

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки
канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти на тему
**«Комп'ютерне моделювання операції обжиму
товстостінних трубних заготовок»**
«Computer simulation of a thick-walled pipe billet crimping operation»

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи ПМ-22М-2
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Белов В. Ж.

Керівник проекту
канд. техн. наук, доцент

_____ Володимир СВЯЦЬКИЙ

Рецензент
канд. техн. наук, доцент

_____ Віктор ПУКАЛОВ

АНОТАЦІЯ

Белов В. Ж. «Комп'ютерне моделювання операції обжиму товстостінних трубних заготовок», спеціальність 131 «Прикладна механіка», ОПП «Прикладна механіка», Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2024 рік.

Метою дослідження є дослідження операції обжиму товстостінних трубних заготовок на основі аналізу напружено-деформованого стану заготовки при пластичній формозміні для обґрунтованого вибору основних технологічних параметрів процесу деформування..

Проведено аналіз процесу обжиму товстостінних трубних заготовок та особливостей існуючих методів отримання таких виробів. Визначена математична модель обжиму трубної анізотропічної заготовки вісесиметричним конічним пуансоном. Проведено чисельне моделювання обжиму трубної анізотропічної заготовки вісесиметричним конічним пуансоном. Проведено графічний аналіз оцінки впливу технологічних параметрів, кута конусності пуансона, умов тертя на контактній поверхні робочого інструмента і заготовки, анізотропії механічних властивостей заготовки на напружений і деформований стан, силові режими і граничні можливості формозміни операції обжиму товстостінних трубних заготовок.

За допомогою комп'ютерного моделювання в програмному комплексі DEFORM 2D/3D проведено аналіз операційного переходу технологічного процесу обжиму товстостінних трубних заготовок.

комп'ютерне моделювання, обжим, інструмент, матриця, профіль, зусилля, ефективність

ANNOTATION

Bielov V. "Computer simulation of a thick-walled pipe billet crimping operation", OPP "Applied Mechanics", Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2024.

The purpose of the study is to study the operation of crimping thick-walled pipe blanks based on the analysis of the stress-strain state of the blank during plastic deformation for a reasonable choice of the main technological parameters of the deformation process.

An analysis of the process of crimping thick-walled pipe blanks and features of the existing methods of obtaining such products was carried out. The mathematical model of the crimping of the pipe anisotropic workpiece with an axisymmetric conical punch is determined. Numerical modeling of the crimping of an anisotropic pipe blank with an axisymmetric conical punch was carried out. A graphical analysis of the influence of technological parameters, the taper angle of the punch, the conditions of friction on the contact surface of the working tool and the workpiece, the anisotropy of the mechanical properties of the workpiece on the stressed and deformed state, force modes and the limit possibilities of the shape change of the crimping operation of thick-walled pipe blanks was carried out.

With the help of computer modeling in the DEFORM 2D/3D software complex, an analysis of the operational transition of the technological process of crimping thick-walled pipe blanks was carried out.

computer simulation, crimp, tool, die, profile, effort, efficiency

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: механіко–технологічний

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма: «Прикладна механіка»

Завідувач кафедри машинобудування,
мехатроніки і робототехніки

канд. техн. наук, доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

30 серпня 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ за другим (магістерським) рівнем вищої освіти Бєлову Віталію Жановичу

1. Тема роботи: «Комп'ютерне моделювання операції обжиму товстостінних трубних заготовок»

2. Керівник роботи: Свяцький Володимир Вячеславович

3. Строк подання роботи до захисту: 30 січня 2024 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи.

Мета: дослідження операції обжиму трубної заготовки на основі аналізу напружено-деформованого стану заготовки при пластичній формозміні для обгрунтованого вибору основних технологічних параметрів процесу деформування.

Завдання: обгрунтувати напрямок досліджень та актуальність теми; розробити методику експериментальних досліджень; виконати моделювання процесу роздачі трубної заготовки та провести аналіз отриманих результатів; опрацювати питання з охорони праці та виконати розрахунки з економічної частини.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
№ 4 «Економічна частина»	Савеленко Г. В., канд. техн. наук, доцент	4.09.2023 р.	20.12.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Опрацювання навчальної та наукової літератури	15.09.2023 р.	
2	Проведення наукових досліджень, обробка фактичного матеріалу	02.10.2023 р.	
3	Написання першого варіанта тексту, подання його на ознайомлення керівникові	25.10.2023 р.	
4	Усунення недоліків, написання останнього варіанта тексту	15.12.2023 р.	
5	Перевірка роботи на плагіат	15.01.2024 р.	
6	Зовнішнє рецензування роботи	29.01.2024 р.	
7	Захист випускної кваліфікаційної роботи на засіданні екзаменаційної комісії	30.01.2024 р.	

Дата видачі завдання
30 серпня 2023 р.

Підпис керівника
_____ Свяцький В. В.

Завдання прийнято до виконання
30 серпня 2023 р.

Підпис здобувача
_____ Белов В. Ж.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1.	
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ ...	9
1.1. Основи процесу обжиму, його переваги та недоліки	9
1.2. Огляд теоретичних та експериментальних досліджень процесу обжиму	11
РОЗДІЛ 2.	
МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	17
2.1. Експериментальне обладнання, оснащення та апаратура	17
2.2. Методи визначення зусилля пресування	20
2.2.1. Метод ліній ковзання	20
2.2.2. Метод кінцевих елементів (МКЕ)	20
2.3. Правила безпеки при обслуговуванні ковальсько-штампувального обладнання	21
РОЗДІЛ 3.	
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБЖИМУ ТОВСТОСТІННИХ ТРУБНИХ ЗАГОТОВОК	24
3.1. Обжим трубної заготовки без утворення циліндричної частини	24
3.2. Обжим трубної заготовки з утворенням циліндричної частини.	27
3.3. Чисельне моделювання обжиму трубної товстостінної заготовки.	29
3.4. Комп'ютерне моделювання обжиму трубної заготовки вісесиметричним пуансоном	32

РОЗДІЛ 4.

РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ	39
4.1. Вступ до розробки стартап-проекту	39
4.2. Опис головної ідеї стартап-проекту	40
4.3 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту	41
4.4 Технологічний аудит проекту	42
4.5 Аналіз ринкових можливостей запуск стартап-проекту	42
4.6 Розроблення ринкової стратегії	50
4.7 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	52
Висновки по розділу 4	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
ДОДАТКИ	61
Д1. Довідка про участь у конференції ЦНТУ	62

РОЗДІЛ 1

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБРАНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Основи процесу обжиму, його переваги та недоліки

У багатьох галузях промисловості, таких як енергетичне машинобудування, автомобілебудування, будівельна індустрія, хімічна і нафтогазова промисловість застосовуються порожні перехідники з конічними поверхнями і трубні вироби із фланцями. Перша група деталей використовується при монтажі трубопроводів, для можливості переходу з одного діаметра на інший, з метою зміни швидкості потоку, що перекачується рідини або газу. Друга група забезпечує можливість з'єднання різних віток трубопроводів при зміні їх напрямку. У зв'язку із цим робота, присвячена вдосконалюванню технології штампування зазначених виробів, є актуальною.

Традиційним технологічним процесом виготовлення цих виробів із труб є обжим [1 – 3]. При обжимі пластичні деформації зосереджують лише в частині заготовки – вогнищі деформації, у той час як інші частини заготовки перебувають у пружному або, у крайньому випадку, в упругопластическом стані.

При виконанні обжиму необхідно прагнути до зменшення розмірів вогнища деформації, щоб забезпечити збільшення формозміни заготовки без прояву небажаних дефектів: руйнування заготовки в процесі деформування; втрати стійкості заготовки, що приводить до викривлення заданої форми; неприпустимого за умовами виготовлення виробу зміни товщини заготовки [3]. Заготовка, що зазнає обжиму, являє собою в загальному випадку просторову оболонку, елементи якої роблять просторові переміщення під дією тільки одного інструмента – пуансона, що контактує з її внутрішньою поверхнею.

У якості заготовок для цих операцій виступають заготовки типу склянка або трубні.

Обжим – технологічний процес, при якому зменшуються розміри поперечного переріза крайової частини трубного напівфабрикату шляхом формозміни в сужаючійся робочій порожнині матриці. Схема процесу обжиму представлено на рис. 1.1.

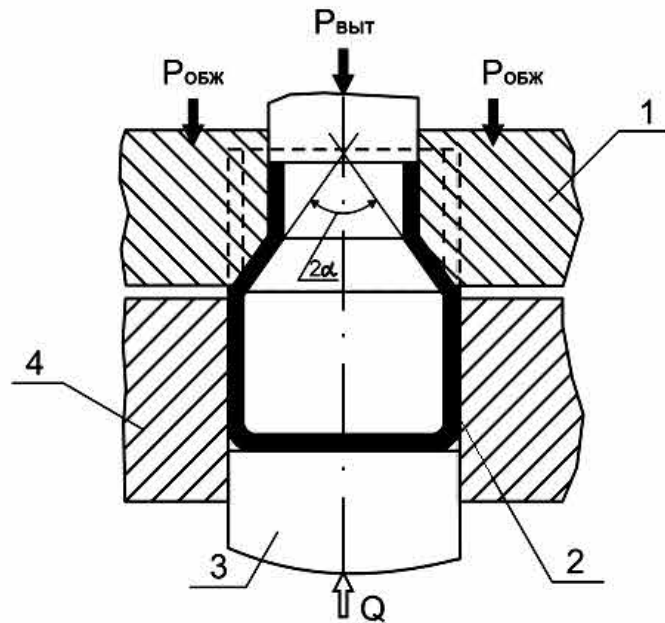


Рис. 1.1 – Схема процесу обжиму:

1 – матриця; 2 – заготовка; 3 – пуансон; 4 – підпір

Залежно від діаметра до і після роздачі можна визначити необхідну кількість операцій для здійснення формозміни, у якості умови служить критерій роздачі.

Між операціями обжиму рекомендується провести відпад з метою зняття внутрішніх напружень.

Для підвищення продуктивності процесів найчастіше при необхідності проведення в одній заготовці і обжиму і роздачі застосовується об'єднання цих операцій в одному штампі.

Тому розробка технологічних процесів, що дозволяють знизити енергетичні і матеріальні витрати на технологічне оснащення та підвищити продуктивність при виготовленні деталей із трубчастих заготовок для різних сфер застосування має практичну цінність.

1.2 Огляд теоретичних та експериментальних досліджень процесу обжиму

В роботі [5] дослідники дослідили напружено-деформований стан трубної заготовки під час обжиму конічною матрицею. За допомогою теоретичного аналізу були отримані основні рівняння, які дозволяють оцінити напруження в зоні деформації, визначити поле деформацій і розрахувати початкову довжину трубної заготовки.

У дослідженні [6] було проведений аналіз процесів роздачі та обжиму циліндричної ортотропної труби за допомогою імпульсного магнітного поля. Автори показали вплив анізотропії механічних властивостей матеріалу на напружено-деформований стан заготовки під час її формозміни. Анізотропія матеріалу трубчастих заготовок суттєво впливає на напружено-деформований стан під час пластичної деформації, тому її необхідно враховувати при проектуванні технологічних процесів. Також було розглянуто можливість створення заданої анізотропії механічних властивостей матеріалу початкової заготовки з метою впливу у потрібному напрямку на напружено-деформований стан отриманого напівфабрикату шляхом штампування.

У роботі [7] застосовувалось комп'ютерне моделювання для вивчення всіх етапів процесу магнітно-імпульсного деформування (обжиму) трубчастих заготовок на циліндричну оправку. Дослідження охоплювало вільне деформування, динамічну взаємодію з оправкою, а також можливе утворення роз'ємного з'єднання. Були оцінені параметри кінематики процесу та залежність напружено-деформованого стану матеріалу заготовки від часу. При цьому використовувалися менші спрощення, враховувалася пружна піддатливість оправки і були зняті обмеження щодо осьового переміщення заготовки.

