

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Механіко-машинобудівний інститут

(повна назва інституту/факультету)

Механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

«До захисту допущено»

УДК _____

Завідувач кафедри

_____ Тітов В.А.

(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ___ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності: 131 Прикладна Механіка

на тему: Технологія локальної комплексної дії для виготовлення деталей з надтонким фланцем

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи МД61-м

Власенко Дмитро Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник Гожій Сергій Петрович

(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)

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 _____

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-науковою
програмою

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Спеціалізація Обладнання та технології пластичного формування
конструкцій машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Тітов В.А.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Власенко Дмитро Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Технологія локальної комплексної дії для виготовлення
деталей з надтонким фланцем

науковий керівник дисертації: д.т.н., професор Гожій Сергій Петрович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації: 15.05.2018

3. Об'єкт дослідження: Процес обкочування тонких фланцевих поверхонь на
стрижні.

4. Предмет дослідження: Визначення закономірності протікання процесу обкочування на стрижні.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Провести аналітичний огляд процесу обкочування тонкого фланця використовуючи стрижень. Виконати чисельне моделювання процесу обкочування тонкого фланця на стрижні с системі CAD/CAE DEFORM 3D та проаналізувати особливості процесу.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: 13 слайдів.

7. Орієнтовний перелік публікацій: одна теза.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз стану технологічних процесів і конструкторських відомостей зі ШО	20 грудня 2016	
2	Розробка технологічного процесу для виготовлення фланцевої поверхні з застосуванням стрижня	12 травня 2018	
3	Дослідження процесу обкочування	25 лютого 2018	
4	Розроблення Stuguur проекту	15 березня 2018	
5	Обробка результатів дослідження	10 квітня 2018	
6	Оформлення дисертації та її надання	15 травня 2018	

Студент _____

Власенко Д.В.

Науковий керівник дисертації _____

Гожій С.П.

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

Реферат

Власенко Д.В Технологія локальної комплексної дії для виготовлення деталей з надтонким фланцем. – Рукопис.

Атестаційна робота на здобуття вченого ступеня магістр зі спеціальності 8.05050203 Обладнання та технології пластичного формування конструкцій машинобудування– Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігора Сікорського», Київ, 2018 р.

Робота присвячена аналізу технологічних можливостей і параметрів процесу ШО при виготовленні деталей методом штампування обкочуванням на стрижні, що дозволяє розширити технологічні можливості процесу в плані виготовлення деталей складної форми з порожниною з одночасним зменшенням енергосилових параметрів. Був розроблений технологічний процес для виготовлення деталі як з циліндричної так і з листової заготовки.

Дослідження комбінованого штампування на стрижні в програмному середовищі CAD/CAE DEFORM 3D та порівняння зі звичайними методами обробки.

Розроблення Startup проекту виготовлення елементів обігрівання приміщень нового покоління, які виготовлюватимуться метобом штампування обкочуванням на стрижні

Ключові слова: комбіноване штампування обкочуванням, контактні сили тертя, штампування обкочуванням, штампування на стрижні.

Abstract

Vlasenko D. V, technology of local integrated action for the manufacture of parts with a thin-walled flange. - The manuscript.

Attestation work for obtaining a scientific degree Master degree in specialty 8.05050203 Equipment and technologies of plastic forming of machine building constructions - National Technical University of Ukraine "KPI im. Igor Sikorsky, Kyiv, 2018 The work is devoted to the analysis of technological possibilities and parameters of the SHO process in the manufacture of parts by the method of stamping by screwing on the rods, which allows to expand the technological capabilities of the process in terms of manufacturing components of complex form with a cavity with simultaneous reduction of power-supply parameters. A technological process was developed for the manufacture of parts, both from a cylindrical and a sheet of workpiece.

Studying the combined punching on the rods in the CAD / CAE DEFORM 3D software environment and comparing with conventional processing methods.

Development of the Startup project for the production of elements for heating the premises of the new generation, which will be manufactured by the method of stamping the mooring on the rods

Key words: combined punching by melting, contact forces of friction, stamping by mooring, stamping on rods.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. Аналіз стану технологічних процесів і конструкторських відомостей зі штампування обкочуванням.	10
1.1. Класифікація та розвиток машин ШО	10
1.1.1. Застосування ШО	10
1.1.2. Приклад технологічних деталей.	14
1.1.3. Матеріали заготовок.	16
1.1.4. Інструменти штампування обкочуванням.	17
1.1.5. Переваги та недоліки штампування обкочуванням.	17
1.1.6. Загальна схема процесу штампування обкочуванням.	18
1.2. Технологія виготовлення вісесиметричних фланцевих деталей.	21
1.2.1. Тертя при штампуванні обкочуванням.	26
1.2.2. Подача на оберт і кути нахилу інструменту.	28
1.2.3. Співвідношення площ.	29
1.3. Класифікація та розвиток машин штампування обкочуванням.	30
1.3.1. Порівнюючий аналіз і класифікація обладнання для ШО.	30
1.3.2. Розвиток машин ШО.	38
1.4. Поточний статус обладнання ШО.	48
Висновки до першого розділу	55
2. Розробка технологічного процесу для виготовлення фланцевої поверхні з застосуванням стрижня.	56
2.1. Розробка схеми технологічного процесу.	56
2.1.1. Виготовлення деталі з циліндричної заготовки.	56
2.1.2. Виготовлення деталі з листової трикутної заготовки.	59
2.2. Аналіз процесу розклатки фланця на стрижні.	63
Висновки до другого розділу.	75
3. Дослідження процесу обкочування на стрижні.	76

3.1. Дослідження операції зворотного видавлювання.	76
3.2. Дослідження операції обкочування на стрижні.	79
Висновки до третьому розділу.	84
4. Розроблення Startup проекту.	85
4.1. Опис ідеї проекту.	85
4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.	88
4.3. Ефективність опалення плінтусами.	88
4.4. Аналіз ринкових можливостей запуску Startup проекту.	89
4.5. Маркетингова програма Startup проекту.	90
Висновки по четвертому розділу.	91
Загальні висновки	92
Перелік використаних джерел	93

ВСТУП

Актуальність роботи: В умовах сучасного розвитку промисловості в Україні завданням є створення конкурентоздатної продукції. Досягається це за рахунок розвитку економіки країни та забезпечення її стабільного росту, для спрощення умов життя розробляють та використовують нові технології.

Одним із основних джерел доходів в економіці країни є промисловість. Тому необхідно щоб промисловість виробляла конкурентоспроможні на світовому ринку товари. Експорт промислової продукції вважається прибутковим коли переважає над імпортом, що підіймає економіку країни.

Найголовнішим фактором конкурентоспроможності товарів являється виготовлення товарів з низькою собівартістю але при цьому з оптимальним співвідношення між якістю, дизайном та технічними характеристиками. Позитивного результату зниження собівартості виробів можна досягти за допомогою раціонального використання ресурсів та зменшення відходів, тобто постає питання впровадження ресурсозберігаючих та безвідходних технологій.

Для забезпечення економії в машинобудуванні та металообробці металів та сплавів необхідно підвищувати коефіцієнт використання матеріалів. Здійснюється це за допомогою використання при виготовленні деталей методом обробки металів тиском, за допомогою яких поковки максимально наближені розмірами і формою до готового виробу. Нажаль не завжди при звичайних методах обробки тиском можна досягти бажаного результату, то них також відносяться деталі з великими та тонкими фланцевими поверхнями.

Особливу групу таких виробів складають вісесиметричні деталі з великим відношенням розмірів фланця до висоти. Кількість таких деталей достатньо велика. Для виготовлення таких деталей необхідні або ж методи які базуються на великих витратах матеріальних, або використання потужного обладнання. Такі методи не економічні та призводять до великих

капітальних затрат та затрат ресурсів, матеріалів, енергії та інше. А так як більшість методів при обробці металів тиском проводяться в пластичному стані, тобто проводиться з розігрітим металом то додатково з'являються витрати на нагрів, на нагрівальне обладнання, незворотні відходи та інше. Також з'являються проблеми з соціальної сторони такі як тяжкі умови праці, забруднення навколишнього середовища.

При обробці металів методом локального прикладання навантажень відсутні перераховані вище недоліки. Так як в даному методі інструмент робить коливальні рухи і формозмінна здійснюється тільки по певній частині заготовки і при циклічному повторенні переміщується на весь об'єм. До таких методів відносяться (розкочування кілець, розкочування в торець, штампування обкочування) і дають можливість отримувати деталі з великим співвідношенням розмірів в плані до їх висоти.

Мета роботи: Полягає в розробленні робочої концепції створення деталей з надтонким фланцем методом штампування обкочуванням яка полягає в поєднанні двох інструментів та зміщення центру конусної поверхні обкочуючого пуансону.

Задачі дослідження:

- провести аналітичний огляд процесу обкочування тонкого фланця використовуючи стрижень;
- виконати чисельне моделювання процесу обкочування тонкої фланцевої поверхні на стрижні в системі CAD/CAE DEFORM 3D, та проаналізувати особливості процесу;

Об'єкт дослідження: процес обкочування тонких фланцевих поверхонь на стрижні.

Предмет дослідження: визначення закономірності протікання процесу обкочування на стрижні.

Методи дослідження: для вирішення поставленої задачі обкочування фланцевої поверхні на стрижні були використані основні положення теорії

ОМТ, та моделювання процесів методом скінчених елементів з використанням CAD/CAE DEFORM 3D

Наукова новизна: Впровадженні нового методу штампування обкочуванням на стрижні зі зміщенням точки O_1 на обкочувальному інструменті.

Практичне значення отриманих даних: планується запровадити для реалізації виготовлення елементів обігрівання приміщень нового покоління.

1. Аналіз стану технологічних процесів і конструкторських відомостей із штампування обкочуванням.

В розділі буде розглянуто типи машин, технологічні процеси, конструкторські відомості із штампування обкочуванням, та вплив параметрів процесу на формозміну деталей.

1.1. Класифікація та розвиток машин ШО

1.1.1. Застосування ШО

Деталі які штамнують на молоті, пресі або горизонтально-кувальній машині, можна також оброблювати штампуванням обкочуванням. Ці деталі включають, як симетричні так і асиметричні форми.

Майже до однієї третини всіх деталей, які отримані або штампуванням на молоті, або штампуванням на пресі можуть бути відштамповані штампуванням обкочуванням.

Штампування обкочуванням - новий технологічний спосіб обробки металів тиском і на сьогоднішній день перебуває у фазі становлення. Характерно, що осмисленню суттєвих особливостей самого процесу формотворення біжучим локалізованим осередком пластичної деформації, які визначають його конкурентоздатність порівняно із загальновідомими методами, передувало запропонування у 1920 р. в Англії принципово нового пристрою, який називався "сферорушний механізм" для обробки тиском. Згідно з цим винаходом, деформування, здебільше осесиметричної заготовки, здійснювалося інструментом у вигляді похилого конусу, твірна якого попередньо розташовувалась паралельно недеформованій торцевій поверхні заготовки, вісь якої проходила через вершину конічного інструменту, причому кожна його точка під час руху описує вала гвинтову лінію. Виходячи з конструктивних ознак пристрою, спосіб, що ним реалізувався, дістав назву "сферорушне штампування". Сам по собі він являє собою окремий випадок штампування обкатуванням, що водночас є різновидом локальних методів

пластичної обробки тиском. При дослідженнях впливу вимушеної вібрації інструменту на енергосилові параметри різноманітних процесів пластичного деформування зверталася увага на деякі позитивні ефекти, що виявилися лише за циклічного навантажування. При вібраційному осаджуванні, наприклад, встановлено істотне зниження технологічного зусилля і своєрідний характер пластичного плину, що виражався в якісному впливі параметрів вібрації на об'ємне розподілення деформації. Спостерігалась трансформація звичайної бочкоподібної форми твірної поверхні деформованого циліндричного зразка в циліндричну або навіть корсетоподібну.[1]

Тобто вісесиметричні деталі штампуються за допомогою орбітального руху інструмента (див. рис. 1.1). Більш складні деталі можна штампувати за допомогою таких рухів інструменту, як лінійний, планетарний і спіральний (рис. 1.1). Планетарний рух, в основному, використовується для виготовлення дрібномодульних шестерень. Прямолінійний рух інструменту найчастіше використовується для виробництва асиметричних частин, видовжених в напрямку однієї із вісей.

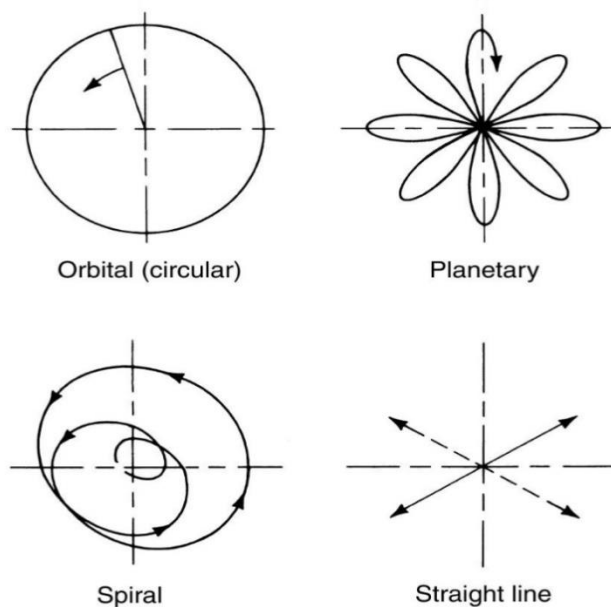


Рис. 1.1. Схема типових рухів верхнього інструменту [2]

Намагаючись з'ясувати причину наведених якісних ефектів, дослідниками була запропонована фізична модель процесу, в основу якого покладено принцип можливості варіацій схеми навантажування від циклу до циклу. Інакше, припускалося циклове зміщення вектора результуючого технологічного зусилля за рахунок поперечної вібрації інструменту.[1]

Локальний характер деформації призводить до ряду наслідків, що й обумовлюють особливості штампування обкатуванням як спеціального технологічного методу.

Основним серед них порівняно із загальновідомими способами оброки можна вважати:

- істотне зменшення контактної площі між інструментом та заготовкою;
- значно менші максимальні контактні напруження порівняно із звичайними процесами формоутворення без обкатування, що є результатом своєрідних контактних умов;
- тенденція до схеми всебічного стискання в локалізованому осередку завдяки впливу позаконтактної зони;
- суттєва позаконтактна деформація, що призводить до істотного зменшення роботи поверхневих сил тертя;
- зменшення об'єма та висоти загальмованих зон пластичного плину;
- тенденція до інтегрального рівномірного розподілення деформації і, як наслідок, зниження залишкових напружень;
- своєрідний перебіг металу, що за певних умов призводить до появи розтягуючих напружень у центральній зоні заготовки.[1]

Штампування обкочування ефективно при штампуванні деталей, які мають значне відношення діаметру до товщини, через здатність штампуванням обкочуванням до отримання більш високого відношення поперечної деформації до сили притискання, ніж звичайне штампування. Також при штампуванні обкочуванням дуже мале тертя між інструментами, тому бічний рух матеріалу заготовки на 30% більше, ніж при ударному штампуванні.[2]

Штампуванням обкочуванням можна виготовити такі деталі: заготовки дисків автомобільних коліс, шестерні, фланці, втулки, кулачки, кільця і конічні ролики, а також тонкі диски і плоскі фігури та зубчасті рейки.

Також за допомогою штампування обкочуванням можна виготовляти деталі із отриманням складного рельєфу на поверхні заготовок. Наприклад такі деталі як кулачки, храповики традиційно важко виготовляти за допомогою звичайного штампування, так як тертя що на поверхні заготовки та інструменту ускладнює заповнення вузьких місць належним чином в порожнині інструменту.

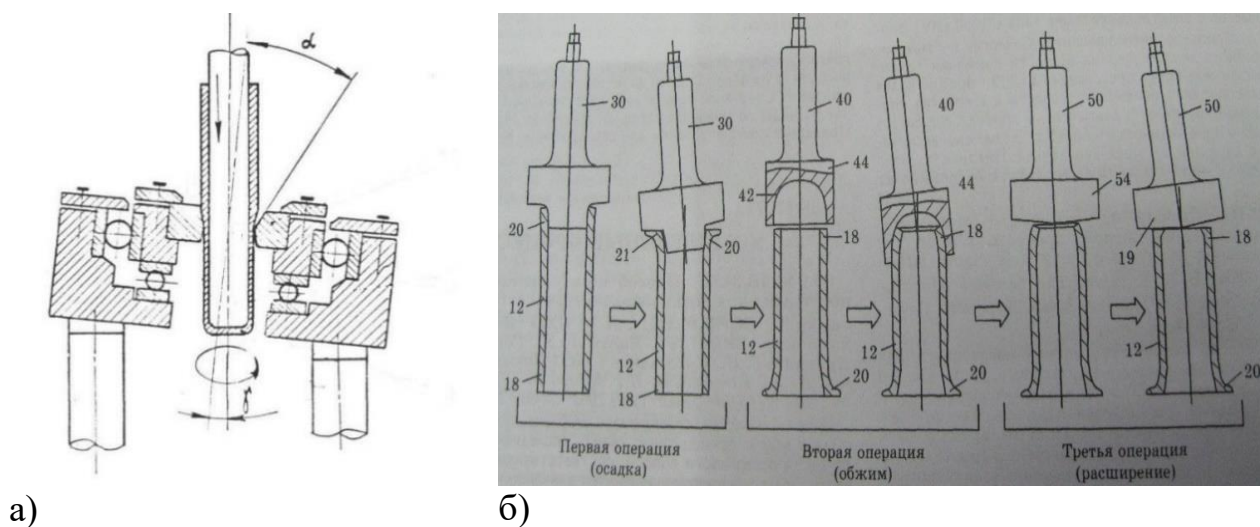


Рис. 1.2. Схеми застосування ШО:

- а – схема витягування з потоншенням в матрицю, що коливається [3]
- б – схема роздачі та обтиску

Також штампування обкочуванням може застосовуватись в листовому штампуванні при витягуванні та витягуванні с потоншенням (рис. 1.2) та деяких розділових операціях. [3]

Також штампування обкочуванням можна використовувати при штампуванні заклепуванням. Дана операція характеризується високою якістю з'єднання, обтиску та роздачі. (рис. 1.3). [4, 5, 6]

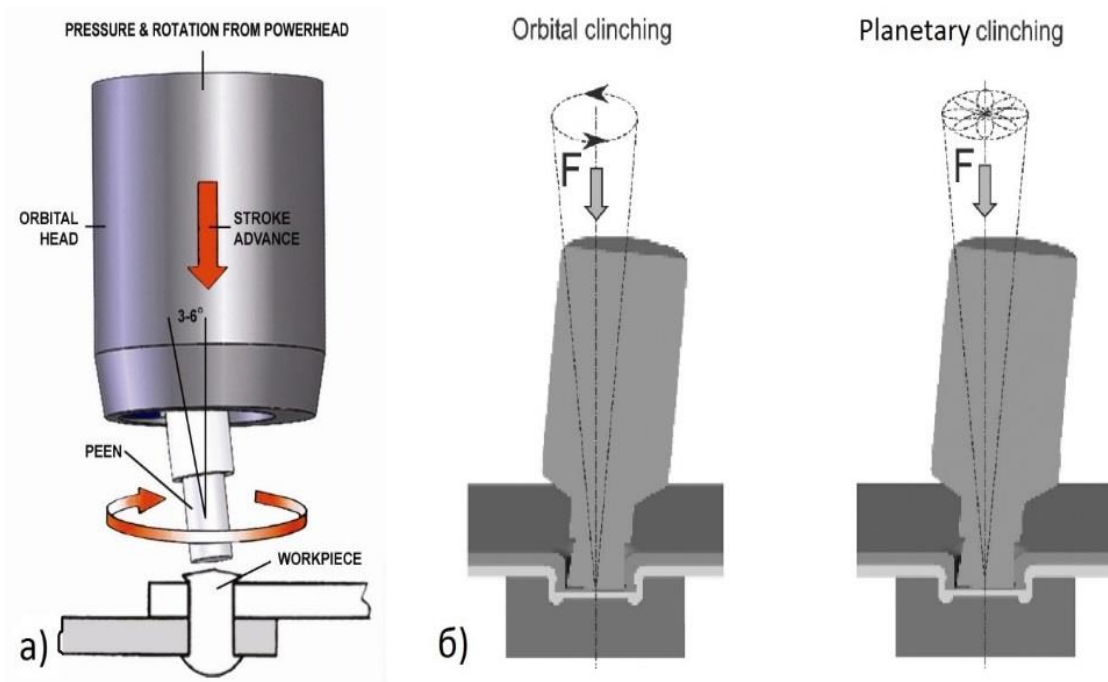


Рис. 1.3. Штампування обкочуванням в процесах заклепування [4, 5, 6]:
 а – схема процесу заклепування із використанням ШО;
 б – схема процесу внутрішнього заклепування, використовуючи ШО

1.1.2. Приклад технологічних деталей.



