглянемо процес моделювання гвинтових нарізів. Для обертання у Deform задамо такі параметри:

- матеріал: AISI – 5135H;
- тип матеріалу: пружньо – пластичний;
- коефіцієнт тертя: між заготовкою та опорою- $\mu=0,001$  (за Кулоном);
- величина швидкості переміщення головного інструменту (дорна):

$$V_0 = 2 \text{ мм/сек.}$$

Малий коефіцієнт тертя заданий між заготовкою і опорою симулює обертання опори, тому нарізи автоматично утворюються (як на кулі при пострілі). Ця особливість буде використовуватися при проектуванні оснащення. Профіль утворення готових гвинтових нарізів можна побачити на рис.2.19.



Рис.2.19 Результати утворення профілю гвинтових нарізів

Для оцінки ймовірності руйнування, використовується критерій Normalized Cockcroft-Latham.

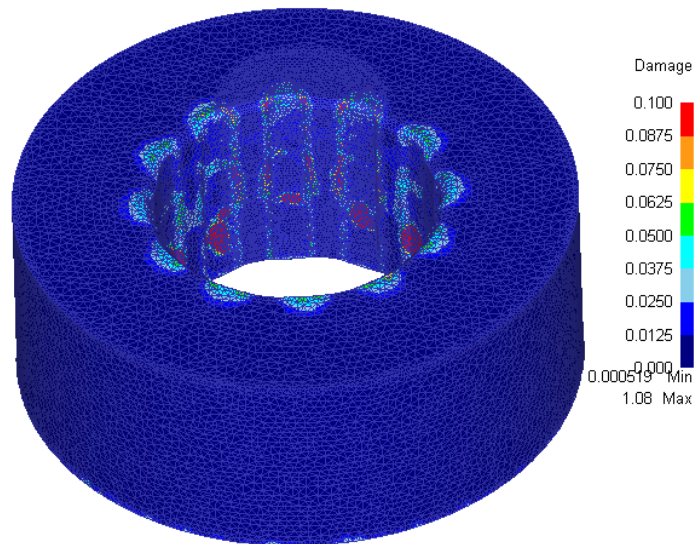
Критерій Cockcroft-Latham ґрунтується на значенні енергії деформації на одиницю об'єму. Нормалізований варіант цього критерію [41]

$$C = \int^{\bar{\epsilon}} \frac{\sigma^*}{\bar{\sigma}} d\bar{\epsilon}, \quad (2.4)$$

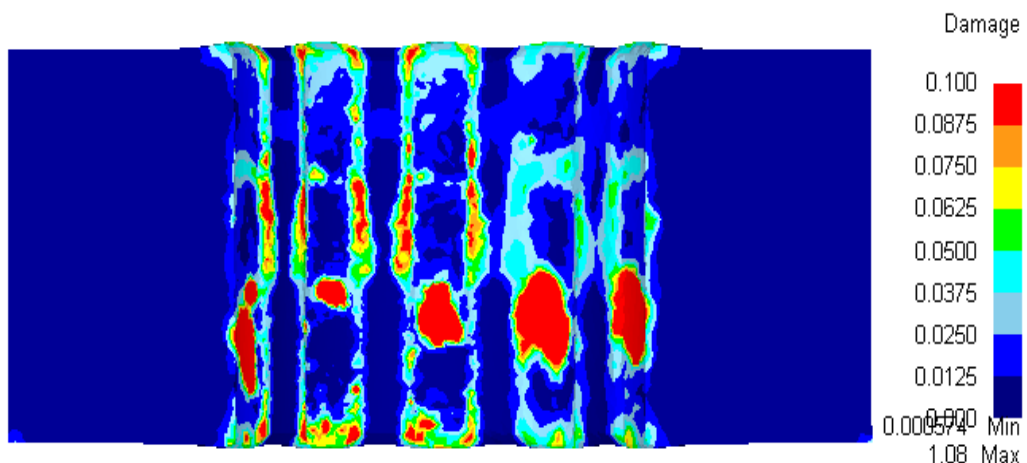
де  $\epsilon$  – накопичена пластична деформація;  $\bar{\epsilon}$ – приріст накопиченої деформації;  $\sigma^*$ - максимальне головне напруження;  $\bar{\sigma}$  – інтенсивність напружень.

Розглянемо критерій руйнування, інтенсивність деформації та зусилля для заготовки  $d_{\text{вн}}=40$  мм;  $d_{\text{зов}}=80$  мм.

В тих місцях де сітка крупна можна спостерігати спотворення результату, а в місці де ущільнена (дрібна) дозволяє розглянути нюанси деформування.



а)



б)

Рис.2.20 Розподіл граничних значень критерію руйнування при дорнуванні:

а – в аксонометрії з ущільненою сіткою; б – у розрізі.

Процес буде протікати без руйнування, якщо фактичне значення критерію не буде перевищувати граничне. Для різних процесів граничне значення критерію руйнування Normalized Cockroft-Lathman знаходяться в межах 0,1...0,5 [42]. При процесі дорнування граничне значення критерію знаходиться в межах 0,5...0,6, фактичне значення становить – 0,089, тобто реальний процес буде протікати без руйнування матеріалу заготовки. Якщо фактичне значення відповідного критерію буде перевищувати зазначену величину, ймовірність руйнування різко зростає [41].

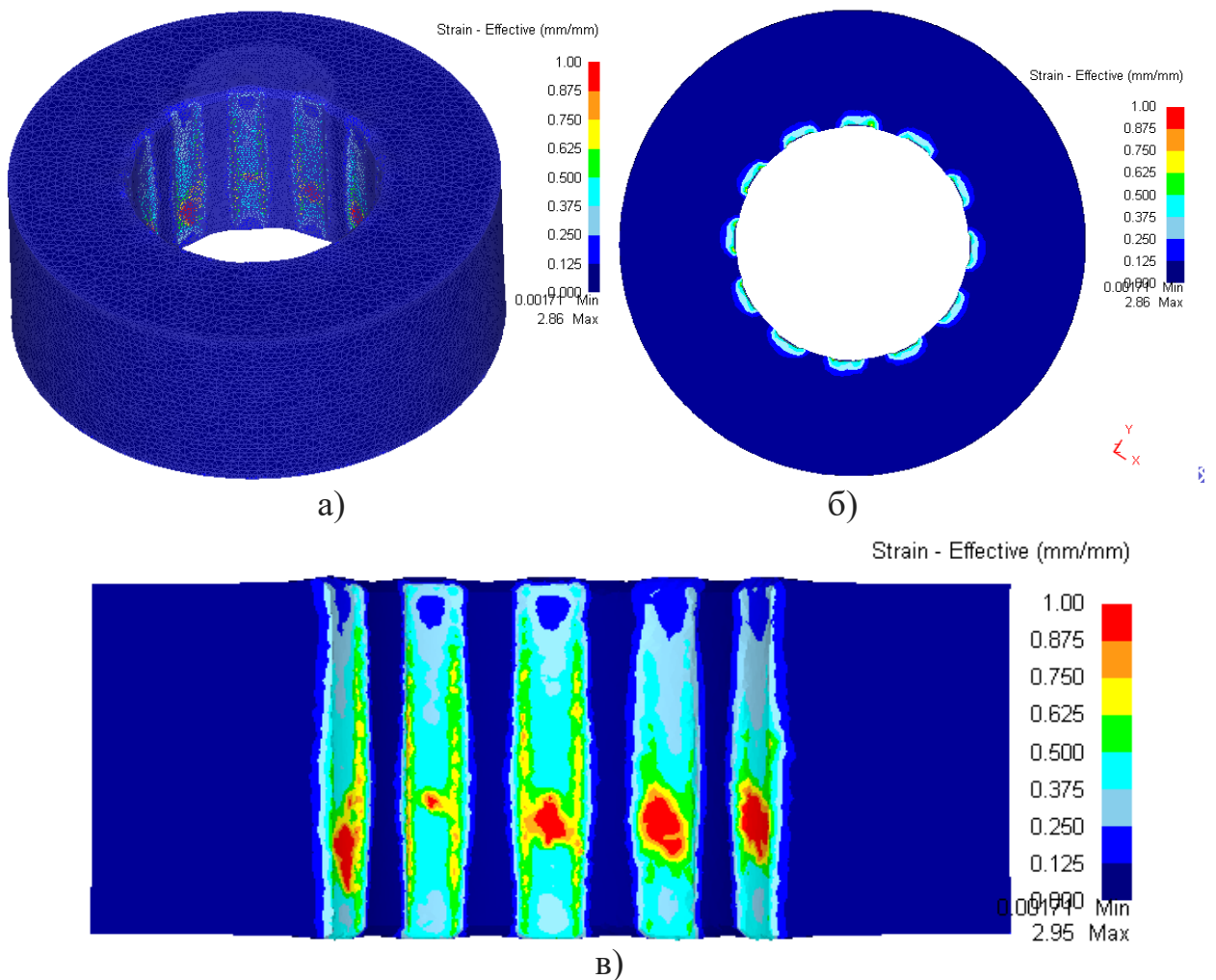


Рис.2.21 Інтенсивність деформації  $\varepsilon_1$  при дорнуванні:  
 а – в аксонометрії з ущільненою сіткою;  
 б – поперечний розріз; в – у розрізі.

За результатами моделювання інтенсивність деформації по гранях становить  $\varepsilon_1=0,38$ .

Максимальне технологічне зусилля дорнування зображено на рис.2.22.

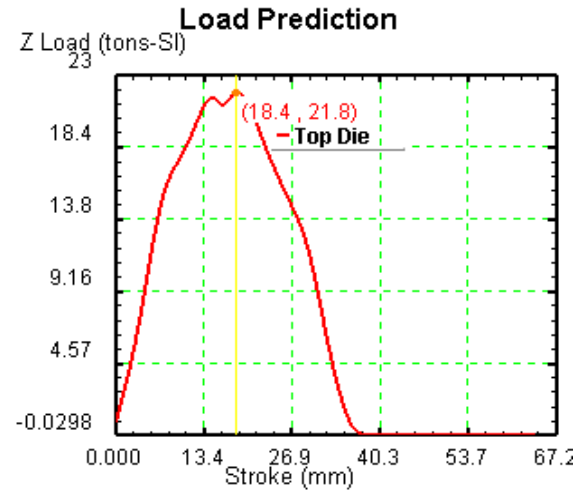


Рис.2.22 Графік залежності зусилля дорнування від переміщення робочого інструмента.

Зусилля становить  $P = 213,8$  кН

Розглянемо критерій руйнування для заготовки  $d_{\text{ВН}} = 39,8$  мм;  $d_{\text{ЗОВ}} = 80$  мм.