З проведених досліджень видно, що динамічне деформування заготовки має складний характер. Поява хвильових ефектів спостерігається

не лише вздовж товщини матеріалу, але й вздовж осі заготовки при закріпленні одного з торців. Ці хвильові ефекти призводять до нерівномірного розподілу деформацій у всьому об'ємі матеріалу заготовки, що впливає на якість готового виробу. Наприклад, встановлено, що радіальний обжим призводить до значного осевого видовження зразка, що забезпечує додаткові залишкові радіальні напруження у складальному з'єднанні. Також виявлено, що форма імпульсу тиску не має суттєвого впливу на процес деформування, більш значущим є інтенсивність напружень. Різке зміна швидкостей та прискорень деформування повинна бути врахована при визначенні динамічних властивостей матеріалу та інерційних сил.

У роботі [8] було використано метод скінченних елементів (МСЕ) для комп'ютерного моделювання операцій обжиму в поєднанні з потоншенням та видавлюванням товстостінних трубних заготовок. Для моделювання використовувався програмний комплекс QForm 2D-3D. Головною метою дослідження було отримання результатів теоретичного аналізу силових режимів при поєднанні операцій обжиму, обжиму з потоншенням та видавлюванням товстостінних трубних заготовок. Були встановлені закономірності впливу технологічних параметрів на силові режими при поєднанні операцій обжиму з потоншенням та видавлюванням товстостінних трубчастих заготовок.

У роботі [9] автори наводять основні рівняння та співвідношення для аналізу напруженого та деформованого станів, силових режимів та граничних можливостей операції обжиму анізотропної трубчастої заготовки за допомогою конічної матриці. Виявлено вплив технологічних параметрів процесу та умов тертя на контактній поверхні на силові режими та граничні можливості формозміни. Оптимальні кути конусності матриці знаходяться в діапазоні 15...20 градусів, що відповідає максимальному значенню граничного коефіцієнта обжиму.

У роботах [10–12] авторами встановлені закономірності впливу технологічних параметрів на неоднорідність розподілу деформацій по товщині деталі при обжиму із потоншенням та без потоншення товстостінних трубчастих заготовок за допомогою методу скінченних елементів на основі програмного комплексу QForm 2D-3D. Виявлені закономірності впливу технологічних параметрів, таких як кут конусності матриці, коефіцієнт тертя, коефіцієнт обжиму та потоншення, на неоднорідність розподілу деформацій по товщині деталі при обжиму із потоншенням товстостінних трубчастих заготовок.

В роботі [13] розглянуто напружений стан крайової ділянки тонкостінної трубчастої заготовки після проходження конічної матриці при обжиму. Застосовуючи рівняння рівноваги та умову пластичності Сен-Венана, був визначений закон розподілу напружень в цій ділянці заготовки. Отримані співвідношення, разом з виразами для складових вільного вигину та випрямлення на виході з цієї ділянки, дозволяють визначити максимальний радіус (діаметр) крайової ділянки трубчастої заготовки на виході з матриці. Також було показано, як радіус переходу з конічної ділянки матриці в циліндричну форму впливає на цей радіус крайової ділянки. Була розроблена методика розрахунку, яка дозволяє обчислити різницю між максимальним радіусом крайової ділянки та радіусом основної частини циліндричної ділянки заготовки, що отримується після проходження матриці. Для перевірки отриманих залежностей був проведений відповідний експеримент, результати якого порівняні з розрахунковими даними.

У роботі [14] був досліджений спосіб обжиму особливо тонкостінних трубчастих заготовок, і були отримані математичні залежності для розрахунку неоднорідності деформаційного стану в цьому процесі, які добре узгоджуються з результатами експерименту. Також була визначена ступінь впливу сил контактної тертя в даному процесі.

У роботі [15] автори провели дослідження за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ) з метою визначення форми вихідної заготовки відповідно до креслення деталі для холодного обжиму. Також були встановлені параметри обжиму для виготовлення порожнистого виробу зі змінною товщиною стінки заданих розмірів з високовуглецевої сталі. Розрахунковим шляхом була визначена форма та розміри вихідної заготовки. Автори показали, що для холодного обжиму виробу з необхідною формою використання традиційної матриці не дозволяє отримати його через велике зусилля деформування та потовщення стінок у донній частині zdeформованої заготовки.

У роботі [16] проведено аналіз обжиму з протитиском в сферичній матриці порожнистих заготовок з дном, що забезпечує постійну товщину стінки. Автор відзначає, що при традиційному обжиму вісесиметричних трубчастих заготовок та порожнистих заготовок з дном у конічних, сферичних матрицях або матрицях з криволінійною поверхнею, zdeформована частина заготовки потовщується через значні тангенціальні напруження та деформації, що виникають при формуванні виробів.

У роботі автора показано можливість отримання виробів із постійною товщиною стінки за допомогою обжиму з протитиском у сферичній матриці. Для цього було проведено моделювання обжиму традиційної заготовки за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ). Була встановлена величина потовщення zdeформованої частини заготовки, яка впливає на потовщення стінки вихідної заготовки. Також були визначені зусилля обжиму та напруження в заготовці. Автори відмітили, що обжим спрофільованої заготовки дозволяє збільшити ступінь деформації за один процес. За допомогою інженерного методу були отримані аналітичні залежності для визначення напружень та зусилля деформування. Крім того, у роботі порівняно результати, що були розраховані двома різними методами.

У роботі автором [17] було проведено дослідження операції обжиму без потоншення стінки порожнистої циліндричної оболонки, виготовленої з латуні Л63. Дослідження було виконано за допомогою комп'ютерного моделювання в програмному комплексі QFORM 2D/3D. Аналіз результатів та побудовані графіки показали, що зі зростанням вихідної товщини стінки заготовки відбувається збільшення напружень та інтенсивності деформацій у зоні формозміни. Варіювання кута нахилу конусності матриці призводить до виявлення оптимальних значень кутів у діапазоні $15...20^\circ$, що відповідають найменшому зусиллю під час процесу обжиму. Крім того, автор відмітив, що недоурахування сили тертя при моделюванні операцій процесів об'ємного механічного оброблення (ОМТ) призводить до зниження середнього значення сили на $15...20\%$.

У роботі авторами [18] було проведено розрахунковий аналіз традиційного обжиму та обжиму із диференційованим протитиском на внутрішню стінку конічної матриці порожнистих заготовок з різною товщиною стінок. Для цього використовувався метод скінченних елементів (МСЕ). Дослідження виявило вплив енергосилових режимів деформування, кінцевої форми та розмірів виробів з обтиснутою конічною частиною та горловиною відносної товщини.

Встановлено, що застосування диференційованого протитиску призводить до збільшення коефіцієнта обжиму порівняно з традиційним способом. Це досягається за рахунок зменшення ймовірності пластичних деформацій в донній частині заготовки, які можуть спричинити викривлення дна.

В статті [19] авторами був проведений розрахунковий аналіз процесу виготовлення вісесиметричних виробів з горловиною шляхом обжиму порожнистих заготовок з дном. Виявлено, що за допомогою традиційного обжиму неможливо отримати вироби заданих розмірів через деформацію донної частини заготовки.

Однак, був розроблений спосіб обжиму [20], який дозволяє запобігти деформації донної частини заготовки. У цьому способі на внутрішню поверхню застосовується рідина, що створює диференційований протитиск. Для реалізації цього способу був розроблений пристрій [20], який дозволяє знизити зусилля обжиму шляхом уникнення сил тертя між зовнішньою поверхнею заготовки та деформуючим інструментом. На рис. 1.2 показана схема оснащення для обжиму з диференційованим протитиском.

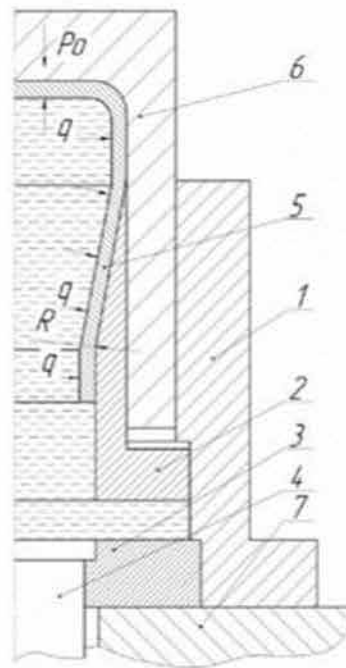


Рис. 1.2 – Схема оснащення для обжиму із диференційованим протитиском

Таким чином, розробка технологічних процесів, що дозволяють знизити енергетичні і матеріальні витрати на технологічне оснащення та підвищити продуктивність при виготовленні деталей із трубчастих заготовок для різних сфер застосування має практичну цінність.

РОЗДІЛ 2.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Експериментальне обладнання, оснащення та апаратура

Отримання деталей методом прямого видавлювання здійснювали з використанням універсальної випробувальної машини УИМ-50 (рис. 2.1), яка дозволяє не тільки деформувати заготовки, але і реєструвати зусилля в процесі деформації.



Рис. 2.1 – Експериментальна універсальна випробувальна машина УИМ-50

Технічна характеристика

Потужність електродвигуна насосу, кВт	2,8
Максимальний робочий тиск насосу, МПа	23,5
Діапазон навантажень, що заміряються, кН	0 – 50
	0 – 100
	0 – 250
	0 – 500

Ціна поділки шкали силовимірювача при діапазоні навантажень, що заміряються, кН:

від 0 до 50 кН	0,1
від 0 до 100 кН	0,2
від 0 до 250 кН	0,5
від 0 до 500 кН	1,0

Габарити машини, що встановлена на фундаменті, мм:

розмір спереду - назад	288
розмір справа - наліво	1180
висота	5330

Вага машини складає 2668 кг та складається з ваги, кг:

насоса	288
преса.	2160
силовимірювача	220

За інструмент для обжиму використовувався експериментальний штамп (див. креслення: рис. 2.2).

Конструкція еспериментальної схеми для обжиму.

Штамп має пуансон 4, який встановлено нижню плиту 5 і на який встановлюють заготовку 1. У пуансонотримачі 2 закріплено пуансон 3, що упирається у знімач 6. Пружина 7 встановлена між нижньою плитою 5 та знімачем 6 і виконує зворотно-поступальний рух.