Рис. 1.4. Вироби які можливо виготовляти за допомогою штампуванням обкочуванням. [7]

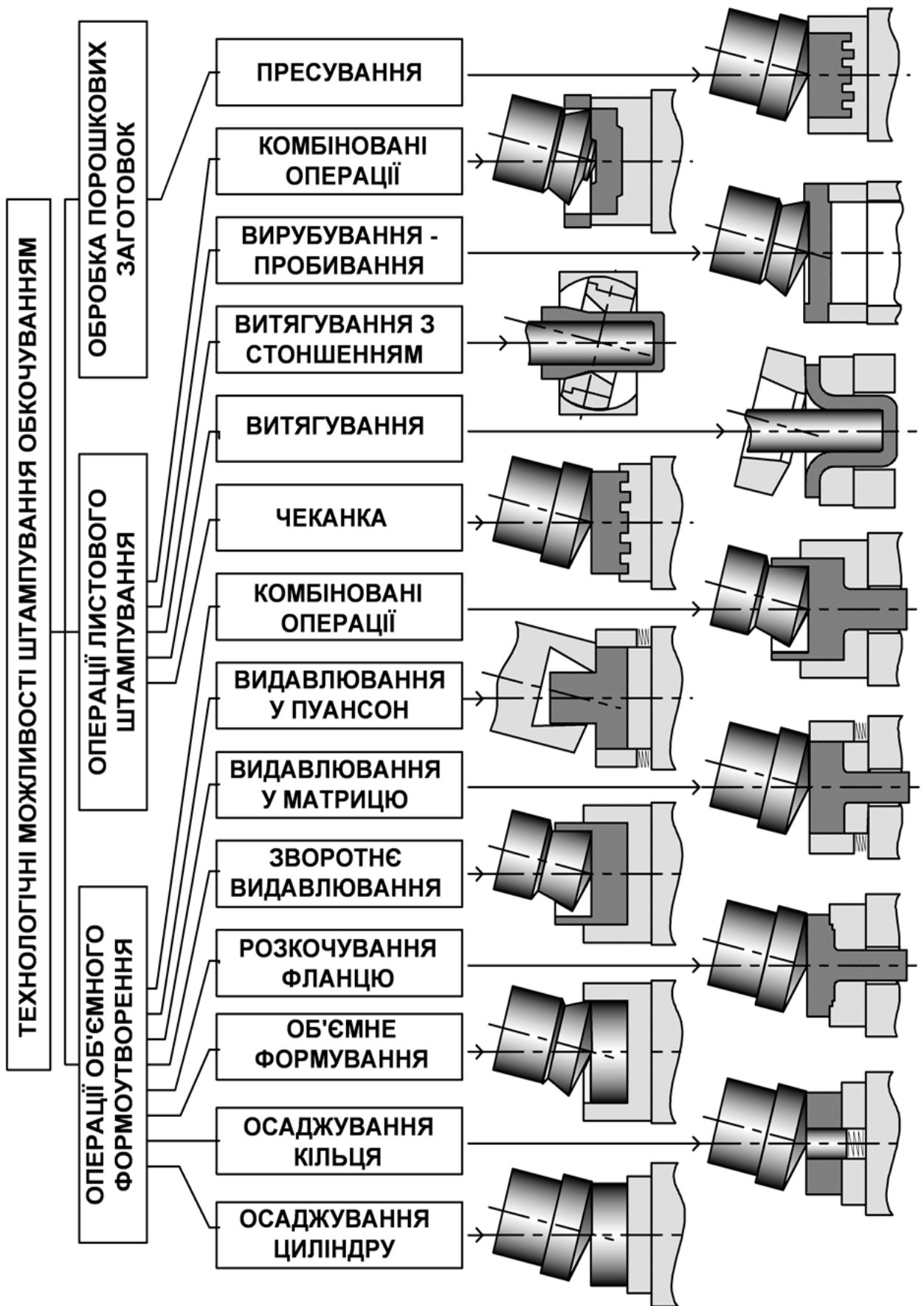


Рис. 1.5. Основні технологічні операції штампування обкочуванням.

1.1.3. Матеріали заготовок

В штампуванні обкочуванням можна використовувати як чорні так і кольорові матеріали, які мають достатню пластичність і якості для холодного штампування, і тоді вони можуть бути відштамповані обкочуванням. Ці матеріали включають в себе;

- нержавіючі сталі;
- -вуглецеві і леговані сталі;
- латуні і алюмінієві сплави;
- матеріали порошкової металургії;

Деталі, отримані холодним штампуванням обкочуванням в першу чергу зі сталі із твердістю HRC 30 або нижче. Як правило, більш тверді матеріали повинні бути відпалені перед штампуванням або повинні бути відштамповані в напівгарячому стані.

Напівгаряче штампування обкочуванням використовується, коли матеріал має твердість більше ніж HRC 30, або коли не потрібно великої деформації заготовки в напрямку периферії. Матеріали нагрівають до точки нижче їхньої температури рекристалізації. Оскільки робоча температура буде нижче температури рекристалізації, структура і властивості металу зберігаються, в той час як, ефект зміцнення стає не настільки відчутний. Результати напівгарячого штампування обкочуванням – збільшення його штампувальних можливостей, порівняно з холодним штампуванням обкочуванням. Тим не менш, є деякі недоліки, що властиві високотемпературному штампуванню. Необхідність виготовлення інструменту із дорогих більш міцних матеріалів так як робота при більш високій робочій температурі в будь-якому процесі штампування, призводять до збільшення зносу інструменту.

1.1.4. Інструменти штампування обкочуванням

Стійкість інструменту залежить від складності деталі та матеріалу який штампується. Так як при штампуванні обкочуванням інструмент зазнає на багато менше зусилля ніж при звичайному штампуванні і як правило вони не великі та зроблені з стандартних недорогих інструментальних сталей, але мають стійкість до 50000 тисяч деталей перш ніж їх необхідно буде перешліфувати. Таким чином й вартість інструменту набагато менша ніж при звичайних методах штампування. Також для збільшення терміну придатності інструментів застосовують змащення.

1.1.5. Переваги та недоліки штампування обкочуванням.

Головна перевага ШО заключається в низькій осьовій силі яка необхідна для штампування деталі. Пов'язане це з тим що контактують інструмент та заготовка в невеликій ділянці в будь який час руху. Виходячи з цього при ШО потрібно в 5 – 15 разів менше зусилля, ніж необхідне при звичайних методах штампування. [8]

Менші сили штампування призводять до зменшення тертя на контакті інструмент-заготовка, зниження деформації машини та інструменту. Низький рівень зносу обладнання може використовуватися для штампування деталей складної форми з високим ступенем точності.

Менші зусилля дозволяють багато деталей штампувати на холодно штампування, що призводить до зниження зносу інструменту і простоти в роботі з деталями після штампування.

Деталі за допомогою ШО можуть бути відштамповані до наближеної форми за один перехід. У результаті деталь практично вільна від облою. Середній час циклу для нескладної частини становить від 10 до 15 с, що є відносно коротким часом деформації від заготовки до кінцевої деталі (продуктивність приблизно 300 штук на годину). Крім того, немає необхідності передавати заготовку в пресовій лінії; це полегшує роботу автоматичної лінії штампування. Таким чином, в результаті штампування

обкочуванням потрібно набагато менше машинного часу для отримання деталі.

Вартість інструменту для ШО частіше нижче, ніж для звичайного штампування. Через більш низькі навантаження при штампуванні, виробництво інструментів простіше, і потрібна набагато нижча міцність інструментів. Обидва інструменти можуть бути замінені протягом 15 хв. Повна зміна робочих місць і налагодження потребують приблизно 30 хв [9]. Ці відносно помірні витрати часу роблять процес економічно привабливим для або коротких, або довгих виробничих циклів, що забезпечує більшу гнучкість в плані використання машини та розміру партії.

Так як в ШО не використовується удар, тому є менша небезпека для навколишнього середовища, ніж при звичайних методах штампування. Ускладнень, таких як шум, вібрація, дим і бруд – практично не існує.

Недоліки ШО:

Найголовніша проблема полягає в конструюванні машини. Так як бічні сили пов'язані з незвичайним рухом інструменту робить конструкцію станини машини набагато складніше. Великі сили повинні бути витримані станиною.

Не всі матеріали та форми геометрії деталей які отримуються механічною обробкою можуть бути придатні для виготовлення ШО. Так як матеріал може бути чутливим до розтріскування в процесі штампування; готова деталь може зазнавати пружної післядії; або можуть бути ділянки на заготовці, які не відповідають контуру інструменту, в результаті чого виникає зазор між інструментом і заготовкою, наприклад, явище центрального потоншення.

1.1.6. Загальна схема процесу штампування обкочуванням.

Загальна схема ШО представлена на рис. 1.6 на прикладі осадки циліндричної заготовки. Деформація заготовки 1 здійснюється між активним інструментом 2, що має конічну робочу поверхню, і нерухомим

інструментом 3. Активний інструмент 2 обкочується відносно вершини O. В залежності від рухів осі OR щодо центральної осі OS можливі різні види руху обкочування інструмента 2. Найбільш простим з реалізації рухом, що використовується при виготовленні визначених деталей, є круговий обертальний рух інструмента 2 (цей вид відображено на рис.1.6).

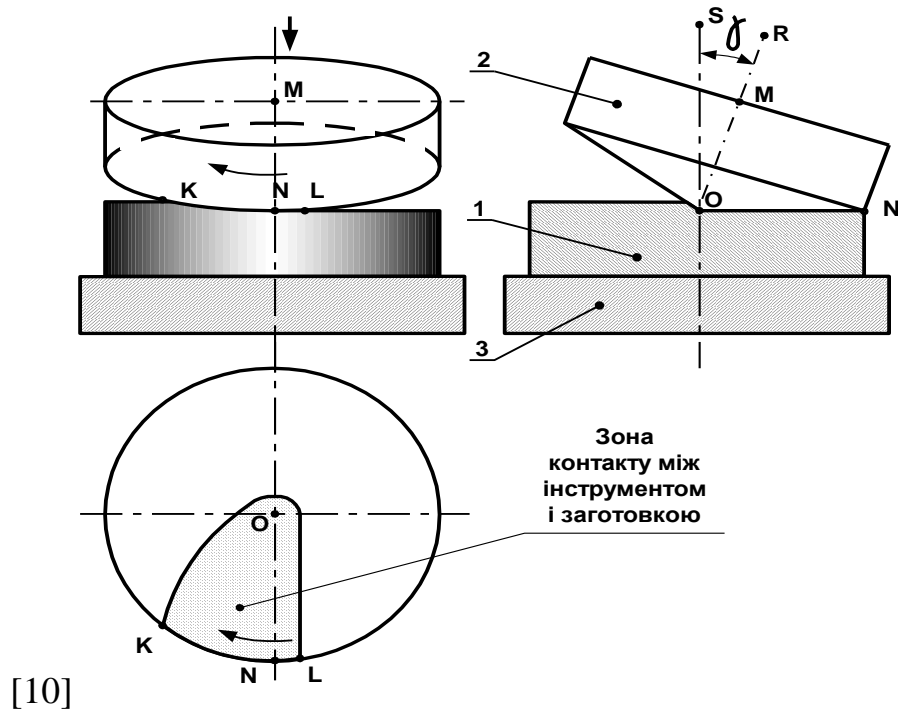


Рис. 1.6 Загальна схема штампування обкочуванням. [10]

При цьому кут нахилу осі інструмента 2 щодо центральної осі OS утворює незмінний кут нутацій - γ . Для створення спіралеподібного руху активного інструменту кут γ поступово змінюється в межах від 0° до максимального значення. Для одержання деталей, що мають одну чи більше осей симетрії (в тому числі деталь типу "важіль"), застосовують покрокові коливальні рухи активного інструмента в одній із площин. Планетарний рух використовується для одержання деталей типу "зірочка" або "хрестовина". Деформування заготовки відбувається в сполученні з поступальним зближенням інструментів. В такому випадку контакт між заготовкою і інструментом здійснюється не по всій торцевій поверхні деталі, а лише по її частині. Зона пластичної деформації при її переміщенні багаторазово переміщається по всьому об'єму заготовки охоплюючи його. [10]

Можна виділити характерні конструктивні риси деталей, які ефективно виготовляти ШО (рис. 1.7).

Насамперед найбільший ефект досягається при виготовленні деталей відносно тонких або з тонкими елементами конструкції. Деталі з такими конструктивними елементами мають широке розповсюдження і, одночасно, суттєві відмінності одна від одної. Подальший аналіз буде зосереджений якраз на вісесиметричних в плані деталях.

Однією з особливостей, яка зменшує витрати при виробництві вісесиметричних деталей є те, що найбільш простим за організацією рухом для спеціалізованого обладнання є обертальний рух активного інструменту.

В свою чергу, вісесиметричні в плані деталі мають розгалужені конструктивні особливості (рис. 1.7). Головною класифікаційною відмінністю є відсутність або наявність центрального отвору, що не тільки впливає на технологічні особливості виготовлення, а є вирішальним при виборі початкової заготовки (циліндричної або кільцевої).



Рис. 1.7. Класифікація деталей за формою, що можуть ефективно виготовлятися [10]

1.2.

Технологія виготовлення вісесиметричних фланцевих деталей

Принцип реалізації штампування обкатуванням фланцевих поверхонь стає зрозумілим з (рис. 1.8.).[1]

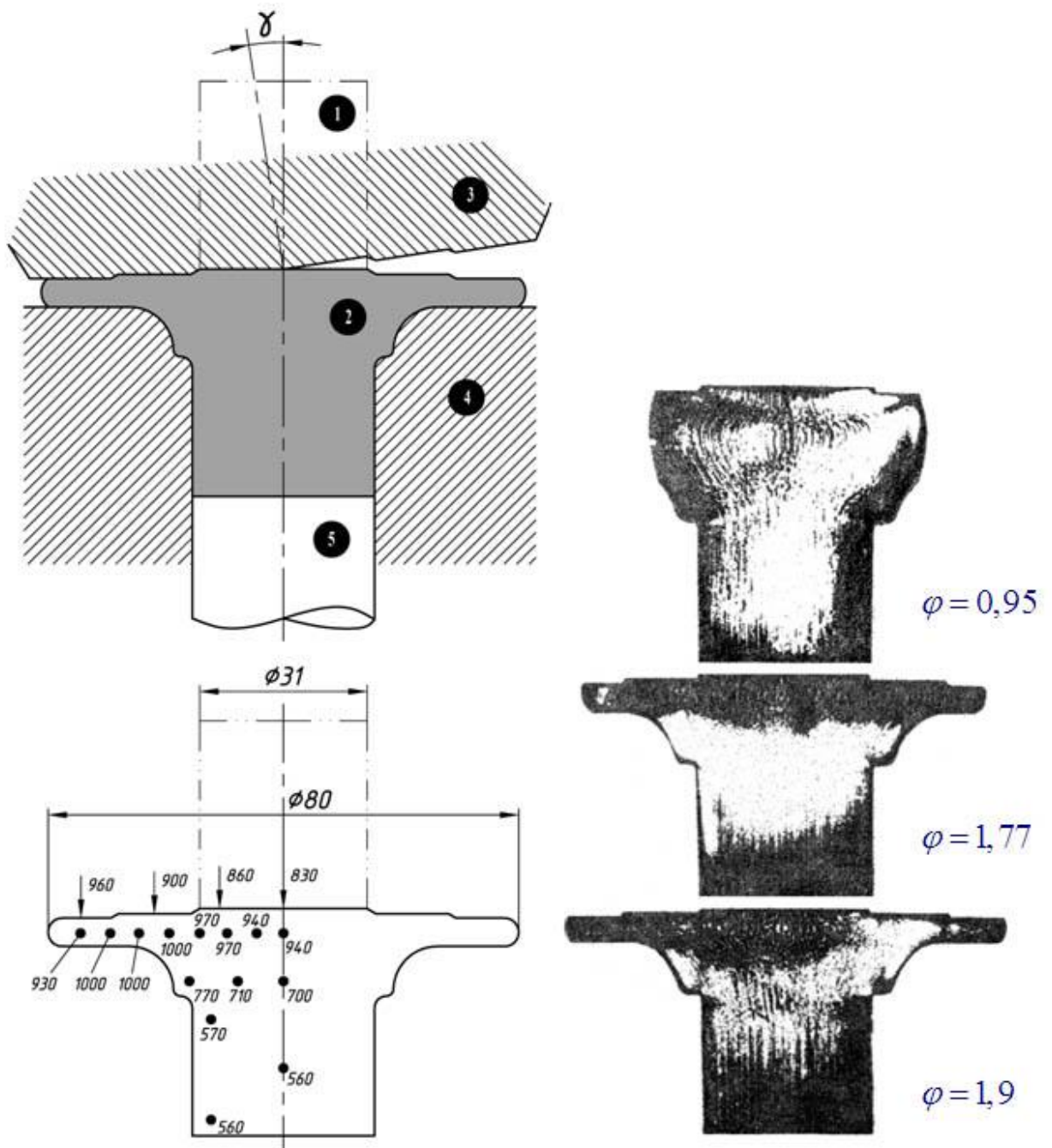


Рис. 1.8. Схема штампування обкатуванням, характер розподілення мікротвердості осьового перерізу та мікроструктура холоднодеформованого зразка з хромомарганцевої сталі.[1]

1 – вихідна заготовка; 2 – деталь; 3 – інструмент; 4 – матриця; 5 – виштовхувач

При виготовленні вісесиметричних деталей набувають розповсюдження ротаційні способи, які засновані на обмежені зони

пластичного деформування з багаторазовим циклічним переміщенням цієї зони по всьому об'єму деталі.

Виготовлення деталей при локальному навантаженні дозволяє досягти пластичного стану в зоні деформації при меншому значенні технологічного зусилля. Це дає можливість здійснювати процес на устаткуванні меншої тоннажності або перейти на обробку в холодному стані. Тому відслідковується тенденція переходу на холодне штампування із притаманними йому перевагами

Завдяки якісному заповненню матриці локально деформованим матеріалом досягається досить висока точність одержуваних цим методом деталей. Вона обумовлюється лише допусками на виготовлення інструменту та викривленням форми внаслідок його пружної деформації. Проте остання без особливих труднощів може бути врахована під час проектування оснащення.

Повторюваність висотних розмірів перебуває в межах 0,1...0,2 мм. У деяких випадках цей інтервал може бути звужений. При розробці технологічного процесу обкатування слід звернути увагу на дві обставини: відсутність осьової симетрії деяких деталей та наявність у більшості з них відносно тонких елементів, у вигляді частіше зовнішніх, а інколи й внутрішніх фланців.

Найбільш ефективним для вісесиметричних деталей є: 1) застосування локальних технологій формоутворення; 2) обробка в холодному стані; 3) використання раціональної (кільцевої або циліндричної) заготовки.

Під раціональною заготовкою вважаємо заготовку, що отримана з мінімальними витратами, максимально наближена за розмірами до готового виробу і, відповідно, має мінімальну собівартість із достатніми якісними показниками. Це стосується як циліндричних, так і кінцевих заготовок.

Наприклад на (рис. 1.9.) представлено порівняння виготовлення фланцевої поверхні звичайним методом з методом штампуванням обкочуванням.[11]

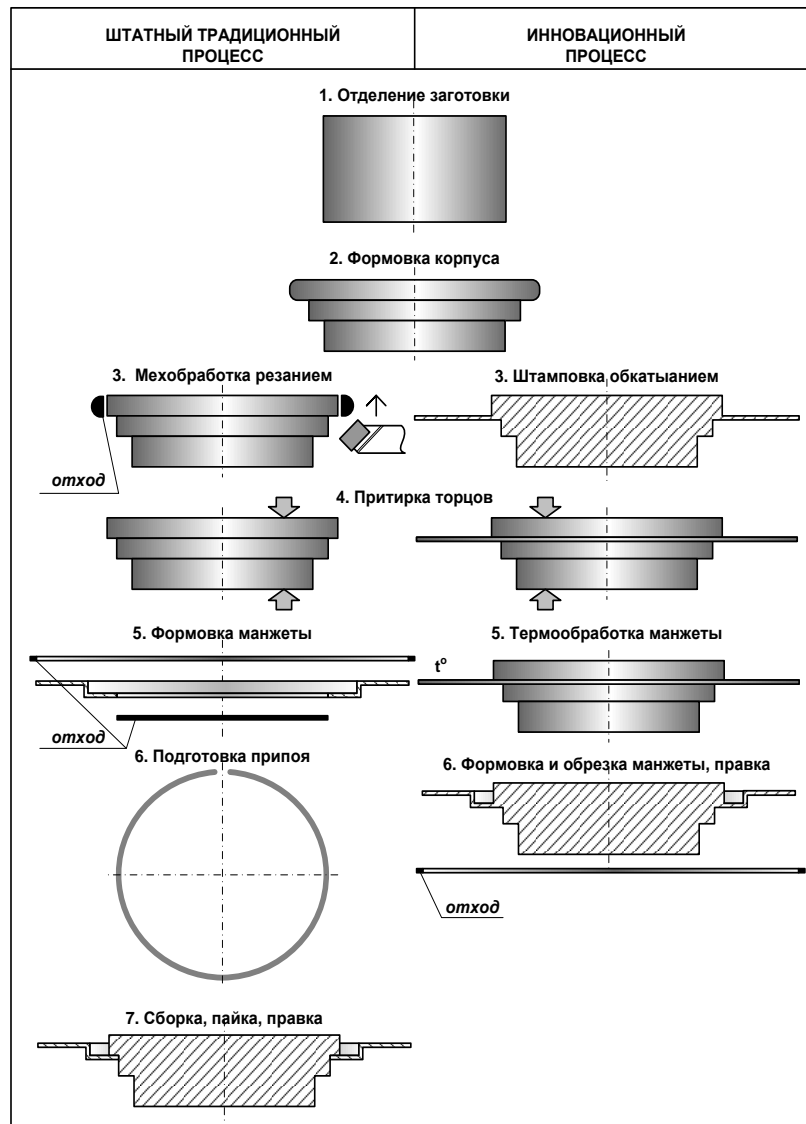


Рис. 1.9. Порівняльна технологія штампування фланцевих поверхонь штампуванням обкочуванням. [11]

Одиничні заготовки отримують, наприклад, відокремленням від прутка в штампі з диференціальним притисканням. Потім штампуванням обкатуванням (ШО) формується центральна частина корпусу з потовщеним буртом, який на наступному переході - операції ШО розганяється в тонкий фланець. Розміри бурту визначаються з умови сталості об'єму.

Подальше формоутворення тонкого фланця, вже як листового матеріалу, може супроводжуватися тріщиноутворенням. З метою відновлення пластичних властивостей металу проводиться міжопераційне відпалювання напівфабрикату шляхом 30-ти хвилинної витримки при температурі 600...650°C у вакуумній печі. Охолодження разом з піччю. Відпалюванню передуює механічне торцювання. Його метою є не стільки забезпечення розміру по висоті, скільки видалення надмірного припуску під притирання. Як показали результати експериментальних робіт по стабілізації технологічного процесу в умовах конкретного виробництва, від згаданого припуску, як і від операції з його видалення, можна відмовитися. Стабільність і точність висотних розмірів при ШО на спеціалізованому пресі достатні для того, щоб притирати торці без попередньої механічної обробки [11].

У корпусах тиристорів, ще до відпалу, шляхом механічної обробки виконуються місця для вивідних отворів. При цьому виникають відомі проблеми з видаленням завусенцю в отворах малого діаметру, що перехрещуються. Проблема посилюється із-за специфічної оброблюваності пластичної і в'язкої вакуумної міді. Нижче буде показано, що ШО забезпечує передумови для раціонального зміни конструкції деталей в напрямку підвищення її технологічності шляхом усунення необхідності в отворах і пазах.

Заключною операцією отримання моноблочного корпусу є вирубування фланцю по розрахунковому діаметру з одночасним формуванням профілю манжети і остаточною правкою .