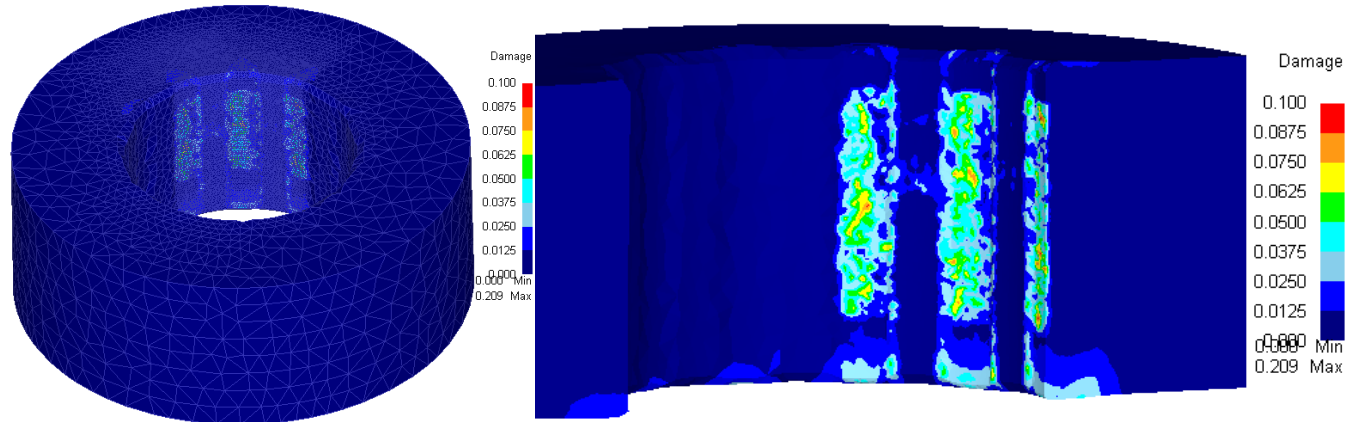


Рис.2.23 Розподіл граничних значень критерію руйнування при дорнуванні:  
а – в аксонометрії з ущільненою сіткою; б – у розрізі

На рис 2.24 зображена інтенсивність деформації.

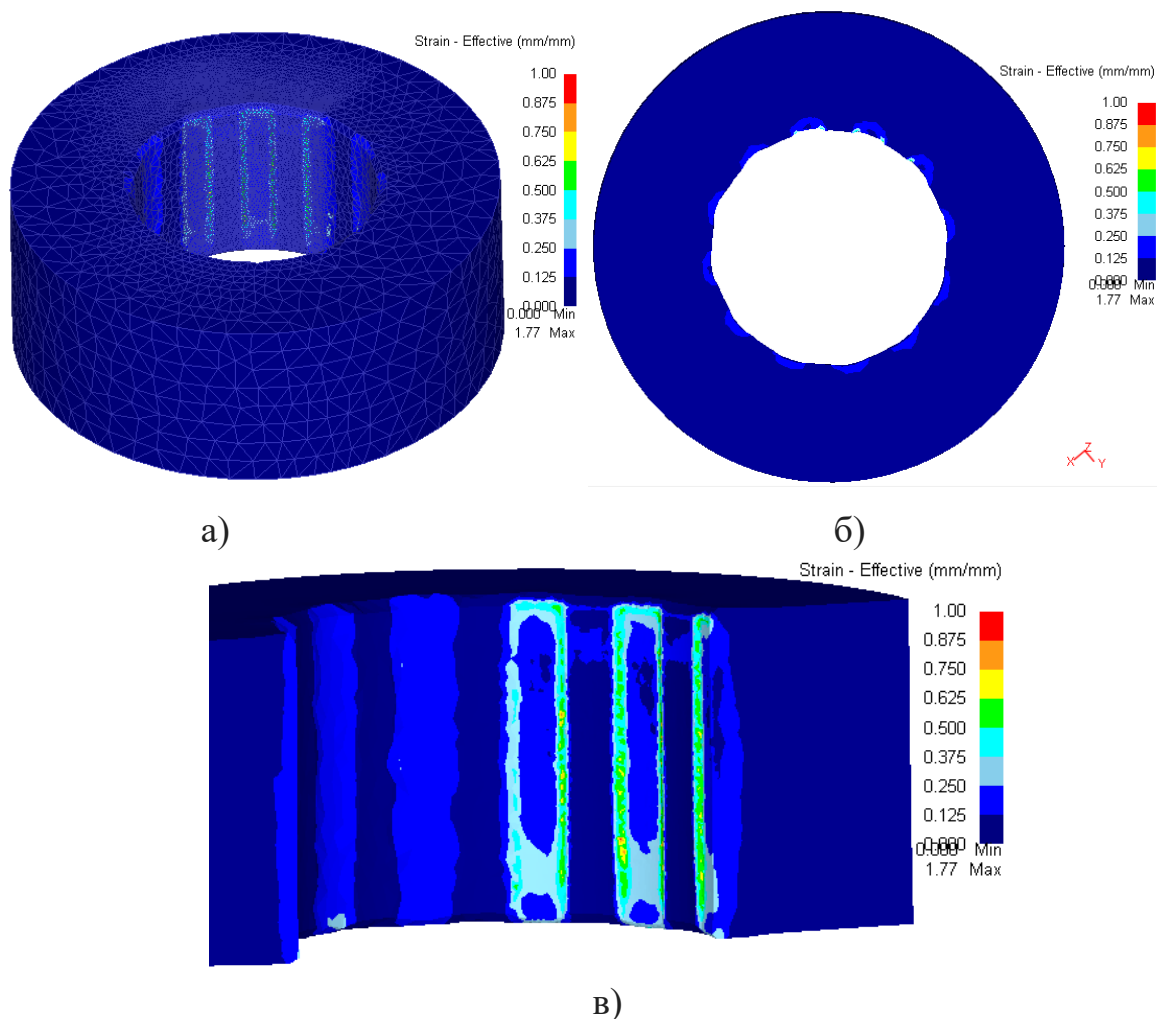


Рис.2.24 Інтенсивність деформації  $\varepsilon_1$  при дорнуванні:  
 а – в аксонометрії з ущільненою сіткою; б – поперечний розріз;  
 в – у розрізі.

Виходячи з рис.2.24 можна сказати що  $\varepsilon_1=0,3$ , але в деяких місцях по  
 гранях  $\varepsilon_1=0,79$

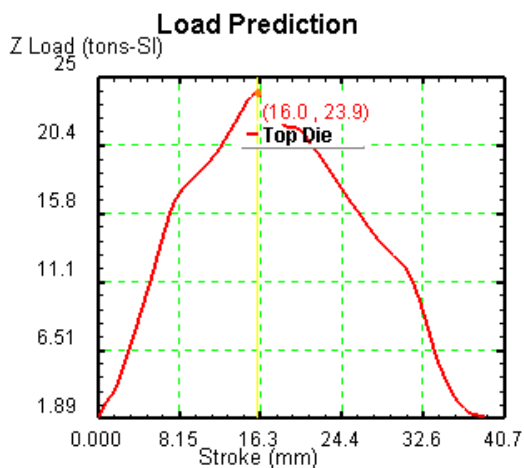


Рис.2.25 Графік залежності зусилля дорнування від переміщення робочого  
 інструмента.

Як видно з рис.2.23 критерій руйнування дорівнює 0,078, це значення є допустимим і реальний процес буде протікати без руйнування.

За результатами моделювання зусилля дорнування  $P = 234,4$  кН, що є незначним збільшенням від моделювання заготовки  $d_{\text{вн}}=40$  мм;  $d_{\text{зов}}=80$  мм.

Використання заготовки  $d_{\text{зов}}=80$  мм суттєво знижує коефіцієнт використання матеріалу. З точки зору коефіцієнта використання оптимальним є діаметр -  $d_{\text{зов}}=60$  мм, але за схемою вільного дорнування нарізи не утворюються, тому для заготовки  $d_{\text{зов}}=60$  мм необхідно змінити схему дорнування. Виконаємо моделювання з використанням гладкої обойми (рис.2.26) та обойми з компенсаторами, щоб перевірити де найкраще утворюються нарізи. Розглянемо критерій руйнування, інтенсивність деформації та зусилля дорнування.

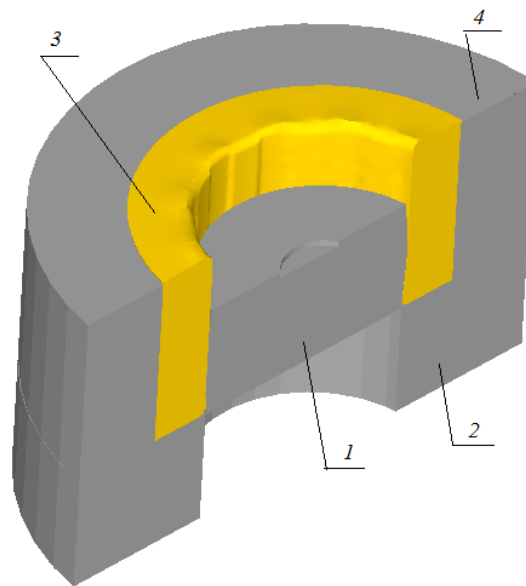


Рис.2.26 Схема дорнування з використанням гладкої обойми:  
1 – дорн; 2 – опора; 3 – заготовка; 4 – обойма.

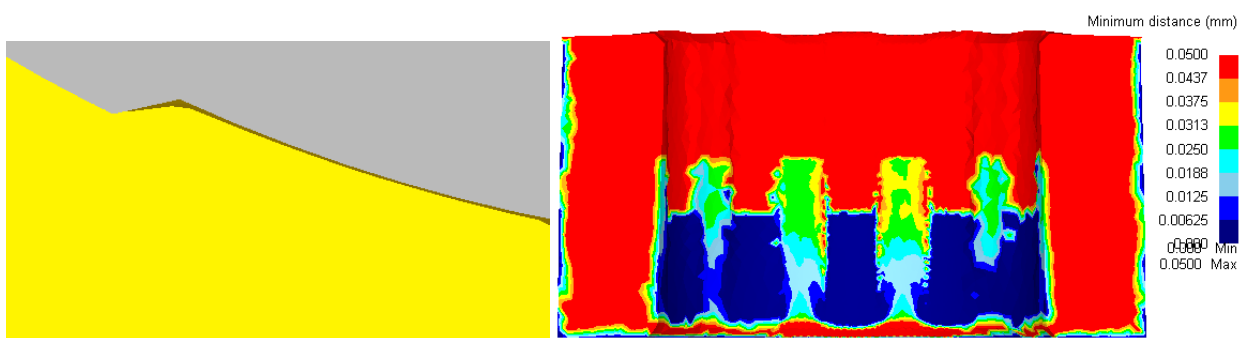


Рис.2.27 Заповнювання профілю при моделюванні з використанням гладкої обойми

Коли моделювання проводиться в гладкій обоймі метал тече вгору, що не є припустимим при отриманні гвинтових нарізів. При цій схемі дорнування профіль буде пошкоджуватись (рис.2.27.)

Розподіл граничних значень критерію руйнування представлений на рис.2.28.