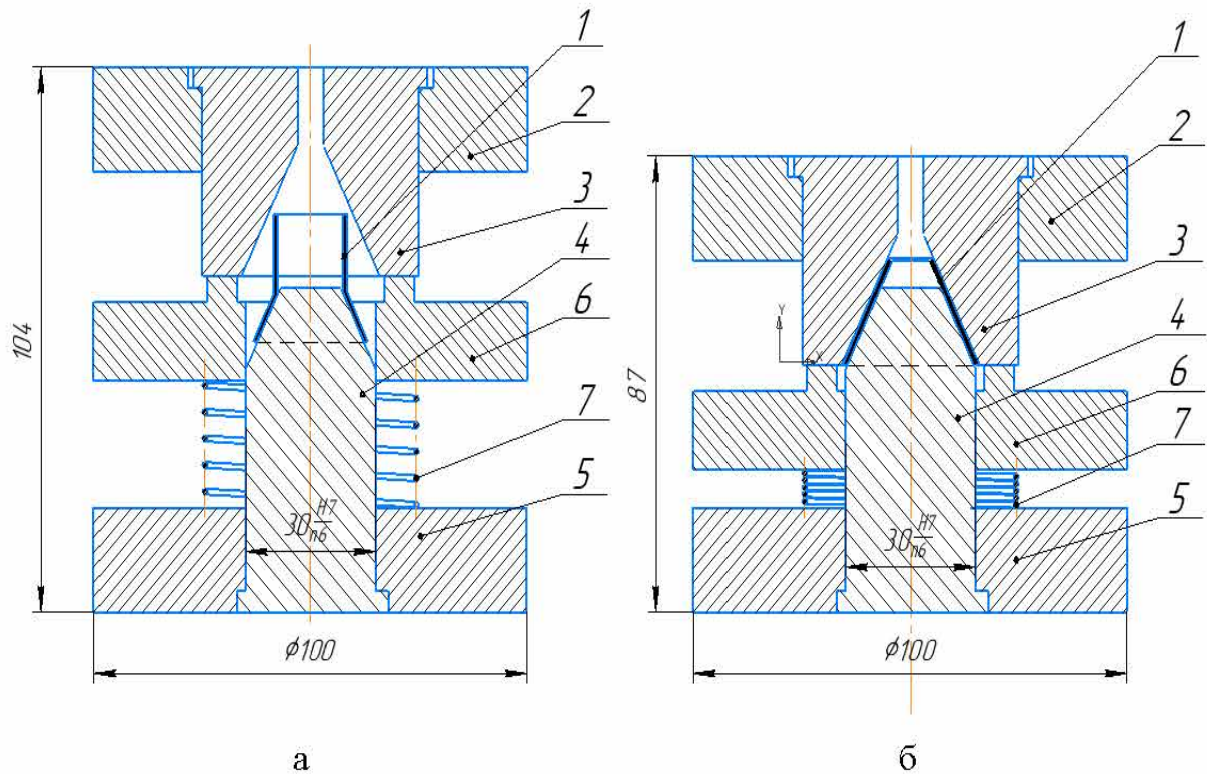


Рис. 2.2 – Експериментальний штамп для обжиму:
а – у відкритому положенні; б – у закритому положенні.

Штамування відбувається таким чином: заготовка 1 встановлюється на пуансон 4, який закріплено у нижній плиті 5; в такому вигляді штамп встановлюється на розривну машину та навантажується, і як наслідок виконується обжим заготовки пуансоном 3. Пуансон 3 закріплений у верхній плиті 2, під час ходу тисне на підпружинений знімач 6. Після здійснення робочого ходу пружина розтискається, деталь знімають вручну.

Зусилля видавлювання записується на паперовий носій.

2.2. Методи визначення зусилля пресування

Залежно від цілей розрахунків застосовують такі основні методи: ліній ковзання, метод кінцевих елементів і експериментальний метод.

2.2.1. Метод ліній ковзання

Метод заснований на обліку траєкторії найбільших дотичних напружень. Ці траєкторії є лініями ковзання, які безперервні і утворюють два сімейства взаємо перпендикулярних ліній. Лінії ковзання перетинають траєкторії головних нормальних напружень під кутом 45° . Зміна середнього нормального напруження при русі уздовж лінії ковзання пропорційно куту її повороту.

Використання ліній ковзання дозволяє визначати напруження в будь-якій точці вогнища деформації.

2.2.2. Метод кінцевих елементів (МКЕ)

Метод заснований на використанні варіаційних принципів механіки суцільного середовища. Сутність його зводиться до заміни безперервного суцільного середовища дискретним, що дозволяє спростити розв'язок рівнянь течії. Дискретний опис середовища характеризує середовище як систему з кінцевого числа недеформованих малих елементів, які повинні задовольняти певним умовам спільності на границях.

Використання комп'ютерів з великою пам'яттю і застосування стандартного математичного забезпечення МКЕ дає можливість розв'язку різноманітних завдань теорії обробки тиском.

2.3. Правила безпеки при обслуговуванні ковальсько-штампувального обладнання

Роботодавець повинен забезпечити організацію і безпечне виконання ковальсько-пресових робіт [21 – 23] відповідно до вимог ГОСТ 12.3.002-75 «ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Працівники під час виконання робіт повинні дотримуватися вимог Інструкції з охорони праці під час виконання монтажних робіт інструментами і пристроями, затвердженої наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 05 червня 2001 року № 254.

Небезпечні виконавчі механізми устаткування повинні мати огороження відповідно до вимог ГОСТ 12.2.062-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Ограждения защитные».

Вантажопідіймальні механізми повинні відповідати вимогам Правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 18 червня 2007 року № 132.

Завантаження, розвантаження, транспортування вихідних матеріалів, готової продукції повинно здійснюватися відповідно до вимог ГОСТ 12.3.020-80 «ССБТ. Процессы перемещения грузов на предприятиях. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.2.022-80 «ССБТ. Конвейеры. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.3.009-76 «ССБТ. Работы погрузочно-разгрузочные. Общие требования безопасности», ГОСТ 12.3.010 82 «ССБТ. Тара производственная. Требования безопасности при эксплуатации».

Нанесення змащувальних матеріалів, визначених технічною документацією на устаткування, на заготовки і штампи необхідно виконувати розпилювальними пристроями або щіткою після зупинення рухомих частин устаткування. Під час роботи устаткування в автоматичному режимі необхідно використовувати спеціальні пристрої пістолетного типу для розпилення змащувальних матеріалів [24].

Гільйотинні ножиці з похилим верхнім ножом для розрізання листового матеріалу повинні бути обладнані: пристосуванням і пристроями для подавання, укладання і підтримання листів (столи, рольганги, кронштейни, підставки) на рівні нерухомого ножа та механізмами для виведення заготовок з робочої зони ножиць; напрямними і запобіжними лінійками для позначення місця різання; запобіжними пристроями, зблокованими з пусковими механізмами; роз'єднувальними пристроями для відключення електродвигуна для унеможливлення пуску ножиць сторонніми працівниками; противагами для запобігання мимовільному опусканню ножової балки під дією власної ваги і ваги інструмента; пристроєм для утримання ножової балки у верхньому положенні під час проведення налагоджувальних робіт [24].

Біля устаткування для розкроювання листового матеріалу повинні бути розміщені пристосування для укладання листів, напрямні елементи і упор для обмеження подавання листів.

Під час розкроювання тонколистового матеріалу із застосуванням заднього упора необхідно застосовувати підтримувальні пристрої.

Не дозволяється працівникам приймати, підтримувати відрізані кінці заготовки та скидати заготовки на підлогу.

Під час обрізання великогабаритних довгомірних деталей на дводискових і висікних ножицях та деталей масою понад 15 кг необхідно застосовувати спеціальні стійки, підставки, столи висотою на рівні ножів.

Не дозволяється працювати на стрічкових пилах, не обладнаних уловлювачами заготовок. Під час подавання малогабаритних заготовок складної конфігурації необхідно використовувати спеціальні підтримувальні пристосування.

Відходи і обрізки металу необхідно прибирати від ножиць і пилок при вимкненому двигуні і повному зупиненні приводного механізму.

Під час штампування на гідравлічних пресах для захисту працівників від падаючих гайок, що відгвинтилися, шпильок і частин сальника, що

розірвалися, на траверсі під фланцями необхідно установити металевий кожух для їх уловлення.

Укладати заготовки в штамп і витягати їх зі штампа необхідно тільки через спеціальне робоче вікно в нагрівальному блоці. Ручне подавання матеріалу на матрицю під час штампування з листа дозволяється за наявності на прямої лінійки і упорів на штампі. Для довгих листів додатково необхідно застосовувати роликові столи.

Під час штампування на гідропресах з висувними столами контроль положення оснастки на робочому столі необхідно виконувати перед кожним ходом робочого столу і під час його переміщення в робочу зону [25].

Не дозволяється працювати на гідропресі за відсутності сигналізації щодо положення робочих столів, базового столу, повзуна, мультиплікаторів, покажчика тиску на кожному столі преса. Листоправильні багатовалкові верстати повинні мати столи (рольганги) для подавання і приймання листів та пристрої для направлення листів під час подавання їх у вальці [25].

Роликові верстати для згинання і вальцювання профілів повинні мати захисні пристрої від попадання пальців працівників між роликами і матеріалом. Не дозволяється працювати на згинальному верстаті в разі: випередження одного кінця траверси або нерівномірного її переміщення; невідповідності ходу траверси (верхнього вала) показанням індикатора; значного провисання верхнього вальця при прокатуванні. Під час прокатування на згинальному верстаті металевих листів із застосуванням полотна або паперу не дозволяється розправляти утворені складки на полотні або папері, протирати опорні ролики і вальці під час їх обертання.

Заготовки, які подаються до профілезгинальних машин, повинні мати випрямлені і зачищені торці для забезпечення вільного заправлення їх у затискний інструмент. Під час роботи профілезгинальних верстатів не дозволяється проводити вимірювання і звільняти заготовки під час повороту згинальних важелів [25].

В основу аналізу покладено метод розрахунків силових параметрів процесу, заснований на спільному розв'язанні наближених диференціальних рівнянь рівноваги і умови течії з урахуванням спряжень на границях ділянок, а також зміни напрямку течії матеріалу [26].

Припускаємо, що процес роздачі трубної заготовки протікає в умовах плоского напруженого стану ($\sigma_z = 0$), на контактній границі реалізується закон тертя Кулона. Матеріал є нестисливим, ізотропним, що володіє циліндричною анізотропією механічних властивостей, для якого слушна умова плинності Мізеса-Хілла [2]

$$2f(\sigma_{ij}) \equiv F\sigma_\theta^2 + G\sigma_\rho^2 + H(\sigma_\rho - \sigma_\theta)^2 = 1 \quad (3.1)$$

і асоційований закон пластичної течії

$$\begin{aligned} d\varepsilon_\rho &= d\lambda[H(\sigma_\rho - \sigma_\theta) + G\sigma_\rho]; & d\gamma_{\theta z} &= 0; \\ d\varepsilon_\theta &= d\lambda[F\sigma_\theta + H(\sigma_\theta - \sigma_\rho)]; & d\gamma_{z\rho} &= 0; \\ d\varepsilon_z &= -d\lambda[G\sigma_\rho + F\sigma_\theta]; & d\gamma_{\rho\theta} &= 0, \end{aligned} \quad (3.2)$$

де F, G, H – параметри, що характеризують поточне стан анізотропії;

σ_{ij} – компоненти тензора напружень у головних осях анізотропії;

$d\varepsilon_x, d\varepsilon_y, d\varepsilon_z, d\gamma_{yz}, d\gamma_{xy}, d\gamma_{zx}$ – компоненти збільшення тензора деформацій;

$d\lambda$ – коефіцієнт пропорційності;

x, y, z – головні осі анізотропії.

Враховуючи зв'язок параметрів анізотропії F, G, H з величинами коефіцієнтів анізотропії R_ρ і R_θ виду [27] умова течії для матеріалу, що володіє циліндричною анізотропією механічних властивостей, у головних напругах прийме вид

$$\sigma_\rho^2 + \frac{R_\rho(1+R_\theta)}{R_\theta(1+R_\rho)}\sigma_\theta^2 - 2\frac{R_\rho}{(1+R_\rho)}\sigma_\rho\sigma_\theta = \frac{R_\rho(1+R_\theta)}{R_\theta(1+R_\rho)}\sigma_{s\theta}^2, \quad (3.3)$$

де $\sigma_{s\theta}$ – величина опору матеріала пластичному деформуванню в напрямку вісі θ , яку можна виразити через

$$\sigma_{s\theta} = \sigma_i \sqrt{\frac{2(R_p + R_p R_\theta + R_\theta)}{3R_p(R_\theta + 1)}}. \quad (3.4)$$

Використовуючи вираз для визначення інтенсивності деформації ε_i для вказаної схеми деформування визначаємо, що

$$d\varepsilon_i = \sqrt{\frac{2(R_p + R_\theta + R_p R_\theta)[\beta^2 R_p(R_\theta + 1) + 2\beta R_p R_\theta + R_\theta(R_p + 1)]}{3R_p R_\theta(1 + R_p + R_\theta)}} d\varepsilon_\theta, \quad (3.5)$$

Звідси величина інтенсивності деформації визначається з виразу

$$\varepsilon_i = \int_{\rho_0}^{\rho} \sqrt{\frac{2(R_p + R_\theta + R_p R_\theta)[\beta^2 R_p(R_\theta + 1) + 2\beta R_p R_\theta + R_\theta(R_p + 1)]}{3R_p R_\theta(1 + R_p + R_\theta)}} \frac{d\rho}{\rho},$$

а $\rho_0 = r_0 / \sin \alpha$.