Даний процес дозволяє повністю позбутися від механічної обробки, складання, паяння і правки фланця. З урахуванням істотної економії вакуумної пруткової і листової міді та срібла знижується собівартість виробу, конкурентоспроможність методу є очевидною.

Таким чином можна зробити висновок:

1. Тенденції розвитку виробництва засвідчують, що ефективність виробництва вісесеметричних в плані деталей зростає при застосуванні технологічних процесів з локальним осередком деформування, в тому числі ШО. Ефект від ШО підвищується при переході на холодну обробку.

2. Ефективність виробництва стрімко зростає при застосуванні адаптованої заготовки, яка має розміри максимально наближені до готового виробу і тому потребує мінімальних деформацій.

3. ШО має низку позитивних технологічних переваг перед традиційними видами обробки: зменшене зусилля деформування; досягнення більшого ступеня деформування; високу якість деформованої структури; застосування технологій ШО не вимагає капіталовкладень більших за вкладення при традиційних процесах та ін. На фоні позитивних переваг основною негативною особливістю ШО є відносна низька продуктивність.

4. Не зважаючи на позитивні ефекти і можливості ШО заслуженого виробничого розповсюдження воно не зазнало. Причина такого стану в тому, що наявність позаконтактних осередків деформування при ШО викликають невизначеність напружено-деформованого стану у відповідних зонах та його вплив на обрахунки технологічних параметрів обробки, в тому числі граничних деформацій. Відсутнє доступне обладнання для реалізації процесу та методики його розрахунку.

5. Відомі наукові і технологічні рішення застосування ШО не дають суттєвого ефекту, оскільки спрямовані на заміну окремих етапів виробництва. Максимальна ефективність досягається при комплексному застосуванні методів локального деформування у всьому ланцюгу виробництва від отримання ефективної заготовки до кінцевого формоутворення.

1.2.1. Тертя при штампуванні обкочуванням.

При виконанні операцій формоутворення ШО особливу роль відіграють контактні сили тертя. Необхідність визначення роботи на здолаття сил тертя полягає в тому, що ця характеристика процесу ШО є складовою витратної частини балансу робіт.

Основним завданням, яке вирішується надалі, є розвиток загальної методики [12] знаходження роботи сил тертя, яка базується на результатах експериментальних досліджень, і отримання достовірних розрахункових залежностей для визначення питомих зусиль ШО та інших енергосилових параметрів, які необхідні при розв'язанні технологічних і конструкторських задач.

Складності визначення останнього пов'язані з тим, що контактна поверхня охоплює лише частину деформованої поверхні і є рухомою, а в загальному балансі витрат ще треба враховувати наявність позаконтактного осередку деформації.

За результатами експериментального аналізу розподілу контактних напружень, який виконаний за допомогою 4-х та 12-ти точкових блоків кінцевого інструменту для вимірювання питомих зусиль [13] побудовані відповідні епюри, які показані на (Рис.1.10). В залежності від параметрів протікання процесу максимальні значення питомих зусиль досягають на відстані $(0,7...0,8)R$ від центру деталі. При цьому максимальний вплив чинить коефіцієнт λ (співвідношення площі контактної поверхні F_k до площі торця F). Максимальні значення питомих зусиль при обробці відносно тонких заготовок ($2R/h \geq 4$, де: R – радіус заготовки; h – висота заготовки) знаходяться в межах $(2,5...3,7)\sigma_s$ (де: σ_s – межа пластичності). Контактні напруження зростають при збільшенні коефіцієнту тертя (μ), відносної контактної площі (λ), співвідношення $(h/2R)$. Зареєстрований розподіл контактних напружень має виражену згладжену центральну ділянку, що

вказує на наявність зони з зменшеними поверхневими переміщеннями або ділянки приставання.

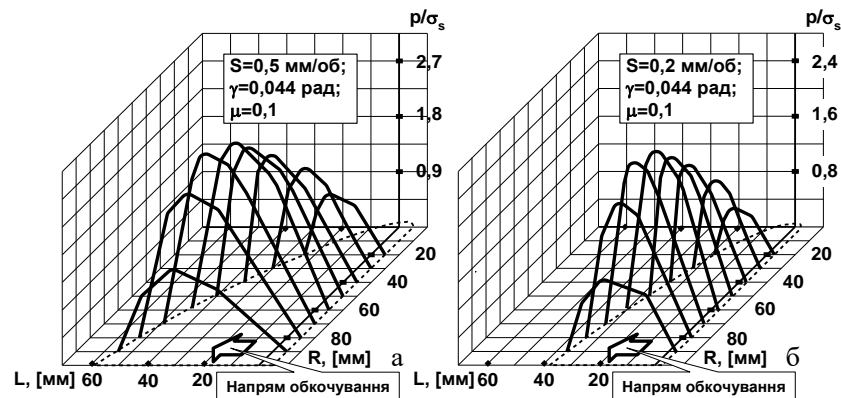


Рис. 1.10. Експериментальні епюри розподілу контактних напружень (а – при осьовій подачі $S=0,5$ мм/об; б – при $S=0,2$ мм/об; L – спрямлена бічна поверхня)

Можливі різноманітні варіації утворення відносного ковзання між активним інструментом та заготовкою. З метою дослідження енергосилових параметрів процесу було проведено комп'ютерне моделювання процесу формоутворення фланця на циліндричній заготовці з мінімальним впливом сил тертя та з цілеспрямованим утворенням активних сил тертя у радіальному та тангенціальному напрямках. На (Рис. 1.11) надані схеми спрямування активних сил тертя та очікувану зміну напрямів течії металу в осередку деформації.



Рис. 1.11. Напрямки спрямування активних сил тертя при обточуванні за годинниковою стрілкою: а – у радіальному напрямку від центру; б – у радіальному напрямку до центру; в – у тангенціальному напрямку, в напрямку обточування; г – у тангенціальному напрямку, напрямку протилежному обточуванню

1.2.2. Подача на оберт і кут нахилу інструменту

Дані параметри подача на оберт (S) і кут нахилу активного інструменту (γ) (див. рис. 1.2) є важливою складовою при виготовленні деталей штампуванням обкочуванням. Від величини контакту і частоти його переміщення залежить продуктивність і якість виробів. Так як вони визначають геометрію контакту між інструментом і заготовкою.

Визначення подачі на оберт величиною відносного осьового зближення інструментів за час одного оберту активного інструменту або в перетвореному вигляді, відношенням швидкості вертикального зближення (v) до частоти коливання осі коливального інструменту (n).

Так як при штампуванні обкочуванням знижені технологічні зусилля деформування не менше ніж в 5 – 6 разів, то досягнення цієї величини може служити верхньою межею подач S [14]. Нижня межа подач обмежується мінімальною продуктивністю, яка залежить від температурного режиму обробки, і забезпеченням рівномірності деформації та механічних властивостей виробу.

При холодному деформуванні частота коливання інструменту (n) задається межею 60 – 200 об / хв і 300 – 600 об / хв при гарячій обробці [14,15]. Швидкість осьового переміщення (v) призначається в залежності від частоти коливань (n) при забезпеченні рівномірності деформацій по товщині деталі. Для цього необхідно виконання умов (див. рис. 1.2):

$$a > h$$

$$\lambda = (0,3 \dots 0,5)h/R$$

$$S \geq (0,01 \dots 0,015)h$$

Для досягнення необхідної продуктивності процесу є рекомендації для кута нахилу осі активного інструменту (γ). При збільшенні кута нахилу зменшується площа контакту інструмент заготівка, що також дозволяє регулювати ходом процесу. Але при збільшенні кута нахилу (γ) неможливо

отримати якісні поверхні на виробі, зменшуються технологічні можливості при виготовленні деталей складної форми.

У разі виготовлення деталей в холодному стані кут (γ) призначається в межах $1^{\circ} 30' - 4^{\circ}$ [16], за таких показників досягається максимальний ККД обкочувального механізму. При обробці металу в гарячому стані, коли вимоги до якості поверхонь менш суворі, величина кута знаходиться в межах $2^{\circ} - 10^{\circ}$ [17].

1.2.3. Співвідношення площ

Площа поверхні, утвореної в результаті перетину поверхонь конічного інструменту і торця заготовки площею контакту. Визначаються нормальні (вертикальні) зусилля і напруги, то під площею контакту інструмент-заготовка слід розглядати площу проекції їх реальної поверхні перетину на горизонтальну площину. Аналітично визначити площі контакту даним шляхом досить складно. Не враховує реальної взаємодії інструмента й заготовки й мають громіздкий запис, що ускладнює їхнє застосування.

Для оцінки площі контакту використовується величина λ , що представляє собою відношення проекції поверхні контакту на горизонтальну площину (F_k) до торцевої площі заготовки (F) [18]. Величина λ наочна, тому що дозволяє оцінити співвідношення площ і виграш у силі деформування.

Величину λ з достатньою для практичних розрахунків точністю апроксимовано залежністю

$$\lambda = 0,88 \left(\sqrt{\frac{S}{2\pi \times R \times \tan \gamma}} \right)^{0,535} \quad (1.1)$$

де γ – кут нахилу осі інструмента, рад;

R – радіус заготовки, мм;

S – подача за оберт, мм.

1.3. Класифікація та розвиток машин штампування обкочуванням.

1.3.1. Порівнюючий аналіз і класифікація обладнання для ШО

Ефект від ШО стрімко підвищується при можливості його поєднання з традиційними видами формоутворення або, іншими словами, утворення технологічного процесу (ТП) комплексної (суміщеної) дії, коли декілька різних за суттю операцій виконуються на одній позиції, тобто без проміжних операцій переміщення та переорієнтації.

В якості класифікаційних обрано три якості, враховуючи конструктивні особливості обладнання і його технологічні можливості, а особливо:

- 1)рівень спеціалізації обладнання;
- 2)універсальність;
- 3)можливість регулювання параметрів технологічного процесу.

Під рівнем спеціалізації є конструктивне виконання пристрою - спеціальне або переобладнане традиційне ковальське - штампувальне обладнання (преси, оснащення приставкою з механізмом обкату чого руху інструмента). Перша група представляє собою прогресивний шлях розвитку данного класу машин, т.к. створюються передумови для повної реалізації можливостей штамповки обкатуванням. Друга група – виправдала себе на стадії відпрацювання нових технологій, т.к. дозволила з найменшими затратами освоїть прогресивні технологічні процеси в виробництві.

Як спеціалізовані преси, так і преси з приставками («сферодвижними» по визначенню А.Н.Силичева) можуть бути по класифікаційному признаку “універсальність” поділені на **машини універсальні і цільового призначення**. Універсальні машини – це машини на яких проходять декілька видів операцій (осадка, формовка, витяжка, видавлювання, вирубка) для різних типів деталей. Машини цільового призначення виконують одну операцію (наприклад, витяжку листових матеріалів), або призначені для

отримання одного типа деталей - при декількох виконуваних операціях (наприклад, формовка с вирубкою по контуру).

Можливість регулювання параметрів є важливою характеристикою, яка дозволяє оцінювати технологічні особливості обладнання, які визначаються в значній мірі наявністю кінематичних параметрів процесу. Положення верхнього інструмента в Декартовій системі координат $OXYZ$, з вершиною інструмента в точці початку координат може бути визначеним за допомогою кутів та рухів Ейлера (рис. 1.12).

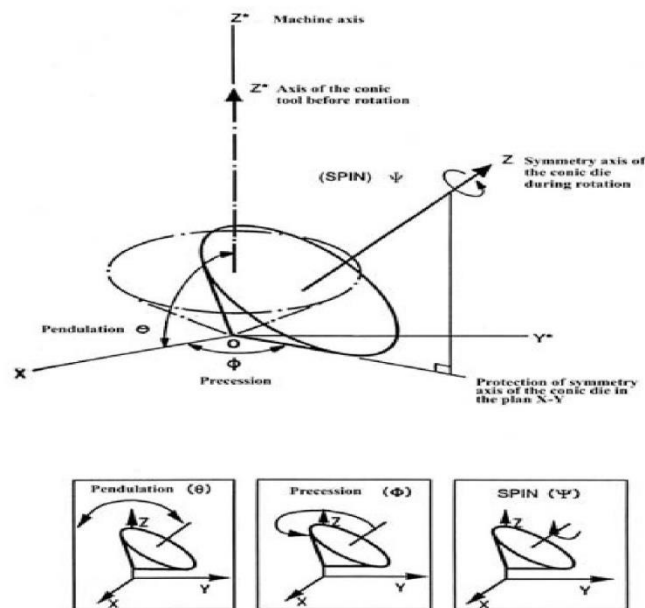


Рис. 1.12. Кути та рухи Ейлера.[19]

Кути та рухи Ейлера мають наступне значення:

- Нутація (Pendulation, Θ) – кут, утворений між нахиленою віссю і вертикальною під час прецесії.
- Прецесія (Precession, Φ) – обертання навколо вертикальної осі.
- Спін (Spin, Ψ) – ротаційне обертання навколо нахиленої (власної) вісі.

Окремої уваги заслуговує рух інструмента вздовж осі Z , який називають подача (feed, translation).

Оскільки немає однозначної назви для рухів інструмента і їх часто плутають. Для усунення цієї незручності в [20] запропоновано їх визначення, що показано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Визначення рухів при ШО

Type of Motion	Other Names Used	Symbol	Definition
Rotational	Spin	ψ	Angular motion of rigid body about an axis
Orbiting	Rocking, wobbling	ϕ	Precession of a line in a body about an axis (without rotation of the body about axis)
Translational	Feed	z	Motion in a linear direction

Однак, не всі машини здатні поєднувати в верхньому інструменті всі типи рухів. Як правило, в машині поєднуються декілька рухів в верхньому інструменті, і один чи два – в нижньому. Причому, інструменти за продукуванням рухів можуть бути ведучими (створюють рух) або підпорядкованими (приводяться в рух).

Більш докладну схему дано в [21]. Автори припустили, що формування заготовки може проводитися шістьма способами, що показано на (рис. 1.13). Шість способів можна розділити на дві основні групи, і вони засновані на припущенні, що верхній інструмент може виконувати ротацію (спін), прецесію і нутацію.

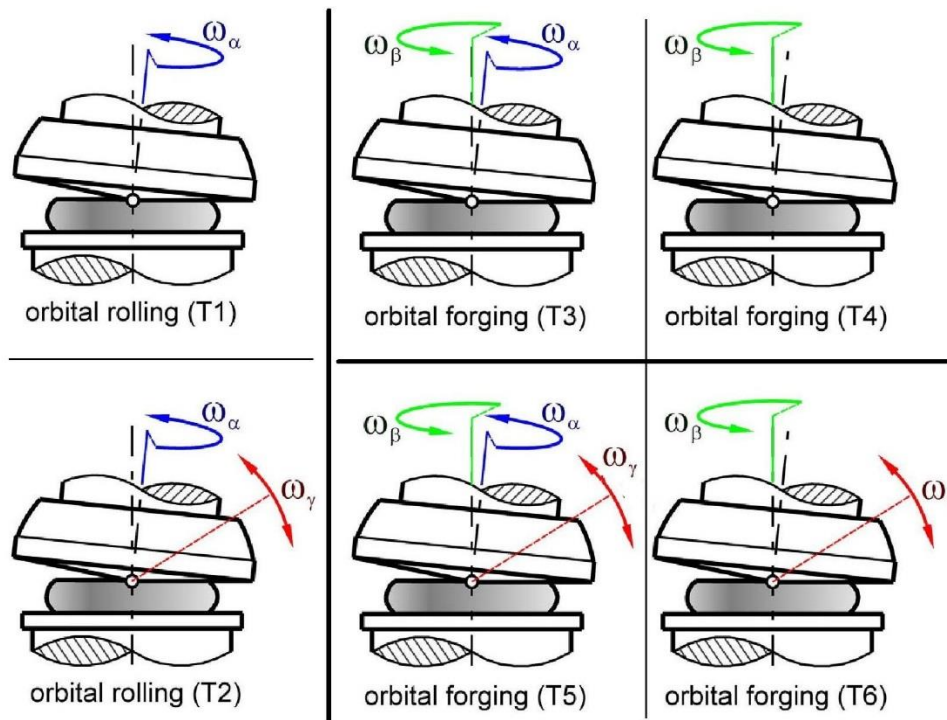


Рис. 1.13. Шість способів формування заготовки [22].

Якщо в пристрої з комплексним і частковим регулюванням параметрів, значення параметрів встановлюється самостійно в залежності від виду і розмірів оброблюваної заготовки, тому має місце **самоналаштувальна система**. якщо ж вибір умов обробки зв'язаний з наперед заданною програмою, то пристрій відноситься до **системи з програмним регулюванням**. Прикладом таких простих систем можуть служити відомі пристрої. Так на машинах існуючих конструкцій штамповка ведеться з постійною подачею на оберт або з постійним осьовим зусиллям] [23-25]. Обладнання з постійним осьовим зусиллям може бути віднесено до **самоналаштувальних систем**. Ці властивості мають машини, які мають привід осьового навантаження, виконані у вигляді гідро-, пневмоциліндра. Дійсно, при осадці заготовки, коли потрібне зусилля штамповки невелике, інструмент при постійному числі качання за одиницю часу, виготовляє висотну деформацію з деякою швидкістю яка по мірі зростання опору деформації падає, забезпечуючи зменшення подачі на оберт, що призводить до зменшення пята контакта "інструмент-заготовка",

зрівнюючи тим самим потрібне зусилля деформування з номінальним зусиллям пристрою.

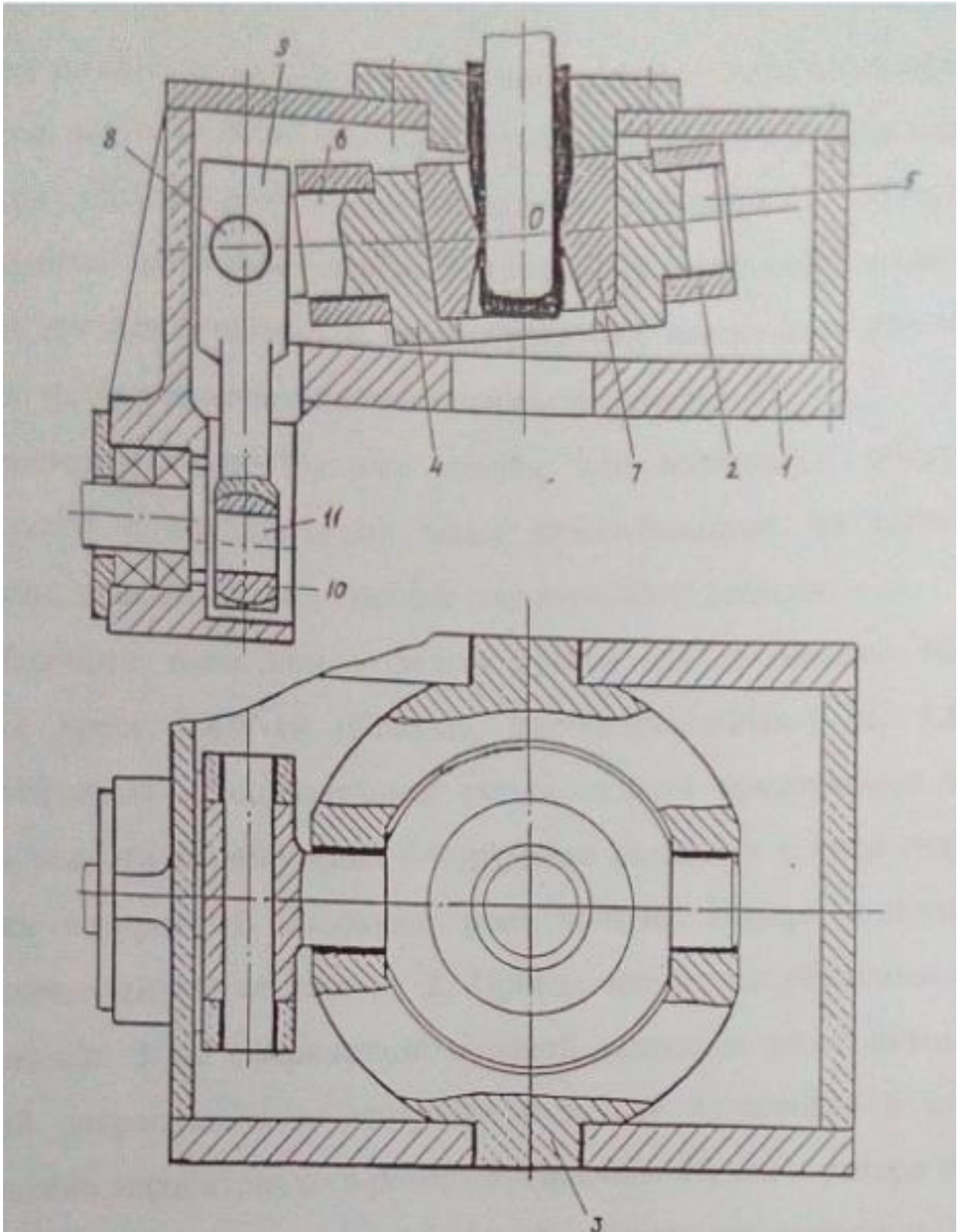


Рис.1.14. Приставка для витяжки обкатуванням

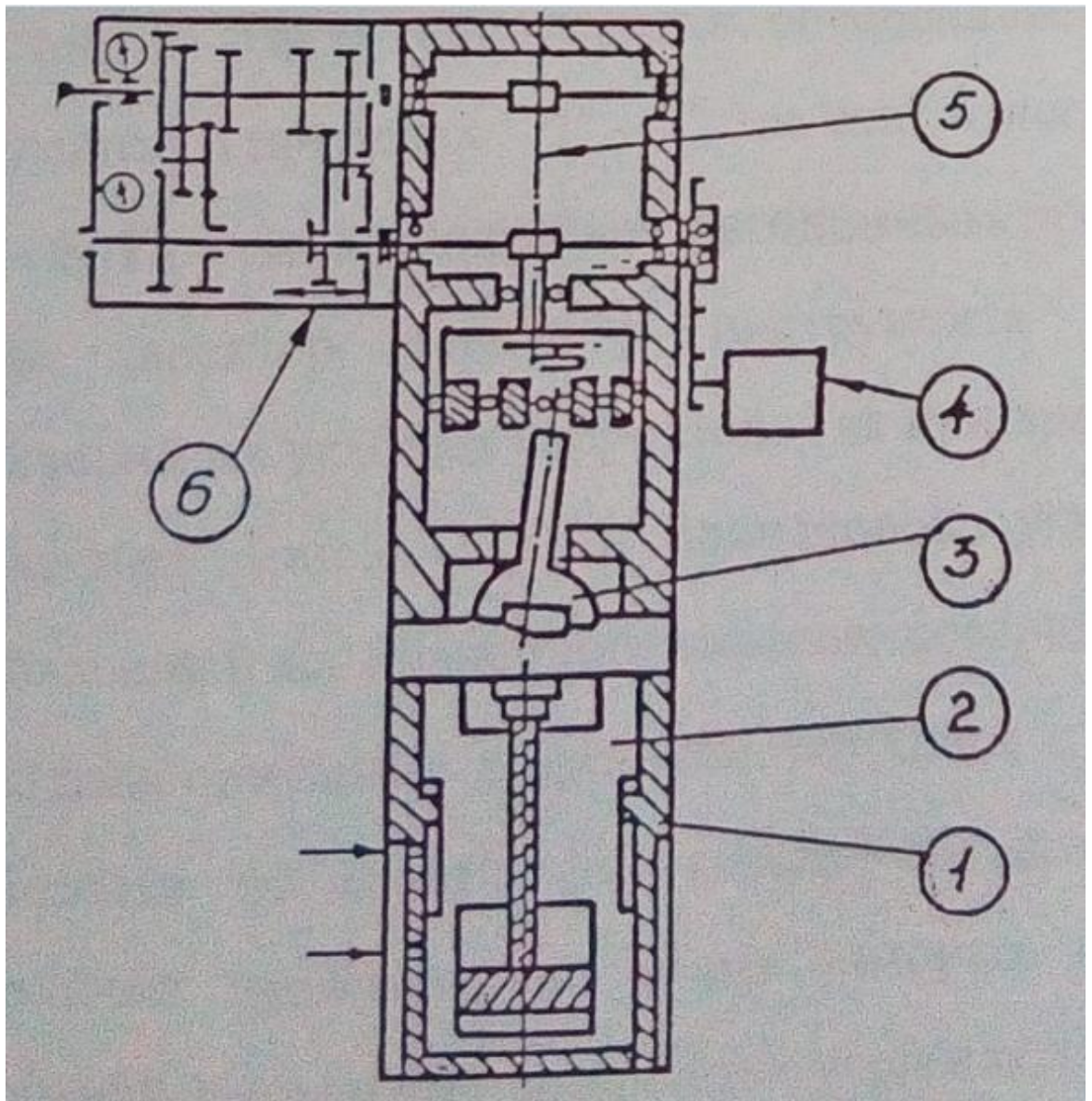


Рис.1.15. Кінематична схема пресів мод. PXW VSI Automation.