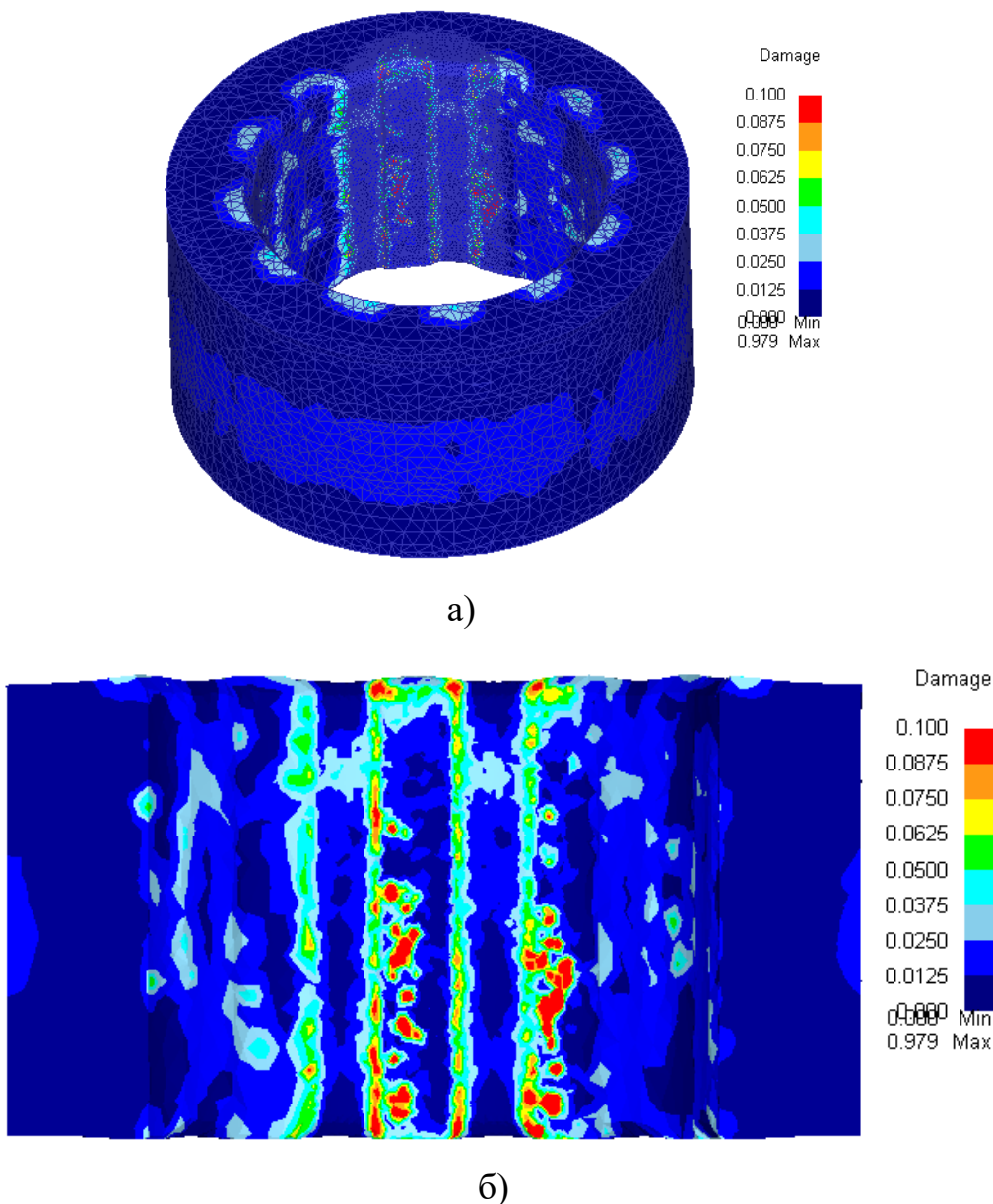


Рис.2.28 Розподіл граничних значень критерію руйнування при дорнуванні з використанням гладкої обойми:  
а – в аксонометрії з ущільненою сіткою; б – у розрізі.

За результатами моделювання можна зробити висновок, що критерій руйнування дорівнює 0,097. Це значення входить в діапазон граничних значень, отже дорнування буде проходити без руйнування.

На рис.2.29 представлена інтенсивність деформації

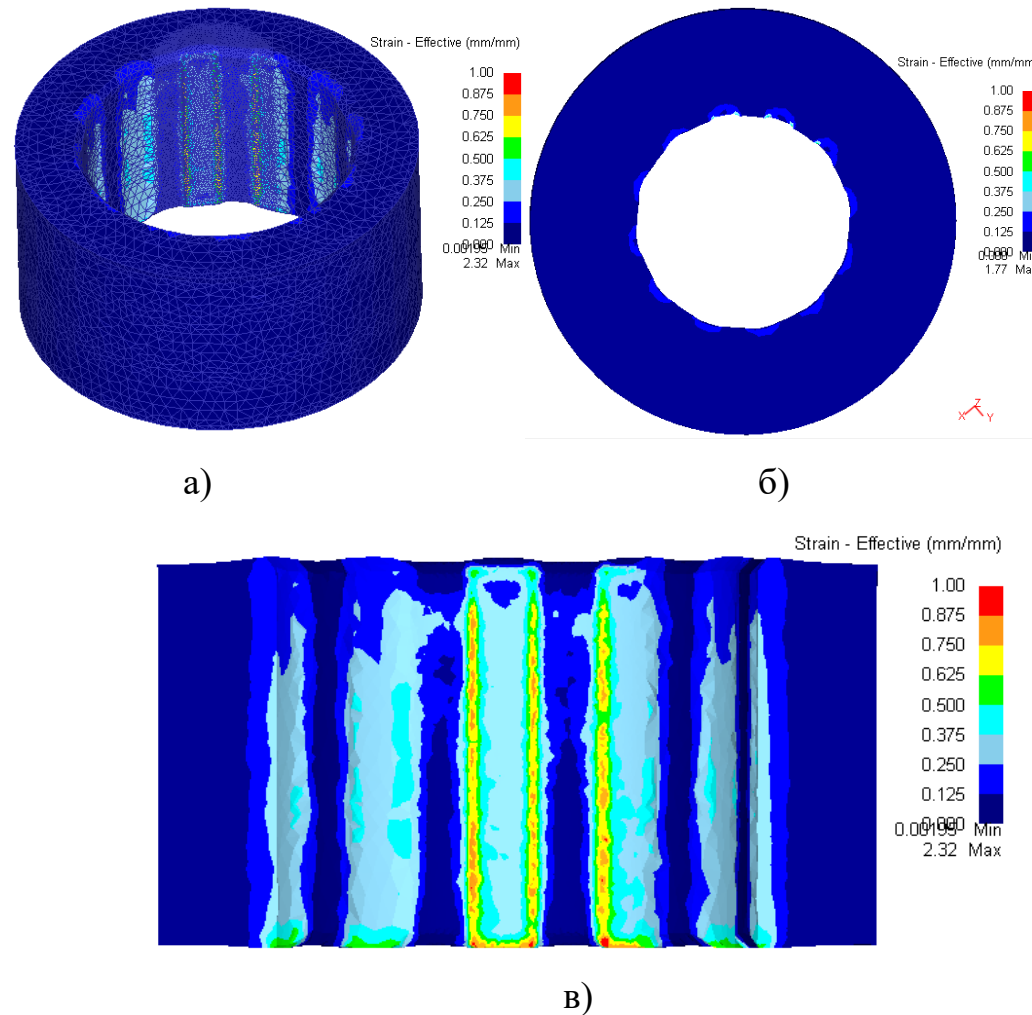


Рис.2.29 Інтенсивність деформації  $\epsilon_1$  при дорнуванні з використанням гладкої обойми:  
а – в аксонометрії з ущільненою сіткою; б – поперечний розріз; в – у розрізі.

Як можна помітити ступінь деформації по граням коливається від 0,59 до 0,86.

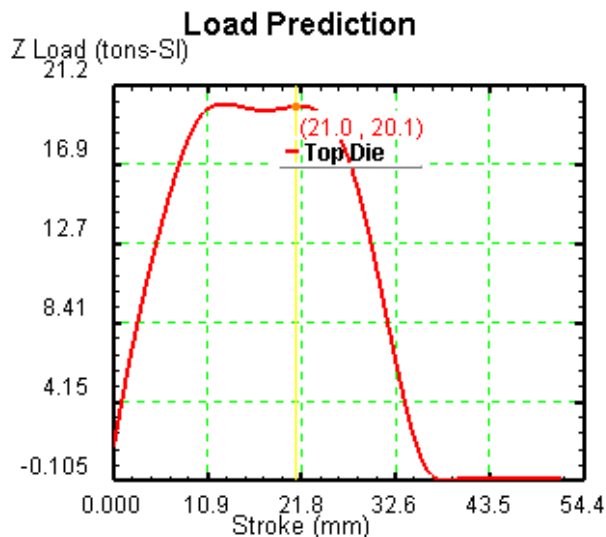


Рис.2.30 Графік залежності зусилля дорнування від переміщення робочого інструмента.

Зусилля дорнування в обоймі склало  $P = 205,9$  кН.

Схема дорнування при використанні обойми з компенсаторами представлена на рис.2.31. Заповнювання профілю при використанні обойми з компенсаторами показано на (рис.2.33). При даній схемі дорнування метал тече в компенсатори обойми (рис.2.34), довжина заготовки не збільшується, а заповнення профілю відбувається краще, ніж при використанні гладкої обойми. Для полегшення витягування напівфабрикату таку обойму краще робити роз'ємною. Розміри компенсаторів та їх кількість потребує додаткових досліджень. Принципова схема дорнування в обоймі з компенсаторами можна побачити на рис.2.32.

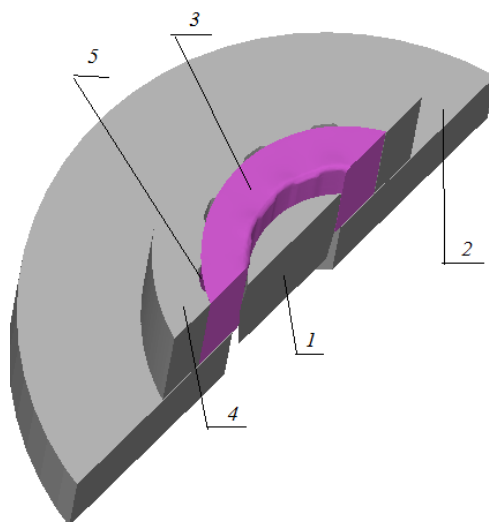


Рис.2.31 Схема дорнування при використанні обойми з компенсаторами :  
1 – дорн; 2 – опора; 3 – заготовка; 4 – обойма; 5 – компенсатори.