Меридіанальне σ_ρ та окружні σ_θ напруження визначають рішенням приближеного рівняння рівноваги

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho \left(1 + \frac{\rho}{s} \frac{ds}{d\rho}\right) - \sigma_\theta - \frac{\mu \sigma_\theta}{\operatorname{tg} \alpha} = 0 \quad (3.5)$$

спільно із умовою пластичності при граничних умовах

$$\text{при } \rho = r_k, \quad \sigma_\rho \Big|_{\rho=r_k} = 0, \quad (3.6)$$

де μ – коефіцієнт тертя по Кулону на поверхні контакту пуансона та заготовки.

Гранична умова дозволяє визначити величину окружного напруження σ_θ з умови текучесті таким чином:

$$\sigma_\theta = \sigma_i \sqrt{\frac{2(R_p + R_p R_\theta + R_\theta)}{3R_p(1 + R_\theta)}}. \quad (3.7)$$

Інтегруванням рівня рівноваги чисельним методом кінцевих різностей від крайової частини заготовки отримуємо рівняння

$$\sigma_{\rho_n} = \sigma_{\rho_{n-1}} + \frac{\rho_n - \rho_{n-1}}{\rho_n} \left[\sigma_{\theta_{n-1}} \left(1 + \frac{\mu}{\operatorname{tg}\alpha} \right) - \sigma_{\rho_{n-1}} (1 + f_{n-1}) \right]. \quad (3.8)$$

При цьому визначаємо, що стискаючі меридіанальні напруження σ_ρ мають найбільше за абсолютною величиною значення при $\rho = r_0$. Цю величину визначаємо як суму напружень відповідно із (3.8) та прирістом напруження $2\Delta\sigma_\rho$ від вигину та спрямлення таким чином:

$$\begin{aligned} \left. \sigma_\rho \right|_{\max} &= \left. \sigma_\rho \right|_{\rho=r_{2p}} + 2\Delta\sigma_\rho \Big|_{\rho=r_{2p}} = \left. \sigma_\rho \right|_{\rho=r_{2p}} + 2\left. \sigma_\rho \right|_{\rho=r_{2p}} (1 - \cos\alpha) = \\ &= \left. \sigma_\rho \right|_{\rho=r_{2p}} (3 - 2\cos\alpha). \end{aligned} \quad (3.9)$$

Де коефіцієнт $(3 - 2\cos\alpha)$ враховує вигін та спрямлення заготовки при переході від конічної ділянки до недеформованого циліндричного.

3.2. Обжим трубної заготовки з утворенням циліндричної частини

У випадку, коли при обжимі утворюється циліндрична частина нового діаметра, визначаючи напруження в конічній ділянці, необхідно враховувати вплив вигину та спрямлення між цими участками.

Приймають вигін та спрямлення елементів на границях ділянок відного вигину збільшують меридіанальне напруження σ_ρ на величину $2\Delta\sigma_\rho$, яку визначають як

$$\Delta\sigma_\rho = \frac{\sigma_{s\theta}s}{4r_2}, \quad (3.10)$$

де r_2 – радіус кривизни,

$$r_2 = \sqrt{r_K s} / (\sqrt{2} \sin\alpha). \quad (3.11)$$

Величина меридіанальних напружень σ_ρ визначається за формулою

$$\sigma_\rho = 2\Delta\sigma_\rho \Big|_{\rho=r_K} = \frac{\sqrt{2} \sigma_{s\theta} s \sin\alpha}{2 \sqrt{r_K s}}.$$

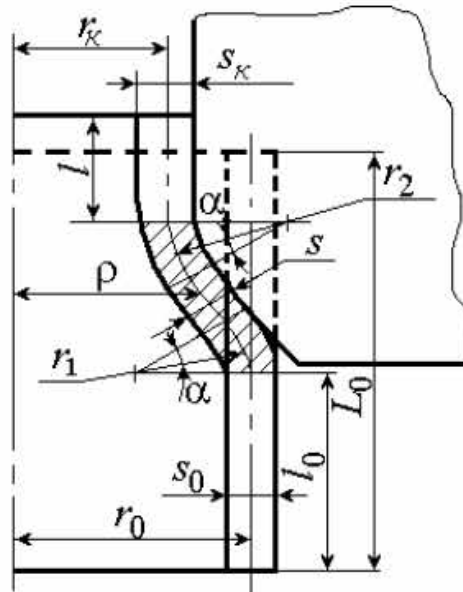


Рис. 3.2 – Схема обжиму трубної заготовки пуансоном з утворенням циліндричної частини

Меридіанальні напруження σ_ρ і окружні напруження σ_θ визначають рішенням приближеного рівняння рівноваги (3.5) відповідно з умовою пластичності (3.1), при граничних умовах

$$\rho = r_k, \quad \sigma_\rho|_{\rho=r_k} = 2\Delta\sigma_\rho|_{\rho=r_k} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sigma_{s\theta} s \sin \alpha}{\sqrt{r_k s}},$$

де визначається з умови (3.4) при $\rho = r_k$.

Зміну товщини труби в процесі роздачі заготовки визначаємо за відношенням

$$s = s_0 e^{\int_{\rho_0}^{\rho} f \frac{d\rho}{\rho}},$$

Силу процесу роздачі трубної заготовки визначаємо виразом

$$P = 2\pi r_0 s_0 |\theta_{\text{pmax}}|.$$

3.3. Чисельне моделювання обжиму трубної товстостінної заготовки

Отримані при розробці математичної моделі обжиму трубної заготовки співвідношення дозволили оцінити вплив технологічних параметрів, кута конусності пуансона α , умов тертя на контактній поверхні робочого інструмента і заготовки μ , анізотропії механічних властивостей заготовки на напружений і деформований стан, силові режими і граничні можливості формозміни операції роздачі трубних заготовок.

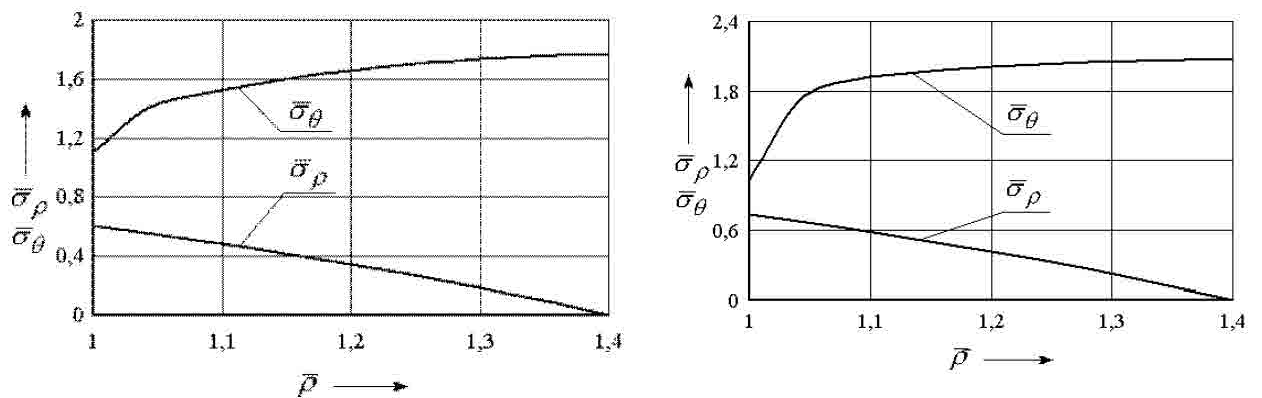


Рис. 3.3 – Залежності зміни $\bar{\sigma}$ та від $\bar{\rho}$ ($K_{об} = 1,4$; $\alpha = 20^\circ$):
а – сталь 08кп; б – алюмінієвий сплав АМгб

Аналіз графічних залежностей показує, що зі збільшенням відносного радіуса $\bar{\rho}$ відносна окружна напруга $\bar{\sigma}_\theta$ збільшується. Меридіональна напруга $\bar{\sigma}_\rho$ збільшується від найбільшого значення при $r/r_0 = 1$ до нуля на крайці заготовки.

Графічні залежності зміни відносної величини сили процесу \bar{P} від кута конусності пуансона α ($K_{об} = 1,4$; $\mu = 0,05$) для трубних заготовок зі сталі 08кп і алюмінієвого сплаву АМгб представлені на рис. 3.4.

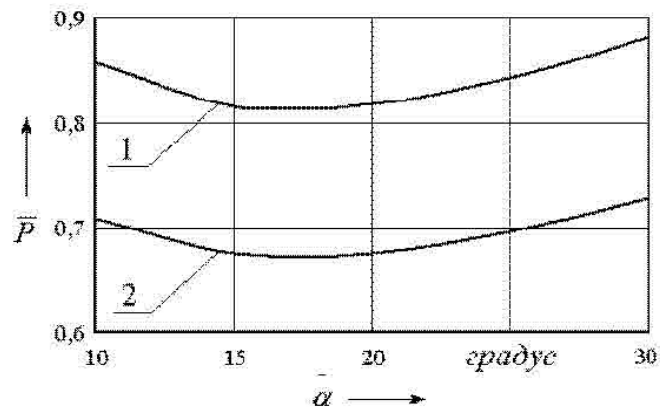


Рис. 3.4 – Залежності зміни \bar{P} від α :

крива 1 - алюмінієвий сплав АМг6; крива 2 - сталь 08кп

Аналіз результатів розрахунків і графічних залежностей, наведених на рис. 3.4, показує, що виявлені оптимальні кути конусності пуансона в межах від 12° до 18° , що відповідають найменшій величині сили. Встановлено, що з ростом коефіцієнта роздачі $K_{об}$ і коефіцієнта тертя μ величина відносної сили \bar{P} зростає.

На рис. 3.5 наведені графічні залежності зміни відносної товщини крайки трубної заготовки $s_k = s / s_0$ від коефіцієнта обжиму $K_{об}$ при обжимі трубних заготовок зі сталі 08кп і алюмінієвого сплаву АМг6. Із графічних залежностей (рис. 3.5) видно, що зі збільшенням коефіцієнта обжиму $K_{об}$ відносна товщина крайки трубної заготовки s_k суттєво зменшується.

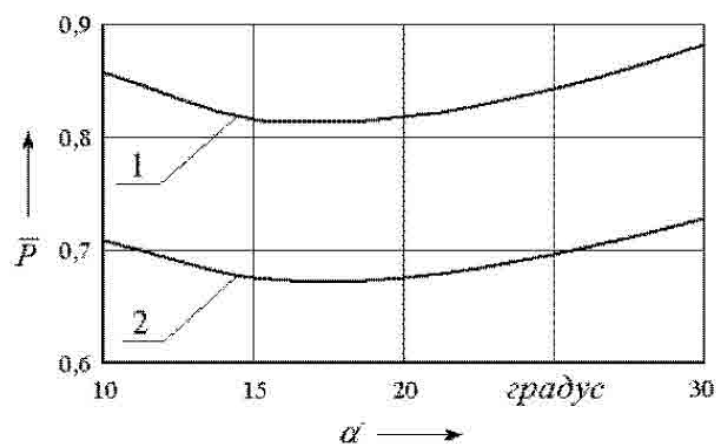


Рис. 3.5 – Залежності зміни s_k від $K_{об}$ ($\alpha = 20^{\circ}$; $\mu = 0,05$):

крива 1 - сталь 08кп; крива 2 - алюмінієвий сплав АМг6

Результати розрахунків граничних можливостей формозміни по наведених вище умовах деформування представлені на рис. 3.6, звідки випиває, що граничні можливості формозміни при обжимі трубних анізотропних заготовок обмежуються першою умовою деформування.