Найбільш відомою моделлю преса для штамповки обкатуванням є прес PXW-10 (Польща/ фірма Ponar-Plaso) зус. 1,6 Мн [23]. Кінематична принципальна схема машини представлена на (рис. 1.15), Привід осевого переміщення інструмента виконаний у вигляді гідроциліндра, поршень якого 1 виконує роль повзуна. Всередині повзуна розміщений гідравлічний виштовхувач 2. Привід механізму обкатування включає пресователі 3 зі сферичною опорною частиною і хвостовиком (водилом), який закріплений в ексцентриковій втулці 4, яка в свою чергу встановлена ексцентрично в роторі 5. Приводи втулки і ротора незалежні і виконуються від

електродвигуна 6, червячного редуктора 7 і коробки швидкостей 7. Така конструкція забезпечує регулювання кута нахилу інструмента в межах $1^{\circ} - 2^{\circ}$ за рахунок відносно зміщення втулки 4 в роторі 5. При цьому, завдяки автономним приводам останніх, может бути обраний характер руху інструмента шляхом задання величини і напрямлення їх кутових швидкостей. Так при обертанні ротора і втулки в одному напрямку (рис. 1.15) з однаковою кутовою швидкістю інструмента, встановлений на пуансонотримачі, виконує простий круговий рух (вісь водила описується просторі конуса з кутом в межах 0 до 4γ . в залежності від здвигу фаз між обертальним рухом втулок). Спиральний рух, під час якого разом з поворотом площини відхилень по черзі змінюється кут нахилу вісі осі γ від 0 до 2γ , при чому ці зміни циклічно повторюються виникають при незначній різниці в швидкостях втулок, обертаючись в одному напрямку. Коливальні рухи в одній площині, при яких площина коливань постійно обертається в просторі, проходить у випадку, коли ротор і ексцентрикова втулка обертається в протилежних напрямках з незначною різницею в кутових швидкостях. При рівності швидкостей інструмент коливається в одній площині.

З ціллю зменшення втрат на тертя в сферичній опорі пресователя 1 (рис. 1.16), в порожнину, утвореною сферичною поверхнею 2 останнього і вкладиша 4 подається (при номінальній нарузці преса - 1,6 Мн) через отвір 8 масло під тиском $450 \cdot 10^5$ Па (450 атм.). відношення площі проекції порожнини 9 разом з канавкой 7 до площини проекції кульових поверхонь з однаковим радіусом на поверхні перпендикулярні вісі складає 1: 1,54 [25]. То досягається рівність технологічного навантаження і рівнодіючої рідині в камері опори. В даному випадку використовується гідростатичний спосіб розгрузки пресователя [24]. Варто відмітити, що в серійно випускаємих пресах серії РХW в камеру під сферичною опорою пресователя подається тиске $63 \cdot 10$ Па (63 атм.), що забезпечує змащення в парі тертя “сферична опора пресователя - вкладиш”, однак гідростатичний ефект розвантаження не

досягається.

Тим не менш, враховуються важкості забезпечення роботи вказаного вузла при підвищенні тиску, так схема досить оправдана, беручи до уваги важкість виготовлення і забезпечення герметичності вузла опори.

З ціллю попередження повороту пресова теля вздовж повздовжньої осі є механізм стопоріння, який дозволяє у випадку обробки деталі з рельєфом на верхньому торці досягати співпадіння рельфу інструмента і попередньо відформованого профіля заготовки на кожному циклі обкатування. Виходячи з представленої класифікації даний прес відноситься до спеціалізованим універсальним машинам з комплексним ступінчатим регулюванням кінематичних параметрів руху інструмента з нерегульованим положенням центру качання з верхнім положенням обкатую чою інструмента, автономними гідравлічним і електромеханічним приводами, відповідно, роздільних механізмів осьового і обкатую чою руху, водильного типу з розвантаженою гідростатичною опорою пресова теля. Деякі модифікації пресів РХВ мають постійне число обкатування інструмента в хвилину (200 об/мин) і можуть бути віднесені до пристроїв з частковим регулюванням кінематичних параметрів.

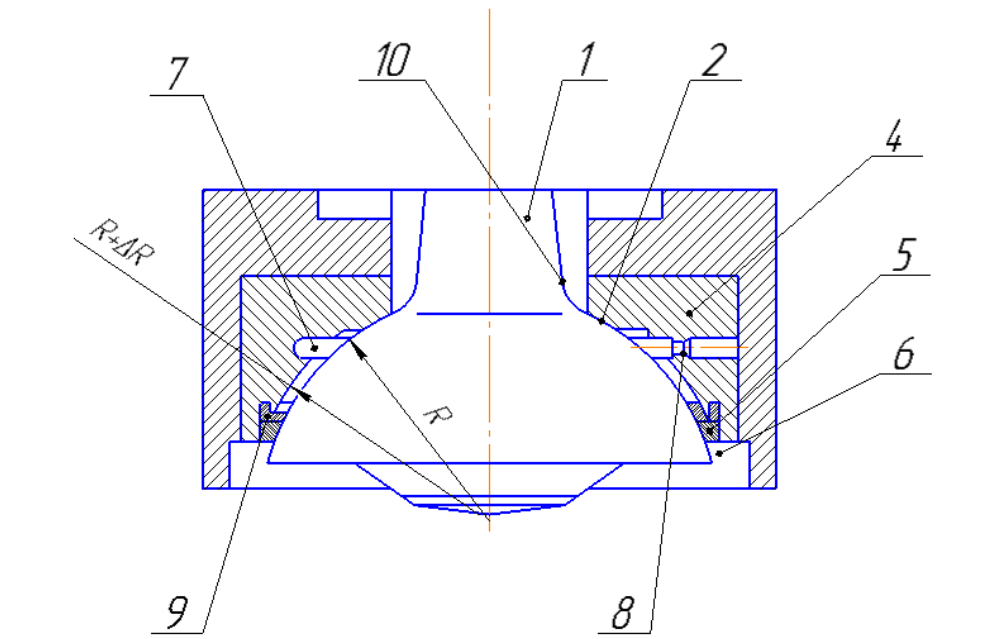


Рис.1.16. Зменшення моменту тертя в опорі пресователя.

В деяких випадках потрібно змінити положення центру кочення інструмента. На рис.1.17. зображено схематична конструкція опори інструментотримача – водило 3, який дозволяє приводити ступінчаті регулювання положення центру. Особливістю даної конструкції є те що опорна сферична поверхність 2 радіусом R_1 водила, має можливість коливатись у вкладиші 4, яка в свою чергу спряжена з піднятником 6 по сфері радіуса R_2 і фіксується в ньому від провороту шпонки 5. В цьому випадку центр кочення інструмента 1 знаходиться в т.0. якщо шпонка 5 видалена, то вкладиш 4 вільно може коливатись в підп'ятнику 6, а сфера 2 водила зчеплена з ним сухарем «а», то центр кочення переміщується в т.02.

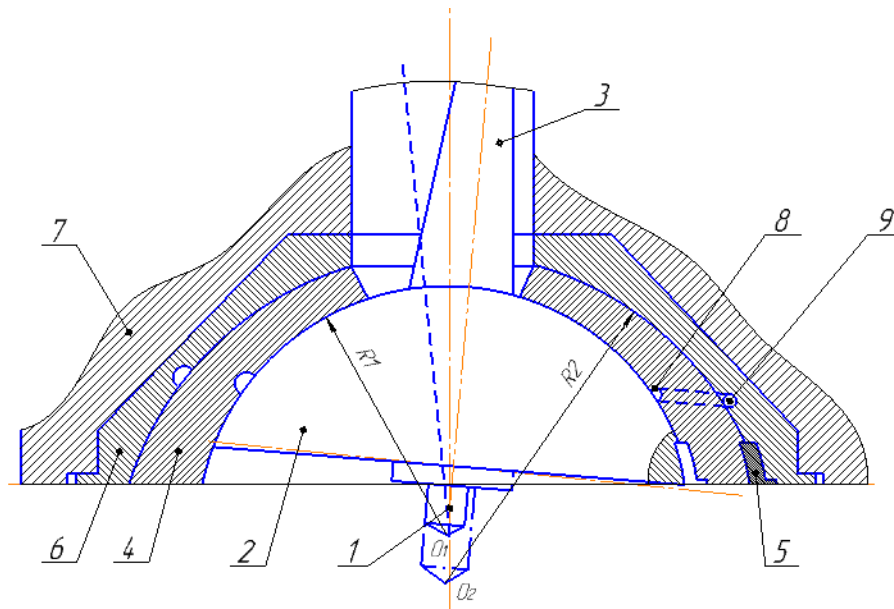


Рис.1.17. Пристрій з регульованим положенням центру кочення інструменту.

1.3.2. Розвиток машин ШО

Першу машину для штампування обкочуванням винайшов віце-президент американської компанії Midvale Steel and Ordnance Co., Edwin E. Slick [26] в 1918 році. «Slick Mill» був здатний виробляти великі колесоподібні поковки безпосередньо з нагрітих злитків. Так, корпорація

Bethlehem Steel використовувала модифікований, повністю автоматизований «прокатний стан Сліка» для штампування сталевих деталей у кількості близько одного виробу на хвилину, використовуючи кут нутації 10^0 [27].

Конструктивно «прокатний стан Сліка» має горизонтальне компонування, що надає йому подібність із токарно-гвинторізним верстатом або сучасним устаткуванням для ротаційного видавлювання. Схема штампування на такій машині представлена на рис. 1.18.

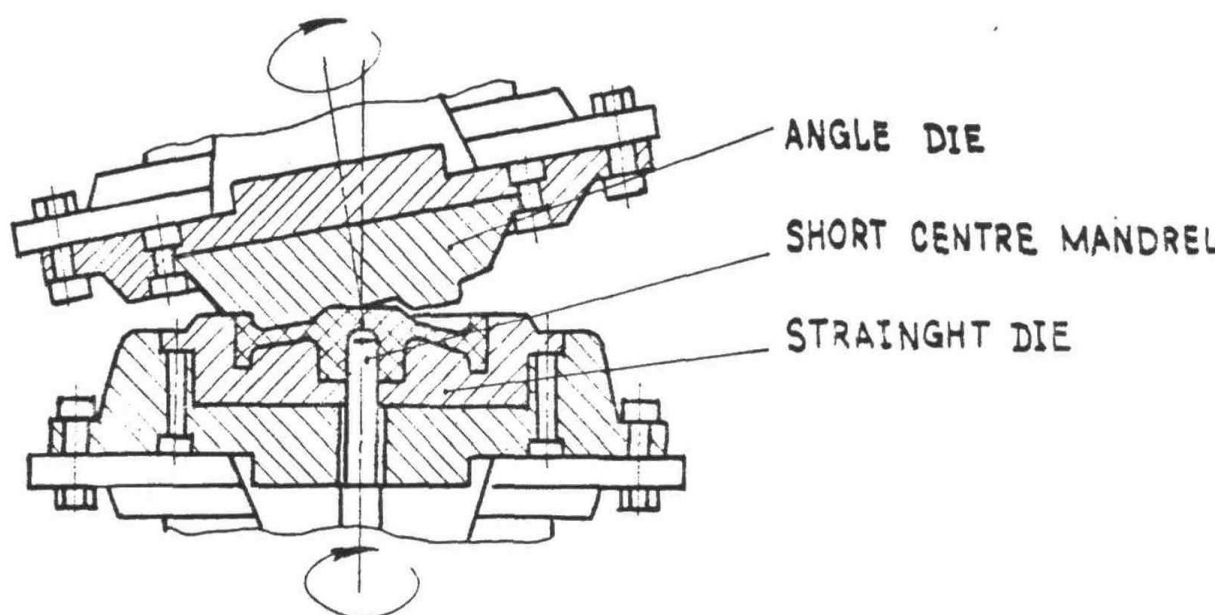


Рис. 1.18. Схема штампування обкочуванням в машині E. Slick [28].

Велика Британія. У 1929 році, Н.Ф. Massey, засновник компанії B & S Massey, Ltd., розробив і запатентував вертикальний керований прес ШО [29] (рис. 1.19). Хоча рання конструкція Н.Ф. Massey і не була побудована, він передбачив деякі з проблеми, пов'язані з ШО та очікувані типи деталей, які цей прес міг би виготовити.

У 1964 році B & S Massey випускає просту експериментальну модель машини, що призвело до розробки і виробництва в 1966 році прототипу пресу для ШО «Rotaform». Після шести років експериментальних випробувань, в 1972 р. цією фірмою був створений прес «Rotaform» (рис. 1.20), який був побудований для виробництва і встановлений компанією

Stockton Precision Forge, Ltd., а в 1973 р. компанією також був установлений і другий такий прес.

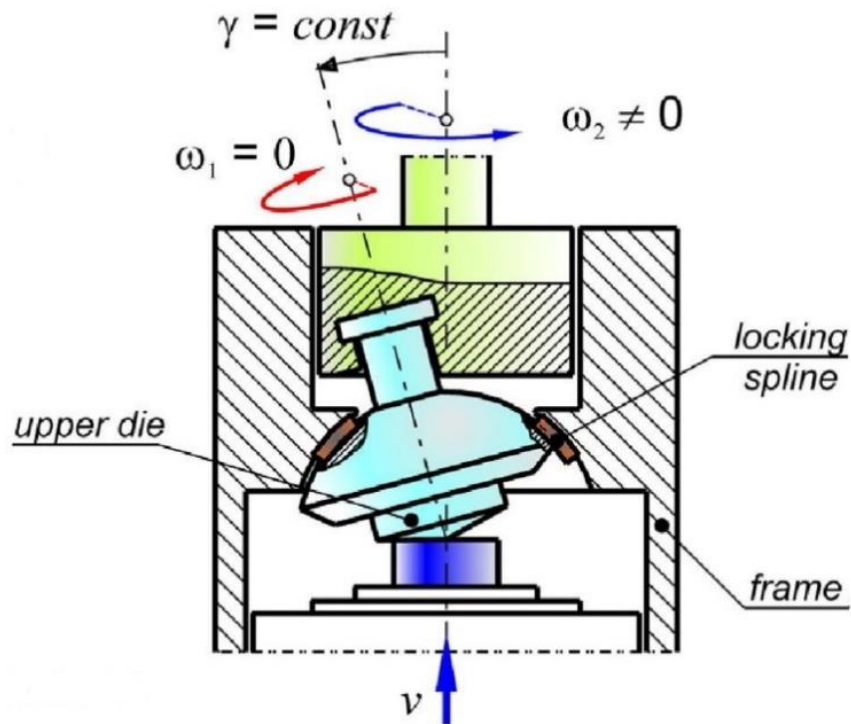


Рис. 1.19. Схематичне зображення пресу для ШО Н.Ф. Massey [29].

Ця машина ШО була першою виготовленою повністю автоматизованою машиною та відома гідравлічним коливальним пристроєм, вібраційним блоком подачі, індукційною піччю, і автоматичною подачею та виштовхуючим обладнанням. Верхній інструмент був нахилений під кутом 4° і працював при 1000 циклів/хв. Прес «Rotaform» був здатний виробляти до 600 деталей на годину при масі від 0,5 до 4,5 кг [30]. Оригінальна конструкція була як для холодного, так і для гарячого штампування металу. Після проведення випробувань на знос інструменту і пластичності при температурах до 1200°C , компанія B & S Massey визначила оптимальний робочий діапазон температур, який склав $600\text{-}800^\circ\text{C}$.

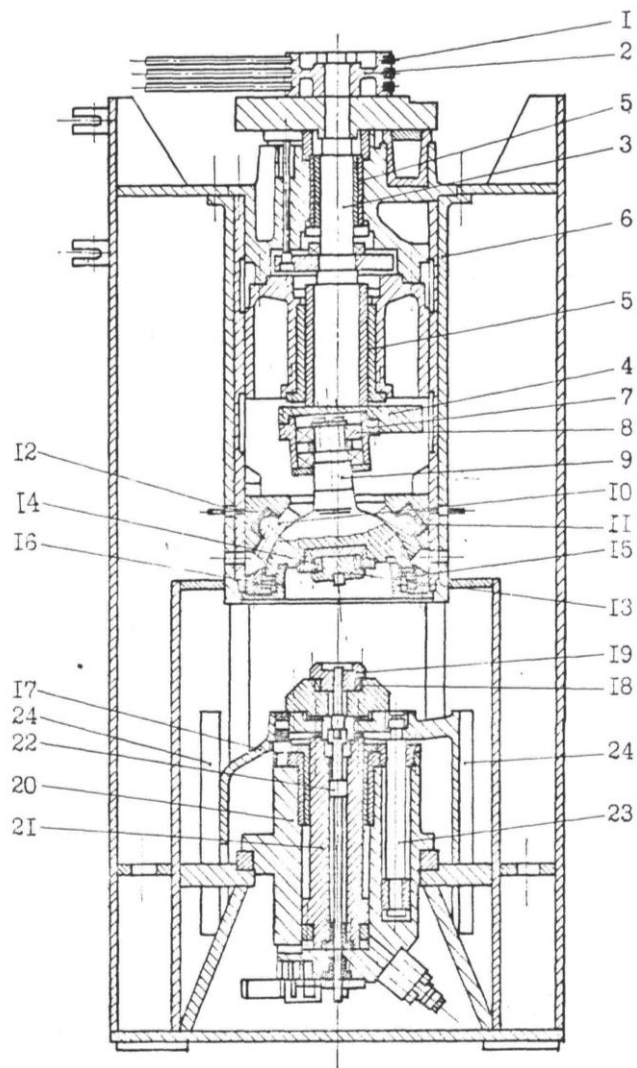


Рисунок 1.20. Повздовжній розріз преса Rotaform.

З врахуванням цього конструкція преса була змінена, що поліпшило техніко-економічні показники. Удосконаленням піддалися гідростатичні упорні підшипники, що дозволило збільшити осьове зусилля, а також система контролю швидкості переміщення повзуна. По продуктивності автоматизовані машини Rotaform не поступаються гарячештампувальним пресам, зусиллям 1300 – 2000 тс. А підвищена точність деталей, відсутність окалини й завусня в багатьох випадках вимагає лише незначної додаткової механічної обробки. Компанія B & S Massey зупинила виробництво цієї машини в кінці 1970-х.

Приблизно в той же час, в 1967 році, дослідницька група побудувала експериментальну машину для ШО в інституті науки і технологій Манчестерського університету (англ. абр. UMIST). Ця машина (рис. 1.21)

мала верхній інструмент з приводом від електричного двигуна і нижній інструмент з приводом від механічного важеля. Вона була здатна працювати на свинцевих заготовках. Вплив параметрів машини на деформацію заготовки вивчався на цій машині. Швидкість обкочування становила 0 – 80 об/хв. При проведенні експериментів максимальне осьове зусилля становить 12,5 кН.

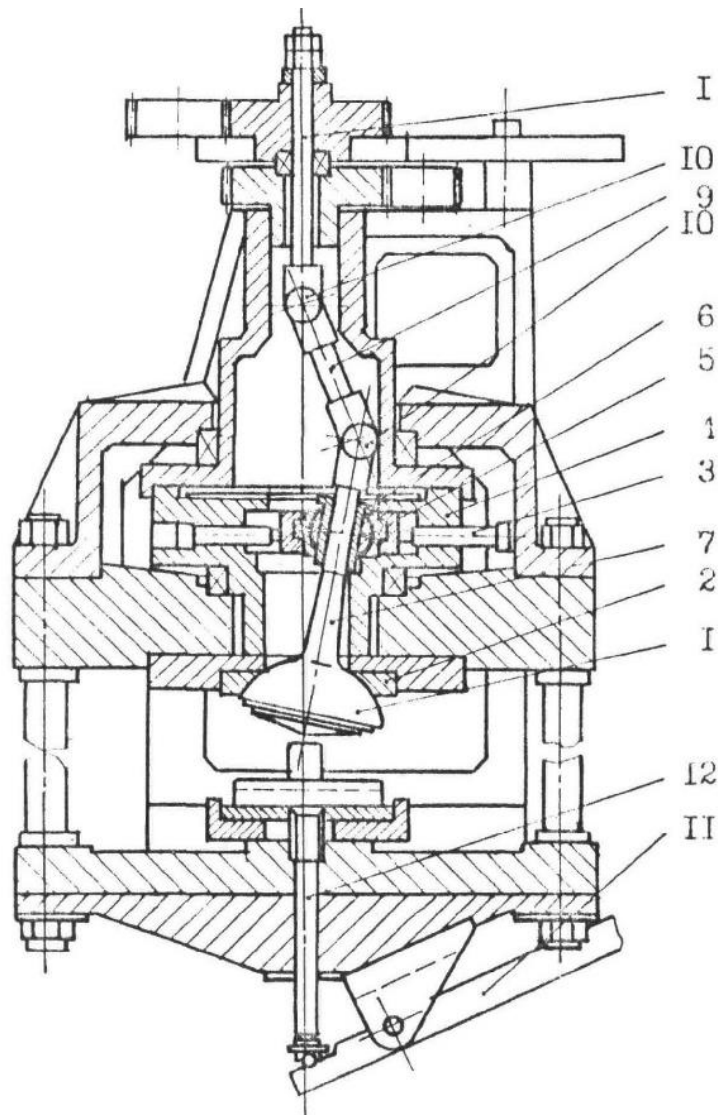


Рис.1.21. Схема машини UMIST 12,5кН [31].