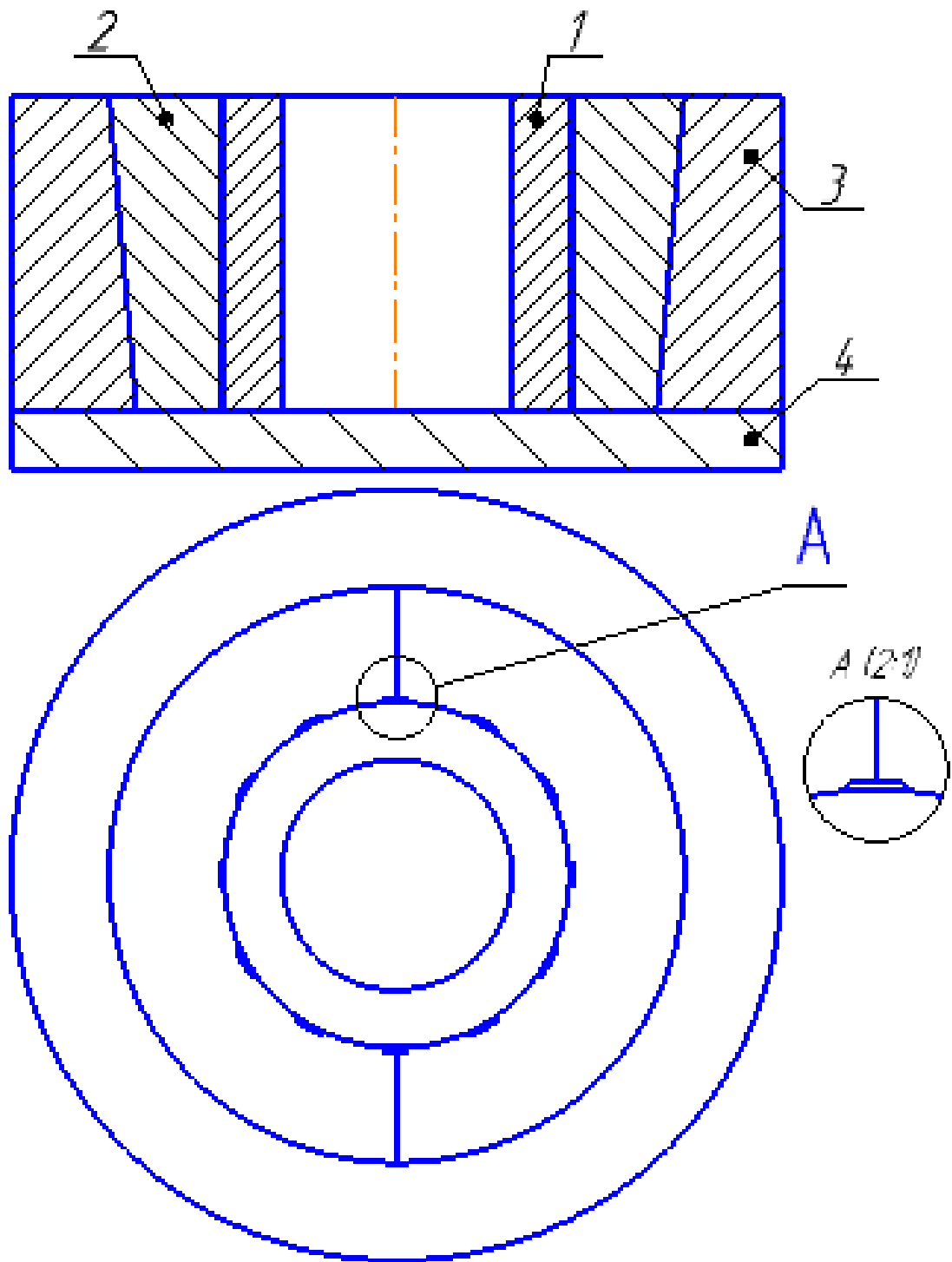


Рис.2.32 Принципова схема дорнування в обоймі з компенсаторами:  
 1 – заготовка; 2 – роз’ємна обойма з компенсаторами; 3 – корпус;  
 4 – опора.

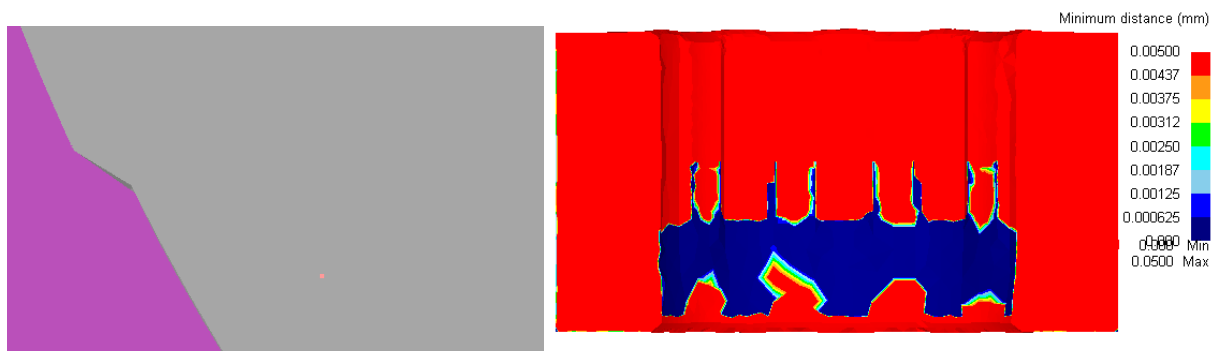


Рис.2.33 Заповнювання профілю при використанні обойми з компенсаторами.

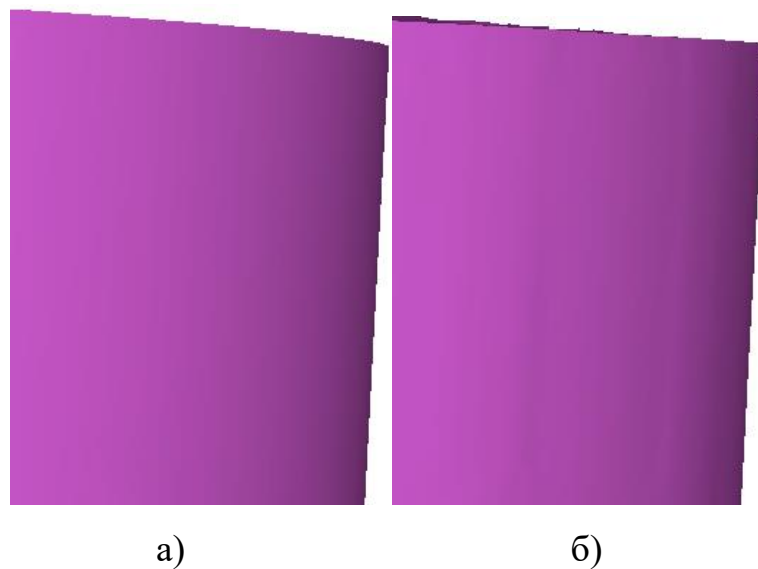


Рис.2.34 Схема заповнення компенсаторів:  
а – до початку моделювання; б – після моделювання.

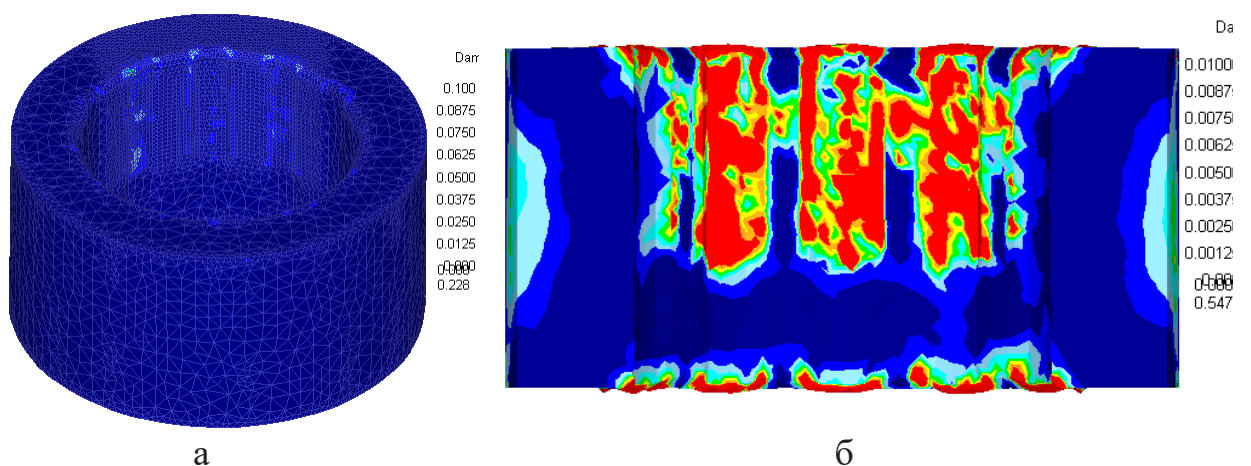


Рис.2.35 Розподіл граничних значень критерію руйнування при дорнуванні з використанням обойми з компенсаторами:  
а – в аксонометрії з ущільненою сіткою; б – у розрізі.

Критерій руйнування (рис.2.34) не перевищує допустимого та дорівнює 0,1.

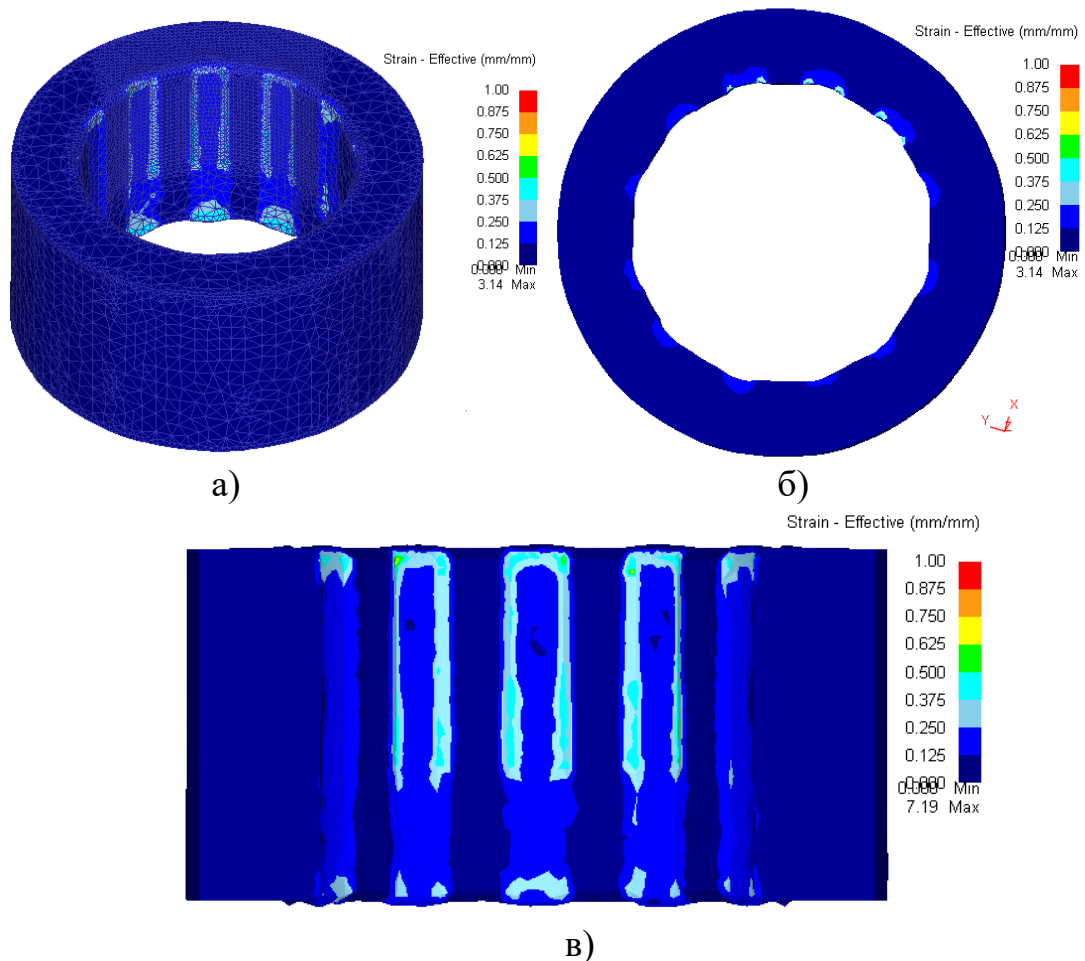


Рис.2.36 Інтенсивність деформації  $\epsilon_1$  при дорнуванні з використанням обойми з компенсаторами: а – в аксонометрії з ущільненою сіткою; б – поперечний розріз; в – у розрізі.