Тут криві 1 і 2 відповідають величинам коефіцієнтів роздачі $K_{об}$, обчисленим за критерієм локальної втрати стійкості і максимальній величині осьової напруги.

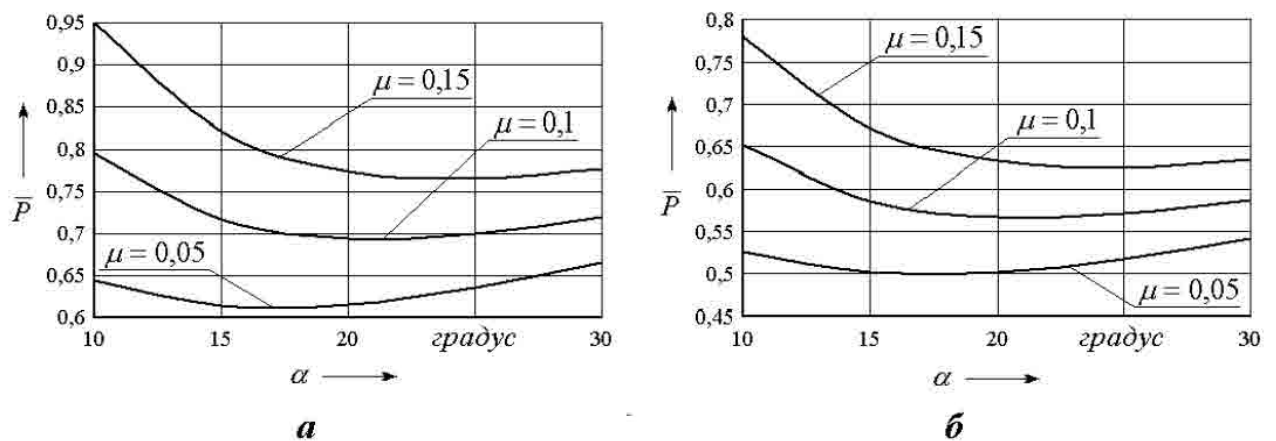


Рис. 3.6 – Залежності зміни $K_{об}^{np}$ від α :

а - сталь 08кп; б - алюмінієвий сплав АМг6

Наведені вище співвідношення для визначення деформованого і напруженого стану трубної заготовки дозволяють установити граничні можливості процесу. Граничні величини коефіцієнта обжиму $K_{об}$ при обжимі трубних заготовок конічним пуансоном можуть обмежитися припустимою зміною товщини стінки заготовки (по технічних умовах) і локальною втратою стійкістю заготовки.

3.4. Комп'ютерне моделювання обжиму трубної заготовки вісесиметричним пуансоном

Комп'ютерне моделювання виконували в програмному середовищі DEFORM 2D/3D. Вихідними даними для комп'ютерного моделювання є розміри вихідної трубчастої заготовки, які коригувалися по ходу виконання чисельного розрахунку. Моделювання процесу роздачі трубчастої заготовки вісесиметричним пуансоном відбувалось за таких умов:

- матеріал заготовки – М0 (аналог в програмі – С10100);
- ізотропний пластичний матеріал заготовки;
- всі інструменти є жорсткими;
- швидкість пуансона та матриці є однаковими $V_0 = 1$ мм/с;
- коефіцієнт тертя приймався по закону Кулона ($\mu = 0,1$).

На рис. 3.7 наведено розрахункову схему процесу обжиму трубчастої заготовки вісесиметричним пуансоном в залежності від стадії процесу деформування. Трубчаста заготовка 1 у вихідному положенні опирається на виштовхувач 2 в рухомій матриці 4. Зусилля деформування передається на заготовку за допомогою пуансону 3. При цьому при русі пуансона із швидкістю $V_M = V_P = 1$ мм/с також опускається рухома матриця 4, яка діє як протитиск.

В результаті комп'ютерного моделювання були отримані графіки залежності зусиль, що виникають на пуансоні в залежності від переміщення (рис. 3.8). З графіків, які майже ідентичні видно, що максимальне зусилля на пуансоні досягає 12 кН в кінці процесу після переміщення на 15 мм.

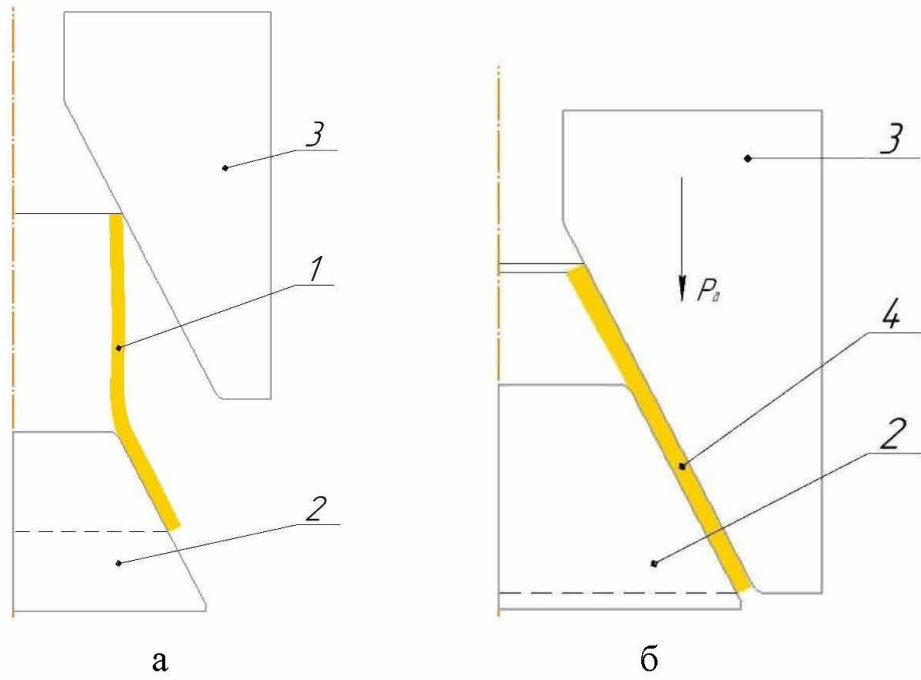


Рис. 3.7 – Схема процесу обжиму трубної заготовки:
 а – початок деформації; б – кінець деформації

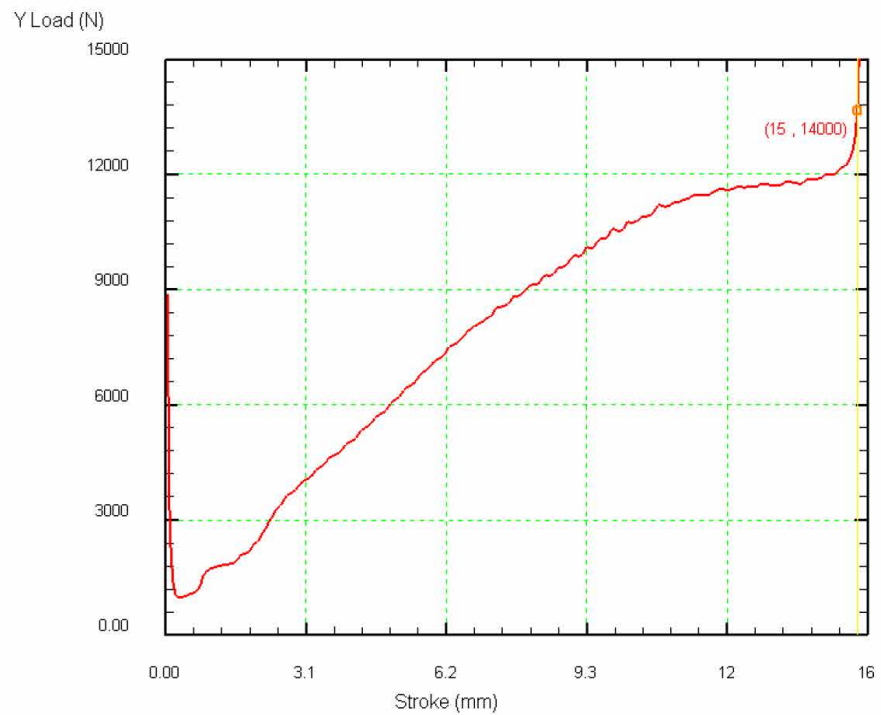


Рис. 3.8 – Зміна зусиль в залежності від переміщення

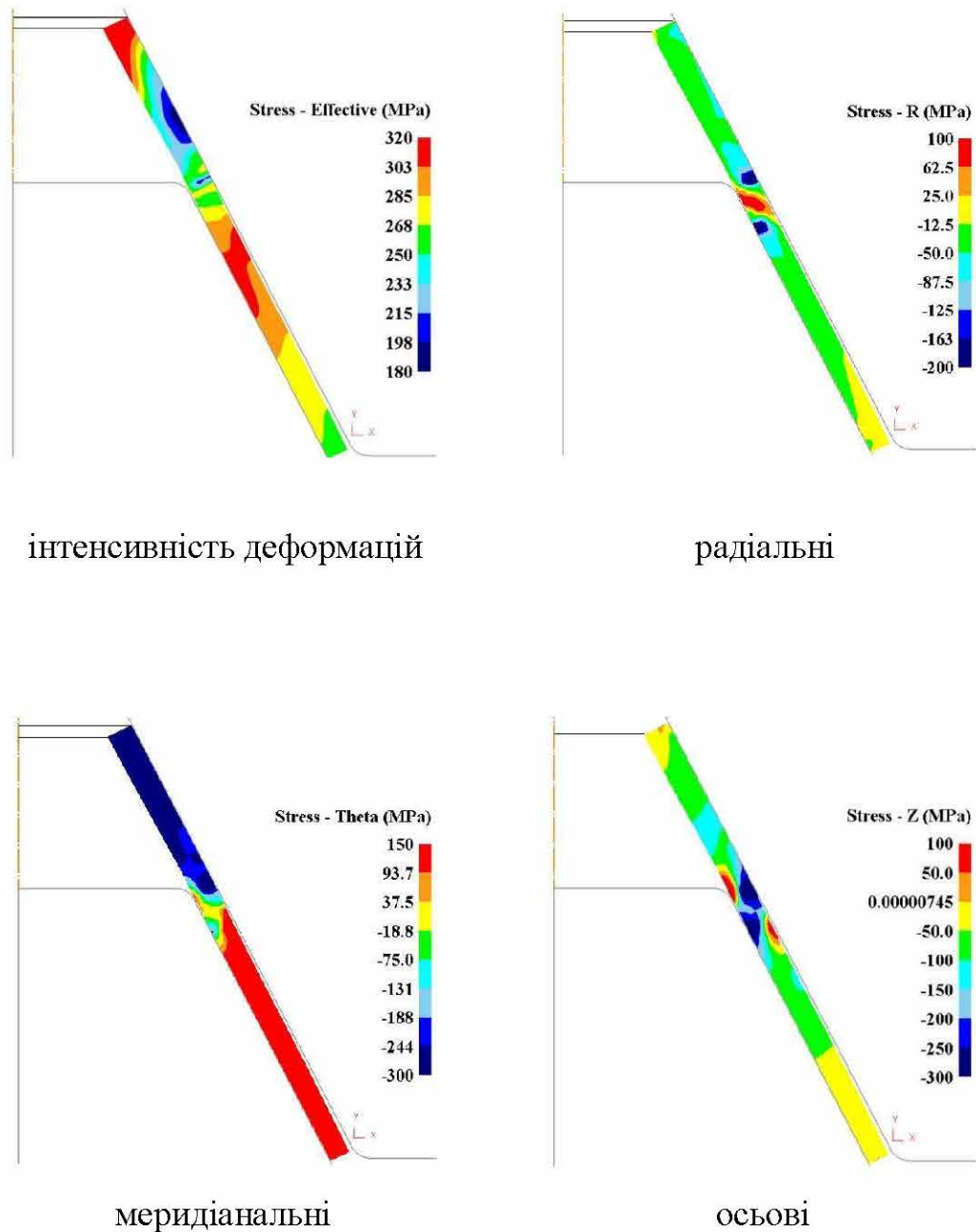


Рис. 3.9 – Розподіли компонент напружень

Розподіл компонент напружень після процесу роздачі у здеформованій трубчастій заготовці при максимальному зусиллі показано на рис. 3.9.