В 1972 р. в UMIST була побудована експериментальна машина для штампування обкочуванням зусиллям 250 кН із кутом нахилу штампа від 0° до 8° [31]/ Схема механізму обкочування показана на (рис. 1.22). Швидкість обкочування становить 60 – 360 циклів на хвилину. У машині передбачене

комплексне регулювання параметрів штампування: зусилля, кута нахилу інструмента, крутного моменту й швидкості зближення частин штамп.

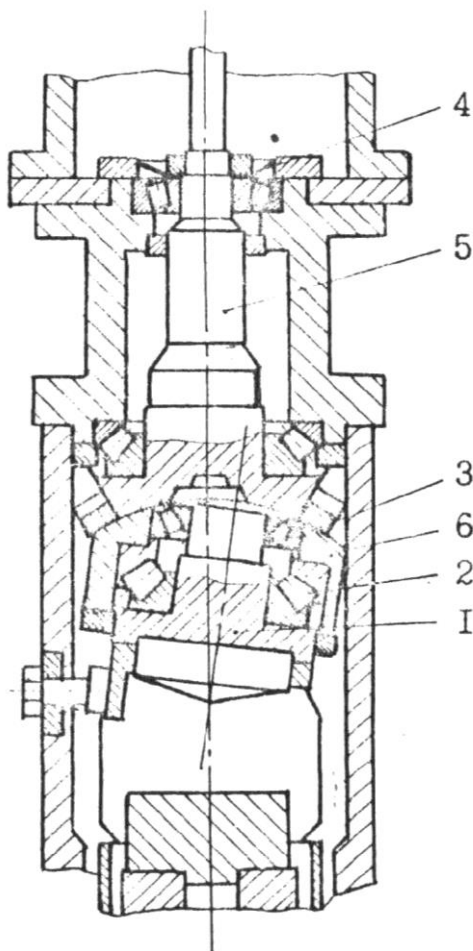


Рис. 1.22. Схема машини UMIST 250 кН [31].

Пізніше, 1976 р. в Університеті Ноттінгема (University of Nottingham) було побудовано прес для ШО, потужністю 30 тс. Ця машина дуже універсальна, здатна імітувати всі три типи рухів. Цифрове управління було реалізовано, щоб контролювати швидкість подачі і обертання.

У Лондонському університеті (University of London) в 1979 році, почалася робота над іншою машиною. Було побудовано прототип потужністю 10 тс. для осадження невеликих автомобільних деталей. Детальна інформація про дану машину не була опублікована.

Польща. Тим часом у Польщі, З. Марціняк в Варшавській Політехніці у 1967 році розпочав дослідження в галузі ШО. Він розробив і запатентував машину «Rocking-Die» [14] в 1970 році. Особливістю машини є те, що вона

має два ексцентрики, кожен з яких має незалежний привід, причому швидкості обертання можуть бути однаковими або різними. Змінюючи кутову швидкість і напрямок обертання ексцентриків, можна забезпечити всі вісім типів траєкторій руху обкочувального інструмента (див. рис. 1.23) [32]. Запропонований механізм покладений в основу спеціалізованого пресу моделі ПСШО-500, що розроблений для потреб ковальського заводу КамАЗ. Перевагою запропонованої конструкції є максимальне спрощення трансмісійних ланцюгів привода, що разом з гідростатичним розвантаженням опори від моменту тертя сприяє підвищенню ККД, спрощенню конструкції машини та зниженню її металоємності [33].

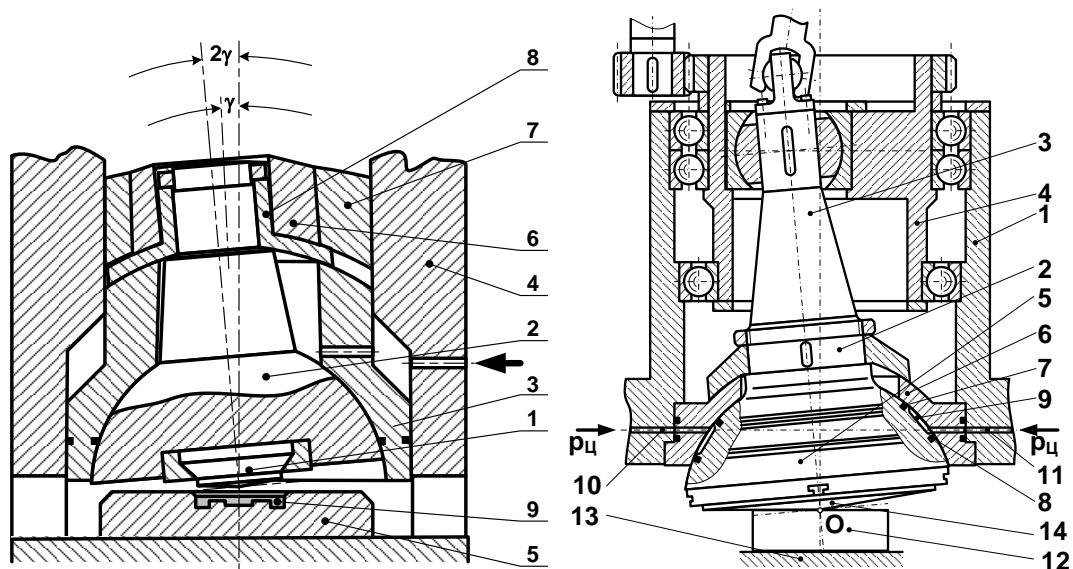


Рис. 1.23. Схема механізму обкочувального руху інструменту [33].

Практичне втілення ідей, вкладених у конструкцію описаного вище пристрою знайшло в пресі, що серійно випускається, для штампування обкочуванням РХВ-100, що випускається підприємством Fabryka Pras Automaticznych. Машина являє собою спеціальний гідравлічний прес зусиллям 100 тс, на якому можна штампувати сталеві вироби діаметром до 80 мм [34]. Преси РХВ-100 польською компанією Ponar Plasomat реалізується по всьому світу. Ця машина спочатку набула поширення для виробництва

деталей в більшості промислово розвинених країнах і з тих пір широко копіюються.

Конструкція пресів серії PXW-100 представлена на (рис. 1.24) [34]

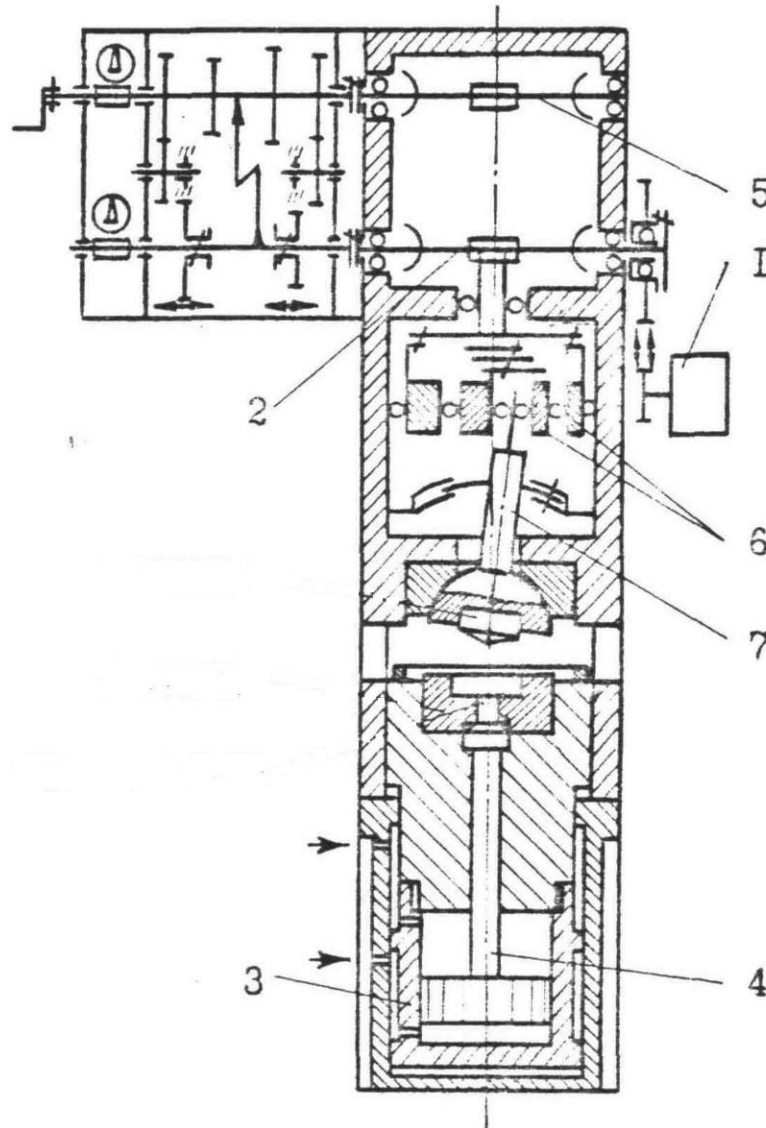


Рис. 1.24. Конструктивна схема пресів для ШО серії PXW-100 [34].

Радянський союз. В 1970 році Силічев [35] запатентував конструкцію машини гарячого прокатування для виробництва спіральних конічних торцевих зубчатих коліс. Дуже схожий на «прокатний стан Сліка», цей прес має верхню шпindelну головку, нахилену під кутом 30 град до вертикалі, яка обертається навколо нижнього поворотного столу за допомогою конічних зубчастих коліс на обох верхніх і нижніх інструментах. Заготовки нагрівають приблизно до 1100°C за допомогою індукційної нагрівальної головки. Ця

машина включає в себе повністю автоматичну подачу. Частина навантаження і розвантаження здійснюється за допомогою гідравлічного роботизованого пристрою.

Японія. У 1972 році в Government Industrial Research Institute (GIRI), Nagoya, був розроблений експериментальний прес для ШО (рис. 1.25) із змінним кутом нутації межах 0-10 град., зусиллям 25 тс. У 1973 році був побудований ще один прес подібного типу, який показав значне покращення в порівнянні з попередніми машинами (рис. 1.25). Відмінна риса цієї машини – станина, відлита спільно зі стійками, що забезпечує їй твердість при ексцентричному навантаженні. Цей прес працював з кутом нутації 0-5 град. і виштовхуючим пристроєм, який мав гідравлічний привід [35]. Швидкість обкочування становить 80 – 160 циклів на хвилину, зусилля 120 тс.

З тих пір, компанія NaitoTekko-Sho Co., Ltd., отримала ліцензію на польський прес PXW-100, які вони повністю перебудовували і продавали. NaitoTekko побудували свій власний експериментальний прес. Використання пресів для ШО мало широке застосування в галузі порошкової металургії в Японії.

В 1989 році компанія Mori Iron Works Co., Ltd. виготовляє один із найпотужніших в світі пресів для ШО потужністю 800 тс. [34] (рис. 1.27).

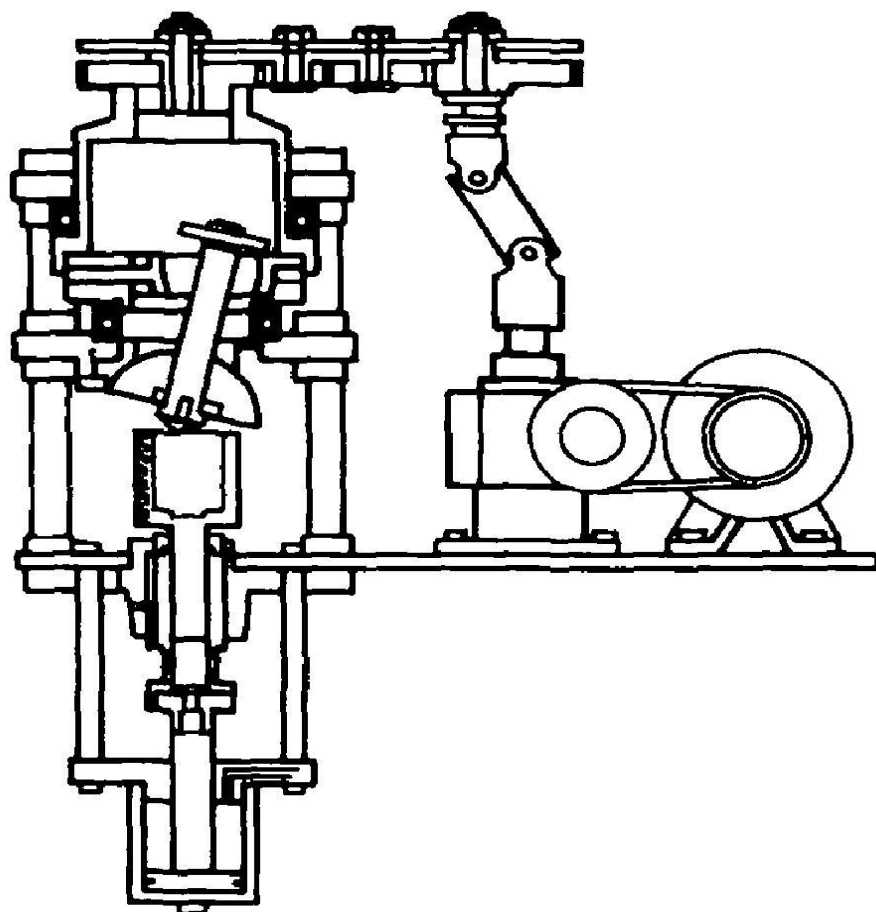


Рис. 1.25. Экспериментальный прес GIRI [35].

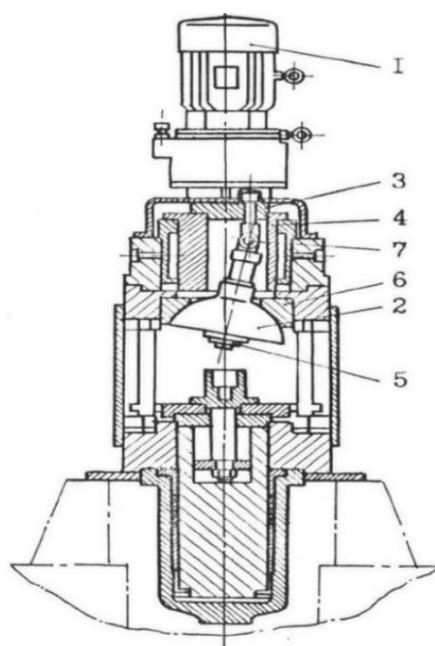


Рис. 1.26. Схема машины GIRI [34]

1.4. Поточний статус обладнання ШО

В теперішній час найбільш вагомими гравцями в світі по випуску пресів для ШО можна назвати швейцарську компанію Schmid (Heinrich Schmid Maschinen- und Werkzeugbau AG), що входить до складу Feintool Group (випускають преси потужністю від 200 до 700 тс), а також японську компанію Mori Iron Works Co., Ltd. (випускають преси потужністю від 250 до 650 тс).

Серед виробників клепальних машин найбільш технологічною є американська компанія Orbitform, яка випускає широку гаму машин з різними кінематичними типами руху.

Розвиток устаткування для штампування обкочуванням призвів до створення спеціальних пристосувань до серійних ковальсько-пресових машин, що створюють коливальний рух інструмента і таким чином, трансформують звичайні преси в преси для ШО. Такі пристосування відносно недорогі і тому вони набули широкої популярності і присутні практично у всіх лабораторіях по дослідженню процесів обробки металів тиском.

Розвиток технологічних процесів штампування обкочуванням (ШО) базується на широких технологічних можливостях процесу. Ефективність використання процесів ШО зростає при комплексному застосуванні. Зокрема, поєднання ШО та чистового вирубування за досвідом фірми Schmid [39] забезпечує високі показники якості і ефективності. Аналогічні показники досягаються при застосуванні ШО при виготовленні заготовок дисків автомобільних коліс з наступним деформуючим радіальним формоутворенням обкочуванням ободу.

Ефект від комплексних технологічних процесів, що базуються на ШО, стрімко підвищується при можливості їх проведення на одній робочій позиції, тобто без проміжних операцій переміщення, орієнтацій, переорієнтації, тощо. В першу чергу це стосується продуктивності, також мають місце і суттєві технологічні переваги. Ці можливості закладені в

конструкцію преса для ШО фірми Schmid мод. Т-630 (рис. 1.29), в якому налаштований верхній та нижній силові гідравлічні циліндри, що дозволяє на одній робочій позиції виконувати технологічні операції різного технологічного спрямування. Але така конструкція має обмежені можливості оскільки інструмент, що приводиться в дію верхнім силовим циліндром розташований безпосередньо в обкочувальній головці водильного типу, яка змінює нахил поздовжньої осі, на підставі чого втрачаються технологічні можливості та продуктивність.

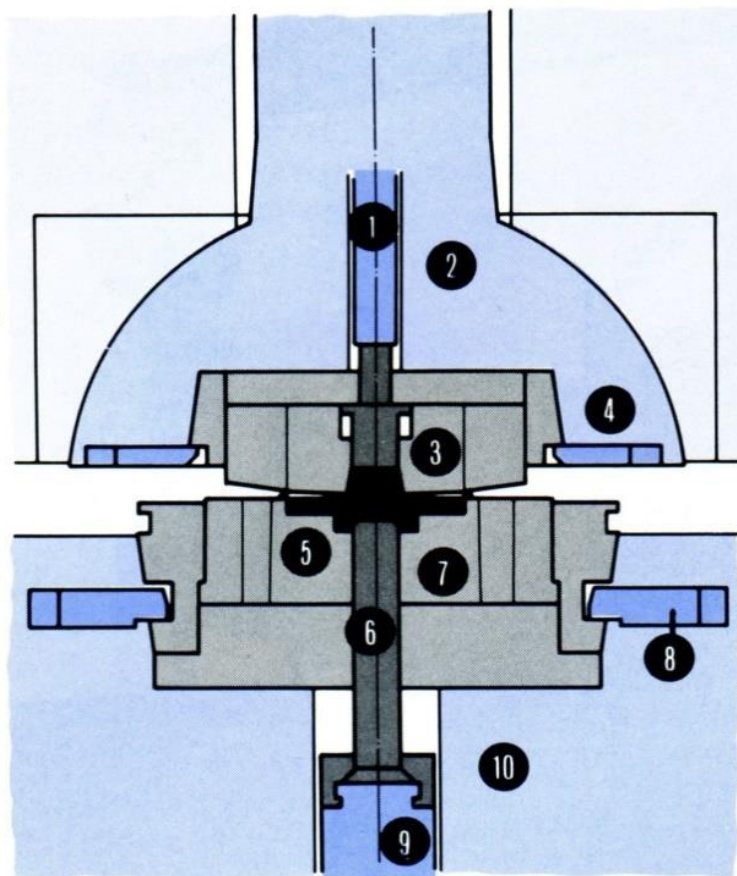


Рис. 1.29. Конструкція преса для ШО фірми Schmid мод. Т-630 [39].

Підвищення технологічних можливостей в цьому напрямку можливе при застосуванні способу обробки та обладнання для ШО з обкочувальною головкою з приводом типу «коса шайба», в порожнині якої розміщений верхній силовий гідравлічний циліндр з незмінним вертикальним розташуванням поздовжньої осі [41, 42].

В пристрої [42] для виготовлення деталей об'ємним деформуванням методом ШО проходить фіксація положення заготовки відносно нижнього інструменту, як в момент першого дотику рухомого пуансона до заготовки, так і протягом всього циклу штампування. За рахунок чого підвищується якість деталей та розширюються технологічні можливості технологічного процесу.

Таким чином, наступним кроком розширення можливостей устаткування є надання елементу конструкції, що фіксував положення заготовки відносно нерухомого інструменту, додаткових технологічних функцій, а саме пластичного формоутворення центральної частини заготовки.

Таке розширення технологічних можливосте центрального притискача призводить до виникнення нового класу технологічних процесів, а саме, комбінованого штампування з обкочуванням (КШО).