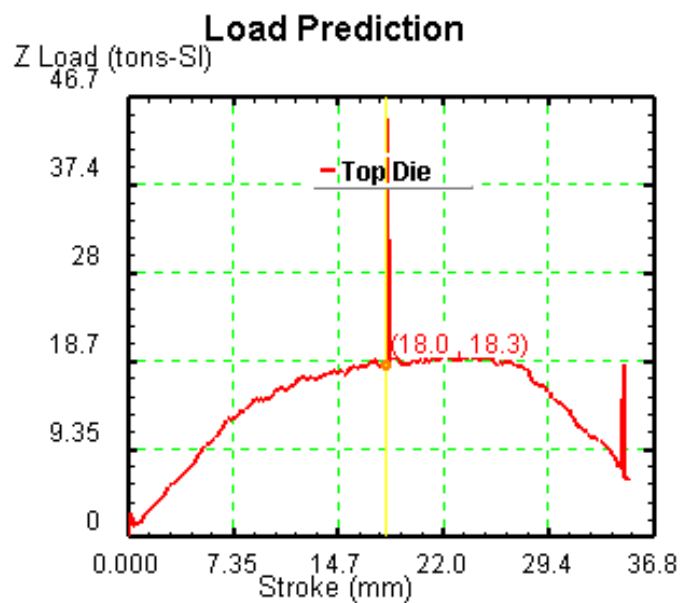


Рис.2.37 Графік залежності зусилля дорнування від переміщення робочого інструмента.

За результатами моделювання інтенсивність деформації від  $\varepsilon_1=0,28$  до  $\varepsilon_1=0,38$ , а максимальне зусилля становить  $P=179,5$  кН.

Питомі напруження на інструменті досягають 2400 МПа. При такому тиску необхідне використання спеціальних мастил (сурепне, рицинове масла), також бажано підготувати поверхню заготовки перед нанесенням мастила тобто застосування фосфатування. Фосфатування – це обробка металу спеціальними засобами на основі фосфорнокислих солей, у результаті чого з'являється захисна плівка.

Питомі напруження є близькими до критичних напружень для інструментальних сталей Х12Ф, ШХ15, РШ6М5 з твердістю від 56 до 58 НРС, тому дорн краще виготовляти з твердих сплавів таких як - ВК8, ВК10, ВК15 вони мають високу твердість – 87 ... 92 НРА.

### **2.3 Вибір способу виготовлення вихідної заготовки**

В якості вихідної заготовки може використовуватись пруток або труба. Проте для заготовки 80x40 необхідного сортаменту труби не має, тому може використовуватись лише пруток (рис.2.38) (або спеціально виготовлена труба, що є дорогою) для напівфабриката 60x40 може бути використані і пруток, і труба (рис.39)



Рис.2.38 Заготовка – пруток зі сталі 40Х.



Рис.2.39 Заготовка – труба зі сталі 40Х.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу спочатку для прутка, потім для трубчастої заготовки. Визначення коефіцієнту використання матеріалу дозволяє оцінити, чи є випуск продукції ефективним і раціональним.

Пруток беремо такими розмірами:  $L = 122\text{мм}$ ;  $d = 80\text{мм}$  та  $L = 122\text{мм}$ ;  $d = 60\text{мм}$ . Для того щоб знайти коефіцієнт використання матеріалу треба спочатку знайти площу, об'єм, масу прутка.

З формули 2.4 знайдемо площу прутка:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (2.4)$$

де  $S$  – площа прутка;  $D$  – діаметр прутка.

$$S = \frac{3.14 \cdot 80^2}{4} = 5027 \text{ мм}^2.$$

Об'єм прутка дізнаємося з формули 2.5:

$$V = S \cdot L, \quad (2.5)$$

де  $V$  – об'єм прутка;  $L$  – довжина прутка.

$$V = 5027 \cdot 122 = 0,000613\text{м}^3.$$

Щільність становить:  $\rho = 7850\text{кг/м}^3$

По формулі 2.6 знайдемо масу прутка:

$$M = \rho \cdot V, \quad (2.6)$$

$$M = 7850 \cdot 0,000613 = 4,8 \text{ кг} = 4813,92 \text{ г}.$$

Маса готового виробу приблизно дорівнює – 438 г.

Коефіцієнт використання визначається по формулі 2.7:

$$K_B = \frac{M_D}{M} \cdot 100\%, \quad (2.7)$$

де  $K_B$  – коефіцієнт використання матеріалу;  $M_D$  – маса готового виробу (деталі).

$$K_B = \frac{438}{4813,92} \cdot 100\% = 9 \%$$

Знайдемо коефіцієнт використання для прутка  $L = 122\text{мм}$ ;  $d = 60\text{мм}$ .

$$S = \frac{3.14 \cdot 60^2}{4} = 2827 \text{ мм}^2;$$

$$V = 2827 \cdot 122 = 0,000345 \text{ м}^3;$$

$$M = 7850 \cdot 0,000345 = 2,7 \text{ кг} = 2708,25 \text{ г};$$

$$K_B = \frac{438}{2708,25} \cdot 100\% = 16 \text{ \%}.$$

Для труби  $d_{\text{зов}}=60$  теж немає потрібного типорозміру але є труба 68x14 Ст 40Х, ГОСТ 8732-78, але її можна використовувати після того, як виконати операцію пресування. Відбувається зміцнення матеріалу, але при необхідності можливо зробити відпал.

Відпал, це процес термічної обробки, при якому заготовку нагрівають до певної температури, і витримують її протягом установленого часу, для додання заготовці деяких властивостей. В основному його використовують для зниження твердості, що б збільшити пластичність заготовки і полегшить подальшу обробку. Сутність процесу пресування (рис.2.40) полягає в тому, що метал поміщений в замкнутий об'єм – контейнер, піддається високому тиску і видавлюється крізь отвір, приймаючи його форму. Саме головне, що при цьому процесі поліпшується структура.

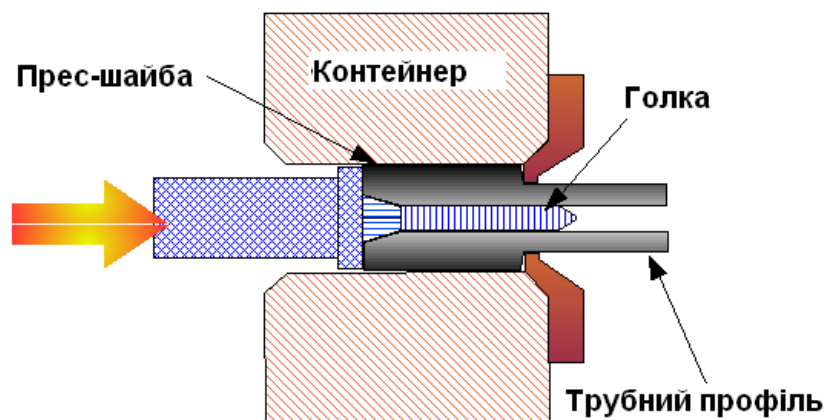


Рис.2.40 Схема пресування трубної заготовки.

Так як значення критерію руйнування не перевищує граничні 0,5...0,6 можна дорнувати без проміжного відпалу.

Спочатку знайдемо ступінь деформації – це відношення різниці між кільцевою площею заготовки до пресування  $S_0$  і кільцевої площі заготовки

після пресування  $S_1$  до кільцевої площі заготовки до пресування  $S_0$  і виражається формулою (2.12):

$$\varepsilon = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \cdot 100\%, \quad (2.7)$$

Знайдемо площу поперечного перерізу трубної заготовки з формули 2.8:

$$S = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2), \quad (2.8)$$

$$S = \frac{3,14}{4}(68^2 - 40^2) = 2375,04 \text{ мм}^2.$$

Площу поперечного перерізу заготовки після пресування знайдемо по формулі 2.9:

$$S = \frac{3,14}{4}(62^2 - 38^2) = 1885 \text{ мм}^2.$$

Ступінь деформації дорівнює:

$$\varepsilon = \frac{2375,04 - 1885}{2375,04} \cdot 100\% = 20,6\%.$$

Ступінь деформації при цьому пресуванні перевищує критичну, яка знаходиться в межах 5 – 10% [43,44], тому при термообробці структура металу не погіршиться.

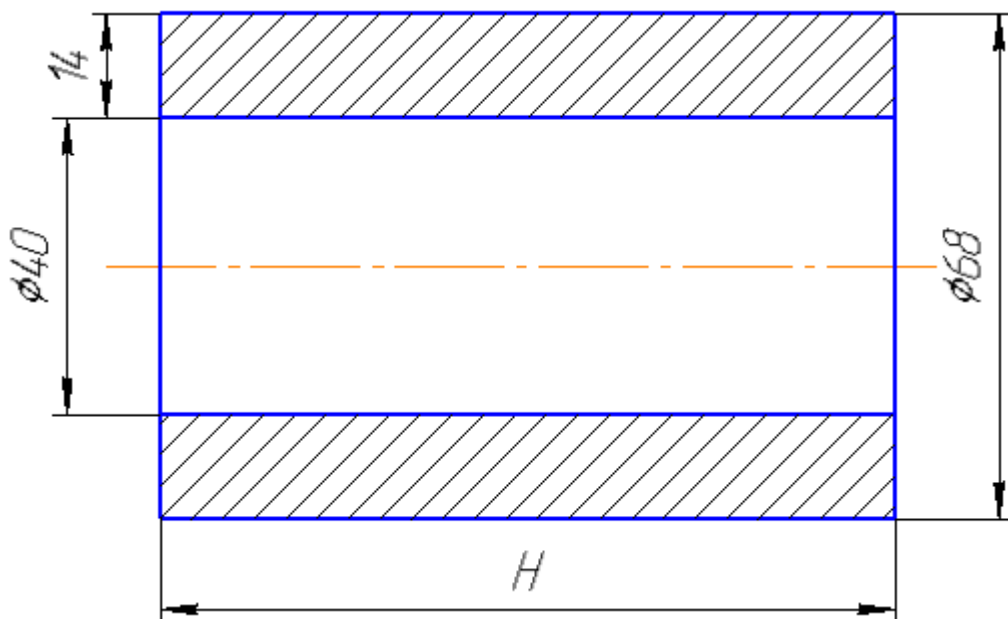


Рис.2.41 Трубна заготовка розмірами 68x14 до пресування

Після пресування розміри стануть такими  $d_{\text{вн}} = 38$  мм;  $d_{\text{зов}} = 62$  мм;  $l = 124$  мм (рис.2.42).