На рис. 3.9, а показано інтенсивність напружень у здеформованому трубчастому напівфабрикаті, яка переважно знаходиться в межах $\sigma_i = 180 \div 320$ МПа. Найменші значення інтенсивності напружень $\sigma_i = 180 \div 250$ МПа виникають вздовж циліндричної напівфабрикату, найбільші $\sigma_i = 251 \div 320$ МПа – в обжимній стінці.

Радіальні напруження, які показано на рис. 3.9, б знаходяться в межах $\sigma_r = -100 \div 200$ МПа. У стінці виробу виникають стискаючі радіальні напруження. На внутрішній частині трубчастої заготовки в місці радіусу переходу від циліндричної до конусної частини напівфабрикату виникають найбільші стискаючі радіальні напруження, які складають $\sigma_r = -100 \div -100$ МПа. На зовнішній частині в місці радіусу виникають розтягувальні напруження в межах $\sigma_r = 0 \div 100$ МПа.

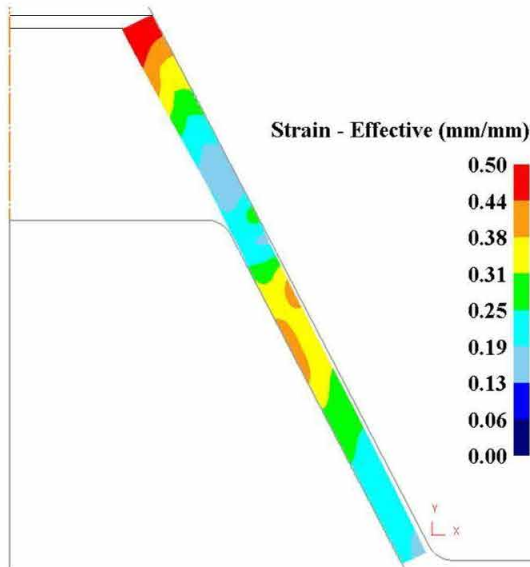
Тангенціальні напруження знаходяться в межах $\sigma_\theta = -300 \div 150$ МПа (рис. 3.9, в). Найбільші стискаючі тангенціальні напруження виникають в зовнішній частині трубчастої заготовки в місці радіусу переходу від конусної до циліндричної частини і становлять $\sigma_\theta = -300 \div -75$ МПа. У розданий конусній стінці заготовки переважають розтягувальні тангенціальні напруження в межах $\sigma_\theta = 75 \div 150$ МПа.

Осьові напруження, які показані на рис. 3.9, г знаходяться в межах $\sigma_z = -300 \div 100$ МПа. Стискаючі осьові напруження виникають в циліндричній стінці обжимної заготовки і досягають величини $\sigma_z = -300$ МПа. Невеликі значення розтягуючих осьових напружень виникають у конусній стінці.

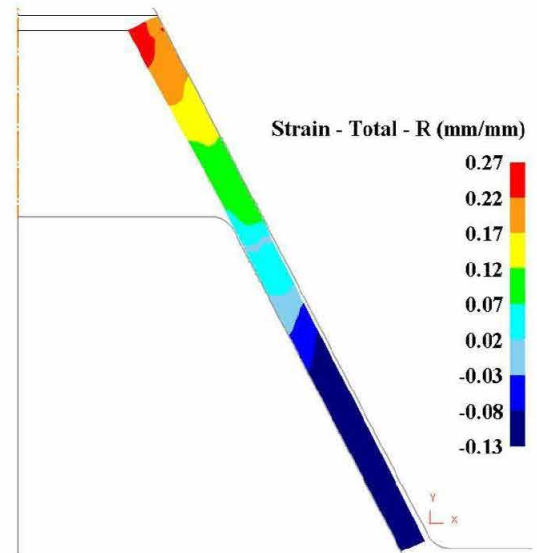
Розподіл компонент деформацій після процесу роздачі у zdeформованому напівфабрикаті показано на рис. 3.10.

Інтенсивність деформацій (рис. 3.10, а) знаходиться в межах $\varepsilon_i = 0 \div 0,5$. Найменша інтенсивність виникає в циліндричній стінці напівфабрикату та сягає $\varepsilon_i = 0,06$. Найбільша величина знаходиться конусній частині стінки та знаходиться в межах $\varepsilon_i = 0,19 \div 0,5$.

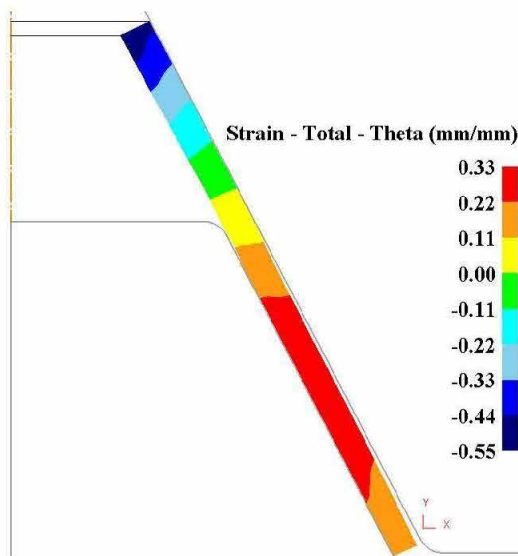
Радіальні деформації, які показані на рис. 3.10, б знаходяться в межах $\varepsilon_r = -0,13 \div 0,27$. Найбільшої величини стискаючі радіальні деформації сягають у торцях конусної стінки zdeформованого напівфабрикату, де знаходяться в межах $\varepsilon_r = -0,13 \div -0,27$.



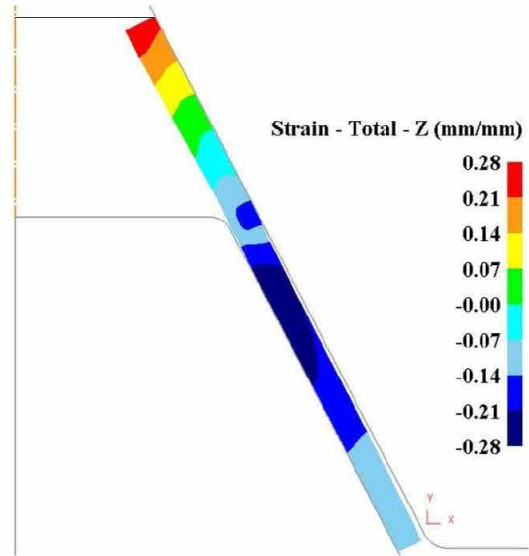
інтенсивність деформацій



радіальні



меридіанальні



осьові

Рис. 3.10 – Інтенсивність деформацій в виробі, отриманому за допомогою роздачі трубної заготовки

По всьому об'єму zdeформованого виробу виникають розтягувальні тангенціальні деформації, які показано на рис. 3.10, в. Вони знаходяться в межах $\varepsilon_{\theta} = -0,55 \div 0,33$. Найбільшої величини $\varepsilon_{\theta} = 0,33$ розтягувальні тангенціальні деформації сягають в торцях конусної стінки виробу, далі поступово зменшуючись до переходу в циліндричну стінку.

Осьові деформації (рис. 3.10, г) знаходяться в межах $\varepsilon_z = -0,28 \div -0,28$.

По всій стінці виробу виникають стискаючі осьові деформації.

На рис. 3.11 показано значення критерію руйнування в zdeформованому трубчастому напівфабрикаті в кінці обжиму. Найбільше значення критерію становить 0,26 на кромках розданої частини напівфабрикату, поступово зменшуючись до переходу в циліндричну стінку.

На рис. 3.12 показані розміри отриманого напівфабрикату.

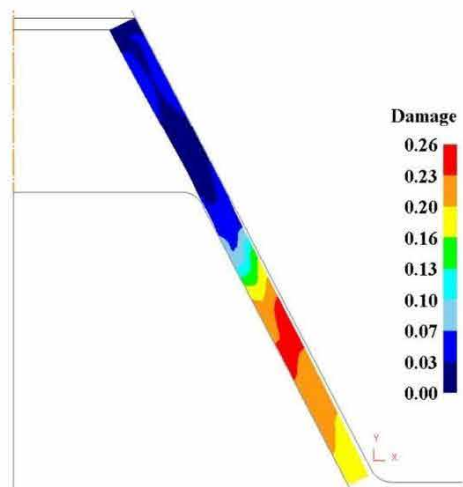


Рис. 3.11 – Показники величини руйнування в виробі після обробки

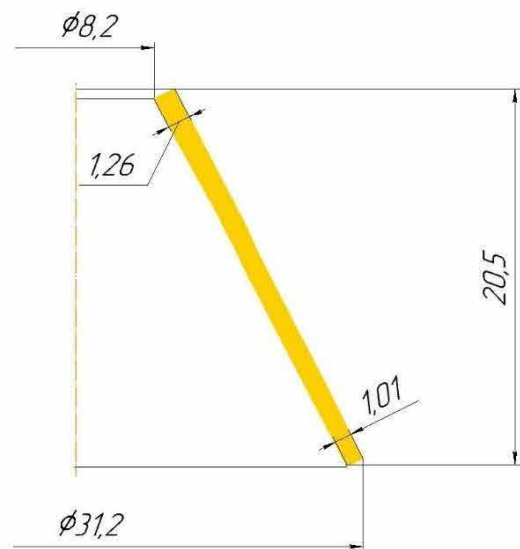


Рис. 3.12 – Отриманий виріб після деформування

Висновки по розділу 3

В даному розділі було отримано наступні результати:

1. Визначена математична модель обжиму трубної анізотропічної заготовки вісесиметричним конічним пуансоном.
2. Проведено чисельне моделювання обжиму трубної анізотропічної заготовки вісесиметричним конічним пуансоном. Проведено графічний аналіз оцінки впливу технологічних параметрів, кута конусності пуансона, умов тертя на контактній поверхні робочого інструмента і заготовки, анізотропії механічних властивостей заготовки на напружений і деформований стан, силові режими і граничні можливості формозміни операції обжиму трубних заготовок.
3. За допомогою комп'ютерного моделювання в програмному комплексі DEFORM 2D/3D проведено аналіз операційного переходу технологічного процесу обжиму трубної заготовки.
4. Встановлені залежності зусиль операцій від переміщення пуансона.
5. Встановлений НДС заготовок та кінцеві розміри та форми виробів отриманих обжимом.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Вступ до розробки стартап-проекту

Стартап – це новостворена компанія (іноді навіть офіційно не зареєстрована), що знаходиться на стадії розвитку, творці якої мають новаторську бізнес-ідею і потребують інвестицій для реалізації своєї бізнес-ідеї в новий унікальний продукт на ринку. Ідеї стартапу утворюються на основі новаторських технологій та інноваційних ідей.

Причиною розвитку стартапів є те, що великі міжнародні компанії не можуть справлятися з швидким розвитком ринку. Більшість компаній не можуть йти в ногу з сучасним розвитком технологій, так як розробка і впровадження власних нових продуктів може займати велику частку часу і часто є не вигідним. Тож стартапи мають більшу мобільність та ефективність втілення нових ідей в порівнянні з великими компаніями.