Машина для штампування заготовок обкатуванням (рис.1.30) була спроектована для зменшення матеріалоемності, збільшення часу служби та підвищення якості штампованих деталей. Машина працює наступним чином. Обертальний рух від електродвигуна 22 перетворюється в коливальний рух водила 6 і 13, а відповідно в коливальний рух пуансонів 5 і 25, при цьому пуансони виконують рух в проті фазі відносно загального центру кочення і штампівка заготовок обкатуванням проходить одночасно в двох діаметрально протилежних точках, в результаті чого виникають два технологічних зусиль P_1 і P_2 , які взаємно врівноважуються завдяки виконанню умови $P_1R_1 = P_2R_2$, де R_1 і R_2 – відстань від загального центру кочення до точки прикладення відповідного технологічного зусилля. Машина також містить у собі встановлений в порожнині водила 6 з можливістю коливального руху від приводу в проті фазі з основним водило 6 відносно загального центра кочення додатково водило 13 з цапфою 14 на одному його кінці і взаємодіючою з внутрішньою цапфою 14 додаткового водила 13 додатковою ексцентриковою втулкою 16, розміщеною в нижній

плиті 3 робочий циліндр 17 з плунжером 18 і повертаючі циліндри 19, закріпленні в траверсі 4 підштампову плиту 20 з матрицею 21, розміщеною на верхній плиті 2, електродвигун 22 з закріпленою на кінцях валів шестернями 23, закріпленні на ексцентриковій втулці 9 зубчасте колесо 24, при цьому на торцевій поверхні додаткового водила 13 закріплено додатковий пуансон 25

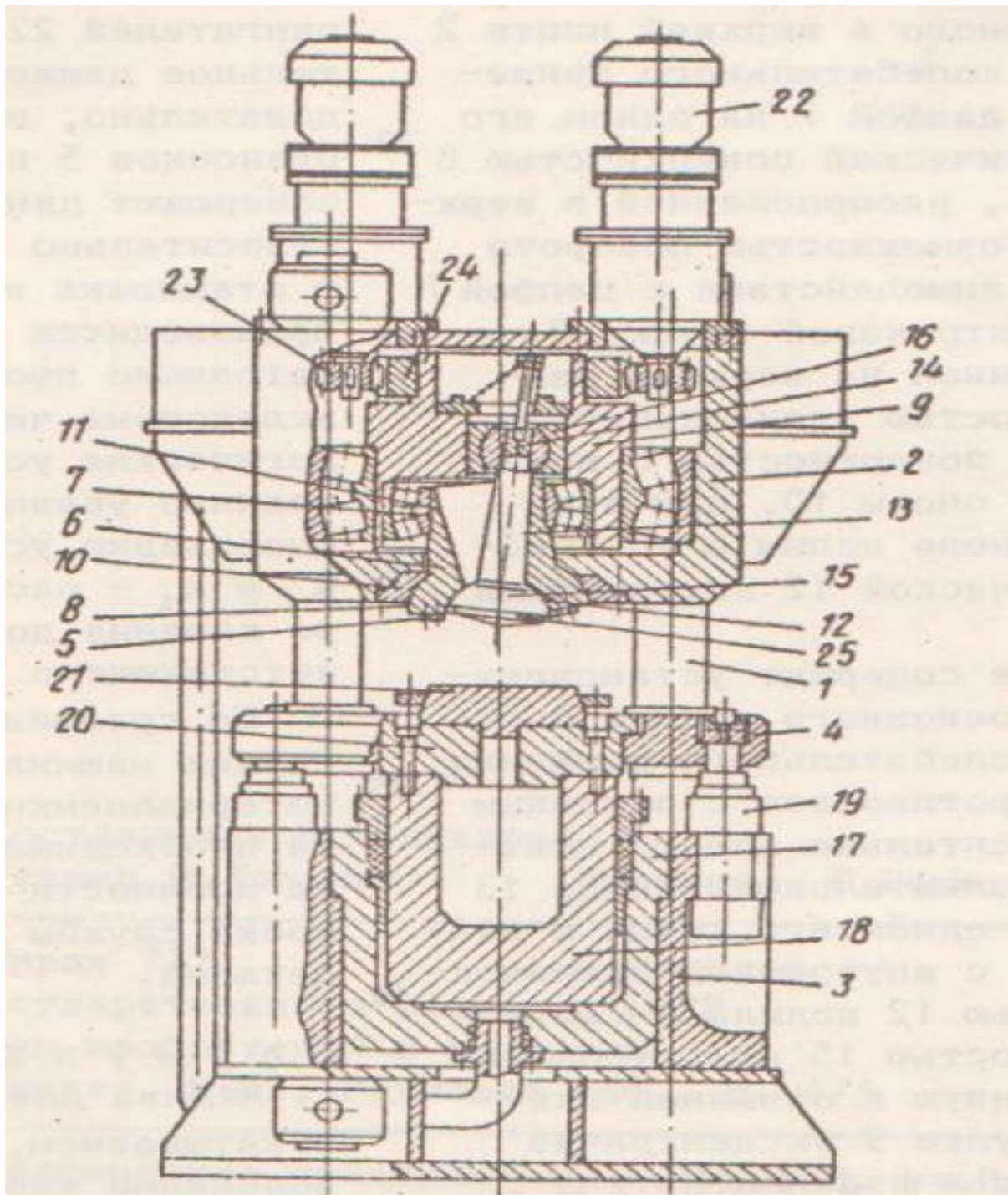


Рис.1.30. Машина для штампування заготовок обкатуванням [42].

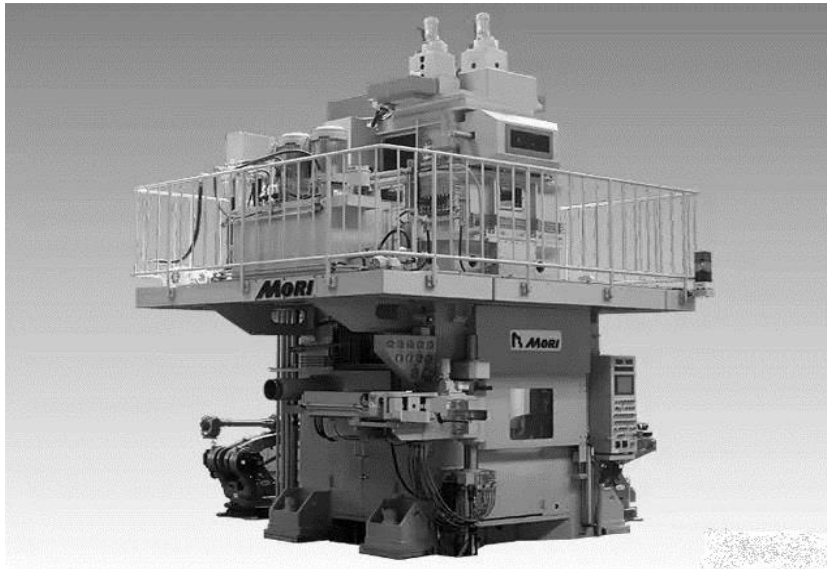


Рис. 1.27. Прес для ШО фірми Mori Iron Works потужністю 800 тс. [34]

Китайська Народна Республіка. Штампування обкочуванням було започатковане в Китаї в 1973 році. Було встановлено декілька польських машин (PXW-100) на яких почалися дослідження механіки деформації. Кілька машин для ШО було побудовано, на основі польської конструкції, потужністю, що коливається від 3,6 до 400 тс [36].

США. Хоча Сполучені Штати були першими хто побудував машину для штампування обкочуванням – «прокатний стан Сліка», подальшого розвитку не відбувалося до 1973 року, доки компанія VSI, Inc. в м. Трой, штат Мічиган, не почала імпортувати польські машини PXW-100, оснащуючи їхніми власними штампами, гідравлічними насосними станціями й електроустаткуванням [30, 37]. VSI, Inc об'єдналася з Fairchild Industries в 1983 році і вийшла з області ШО.

У 1983 році Dyna East Corporation з Філадельфії, під егідою Національного наукового фонду, побудувала прес потужністю 50 тс для високоточного холодного штампування дрібних конічних деталей [38] (Рис. 1.28).

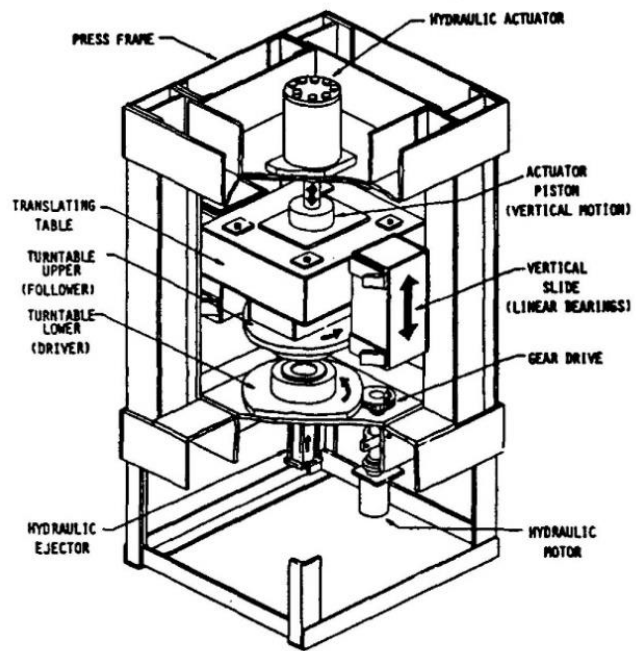


Рис. 1.28. Схема преси Dyna East RF-50 [38].

Висновки по розділу.

Штапування обкочуванням характерне рядом переваг в порівнянні з іншими способами обробки, такі як: зменшення осьових сил які необхідні для штапування виробу так як інструмент контактує з інструментом на невеликій ділянці в будь який час руху, менші сили штапування призводять до зменшення тертя на контакті інструменту та заготовки, зниження деформації інструменту та машини. Так як зусилля не великі то це дозволяє штапувати багато деталей нахолодно.

Особливістю даного методу ШО є виготовлення деталей з великим співвідношенням розмірів в плані до їх висоти, що значно переважає над стандартними процесами виготовлення даних деталей .

Для досягнення мети вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати вже існуючі методики виготовлення фланцевих деталей ШО для подальшого їх вдосконалення.
2. Розглянути технологічні процеси отримання деталі декількома способами з застосуванням циліндричної та листової заготовки при штапуванні обкоченням.
3. Визначити енергосилові параметри процесу ШО та обладнання.
4. Розробити концепцію виготовлення деталі штапуванням обкочуванням.

2. Розробка технологічного процесу для виготовлення фланцевої поверхні з застосуванням стрижня.

2.1. Розробка схеми технологічного процесу.

В даному підрозділі буде розглянуто технологічний процес виготовлення деталі «Секція», яка застосовується як складова радіаторної батареї.

Буде розглянуто 2 варіанти виготовлення даної деталі зі звичайної циліндричної заготовки та заготовки трикутної форми з листової заготовки.

2.1.1. Виготовлення деталі з циліндричної заготовки.

1 Перехід

Заготовку отримаємо відрізанням від прокатного прута, діаметр заготовки 19мм, а товщина 10.2мм.(Рис.2.1)

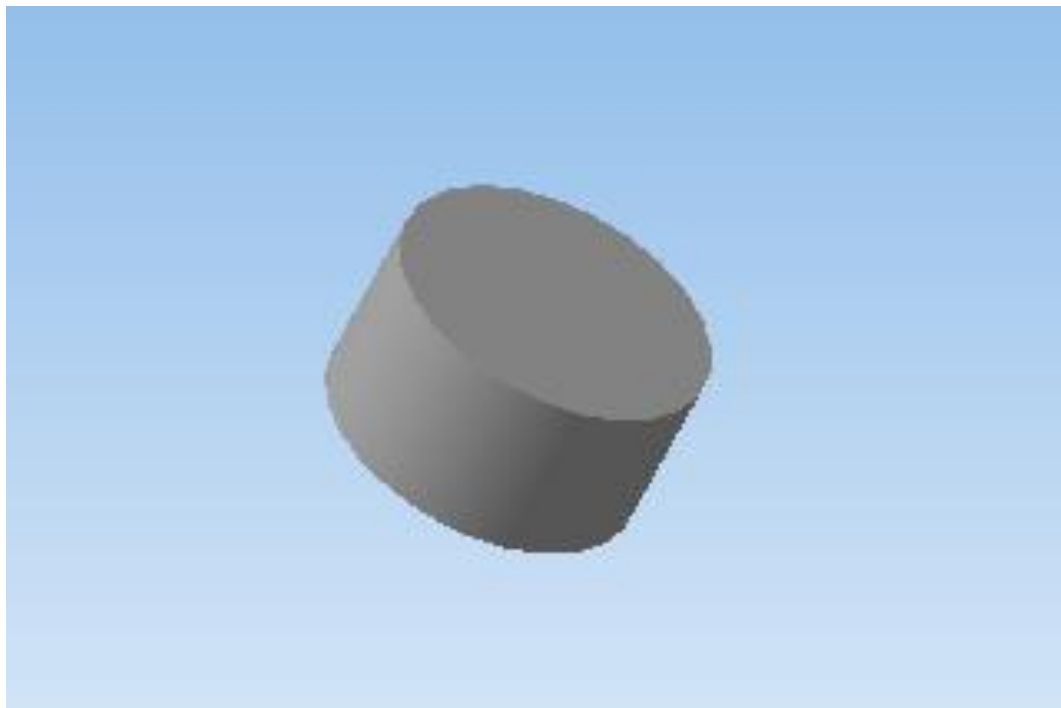


Рис. 2.1. Заготовка.

2 Перехід.

Розташовуємо заготовку по діаметр 19мм на матриці фіксуючи її на упорі (Рис. 2.2).

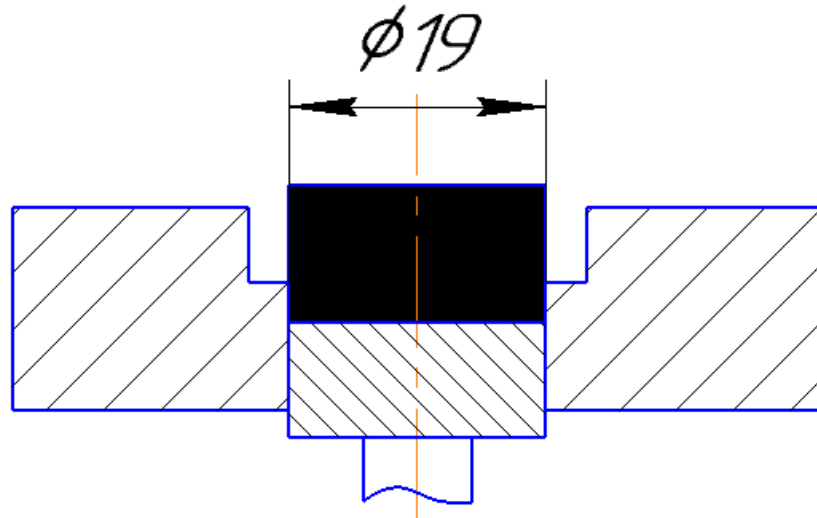


Рис. 2.2. Установка заготовки

3 Перехід.

Починаємо комбіновану операцію зворотного видавлювання та розкочування фланцевої поверхні. Як видно на (Рис. 2.3) інструмент встановлений до заготовки під кутом $2^{\circ} 30'$. Після даного переходу пробивається отвір.

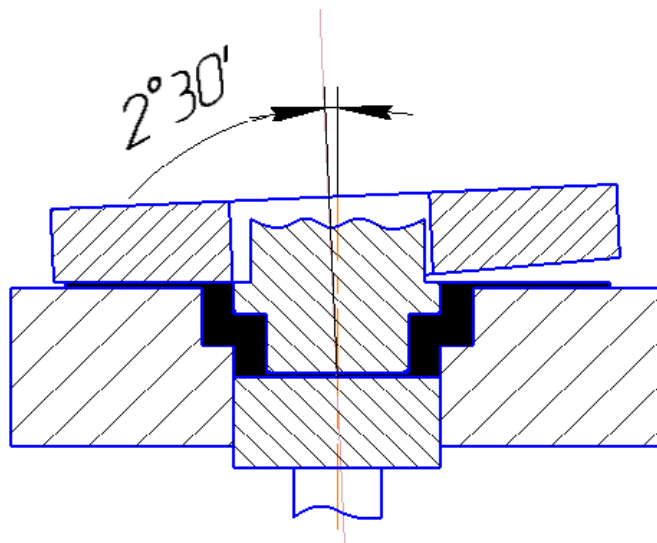


Рис. 2.3. Схема операції.

Після закінчення переходу отримуємо деталь яка зображена на (Рис 2.4).

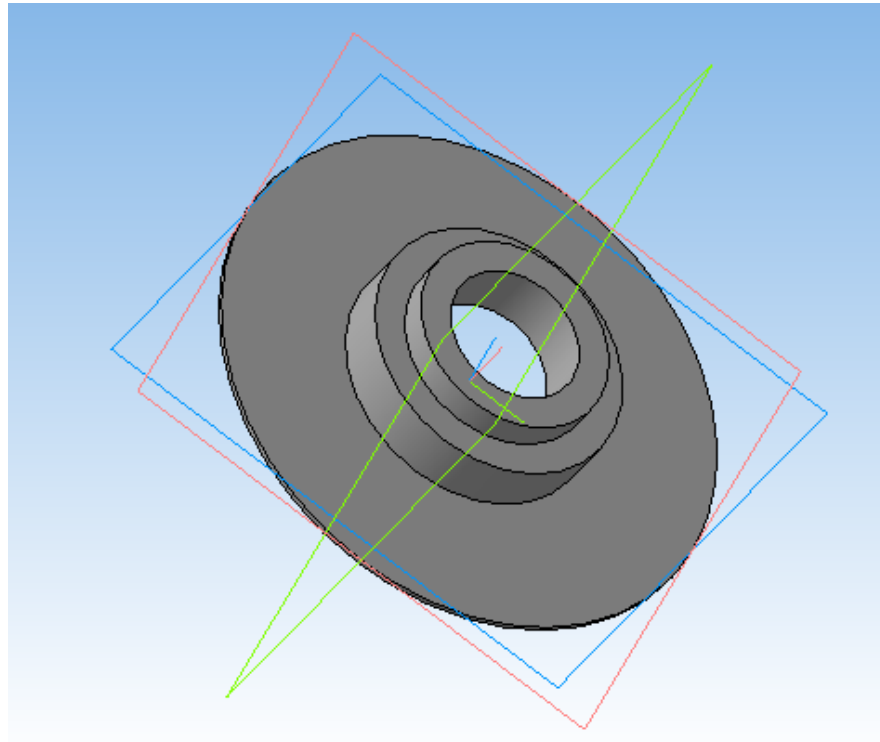


Рис. 2.4. Деталь після зворотного видавлювання – обкочування.

4 Перехід.

Після комбінованого переходу зворотного видавлювання – обкочування необхідно провести перехід підгинання фланця після якого деталь буде повністю готовою і матиме вигляд. (Рис. 2.5).

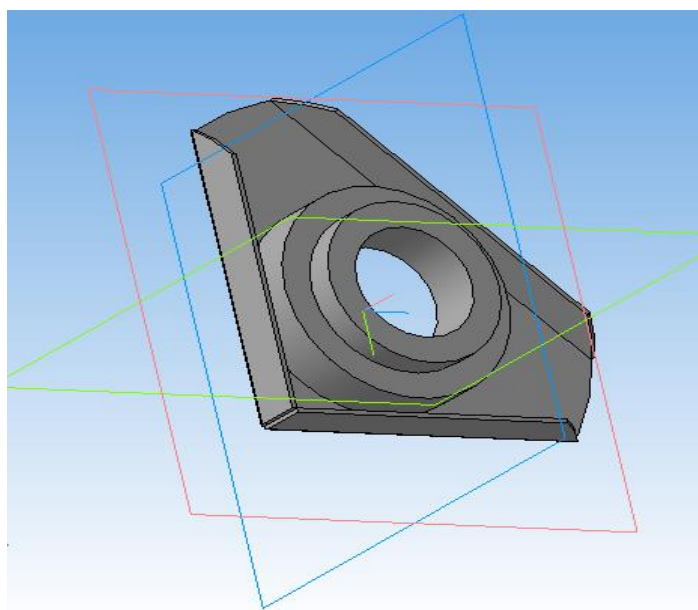


Рис. 2.5. Готова деталь.

2.1.2. Виготовлення деталей з листової трикутної заготовки.

При виготовленні деталі з листової заготовки використовується аналогічний інструмент та переходи. Але даним методом виготовлення деталі є більш доцільним. При звичайному штампуванні якої б не була геометричної форми заготівка після процесу вона прийме круглу форму.

Штампування обкочуванням має унікальну можливість виготовлення деталей більш економними так як при виготовленні ШО фланці залишаються такої ж геометричної форми як і заготівка, це призводить до зменшення використання матеріалу на механічну обробку.

Різниця заключається тільки в тільки переході 1 так як заготовка з листового матеріалу.

1 Перехід

Заготовку отримаємо відрізанням від листа гільйотинними ножицями. Розкрій листа зображений на (Рис. 2.6)

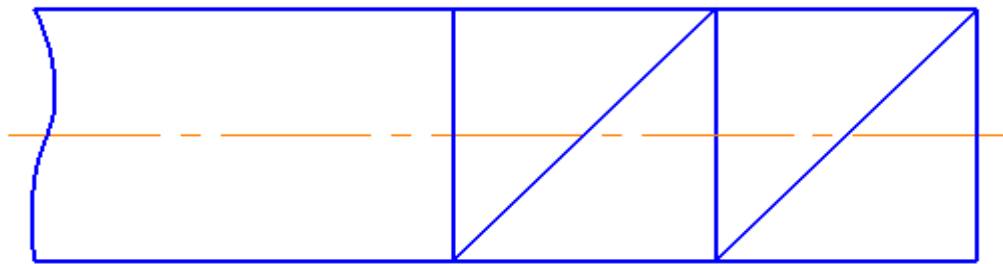


Рис. 2.6. Розкрій листа.

Отримуємо заготовку (Рис. 2.7).

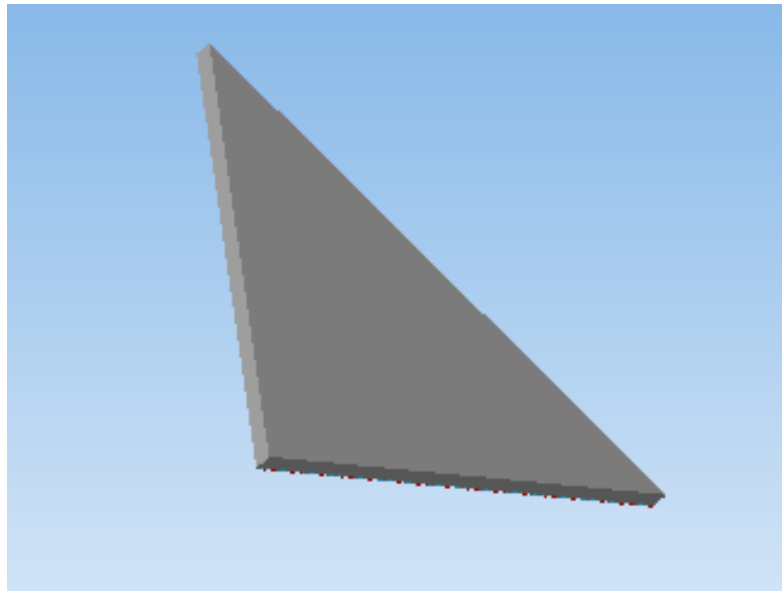


Рис. 2.7. Трикутна заготовка.

2 Перехід.