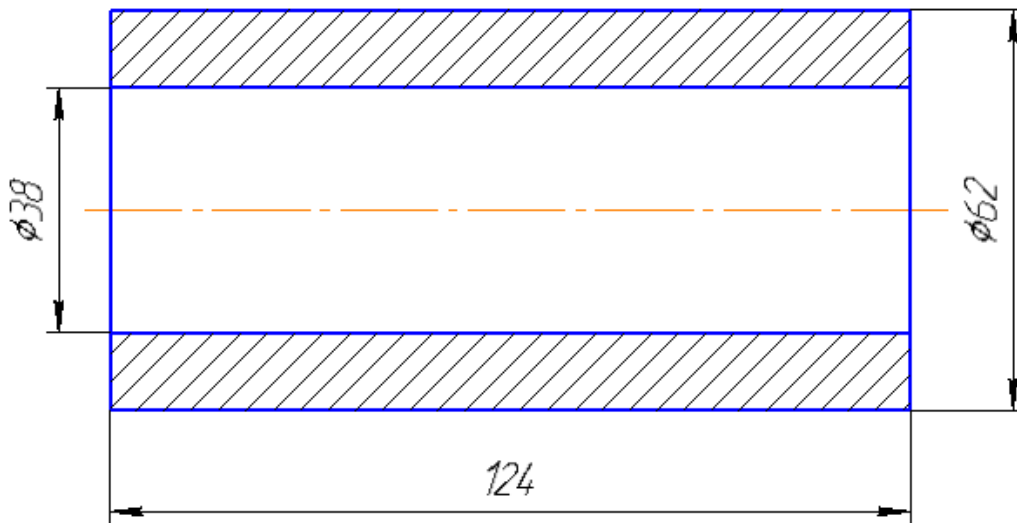


Рис.2.42 Трубна заготовка розмірами  $d_{\text{вн}} = 38$  мм;  $d_{\text{зов}} = 62$  мм;  $H = 124$  мм після пресування.

Висоту заготовки перед пресуванням знайдемо з умови рівності об'ємів (2.8):

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot H - \frac{\pi d^2}{4} \cdot H = \left( \frac{D^2 - d^2}{4} \right) \cdot \pi H, \quad (2.9)$$

$$V_1 = V_2 = \left( \frac{62^2 - 32^2}{4} \right) \cdot 3.14 \cdot 124 = \left( \frac{68^2 - 40^2}{4} \right) \cdot 3.14 \cdot H,$$

$$H = \frac{\left( \frac{62^2 - 32^2}{4} \right) \cdot 3.14 \cdot 124}{\left( \frac{68^2 - 40^2}{4} \right) \cdot 3.14} = 99 \text{ мм.}$$

де  $V_1$  – трубна заготовка до пресування;  $V_2$  – трубна заготовка після пресування;  $H$  – висота заготовки;

З формули 2.10 дізнаємося об'єм трубної заготовки:

$$V = S \cdot H, \quad (2.10)$$

$$V = 2375,04 \cdot 99 = 0,000235 \text{ м}^3.$$

Маса трубної заготовки (2.11):

$$M = \rho \cdot V, \quad (2.11)$$

$$M = 7850 \cdot 0,000235 = 1,84475 \text{ кг} = 1844,75 \text{ г}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу знаходимо по формулі 2.7:

$$K_B = \frac{438}{1844,75} \cdot 100\% = 24\%.$$

Відомо, що в собівартості машинобудівної продукції найбільшу частку складають витрати на матеріали. Для їх зниження прагнуть максимально наблизити розміри і форму заготовок до габаритів і форм готових деталей. Тому в сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології є використання заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують обробку з найбільшою продуктивністю і найменшими відходами матеріалів.

При розрахунку коефіцієнту використання матеріалу, вийшли такі значення: для прутка  $d_{\text{зов}}80 = 9\%$  та для прутка  $d_{\text{зов}}60 = 16\%$ ; для труби  $K_B = 24\%$ . Ці значення свідчать про те, що доцільно для виготовлення напівфабрикату з нарізами використовувати трубу. Це дозволить скоротити рівень відходів, знизити витрати на матеріал.

### **Висновки до роздіду**

Виходячи з процесу моделювання реальний процес дорнування буде протікати без руйнування.

Питомі напруження на інструменті не перевищують 2500 МПа, це означає що інструмент не буде руйнуватися, але краще виготовляти дорн с твердих сплавів.

З графіків залежності зусилля дорнування можна зробити висновок, що ні зміна діаметрів, ні використання обойм суттєво не впливає на зміну зусилля.

Для серійного виробництва доцільно використовувати трубну заготовку, тому що це дозволить скоротити рівень відходів, знизити витрати на матеріал.

Для розробки штампового оснащення буде використовуватися заготовка розмірами:  $d_{\text{вн}} = 39,8$  мм,  $d_{\text{зов}} = 80$  мм та  $l = 122$  мм, тому що при цих розмірах найкраще заповнюється робочій профіль.

### 3.КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

За результатами розробки технологічного процесу та моделювання були отримані наступні вихідні дані для проектування штампового оснащення – розміри вихідної заготовки, зусилля . Гвинтові нарізи будуть утворюватися за рахунок відповідного профілю дорна та вільного обертання заготовки.

#### 3.1 Вибір підшипника.

Зусилля дорнування отримане в програмному комплексі Deform 3D дорівнює  $P = 234,4$  кН. Але якщо зусилля навантаження буде більше, щоб підшипник не зламався, треба обирати його с запасом. Статичний коефіцієнт запасу –  $S_0 = 1,2$ . Розрахуємо еквівалентне статичне навантаження по формулі (3.1):

$$P_0 = P \cdot S_0; \quad (3.1)$$

$$P_0 = 234,4 \cdot 1,2 = 282 \text{ кН.}$$

Основна умова міцності вузла, яка повинна обов'язково виконуватися, виражено формулою (3.2):

$$C_0 > P_0; \quad (3.2)$$

де  $C_0$  – статична вантажопідйомність (вибирається в каталогах на підшипники).

Обираємо упорний кульковий одинарний підшипник – 8412Н ГОСТ 7872-89 з такими параметрами:

- внутрішній діаметр  $d = 60$  мм;
- внутрішній діаметр  $d_1 = 62$  мм;
- зовнішній діаметр  $D = 130$  мм;
- ширина  $B = 51$  мм;
- $C_0 = 325$  кН.

### 3.2 Конструкція вузла підшипника

Даний вузол (рис.3.1) випробовує навантаження  $P$  та забезпечує обертання заготовки при дорнуванні.

Базовою деталлю являється шайба нижня (1) в яку встановлено вільне кільце підшипника (2) по посадці  $\varnothing 130 \text{ H7/l0}$ . Після чого встановлюють кульки та верхнє тягове кільце (3), в яке по посадці  $\varnothing 60 \text{ H7/h6}$  встановлюється шайба верхня (4). Яка фіксується від осьового переміщення стопорним кільцем (5). На шайбу верхню (4) встановлюються змінні опори (6), які з'єднуються з верхньою шайбою гвинтами (7).

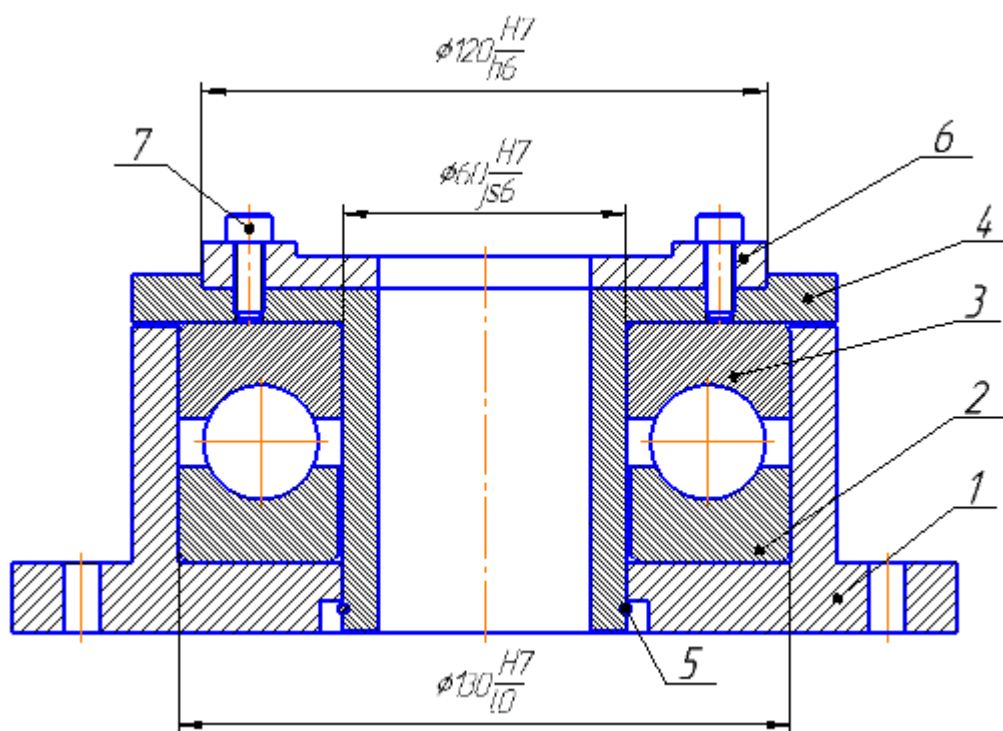


Рис.3.1 Схема базування підшипника

### 3.3 Конструкція вузла кріплення дорна

На оправку (1) з шайбою (2) встановлюється шпонка (3), потім установлюється дорн (4) підкладається шайба (5) та все це піджимається гайкою (6).

Шпонка (3) потрібна для того, щоб уникнути прокручування дорна (4) навколо осі оправки (1). Схему вузла кріплення дорна можна побачити на рис.3.2.