Основним кроком для створення життєздатного стартап-проекту є інноваційна, новаторська ідея. Чим унікальніша ідея стартапу тим більша його комерційна цінність. Ще одним важливим фактором є ринковий попит на ваш майбутній продукт, адже іноді абсолютно унікальна ідея може не приносити найбільшу користь на виробництві. Тому стартап вважається доволі ризикованою інвестицією.

В Україні ситуація з знаходженням фінансування для стартапів була доволі важкою. Іноземні інвестори неохоче заходили в країну, а власна банківська система надає жорсткі умови кредитування, що призводить до того, що багато цікавих ідей помирають ще на зачатку. Але в останні роки держава почала активно створювати програми підтримки для стартапів, але поки, що лише в окремих галузях (оборона, кібербезпека, енергетика).

4.2 Опис головної ідеї стартап-проекту

Головною ідеєю стартап-проекту є реалізація представленого процесу обжиму трубчастої заготовки для сучасного виробництва.

Можливість моделювання поопераційних переходів формозмінюючих операцій при отриманні обжиму трубчастих заготовок, використання математичних моделей для розрахунку технологічних та конструктивних особливостей формоутворення воронки різного профілю з попередньо профільованої трубчастої заготовки, використовуючи метод скінчених елементів. Також програма Deform 2D/3D має широке поле для вдосконалення та модифікацій процесів обжиму трубних заготовок, наприклад із застосування іншої схеми базування, допомагає визначати оптимальні режими деформування, за яких вся система буде залишатися сталою.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувача
Правильне оцінювання сталості обжиму трубчастої заготовки	Оптимізація режимів обжиму трубчастої заготовки	Підвищення продуктивності обжиму трубчастої заготовки
	Моделювання і конструювання інструменту для обжиму трубчастої заготовки	Зменшення бракованих виробів за рахунок підбору оптимальних режимів обжиму

Даний програмний продукт орієнтований для машинобудівного виробництва, що використовує процеси пластичної деформації, і яке прагне досягти максимальної продуктивності при обробці зменшивши

енерговитрати шляхом попереднього моделювання процесу пластичної обробки.

4.3 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

На цьому етапі потрібно визначити слабкі, сильні та нейтральні характеристики та властивості ідей проекту для формування його конкурентоспроможності (табл. 4.2). Для нашого проекту визначаємо основні техніко-економічні характеристики ідеї такі, як клієнтоорієнтованість, можливість продукту встановлювати та пропонувати оптимальні режими різання, контроль вібрацій та ціна кінцевого продукту.

Таблиця 4.2 Визначення слабких, сильних та нейтральних сторін стартап- проекту

№ п/п	Технічно-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	S (сильна сторона)	N (ней- тральна сторона)
		Мій проект	Компас	Solid- works			
1.	Клієнто-орієтова-ність	+	+	+	Обмеже-ність в деяких функціях	Орієтовн ість на обробку деформув анням	-
2.	Можливість встановлювати оптимальні обробки	+	+	-	Ручний підбір оптим. режимів	Визнач. відбув. з врахува-нням впливу на інструмент	Визнач. відбув. перед процесом обробки

4.4 Технологічний аудит проекту

Для реалізації проекту необхідно провести технологічний аудит проекту. Наша головна ідея – це моделювання процесу режимів обжиму трубчастой заготовки, а тому, будемо шукати подібні технології, які дозволяють вирішувати цю задачу.

Проаналізувавши дані з табл. 4.3 обираємо наступні технологічні рішення: реалізація кінцевої продукції у вигляді програмного продукту для підприємств з додатковим наданням користувачам інструкції для визначення вихідних даних.

Таблиця 4.3 Технологічний аудит проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології та їх реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Реалізація програмного забезпечення моделювання процесу режимів обжиму трубчастой заготовки	Продаж продукту підприємству з інструкцією користувача для визначення вихідних даних	Так	Так

4.5 Аналіз ринкових можливостей запуск стартап-проекту

Для ефективного планування напрямку розвитку стартап-проекту необхідно проаналізувати ринкові можливості, для визначення ринкових загроз, які можуть перешкоджати реалізації проекту, а також для ефективного впровадження продукту на ринок.

Спершу проводимо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміку розвитку ринку (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 Характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість основних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, у.о/місяць	30.000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Постійна
4	Наявність обмежень для входу (характер обмежень)	Обмеження за прогресом готовності проекту до ринку
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Не встановлено

Наступний крок – визначення потенційних груп клієнтів. На його основі формується орієнтований перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 4.5).

Наступний крок – аналіз ринкового середовища за допомогою аналітичних схем. Для цього складаємо таблиці факторів, що сприяють та перешкоджають впровадженню проекту на ринок (табл. 4.6-4.7).

Таблиця 4.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Потреба в забезпеченні сталості процесу обжиму	Виробництва	Вимоги до сталості процесу обробки тиском	Моделювання процесів обробки тиском
2	Потреба в розрахунках режимів обжиму	Виробництва	Вимоги до точності визначення	Надання оптимальних режимів обробки
3	Потреба в конструюванні пресового інструменту	Виробництва	Вимоги до конструювання інструменту пресового	Надання оптимальних енергоефективних процесів

Таблиця 4.6 Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Спад машинобудівного виробництва	Відсутність потреби у продукції	Переформатування роботи компанії на створення продукції для інших галузей

2	Неможливість розробити ПЗ	Поява проблеми, яку не можливо вирішити на даному етапі роботи компанії	Пошук додаткових (або нових) кадрів в компанію. Згортання поточного проекту. Відкриття нового проекту
3	Ринкова конкуренція	Стартап не витримав конкуренції на ринку і не отримав достатньої популярності для продажів	Зміна цінової політики. Покращення маркетингу, реклами продукції
4	Інфляція	Падіння платоспроможності покупців	Гнучке ціноутворення

Таблиця 4.7 Фактор можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Підтримка держави	Політика протекціонізму від держави з метою захисту національного виробника	Зайняття більшої частини ринку
2	Попит на продукт	Високий попит на продукцію на ринку	Розширення виробничих потужностей
3	Впровадження технології в уже існуючі продукти	Інтеграція продукту в більш відомі системи	Обмін технологіями

Таблиця 4.8 Аналіз конкуренції ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції: чиста	Конкуренція на рівних умовах без впливу на ситуацію на ринку	Створення переваги над конкурентами за рахунок якіснішого товару
Рівень конкурентної боротьби: регіональна	Відсутність єдиного постачальника продуктів	Індивідуальний підхід до кожного окремого сегменту
Галузева ознака: внутрішньогалузева	Конкуренція з підприємствами в межах однієї галузі	Концентрація на якісному задоволенні потреб лише декількох галузей машинобудування
Конкуренція за видами товарів: товарно-видова конкуренція	Застосування стандартизованих технологій	Використання загальноживаних апаратних та програмних засобів
За характером конкурентних переваг: цінова	Використання доступних технологій	Гнучке ціноутворення
За інтенсивністю: немарочна	Перевага надається покращенню якості продукту, а не його маркетингу	Покращення якості продукту

Визначаємо та обґрунтовуємо фактор конкурентоспроможності (табл. 4.9) та проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції за моделлю п'яти сил М. Портера (табл. 4.10).

Таблиця 4.9 Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Раціональна політика ціноутворення	
2	Сервісні послуги	Надання консультацій, навчальних уроків користування продуктом
3	Розвиток технології	Можливості для вдосконалення продукту
4	Оновлення продукту	Підтримка продукту на рівні розвитку технологій
5	Темп росту попиту	Можливість розширення компанії, збільшення об'ємів продажу
6	Рівень конкуренції	Можливість аналізу хороших і помилкових рішень на основі продуктів конкурентів

Таблиця 4.10 Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Компас; Solidworks; Конкурент 3		Постачальники відсутні	Вплив на ціноутворення	Прихильність споживачів до сформованих та відомих компаній

Висновки:	Інтенсивність конкуренції – середня	Можливість входу на ринок та створення додаткової конкуренції є	Постачальники не мають впливу на ринок	Клієнти можуть вимагати зменшення ціни, збільшення функціоналу	Зменшення кількості потенційних покупців
-----------	-------------------------------------	---	--	--	--

Наступний крок – аналіз слабких та сильних сторін стартапу (табл. 4.11) на основі визначених вище факторів конкурентоспроможності.

Таблиця 4.11 Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали	Рейтингу товарів-конкурентів в порівнянні з нашим проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Раціональна політика ціноутворення	2						+	
2	Сервісні послуги	3					+		
3	Розвиток технологій	5						+	
4	Оновлення продукту	7						+	
5	Темпи росту попиту	6			+				
6	Рівень конкуренції	5			+				
7	Розширення ринку	5				+			

Кінцевий етап аналізу можливостей впровадження стартап-проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (S – Strength) та слабких (W – Weak) сторін, можливостей (O – Opportunities) та загроз (T - Troubles) (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> – новизна товару; – простота використання; – раціональна цінова політика; – сервісні послуги 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> – невідома торгова марка; – маркетинг та реклама продукту
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вдосконалення функціоналу новими додатками; – використання продукту разом із відомі САПР 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> – активність конкурентів на ринку; – нестабільна економічна ситуація в країні; – проблеми на ринку

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартапу на ринок та орієнтовний оптимальний час їх реалізації на ринку з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Альтернативи ринкового впровадження стартапу показані в табл. 4.13.

Таблиця 4.13 Альтернативи ринкового впровадження стартапу

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Попередній пошук клієнтів, для створення початкової бази клієнтів	Середня	1 рік
2	Заклучення довгострокових договорів на використання продукту з підприємцями	Висока	1 роки

З представлених альтернатив ринкової поведінки обираємо альтернативу № 2 за рахунок більш ймовірного та простого отримання ресурсу для її реалізації.

4.6 Розроблення ринкової стратегії

Першим кроком розробки ринкової стратегії є визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових потенційних споживачів (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність сприйняття продукту споживачами	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1	Технологи	Висока	Високий	Висока	Низька
2	Конструктори	Середня	Середня	Висока	Низька
3	Машинобудівні виробництва	Висока	Висока	Висока	Низька

На основі обраних цільових груп клієнтів визначаємо базову стратегію розвитку та охоплення ринку. Так як компанія працює в одному сегменті, то вибираємо стратегію концентрованого маркетингу.

Визначення базової стратегії розвитку наведено в табл. 4.15.

Наступний крок – вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 4.16).

Таблиця 6.15 Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива	Стратегія охоплення ринку	Ключові позиції відповідно дообраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Бюджетність проекту	Концентрований маркетинг	Використання загальнодоступних паратних рішень	Стратегія лідерства повітрятах
2	Розвиток власної торгової марки	Концентрований маркетинг	Активний розвиток та реклама власної торгової марки, продукту.	Стратегія спеціалізації

Таблиця 4.16 Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопроходець» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Так	Ні	Стратегію заняття конкурентної ніші

Обираємо в якості базової стратегії конкурентної поведінки – стратегію заняття конкурентної ніші. Основним завданням при даній стратегії для компанії є постійна підтримка і розвиток власної конкурентної переваги.