Пробивання отвору під наступну операцію відсорткування. Отримуємо деталь (Рис. 2.8)

)

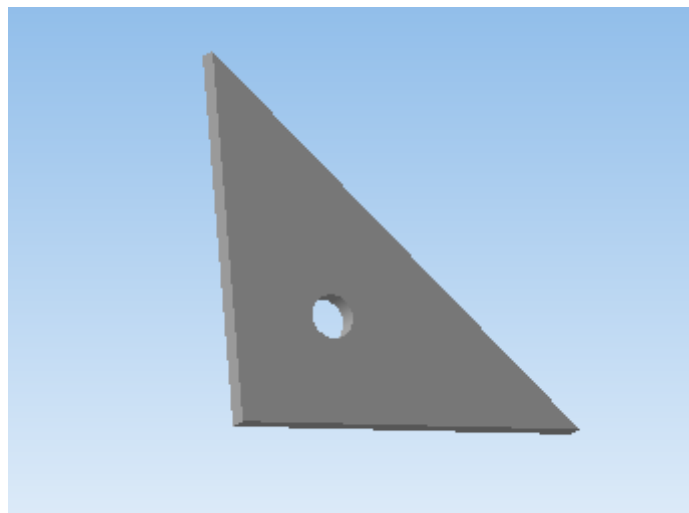


Рис. 2.8. Деталь після пробивання отвору.

3 Перехід.

Операція відбортування. Отримуємо деталь (Рис. 2.9)

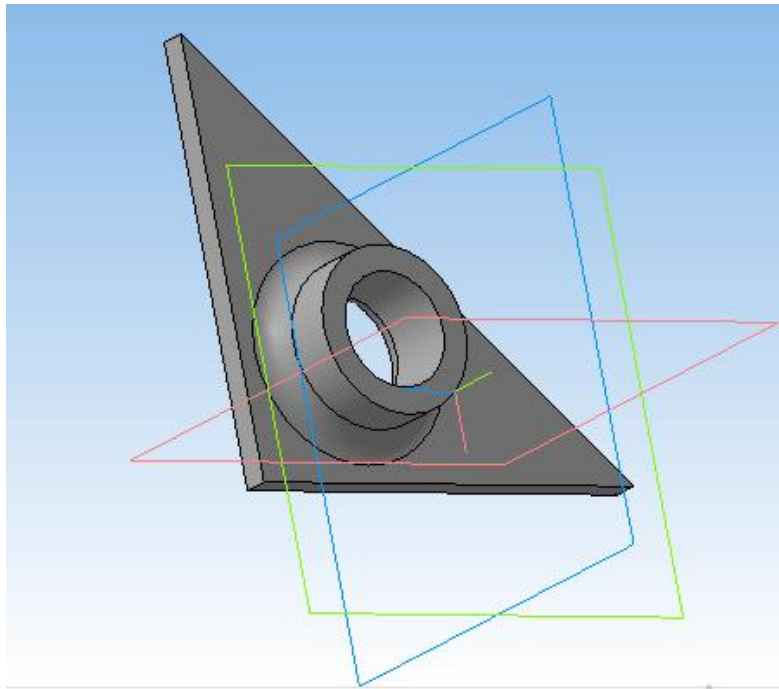


Рис. 2.9. Деталь після операції відбортуння.

4 Перехід.

Розташовуємо заготовку по діаметр 19мм на матриці фіксуємо її на упорі (Рис. 2.10).

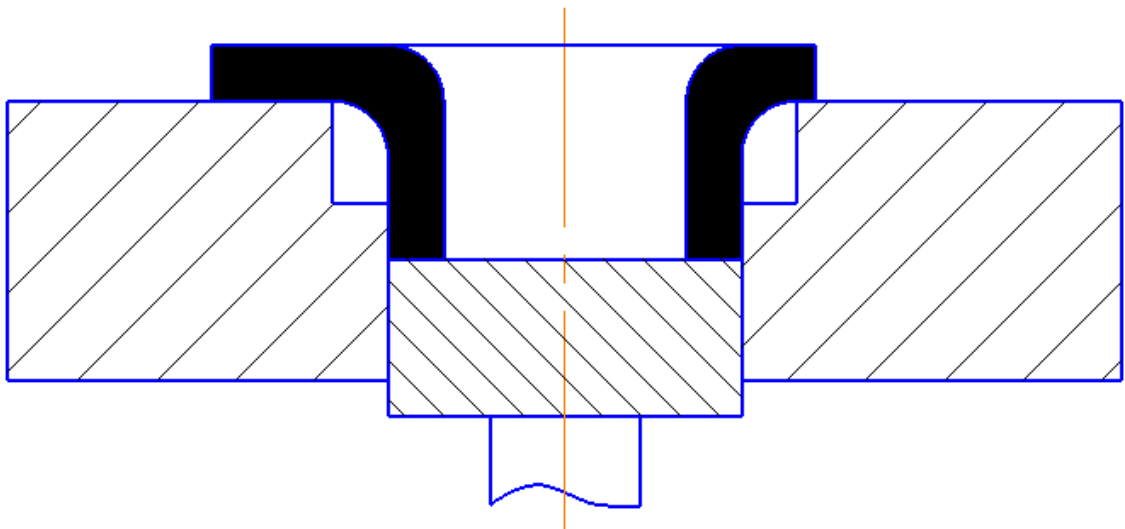


Рис. 2.10. Базування заготовки в інструменті.

5 Перехід.

Починаємо комбіновану операцію зворотного видавлювання та розкочування фланцевої поверхні. Як видно на (Рис. 2.11) інструмент встановлений до заготовки під кутом $2^{\circ} 30'$.

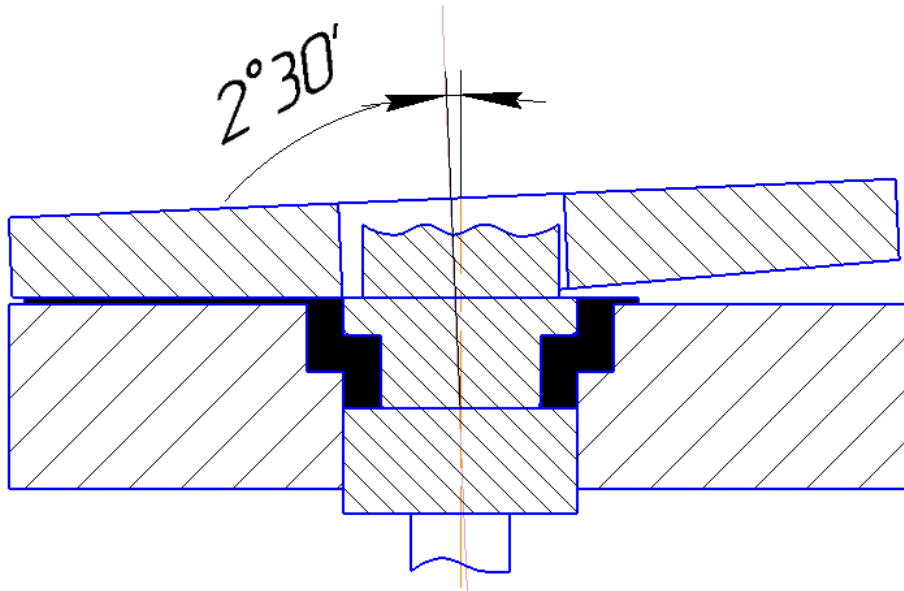


Рис. 2. 11. Схема операції.

Готова деталь матиме вигляд (Рис. 2.12)

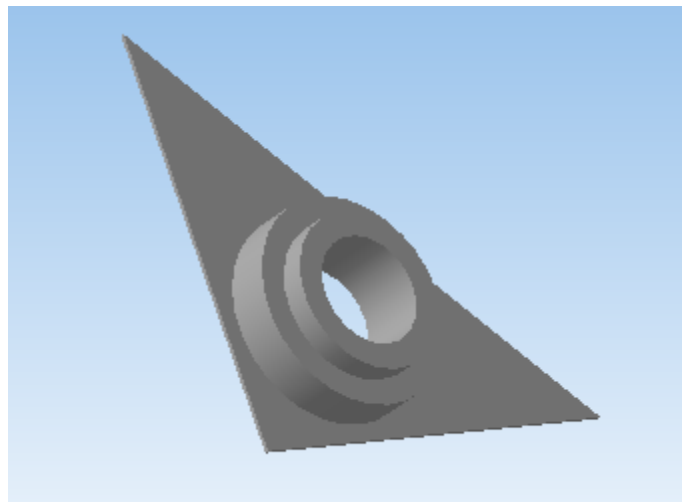


Рис. 2.12. Готова деталь виконана з трикутної заготовки

2.2. Аналіз процесу розкатки фланця на стрижні

Відмінною особливістю фланцевих радіаторних пристроїв є збільшений діаметр фланця у порівнянні основою, до 3...4 разів. За існуючої технології деталі основи і фланця виготовляють окремо, що негативно впливає на експлуатаційні характеристики.

Для виготовлення фланця радіатора за традиційними технологіями знадобилося б обладнання надто значного зусилля, а тиски, які утворюються між інструментом і фланцевою частиною вимагали застосування спеціальних матеріалів.

Кафедрою обробки металів тиском КПІ ім. Ігоря Сікорського запропоновано новий технологічний процес штамповки фланцевих виробів на спеціальній гідропресові установці, принцип дії якої заснований на використанні позитивного ефекту прогресивного методу штампування з обкатуванням та комбінованої дії в поєднанні з традиційним прошиванням (зворотнім видавлюванням).

Володіючи певними достоїнствами метод штампування з обкочуванням успішно конкурує з другими методами отримання осесиметричних заготовок, а іноді і готових деталей. Область впровадження цієї технології все більше збільшується.

Тим не менш навіть основні параметри процесу вивченні недостатньо для виробничої практики.

В зв'язку з проектуванням спеціальної установки для виготовлення радіаторних фланцевих деталей була поставлена задача розробити метод визначення енерго-силових параметрів штампування з обкатуванням, вирішенню якого була присвячена дана робота. Технологічний процес проходить в два етапи: - зворотна видавлювання; - штампування обкочуванням. В даному випадку процес штампування обкочуванням проходить після зворотного видавлювання без зміни положення заготовки і безпосередньо із зануреним в проміжну заготовку пуансоном. Така

тимчасова технологічна конструкція утворена проміжною заготовкою і зворотнім пуансоном, яку слід розглядати як жорстку, а штампування обкочуванням проводиться за умови, що обкочувальний пуансон має отвір через який проходить зворотній пуансон, який на цій стадії є нерухомим і уявляє собою стрижень для фіксації проміжної заготовки і основою для проведення другого етапу виготовлення деталі з фланцем. Саме в цьому полягає новизна процесу. Безпосередньо визначення енерго-силових параметрів процесу в загальному вигляді представлені в [1].

Враховуючи чисто інженерний характер розрахунків при аналізі штампування з обкатуванням, стосовно до визначення енерго-силових параметрів, найбільш підходящим є енергетичний метод.

При цьому вводиться допущення про однорідність пластичного деформування і постійності коефіцієнта тертя на контактній поверхні.

Скориставшись принципом розподілу робіт. Запишемо баланс робіт для останнього циклу в установленому режимі

$$A_d = A_{oc} + A_{ob} \quad (2.1)$$

де: A_d, A_{oc}, A_{ob} – сумарна робота деформацій, робота сил осаджування деталі і обкочування, відповідно.

Роботу деформації визначаємо як:

$$A = V \cdot p_{cp}$$

де V – зміщений об'єм,

p_{cp} – середнє питоме зусилля на контактній поверхні.

При обкатуванні конічним інструментом з одночасним його осьовим переміщенням n [об/сек] з швидкістю v [мм/с], циклова висотна деформація заготовки h складає.

$$h = \frac{\vartheta}{n}$$

Так як h в порівнянні з початковою висотою заготовки H , приблизний цикловий зміщений об'єм наближено може бути визначений як ε

$$V_c = V \cdot \varepsilon = \frac{V}{H} \cdot \frac{\vartheta}{n} \approx \frac{V}{H_d} \cdot \frac{\vartheta}{n} \approx F_d \cdot \frac{\vartheta}{n} \quad (2.2)$$

де $\varepsilon = \frac{h}{H}$ – циклова степінь деформації

V_c – представляє собою суму зміщених об'ємів осаджуванням і обкатуванням.

H_d, F_d – висота та площа перерізу заготовки в кінці обкочування.

Визначимо об'єм, зміщений за рахунок осаджування. При цьому враховуємо, що циклова степінь деформації незначна в порівнянні з загальною. Будемо з деякими приближеннями рахувати, що об'єм метала, витіснений конічним інструментом при переміщенні на величину h , являється шуканим зміщеним об'ємом.

Рівняння поверхні інструменту отримаємо з канонічного рівняння прямого кругового конусу (Рис.2.13) поворотом системи координат на кут φ навколо осі OX_1 .

$$\frac{X_1^2 - Y_1^2}{a^2} - \frac{Z_1^2}{c^2} = 0$$

Після деяких перетворень з врахуванням $c = a \cdot \operatorname{tg} \varphi$ отримаємо шукане рівняння в новій системі координат $OXYZ$.

$$Z^2 + ZY \cdot \operatorname{tg} 2\varphi - \frac{1}{2} X^2 \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} 2\varphi = 0 \quad (2.3)$$

З вказаного слідує, що вершина конічного інструмента лежить на початку координат і утворююча конуса співпадає з віссю OY .

Зміщений об'єм може бути знайдений як об'єм тіла обертання, обмежений кінчною поверхнею, циліндричними поверхнями

$X^2 + Y^2 = R_1^2$, і $X^2 + Y^2 = R_2^2$ де R_1, R_2 - радіуси кільцевої частини фланця і площини $Z=h$.

$$h^2 + hY \cdot \operatorname{tg} 2\varphi - \frac{1}{2}X^2 \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} 2\varphi = 0 \quad (2.4)$$

Вирішуючи разом (4) і рівняння циліндричної поверхні кільцевої частини фланця заготовки $X^2 + Y^2 = R_1^2$, і $X^2 + Y^2 = R_2^2$ можна визначити Y_{c1} і Y_{c2} (Рис.2.14.)

$$Y_{c1} \approx R_1 - \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi}; \quad Y_{c2} \approx R_2 - \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi}; \quad (2.5)$$

Враховуючи труднощі, які виникли при вирахуванні об'єму V_{oc} , будемо вирішувати поставлену задачу шляхом розбивки об'єму на 3 складові. (Рис.1.14)

$$V_{oc} = V_1 - V_2 + V_3 \quad (2.6)$$

$$\text{Тоді } V_1 = 2 \iiint_V dx dy dz = 2 \iint_{\sigma_i} dz dy \int_0^{Xk} dx$$

де Xk -вираховується з рівняння кінчної поверхні (4)

$$Xk = \sqrt{\frac{2}{\operatorname{tg} \varphi}} \cdot Z^{\frac{1}{2}} \left(y + \frac{z}{\operatorname{tg} 2\varphi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.7)$$

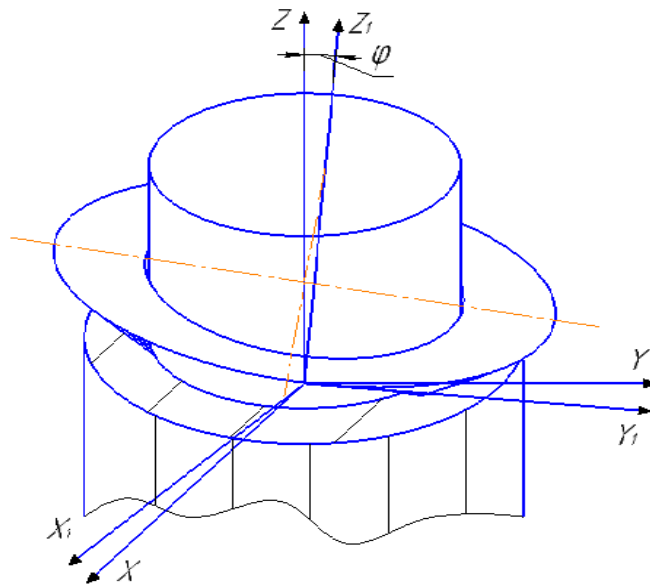


Рис. 2.13. Розкатка фланця на стрижні.

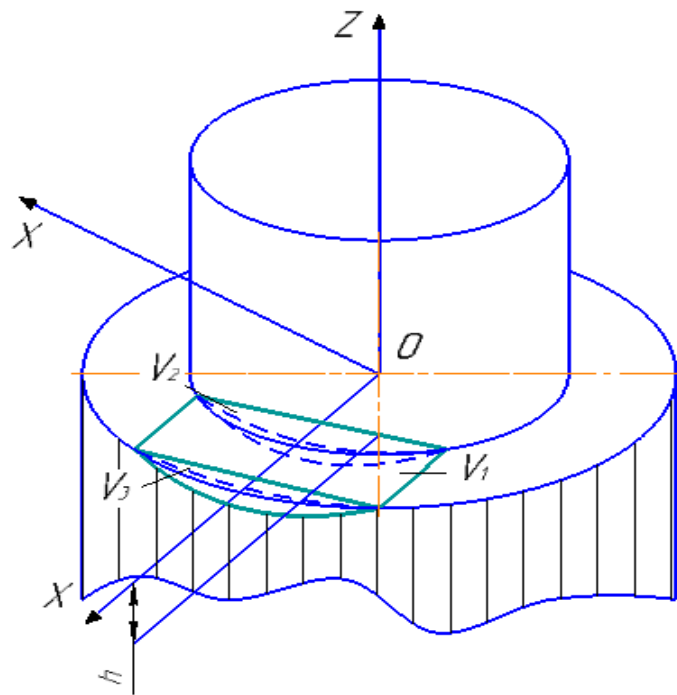


Рис. 2.14. Розбивка об'єму на складові.

Після підстановки границь інтегрування

$$V_1 = 2 \int_0^h dz \int_{Y_{c2}}^{Y_{c1}} dy \int_0^{Xk} dx$$

Кінцевий результат:

$$V_1 = \frac{4}{9} \cdot \sqrt{\frac{2}{tg\varphi}} \left\{ h^{\frac{3}{2}} \left[\left(\frac{h}{tg2\varphi} + Y_{c2} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{h}{tg2\varphi} + Y_{c1} \right)^{\frac{3}{2}} \right] + \frac{1}{2} (Y_{c1} I_1 - Y_{c2} I_2) \right\} \quad (2.8)$$

Тут:

$$I_1 = 2Y_{c1}^2 \left[\frac{t_1}{4 \left(\frac{1}{tg2\varphi} - t_1^2 \right)^2} - \frac{t_1}{tg2\varphi \left(\frac{1}{tg2\varphi} - t_1^2 \right)} - \frac{1}{16 \left(\frac{1}{tg2\varphi} \right)^{\frac{3}{2}}} \ln \left| \frac{\sqrt{\frac{1}{tg2\varphi} + t_1}}{\sqrt{\frac{1}{tg2\varphi} - t_1}} \right| \right] \quad (2.9)$$

$$I_2 = 2Y_{c2}^2 \left[\frac{t_2}{4 \left(\frac{1}{tg2\varphi} - t_2^2 \right)^2} - \frac{t_2}{tg2\varphi \left(\frac{1}{tg2\varphi} - t_2^2 \right)} - \frac{1}{16 \left(\frac{1}{tg2\varphi} \right)^{\frac{3}{2}}} \ln \left| \frac{\sqrt{\frac{1}{tg2\varphi} + t_2}}{\sqrt{\frac{1}{tg2\varphi} - t_2}} \right| \right] \quad (2.9a)$$

Складові зміщеного об'єму V_{oc} об'єми V_2 і V_3 представляють громіздкі вирази.

$$V_2 = R_1^2 \cdot h \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_1 \right) - Y_{c1}^2 \cdot h \cdot ctg\alpha_1 + \frac{tg2\varphi}{3} \left[R_1^3 \left(\cos\alpha_1 - \frac{\pi}{2} + \alpha_1 \right) + Y_{c1}^3 \left(\frac{\cos\alpha_1}{2\sin^2\alpha_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{tg\frac{\pi}{4}}{tg\frac{\alpha_1}{2}} - ctg\alpha_1 \right) \right] \quad (2.10)$$

$$\text{де } \alpha_1 = a2c \sin \frac{Y_{c1}}{R_1}$$

$$V_2 = R_2^2 \cdot h \left(\frac{\pi}{2} - \alpha_2 \right) - Y_{c2}^2 \cdot h \cdot ctg\alpha_2 + \frac{1}{3} tg2\varphi \left[R_2^3 \left(\cos\alpha_2 - \frac{\pi}{2} + \alpha_2 \right) + Y_{c2}^3 \left(\frac{\cos\alpha_2}{2\sin^2\alpha_2} + \frac{1}{2} \ln \frac{tg\frac{\pi}{4}}{tg\frac{\alpha_2}{2}} - ctg\alpha_2 \right) \right] \quad (2.11)$$

Таким виразом користуватись незручно. Тому введемо допущення, прийнятні для інженерних розрахунків.

Будемо визначати $V_{1,2}$ як об'єми, обмежені кінчною поверхнею (3), і площиною $Z=h$ і площиною $Y = Y_{c1} + K$ і $Y = Y_{c1} + K$.

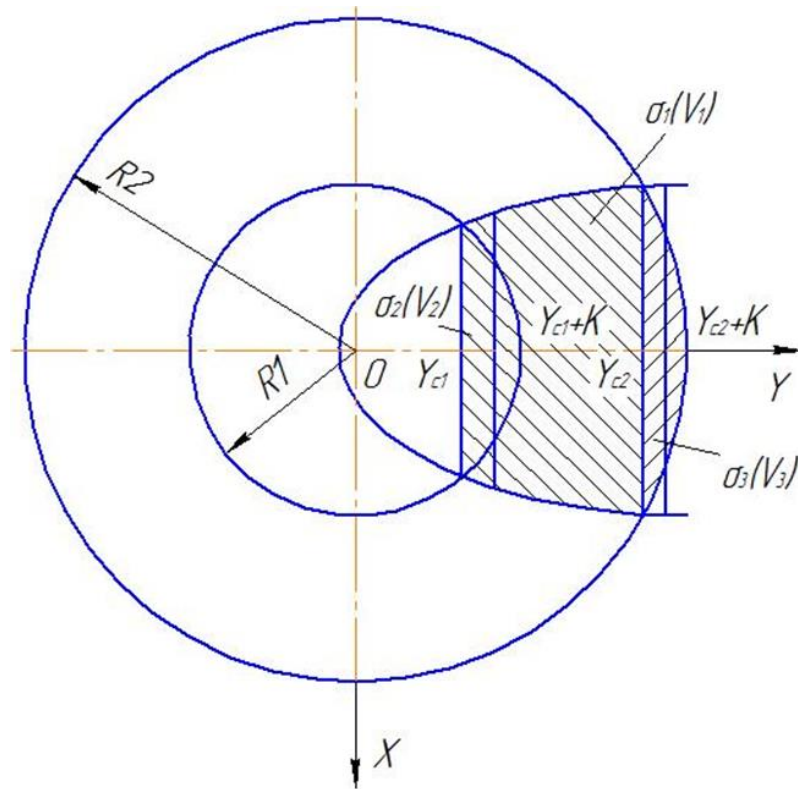


Рис.2.15. Кільцева частина фланця.