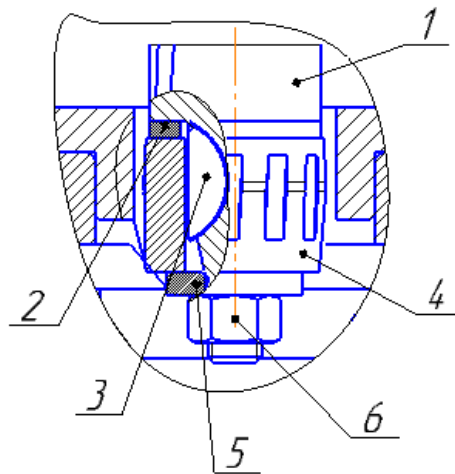


Рис.3.2 Схема вузла кріплення дорна.

### 3.4 Конструкція вузла кріплення оправки

Оправку на яку кріпиться дорн треба зафіксувати так, щоб вона при прошовхуванні дорна не прокручувалась, але її можна було легко витягнути після дорнування. Тому при конструюванні вузла кріплення оправки враховувалась ця особливість.

Для кріплення даного вузла можливо використання конуса Морзе, але для даного штампу він не підходить, тому що довелося б збільшувати закриту висоту штампу. Будемо використовувати шпоночне з'єднання.

Оправка (1) встановлюється в фіксатор оправки (2). До фіксатора (2), оправка (1) фіксується за допомогою штифта оправки (3). Схему вузла кріплення можна побачити на рис.3.3.

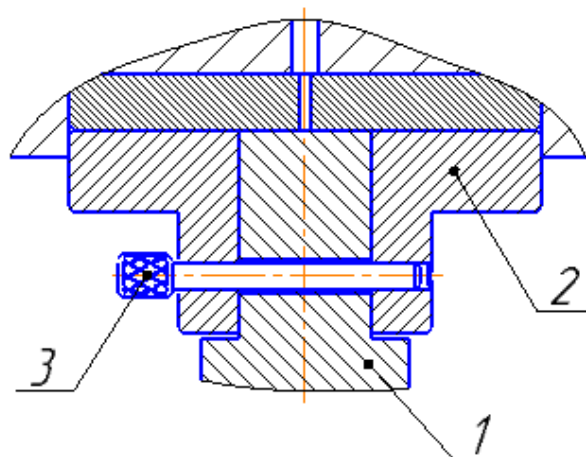


Рис.3.3 Схема вузла кріплення оправки.



Робота штампу:

У верхньому положенні преса дорн (7) знаходиться над робочою зоною. Робочий, встановлює заготовку на опору (17). Під час проштовхування дорна (6) заготовка прокручується в слід цього утворюються нарізи. Після того, як дорн (7) продорнував заготовку, шпонка (12) витягається для того, щоб робочий зміг зняти оправку (6) з дорном (7) та дістати готову деталь.

### **3.6 Вибір обладнання для штампу для дорнування**

Виходячи з розрахункового зусилля та конструктивних особливостей штампу для дорнування, вибираємо гідравлічний прес ДБ2430, з номінальним зусиллям 1000 кН. Прес вибирали по зусиллю, по розміру стола та закритій висоті.

Перевіримо допустиме зусилля, для даного гідравлічного пресу максимальне зусилля становить – 1000 кН (табл.3.1). Максимальне зусилля дорнування було визначено при моделюванні, та становить – 234,4 кН. Як бачимо, зусилля пресу перевищує потрібне зусилля для дорнування, тобто даний прес по зусиллю підходить.

Проведемо перевірку габаритів столу пресу, та габаритів штампу. Габарити стола, даного пресу 710x630мм (табл.3.1), а штампу 370x500мм. Даний штамп можливо встановити на вибраний прес.

Проводимо перевірочний розрахунок закритої висоти штампу для дорнування, для пресу ДБ2430.

При номінальній закритій висоті на стіл преса може бути встановлений штамп з найбільшою висотою:

$$H_{max} = H + a + b = 530 + 252 + 50 = 832 \text{ мм}$$

де  $H = 530$  мм – закрита висота штампу;

$L = 252$  – довжина оправки з дорном;

$H_{пл} = 50$  мм – товщина нижньої плити.

При номінальній закритій висоті на стіл преса може бути встановлений штамп з найменшою висотою:

$$H_{min} = H - h_{пов} = 900 - 450 = 450 \text{ мм}$$

де  $H$  – найбільша відстань між столом та повзуном;

$h_{пов}$  – хід повзуна;

Отже, конструктивно прийнята загальна висота штампа 530 мм задовольняє умовам, і штамп може бути встановлений на вибраний прес ДБ2430. Основні характеристики пресу наведені в табл.3.1

Таблиця 3.1 Характеристики гідравлічного пресу ДБ2430.

Параметри	Модель
	ДБ2430
Номінальне зусилля пресу, кН;	1000
Номінальне зусилля возвратного ходу, кН	100
Хід повзуна, мм;	560
Найбільша відстань між столом та повзуном, мм;	900
Розміри стола, мм;	710x630
Номінальне зусилля виштовхувача, кН	200
Швидкість повзуна, мм/с: при холостому ході	200
початкова робоча (регульована)	5...50
при робочому ході	5
при возвратному ході	70
Швидкість виштовхувача вгору, мм/с початкова робоча (регульована)	36...150
робоча	36

Техніка безпеки при роботі з гідравлічним пресом ДБ2430 наведена в Додатку А.

Штамп для дорнування представлений на кресленні МД.МД73.02.07.001.000СК.

Рекомендовані матеріали, для виготовлення деталей штампу приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Рекомендовані матеріали для виготовлення деталей штампу.

Деталь штампа	Марка сталі
Штампові плити	Сталь 45
Підкладна плита	Сталь 40
Дорн	ВК15
Оправка	У10
Фіксатор оправки	Ст3
Опора	Сталь 45
Колонки направляючі	Сталь 20
Втулки направляючі	Сталь 20

#### **Висновки до розділу**

Було спроектовано штампове оснащення, яке встановлюється на гідравлічний прес.

## **Загальні висновки**

Проведено аналіз літературних джерел по виготовленню напівфабриката з нарізами для ствола. Було обрано метод та схеми по яких буде виготовлятися напівфабрикат. Проаналізовано рекомендації по проектуванню інструменту.

Проведені дослідження процесу дорнування в програмному комплексі Deform 3D. Встановлені оптимальні розміри заготовки для дорнування за вільною схемою, характер зміцнення профільної поверхні, визначені енергосилові параметри процесу.

Спроектоване штампове оснащення.

Розроблені рекомендації по удосконаленню процесу виготовлення напівфабрикату в умовах серійного виробництва.

## Перелік використаних джерел

1. Гранотомёт [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия Википедия– Режим доступа до ресурсу:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Гранатомёт>
2. Гранотомёты и реактивные противотанковые гранаты [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<http://voennizdat.com/konspekt.php?mark=ogn&model=ogn67>
3. Классификация стрелкового оружия [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
<http://www.sinopa.ee/sor/bo001/bo002/bo002xx/bo002xx01.htm>
4. Оружейная мастерская - Стрельба из автоматического гранатомёта АГС - 17 "Пламя" [Электронный ресурс] // Журнал для спецназа "Братишка" – Режим доступа до ресурсу:  
[http://www.bratishka.ru/archiv/2011/1/2011\\_1\\_8.php](http://www.bratishka.ru/archiv/2011/1/2011_1_8.php)
5. Подствольный гранатомёт ГП – 25 и ГП – 30 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:  
[http://specnaz.org/armory/launchers/grenade\\_launchers\\_and\\_gp\\_25\\_gp\\_30/](http://specnaz.org/armory/launchers/grenade_launchers_and_gp_25_gp_30/)
6. Подствольный гранатомет ГП – 25 «Костер»: история создания, описание и характеристики [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: <https://militaryarms.ru/oruzhie/granatomety/gp-25-koster/>
7. Подствольный гранатомет ГП – 25 – Вооружение [Электронный ресурс] // Статья – Режим доступа до ресурсу:  
<https://militaryarms.ru/oruzhie/granatomety/gp-25-koster/>
8. Назначение, устройство и принцип действия выстрела для автоматического гранатомета на станке (подствольного гранатомета) [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу:  
<http://voenservice.ru/naznachenie-ustroystvo-i-printsip-deystviya-vyistrela-dlya-avtomaticheskogo-granatometa-na-stanke-podstvolnogo-granatometa/>

9. Ствол (часть оружия) [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия Википедия – Режим доступа до ресурсу:  
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Ствол\\_\(часть\\_оружия\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Ствол_(часть_оружия))
10. Стволы стрелкового оружия – Военное обозрение [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: <https://topwar.ru/9665-stvoly-strelkovogo-oruzhiya.html>
11. Бабак Ф.К - Основы стрелового оружия / Ф.К. Бабак. – СПб.: ООО Издательство «Полигон», 2003. – 253, [3] с.: ил.
12. Кулида О.В. – Магістерська дисертація «Формоутворення полігонального профілю в трубчатих виробках спеціального призначення волочинням через роликову матрицю» / - Київ НТУУ «КПІ ім.Сікорського». -2016р
13. Ствол нарезного огнестрельного оружия как слеодообразующий объект [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу:  
<http://pravo.studio/kriminalisticheskaya-tehnika/stvol-narezno-go-ognestrel'nogo-oruzhiya-kak-75405.html>.
14. Всемирная история нарезки: как нарезали стволы оружия в прошлом [Электронный ресурс] // Журнал Популярная Механика – Режим доступа до ресурсу: <https://www.popmech.ru/weapon/12022-vsemirnaya-istoriya-narezki-stvoly/>.
15. ORSIS. Высокоточные оружейные системы – Замена стволов нарезного оружия [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу:  
[http://www.orsis.com/services/replacement\\_barrels](http://www.orsis.com/services/replacement_barrels)
16. Теория нарезного ствола [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: <http://speclife.ru/teoriya-narezno-go-stvola/>
17. Изготовление нарезного ствола [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: [http://fastmarksman.ru/1\\_t/6\\_stvol.php](http://fastmarksman.ru/1_t/6_stvol.php)
18. Все, что потрібно знати про крок нарізів ствола [Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: [https://zbroya.info/uk/blog/9068\\_vse-shcho-potribno-znati-pro-krok-nariziv-stvola/](https://zbroya.info/uk/blog/9068_vse-shcho-potribno-znati-pro-krok-nariziv-stvola/)