Фінальним кроком розробки ринкової стратегії є розробка стратегії позиціонування (табл. 4.17). Розробка базується на формуванні ринкової позиції, за якими споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект. Розробка здійснюється на основі визначених попередньо сегментів до

постачальника та до продукту (табл. 4.4), обраної базової стратегії розвитку (табл. 4.16) та стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 4.17 Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги цільової аудиторії до товару	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартапу	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позиціовласного проекту (три ключових)
1	Простота використання	Стратегія спеціалізації	Можливість користування на системах з низькою потужністю. Швидкодія роботи. Тривала підтримка продукту	Підвищення ефективності процесу обжиму. Використання інформаційних технологій для моделювання процесів в обробці тиском. Доступність продукту
2	Адекватністю триманих результатів			
3	Простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс			
4	Простота отримання вихідних даних для моделювання			

4.7 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком розробки маркетингової програми є формування маркетингової концепції товару. В табл. 4.18 внесемо підсумовані результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 4.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі аботакі, що треба створити)
1	Технології моделювання обжиму трубних заготовок	Моделювання обжиму трубних заготовок. Забезпечення сталості процесу за рахунок визначення оптимальних режимів пресування. Підвищення якості продукції	Моделювання проводиться з врахуванням пресового інструменту та визначеної схеми базування

Таблиця 4.19 Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
Товар за задумом	Система моделювання ТОС при розточуванні. Визначення оптимальних режимів різання.		
Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1). Вартість	М	Вр
	Якість: стандарти, постійне обслуговування та оновлення продукту		
	Поширення через мережу Інтернет		
Товар із підкріпленням	До продажу: надання консультацій, інструкцій по користуванню		
	Після продажу: надання якісного пост-продажного сервісу		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патент; захист інтелектуальної власності			

На наступному етапі розробляється трирівнева маркетингова модель товару. На цьому етапі уточнюється ідея товару, його фізичні складові, особливості процесу надання товару (табл. 4.19).

Наступний крок – визначення оптимальної системи збуту товару (табл. 4.20)

Таблиця 4.20 Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Одинична купівля продукту; купівля ліцензії на певний термін	Потребує реклами серед металообробних підприємств	Глибокий канал	Система складається з виробника, який продає товар споживачу он-лайн через веб-сайт.

Фінальний етап розробки маркетингової програми – розроблення концепції маркетингових комунікацій (табл. 4.21).

Таблиця 4.21 Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Купівля одиничного товару або купівля ліцензії для тимчасового доступу до продукту	Мережа Інтернет, сайт виробника.	Позиціонування на основі демонстрації переваг продукту над конкурентними товарами	Збільшення числа покупців, обсягу продажу	Демонстрація можливостей продукту

Висновки по розділу 4

В процесі створення стартап-проекту було проведено аналіз ринкових можливостей для запуску стартап-проекту. Було встановлено технологічну можливість реалізувати даний проект. Визначено сильні та слабкі сторони стартапу, розроблено стратегії ринкового впровадження продукту, вигоду для покупців товару та було створено маркетингову програму для поширення продукту.

В якості стратегії реалізації проекту було обрано стратегію концентрованого маркетингу для окремої цільової групи на ринку, з якими взаємодіятиме стартап, а саме галузь машинобудування.

Стартап-проект є перспективним для реалізації та інвестування, але його розвиток напряду пов'язаний з розвитком машинобудівної промисловості в країні та дотичних секторів виробництва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз процесу обжиму трубної заготовки та особливостей існуючих методів отримання таких виробів. Проведений огляд теоретичних та експериментальних досліджень процесів обжиму трубної заготовки.
2. Визначена математична модель обжиму трубної анізотропічної заготовки вісесиметричним конічним пуансоном. Наведені співвідношення можуть бути використані для оцінки напруженого і деформованого станів заготовки, силових режимів і граничних можливостей формозміни операції обжиму трубної заготовки з анізотропного матеріалу.
3. Проведено чисельне моделювання обжиму трубної анізотропічної заготовки вісесиметричним конічним пуансоном. Проведено графічний аналіз оцінки впливу технологічних параметрів, кута конусності пуансона, умов тертя на контактній поверхні робочого інструмента і заготовки, анізотропії механічних властивостей заготовки на напружений і деформований стан, силові режими і граничні можливості формозміни операції обжиму трубних заготовок.
4. За допомогою комп'ютерного моделювання в програмному комплексі DEFORM 2D/3D проведено аналіз операційного переходу технологічного процесу обжиму трубної заготовки.
5. За допомогою метода скінчених елементів проведено комп'ютерне моделювання процесу обжиму трубчастої заготовки. Визначено залежність зусилля обжиму від переміщення пуансону. Встановлені розподіли напружень та деформацій в zdeформованому напівфабрикаті та виявлено кінцеву форму і розміри напівфабрикату після обжиму.
6. На основі аналізу математичної моделі роздачі трубної заготовки, а також комп'ютерного моделювання намічені шляхи інтенсифікації технологічного процесу та обґрунтованого вибору основних технологічних параметрів процесу деформування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Калиновский И.П., Чудин В.Н., Мозгов В.А. Штамповка переходников с наклонными фланцами из сплава АМгб // Кузнечно-штамповочное производство. – 1983. - №12. – С. 17 – 19.
2. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов / В.А. Голенков [и др.]; под ред. В.А. Голенкова, С.П. Яковлева. М.: Машиностроение, 2009. 442 с.
3. Sosenushkin E.N., Yanovskaya E.A. The enhancement of axis-symmetrical deformation mathematical model / 8-th International congress, machines, technologies, materials. 18-21.09.2011. Varna, Bulgaria. - P. 36-39.
4. Ковка и штамповка: справочник: в 4 т. Т. 4. Листовая штамповка / под общ. ред. С.С. Яковлева; ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2010. 732 с.
5. Селедкин Е. М., Кухарь В. Д. Раздача и обжим толстостенных анизотропных трубчатых заготовок импульсным магнитным полем // Известия ТулГУ. Технические науки. 2009. №2-1.
6. Глущенко В.А., Карпухин В.Ф. Технология магнитно-импульсной обработки материалов: монография. Самара: Издательский дом «Федоров», 2014. 208 с.
7. Крылов Д. В., Черняев А. В. Математическое моделирование операций обжима и раздачи цилиндрических оболочек из анизотропного материала в режиме ползучести // Известия ТулГУ. Технические науки. 2009. №3.
8. Митин О.Н. Моделирование совмещения операций обжима, обжима с утонением и обратного выдавливания толстостенных трубных заготовок // Известия ТулГУ. Технические науки. 2015. №7-1.
9. Шишкин А. А. Об обжиге особотонкостенных трубных заготовок // Машиностроение и компьютерные технологии. 2013. №03.

10. Калюжний, В. Л. Інтенсифікація процесу холодного обтиску порожнистих напівфабрикатів для отримання виробів зі змінною товщиною стінки / В. Л. Калюжний, О. С. Ярмоленко // *Mechanics and Advanced Technologies*. – 2019. – №1 (85). – Р. 111-117.
11. Калюжний О. В. Аналіз обтиску з протитиском в сферичній матриці порожнистих заготовок з дном з забезпеченням постійної товщини стінки / О. В. Калюжний // *Наукові нотатки*. - 2013. - Вип. 40. - С. 102-111. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2013_40_22.
12. Калюжний О. В. Аналіз обтиску з протитиском в сферичній матриці порожнистих заготовок з дном з забезпеченням постійної товщини стінки / О. В. Калюжний // *Наукові нотатки*. - 2013. - Вип. 40. - С. 102-111. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2013_40_22.
13. Калюжний О.В. Аналіз силових режимів та якості виробів при обтиску трубчатих заготовок в конусній матриці // *Вісник НТУУ «КПІ», серія Машинобудування*, 2011, вип. 62. С. 63-67.
14. Романов П. В. Напряженно-деформированное состояние поллой цилиндрической оболочки при обжиме // *Известия ТулГУ. Технические науки*. 2019. №12.
15. Калюжний В.Л. Вплив радіуса заокруглення матриці на формоутворення обтиском з протитиском виробів з горловиною / Калюжний В.Л., Вихованець І.В. // *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ» - 2011. – 46. С. 27-34.
16. Калюжний В.Л. Спосіб обтиску горловини типу балон: Патент України № 59190: МПК В21В26/02// Калюжний В.Л., Калюжний О.В, Піманов В.В., Паляничко Є.М.; Заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». Опубл. 10.05.2011, бюл. №9.
17. Калюжний О.В. Пристрій для обтиску горловини типу балон: Патент України №68396: МПК В21В26/02// Калюжний О.В, Піманов В.В.,

- Солонуха В.М. та ін.; Заявник і патентовласник НТУУ «КПІ». Опубл. 26.03.2012, бюл. №8.
18. Марьин С. Б. Сравнительный анализ технологических методов раздачи трубчатой заготовки / С.Б. Марьин, Д.А. Потянихин, В.А. Пхьо, М.К. Хлайнг // Инженерный журнал: наука и инновации, № 10 (106), 2020, С. 4.
 19. Веселов А.А. Определение размеров концов труб после раздачи методом пластического деформирования // Морской вестник. 2012. № 1. С. 15-16.
 20. Калюжний В. Л. Розрахунково-експериментальний аналіз відкритої роздачі трубчастих заготовок / Калюжний В. Л., Олександренко Я. С., Куліков І. П. // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування : збірник наукових праць. – 2014. – № 1(70). – С. 63–68. – Бібліогр.: 5 назв.
 21. Наказ Державного Комітету України з нагляду за охороною праці від 15.11.2004 № 255. Про затвердження Типового положення про службу охорони праці [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1526-04> (дата звернення 15.11.2023 р.). — Назва з екрана.
 22. Наказ Державного Комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 22.02.2008 № 35. Про Рекомендації щодо побудови та впровадження системи управління охороною праці [Електронний ресурс] — Режим доступу: http://www.uazakon.com/documents/date_bu/pg_gwwuxm.htm (дата звернення 15.11.2023 р.). — Назва з екрана.
 23. Закон України. Про охорону праці [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення 15.11.2023 р.). — Назва з екрана.
 24. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 19.12.2013 № 968. Правила охорони праці під час ковальсько-пресових робіт [Електронний ресурс] — Режим доступу:

- <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0017-14> (дата звернення 15.11.2023 р.). — Назва з екрана.
25. Охорона праці в ковальсько–пресовому виробництві: навчальний посібник / І.Л. Марченко, О.М. Бакланов. – Краматорськ: ДДМА. 2009. – 208 с.
 26. Яковлев С.С., Кухарь В.Д., Трегубов В.И. Теория и технология штамповки анизотропных материалов / под ред. С.С. Яковлева. М.: Машиностроение, 2012. 400 с.
 27. Яковлев С.П., Кухарь В.Д. Штамповка анизотропных заготовок. М.: Машиностроение, 1986. 136 с.
 28. Min Ko Hlaing, Phone Htet Kyaw, Maryn B.N. Defect Analysis of Operating Hydro-Gasified Piping System. Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2019, vol. 1, pp. 885
 29. Maryin S.B., Phyo Wai Aung. Working Body for Deformation of Thin-Walled Pipe Billets. Materials Science Forum, 2019, vol. 945, pp. 628-633.
 30. Харсеев В. Е. Макроскопические феноменологические модели и теории разрушения обработки металлов давлением / В. Е. Харсеев // Обработка материалов давлением : сб. науч. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2013. – № 3 (36). – С. 90–96.
 31. Guntram Ruf. Modeling ductile damage of a Ni-base alloy considering the microstructure evolution during hot working / Ruf Guntram, Sommitsch Christof, Bruno Buchmayr // Steel Grips. Journal of Steel and Related Materials. – 2006. – № 4. – S. 56–63.
- ISSN 2076-2151. Обработка материалов давлением. 2017. № 2 (45)

ДОДАТКИ

Д1. Довідка про участь у конференції ЦНТУ



Довідка № 20 від 18.12.2023р.

Видана студенту групи ПМ22-М2-2 Белову Віталію про те, що він 20 квітня 2023 р. брав участь у засіданні секції LVII науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти приуроченій «Дню науки – 2023» на секції машинобудування, мехатроніки і роботехніки з доповіддю на тему: «Комп'ютерне моделювання теплових умов процесу пресування» (наук. кер.: доц. В.Свяцький).

Керівник МОВ

Олексій СМІРНОВ