19. Ч.УИК – Обработка металла без снятия стружки / Ч.УИК. – Москва.:  
Издательство «Мир», 1965.– 244.
20. Что такое твист ствола и как его рассчитать.  
Нарезы, дорнирование, металлы для производства стволов  
[Электронный ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: [http://www.shooting-ua.com/books/book\\_439.htm](http://www.shooting-ua.com/books/book_439.htm)
21. Радюченко Ю.С. - Ротационная ковка / Ю.С. Радюченко. - М.: ГНТИ  
Машлит, 1962. — 188 с.
22. Тюрин В.А. – Ковка на радиально-обжимных машинах / Тюрин В.А.,  
Лазоркин В.А., Поспелов И.А., Флаховский Х.П. - Под ред. В.А.  
Тюрина.-М.: Машиностроение, 1990. - 256 с. - ISBN 5-217-00859-8
23. Нарезы в стволе. – Журнал «Самиздат» [Электронный ресурс ] – Режим  
доступу до ресурсу: [http://samlib.ru/s/shishkin\\_a\\_g/yfhtpsdcndjkt.shtml](http://samlib.ru/s/shishkin_a_g/yfhtpsdcndjkt.shtml)
24. Туктанов А.Г. – Технология производства стрелково-пушечного и  
артиллерийского оружия / Туктанов А.Г.- М.: Машиностроение, 2007.-  
375с.
25. Проскуряков Ю.Г., Шельвинский Г.И. – Дорнование цилиндрических  
отверстий с большими натягами. / Издательство Ростовского  
университета, 1982. - 168 с.
26. Стеблюк В. І. Напружено-деформований стан заготовки при  
внутрішньому профілюванні волочінням неприводними роликками / В. І.  
Стеблюк, М. В. Орлюк, Ю. Г. Розов, Д. Б. Шкарлута // Прогресивна  
техніка і технологія – 2011 : доповідь XII Міжнародної науково-  
практичної конференції, 20–24 черв. 2011 р., Київ – Севастополь,  
Україна.
27. Проскуряков Ю.Г. – Дорнование отверстий. / Проскуряков Ю.Г. - М.:  
Машгиз, 1961. — 192 с
28. Шадуро Р.Н. – Повышение точности дорнования отверстий на основе  
выявления его технологических возможностей / Шадуро Р.Н. – Вестник  
Белорусско-Российского университета, 2008.№1 (18)

- 29.Повышение долговечности деталей машин пластическим деформированием / А.А.Дудников, А.И.Беловод, В.В.Дудник, А.В.Канивец, А.И.Беловод, В.В.Дудник, А.В.Канивец // Міжвузівський збірник "НАУКОВІ ПОТАТКИ". - Луцьк, 2011 Випуск №32  
Полтавская государственная аграрная академия
- 30.Пластичне поверхнєве деформування [Електронний ресурс] // Свободная энциклопедия Википедия – Режим доступа до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Поверхнєве\\_пластичне\\_деформування](https://uk.wikipedia.org/wiki/Поверхнєве_пластичне_деформування)
- 31.Дорнование отверстий, стволлов, труб: назначение и разновидности [Електронний ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: <http://met-all.org/obrabotka/prochie/dornovanie-dornirovanie-otverstij-stvollov.html>
- 32.Розенберг О.А. Механика взаимодействия инструмента с изделием при деформирующем протягивании. - Киев: Наук. думка, 1981.-288с.
- 33.Повышение эффективности комбинированных методов дорнования и редуцирования [Електронний ресурс ] – Режим доступа до ресурсу: <https://mirprom.ru/public/povyshenie-effektivnosti-kombinirovannyh-metodov-dornovaniya-i-reducirovaniya.html>
- 34.Сулима А.Н., Шулов В.А., Ягодкин Ю.Д. - Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. - М.: Машиностроение, 1988. - 273 с.
- 35.Борисов С.И., Стрижак В.И. Величина внутреннего диаметра труб после раздачи в зависимости от внеконтактной и упругой деформации.-Пр-во труб, 1961, вып. 5, с.35-42.
- 36.*Deform-3D* – мощная система моделирования технологических процессов [Электронный ресурс]. –Режим доступа:<http://www.thesis.com.ru/software/deform>.
- 37.QForm VX 8.2. Руководство пользователя.
- 38.*Орлюк М.В.* Определение предельных степеней деформаций при компьютерном моделировании процесса витяжки / Стеблюк В.И., Орлюк М.В., Холявик О.В., Сопруненко В.Р. // Scientific proceedings III

international scientific congress “Innovations”. - Varna, Bulgaria. - 2017. - № 1. - S. 233-236.

39. Комп'ютерне моделювання дорнування внутрішнього профілю в програмних комплексах Deform і Qform / Орлюк М.В., Лавріненко А.Д., Дубиніна Н.М. // Матеріали ХІХ-МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта». НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна 2018.-с.117-119.
40. Выбор оптимальной конструкции дорна [Електронний ресурс ] – Режим доступу до ресурсу:  
[http://www.rusnauka.com/13\\_NPN\\_2010/Tecnic/66194.doc.htm](http://www.rusnauka.com/13_NPN_2010/Tecnic/66194.doc.htm)
41. Cockroft, M.G. & Latham, D.J. (1968). Ductility and workability of metals, L Inst. Metals. – Vol. 96. – P. 33–39.
42. Стеблюк В.И. , Орлюк М.В., Холявик О.В., Сопруненко В.Р. Определение предельных степеней деформаций при компьютерном моделировании процесса вытяжки / Стеблюк В.И. , Орлюк М.В., Холявик О.В., Сопруненко В.Р // .III INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS INNOVATIONS - Варна, Болгарія – 2017 - С 209-214.
43. Металлы и расчет на прочность [Електронний ресурс ] – Режим доступу до ресурсу: <http://mashxxl.info/page/037030078250190240252190205037010218246017062030/>
44. Энциклопедия по машиностроению [Електронний ресурс ] – Режим доступу до ресурсу:  
<http://mashxxl.info/page/122139185207075124175142165175179232180095191250/>
45. Характеристики гидравлического пресса [Електронний ресурс ] – Режим доступу до ресурсу:  
<http://mashinform.ru/kpo/pressy-gidravlicheskie/db2424b.shtml>

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

### ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ З ГІДРАВЛІЧНИМИ ПРЕСАМИ

#### Загальні вимоги з охорони праці

1. До роботи з гідравлічним пресом допускаються особи, які пройшли вступний інструктаж та первинний інструктаж на робочому місці з охорони праці і навчені безпечним методам роботи.
2. Працівник, який не пройшов своєчасно повторний інструктаж з охорони праці не допускається до роботи.
3. При влаштуванні на роботу працівник повинен пройти попередній медогляд і протягом роботи проходити періодичні медогляди.
4. Працівник зобов'язаний дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку, встановленому на підприємстві, не допускати порушення трудової і виробничої дисципліни.

Не допускається вживання алкогольних, наркотичних і токсичних речовин, а також куріння в невстановлених місцях.

5. Працівник повинен вміти надавати першу допомогу потерпілому при нещасних випадках на виробництві.
6. Працівник повинен знати, що найбільш небезпечними і шкідливими виробничими факторами, які можуть діяти на нього в процесі виконання робіт, є:
  - обладнання, інструмент, пристосування. Використання несправного обладнання, інструменту, пристосувань або їх неправильне застосування може призвести до травм;
  - оброблювані вироби (заготовки, деталі та ін.) і матеріали. Оброблювані вироби можуть травмувати працівника при недбалій установці і знятті оброблюваних деталей, при ненадійному їх кріпленні, при наявності задирок;

- тирса (відколи) і металева стружка, одержані під час обробки виробів і матеріалів. Тирса може стати причиною пошкодження очей, а металева стружка, крім того, може стати причиною пошкодження рук працівника;
- 7. Працівник повинен працювати в спецодязі і в разі необхідності використовувати інші засоби захисту.
- 8. Працівник повинен дотримуватися правил санітарної та особистої гігієни.
- 9. Для пиття, користуватися водою з спеціально призначених для цих цілей пристроїв (сатуратори, питні бачки, фонтанчики і тому подібні пристрої).
- 10. За невиконання вимог з охорони праці працівник несе відповідальність відповідно до чинного законодавства України.

### **Вимоги з охорони праці перед початком роботи**

1. Одягнути спецодяг та індивідуальні захисні засоби (захисні окуляри).
2. Оглянути і підготувати своє робоче місце, прибрати предмети, що заважають роботі та звільнити проходи. Підлоги виробничих приміщень повинні відповідати санітарно-гігієнічним вимогам і не повинні бути слизькими.
3. Переконавшись в достатньому освітленні робочого місця. При необхідності використання переносного світильника переконавшись в його справності, напруга для переносного світильника не повинна перевищувати 42В.
4. Гідравлічний прес повинен бути закріплений на підлозі і відповідати наступним вимогам:
  - корпус преса (станина) не повинен мати тріщин і інших ушкоджень;
  - манометр робочого тиску гідравлічного преса повинен бути справним;
  - робоча зона, спрямована в бік проходів або в сторону іншого обладнання, повинна бути надійно захищена захисним екраном;
  - пристосування для випресовки повинне підходити за розміром і не мати схильності до руйнування (розтріскування);
  - підставки під оброблювану деталь повинні відповідати розмірам деталі і мати можливість фіксації деталі на пресі.

5. Гідравлічні шланги не повинні мати пошкоджень, їх необхідно надійно закріплювати на штуцері.
6. Гідроциліндр не повинен пропускати робочу рідину.

### **Вимоги з охорони праці під час виконання робіт**

1. Стежити за тим, щоб не було витоків робочої рідини в місцях приєднання шлангів.
2. Оброблювані деталі встановлювати стійко на робочих пристроях таким чином, щоб виключити будь – яке їх зміщення під час роботи. Обробляти деталі, що знаходяться в підвішеному стані або утримувані руками, не допускається, так як при цьому можливо довільне переміщення або падіння оброблюваної деталі і травмування робітника.
3. При пресуванні деталі стежити, щоб вона була міцно закріплена, а спецпристрій був встановлений без перекосів.
4. Не допускається:
  - тримати руки поблизу робочої зони і працювати в рукавицях, оскільки можливе захоплення і травмування рук працівника;
  - використовувати не підходящі за вимогами безпеки саморобні пристосування або пристосування з металу схильного до утворення відколів і тріщин.

### **Вимоги з охорони праці після закінчення роботи**

1. Закрити вентиль (клапан) на масляній магістралі.
2. Ретельно протерти і очистити пристосування і інструмент від стружки, тирси, пилу.
3. Привести в порядок робоче місце.
4. Зняти спецодяг та інші індивідуальні захисні засоби і прибрати їх в призначене для цього місце.
5. Вимити руки і обличчя з милом.

6. Про всі недоліки, виявлені під час роботи, сповістити свого безпосереднього керівника.

### **Вимоги з охорони праці при аварійних**

1. При створенні аварійної ситуації, яку спричинила пожежа:

- припинити проведення робіт;
- вимкнути обладнання;
- усунути по можливості джерело, що викликало таку ситуацію, викликати аварійні служби;
- повідомити про те, що трапилося особі, яка відповідальна за безпечне проведення робіт;
- про виникнення пожежі повідомити керівництву, викликати пожежну охорону і приступити до гасіння.

2. При нещасному випадку, який стався з працівником або очевидцем якого він став, працівник зобов'язаний:

- надати потерпілому першу допомогу, використовуючи препарати, що знаходяться в аптечці та вжити необхідні заходи щодо надання потерпілому медичної допомоги;
- вжити заходи до збереження обстановки на місці події (якщо це не створює загрозу здоров'ю і життю працівників);
- повідомити про те, що сталося (або попросити це зробити іншого працівника) безпосереднього керівника або іншу посадову особу наймача.

3. При отриманні травми на виробництві негайно звернутися до лікувального закладу і повідомити про те, що трапилося безпосередньому керівнику.

## ДОДАТОК