Тоді K знаходиться з умов, що площа параболічного сегмента становить $2/3$ площі прямокутника, який має ту ж основу в ту ж висоту. Так як висота параболічного сегмента рівна $R_1 - Y_{c1}$ (для об'єму V_2) і $R_2 - Y_{c2}$ (для об'єму V_3), то $K = \frac{2}{3}(R_1 - Y_{c1}) = \frac{2}{3}(R_2 - Y_{c2})$ при врахуванні (5) $K = \frac{2}{3} \frac{h}{\text{tg}\varphi}$

Такий підхід дозволяє вирахувати V_2 і V_3 (з певним приближенням) по тій же методиці, що і V_1 .

В такому випадку V_{oc} вираховується по рівнянню (8), в якому замість Y_{c1} підставляємо $R_1 - \frac{h}{3\text{tg}\varphi}$, а замість Y_{c2} відповідно $R_2 - \frac{h}{3\text{tg}\varphi}$.

На основі приведених викладів маємо

$$V_{oc} = \frac{4}{9} \sqrt{\frac{2}{tg\varphi}} \left\{ h^3 \left[\left(R_2 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(R_1 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{2} \left[I_2 \left(R_2 - \frac{h}{3tg\varphi} \right) - I_1 \left(R_1 - \frac{h}{3tg\varphi} \right) \right] \right] \right\} \quad (2.12)$$

Тут I_1, I_2 ті ж що і в виразах (9) та (9а), але замість Y_{c1} і Y_{c2} підставляємо $R_1 - \frac{h}{3tg\varphi}$ і $R_2 - \frac{h}{3tg\varphi}$ відповідно.

Визначення осьового зусилля становиться можливим, використовуючи знайдені зміщені об'єми осадки і величиною циклового осьового переміщення.

Так як в сталому режимі обкатування зусилля постійні, том воно може бути знайдене, як

$$P = \frac{A_{oc}}{h} = \frac{p_{cp} \cdot V_{oc}}{h} \quad (2.13)$$

Підставивши в даний вираз значення V_{oc} із (12), отримаємо:

$$P = \frac{4}{9} p_{cp} \sqrt{\frac{2}{tg\varphi}} \left\{ h^{\frac{1}{2}} \left[\left(R_2 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(R_1 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{2h} \left[I_2 \left(R_2 - \frac{h}{3tg\varphi} \right) - I_1 \left(R_1 - \frac{h}{3tg\varphi} \right) \right] \right] \right\} \quad (2.14)$$

Крутний момент, що передається кінчному обкочувальному інструменту, визначається із співвідношення

$$M_{кр} = \frac{A_{об}}{2\pi} = \frac{p_{cp}}{2\pi} \cdot V_{об} \quad (2.15)$$

Об'єм, зміщений обкаткою, визначається рівністю сумарного циклового зміщеного об'єму і об'єму зміщеного осадкою.

$$V_{об} = V_c - V_{oc} = \pi h(R_2^2 - R_1^2) - V_{oc} \quad (2.16)$$

Підставивши знайдені значення $V_{об}$ і V_{oc} отримаємо:

$$M_{кр} = \frac{p_{cp}}{2\pi} \left\{ \pi h(R_2^2 - R_1^2) - \frac{4}{9} p_{cp} \sqrt{\frac{2}{tg\varphi}} \left[h^{\frac{3}{2}} \left(R_2 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(R_1 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{1}{2} \left[I_2 \left(R_2 - \frac{h}{3tg\varphi} \right) - I_1 \left(R_1 - \frac{h}{3tg\varphi} \right) \right] \right] \right\} \quad (2.17)$$

Вираз (17) настільки ж громіздкий як і (14). Оскільки P визначено раніше, зручно $M_{кр}$ знайти через P .

Для цього підставимо в (14) $V_{об}$ із (16) і в отриманий вираз підставимо V_{oc} із (12).

Після нескладних перетворень маємо

$$M_{кр} = \frac{h}{2} \left[p_{cp} (R_2^2 - R_1^2) - \frac{P}{\pi} \right] \quad (2.18)$$

Або:

$$M_{кр} = \frac{h \cdot p_{cp}}{2} \left[(R_2^2 - R_1^2) - \frac{F_k}{\pi} \right] \quad (2.19)$$

Де:

F_k – площа контакту в установленому режимі обкатування. (19) можна представити у вигляді

$$M_{кр} = \frac{h \cdot p_{cp}}{2} (F - F_k) \quad (2.20)$$

Де:

F - площа перерізу заготовки, перпендикулярно напрямку осадки.

Вигляд $M_{кр}$ у вигляді (20) зручно тоді, коли F_k відомо або має залежність $F_k = f(F)$.

В тому випадку, коли визначено λ - ефективний коефіцієнт зменшення зусилля осадки при наявності обкатування, при чому $\lambda = \frac{p_{ос}}{p_{об}}$

(20) зручно представити у вигляді

$$M_{кр} = \frac{h \cdot p_{ос}}{p_{об}} \cdot \frac{\lambda - 1}{\lambda} \quad (2.21)$$

Тут $p_{ос} = p_{ср} \cdot F$, а $p_{ср}$ визначено відомими виразами Унксова Е.П. наприклад:

$$p_{ср} = \sigma_s \left(1 + 1,1 \ln \frac{D}{d} + \frac{1}{6} \frac{d}{H} \right)$$

Якщо ввести припущення про рівність при звичайній осадці і осадці з обкатуванням, то λ можна представити в вигляді $\lambda = \frac{A}{A_{ос}} = \frac{V_c}{V_{ос}}$

де: A - робота звичайної осадки заготовки в вигляді кільця з радіусами R_1 і R_2 на величину h плоскими боками.

Тоді:

$$\lambda = \frac{9\pi(R_2^2 - R_1^2)}{4\sqrt{\frac{2}{tg\varphi}} \left\{ \sqrt{h} \left[\left(R_2 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(R_1 + \frac{h}{tg2\varphi} - \frac{h}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} \right] + \frac{1}{2} [I_2 \left(R_2 - \frac{h}{3tg\varphi} \right) - I_1 \left(R_1 - \frac{h}{3tg\varphi} \right)] \right\}} \quad (2.22)$$

Підставимо значення $h = \frac{\vartheta}{n}$, отримаємо:

$$\lambda = \frac{9\pi(R_2^2 - R_1^2)}{4\sqrt{\frac{2}{tg\varphi}} \left\{ \sqrt{\frac{\vartheta}{n}} \left[\left(R_2 + \frac{\vartheta}{tg2\varphi} - \frac{\vartheta}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(R_1 + \frac{\vartheta}{tg2\varphi} - \frac{\vartheta}{3tg\varphi} \right)^{\frac{3}{2}} \right] + \frac{1}{2} [I_2 \left(R_2 - \frac{\vartheta}{3tg\varphi} \right) - I_1 \left(R_1 - \frac{\vartheta}{3tg\varphi} \right)] \right\}} \quad (2.23)$$

З огляду на те, що n^* [об/с] і I_1, I_2 визначено (9) і (9а).

Використовуюючи (17)-(21), легко визначимо потужність двигуна приводу обкочуючого інструменту, наприклад, у вигляді:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n^*}{97400 \cdot \eta} = \frac{h \cdot p_{ос} \cdot n^* \cdot (\lambda - 1)}{1948 \cdot 10^2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \eta} = \frac{n \cdot p_{ос} \cdot n^* \cdot (\lambda - 1)}{61 \cdot 10^4 \cdot \lambda \cdot \eta} \text{ [кВт]} \quad (2.24)$$

Тут η к.к.д. передачі від двигуна до конічного інструменту, n^* має розмірність (об/сек).

Висновки по розділу

Запропоновано технологічний процес штамповки фланця на спеціальній гідро-пресовій установці, Принцип дії якої заснований на використанні позитивного ефекту прогресивного методу штампування з обкатуванням. Було розроблена послідовність розрахунку основних параметрів спеціалізованих установок для штампування з обкатуванням.

Грунтуючись на вище викладеному, пропонується наступна послідовність розрахунку основних параметрів спеціалізованих установок для штампування з обкатуванням:

1. Розроблені два технологічні процеси виготовлення деталі. Деталь виготовлюється без переустановки в одній матриці що є значною перевагою так як скорочується час на виготовлення однієї деталі, а також заощадження на інструменті яке необхідне для виготовлення деталі.
2. Задаємо величиною φ в межах $2^{\circ} - 4^{\circ}$ відповідно з відомими рекомендаціями [43], [44], [45] підтверджене експериментами. Більш коректне визначення φ засновано на ряду технологічних дослідів, направлених на встановлення такого оптимального значення φ , при якому в процесі обкатування не спостерігається бочко- або дуго- образності. При цьому повинно дотримуватись всіх основних правил моделювання.
3. Задаючи значення λ в межах 5-20 [42][43][44]. По заданих значеннях φ, λ і ϑ із (24) знаходимо значення n .
4. По ϑ і n визначається h і по (21) розраховується максимальний крутний момент $M_{кр}$.
5. Маючи $\lambda, p_{об}$ визначається не важко по виразу $p_{об} = \frac{p_{ос}}{\lambda}$.

б. Потужність двигуна обкочуючого інструменту вираховується по формулі (25).

При цьому η розраховується в залежності від конкретної схеми трансмісії. Аналізуючи результати розрахунків, перш за все потрібно звернути увагу на незначне підвищення ККД механізму обкатування.

3. Дослідження процесу обкочування на стрижні.

Метою даного розділу є визначення за допомогою МСЕ комбінованого процесу обкочування деталей з тонким фланцем (Рис 3.1). В даному випадку процес виконується двома інструментами, а саме: пуансон для зворотного видавлювання та пуансоном для обкочування фланця. Дослідження даного процесу буде здійснюватися за допомогою програми DEFORM 3D.

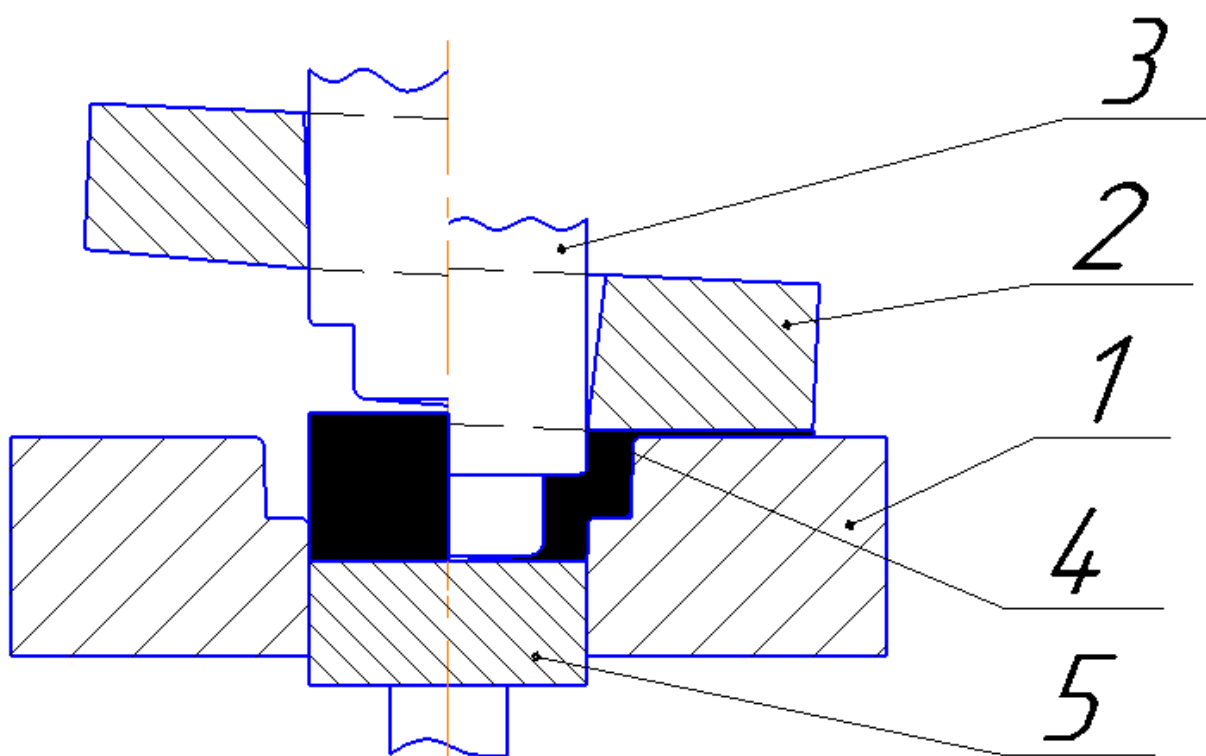


Рис. 3.1. Схема процесу. 1-матриця; 2-пуансон обкочування;
3-пуансон зворотного видавлювання; 4-деталь; 5-иштовхувач;

3.1. Дослідження операції зворотного видавлювання.

Заготовка 1 встановлюється по D_3 в матриці 2 на виштовхувач 4 на висоту H_0 і деформується зусиллям P_d за допомогою пуансону 3. (Рис.3.2)

Також були враховані фактори які впливають на процес зворотного видавлювання, а саме; Швидкість деформування, тертя на контактуючих

поверхнях та геометрична форма інструменту. Процес був розподілений на певну кількість кроків для встановлення моменту початку руху пуансону для обкочування.

Процес зворотного видавлювання розглядали як вісесиметричну задачу. Моделювання проводили для заготовки розмірами: $\varnothing=19$ мм, $H=10,2$ мм. Швидкість головному деформуючому інструменту задавали постійною, яка становила 1,5 мм/с. А коефіцієнт тертя на контактуючих поверхнях склав $\mu=0,1$.

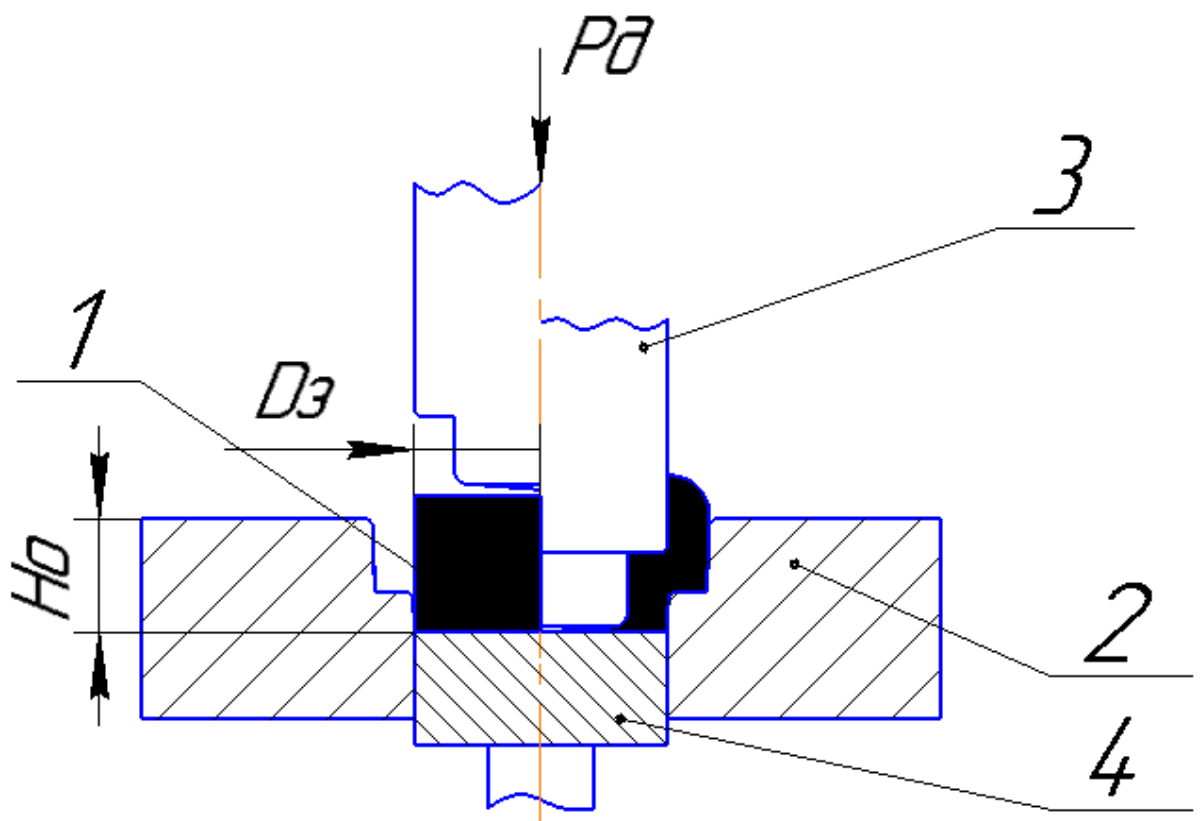


Рис. 3.2. Схема процесу зворотного видавлювання.

1-заготовка; 2-матриця; 3-Пуансон; 4-виштовхувач;

В результаті проведення моделювання процесу зворотного видавлювання, було встановлено характер розподілу інтенсивності деформації ε_i , також встановлені значення інтенсивності напружень в zdeформованій заготовці.

Результати моделювання представлені на рис.3.3 – 3.4

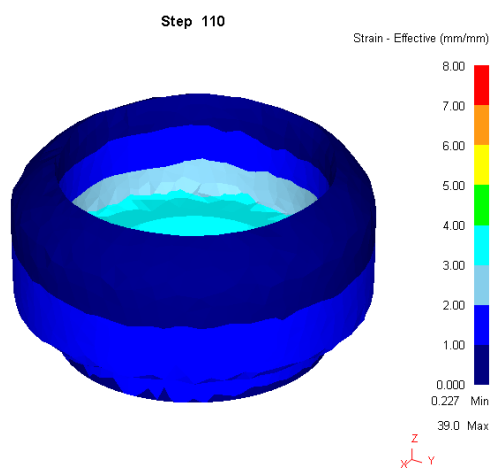


Рис.3.3 Інтенсивність деформації

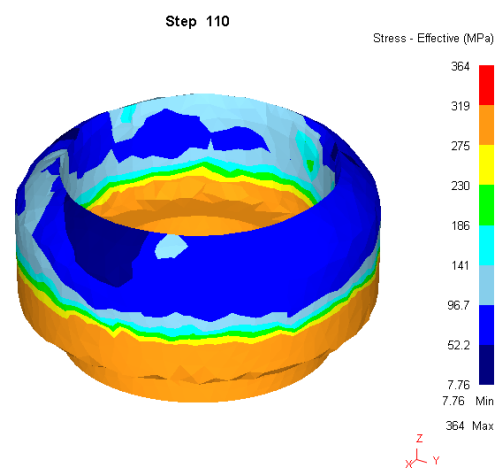


Рис.3.4. Інтенсивність напруження

Також було отримано графік зусилля процесу зворотного видавлювання, який представлений на Рис. 3.5

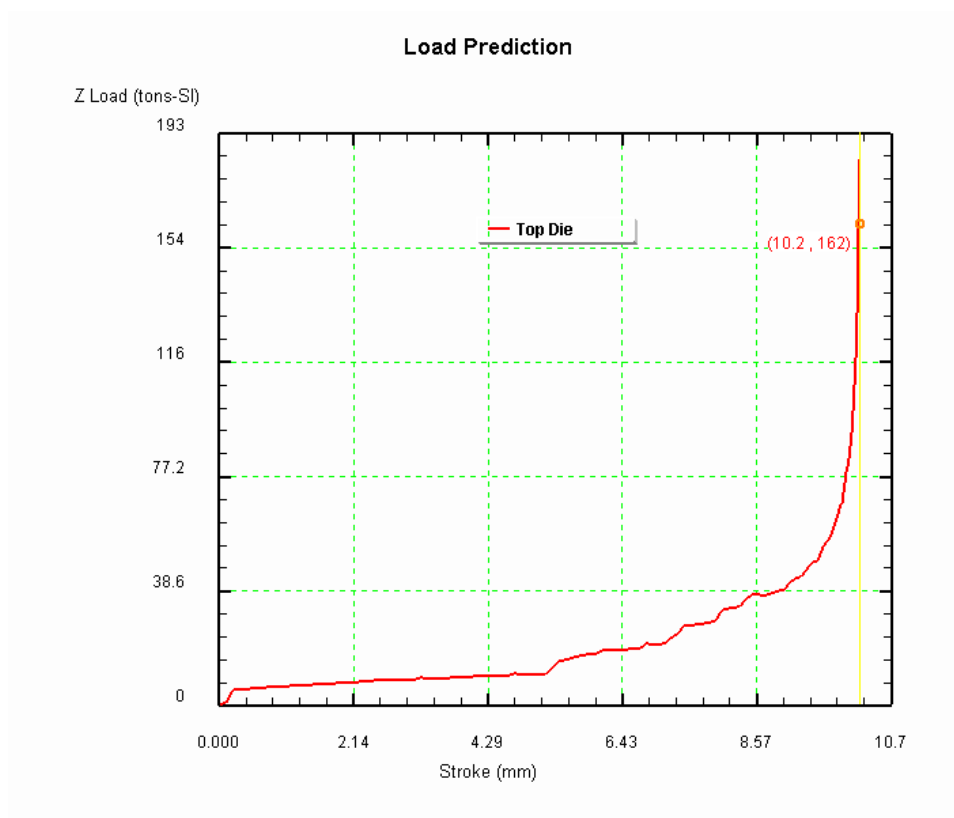


Рис.3.5 Графік зусилля при зворотному видавлюванні.

3.1. Дослідження операції обкочування.

Після зупинки пуансону для зворотного видавлювання починає діяти пуансон для обкочування фланця, а пуансон для зворотного видавлювання тепер служить як стрижень який забезпечує зберігання параметрів отвору не даючи матеріалу затікати в середину отвору (Рис. 3.6).

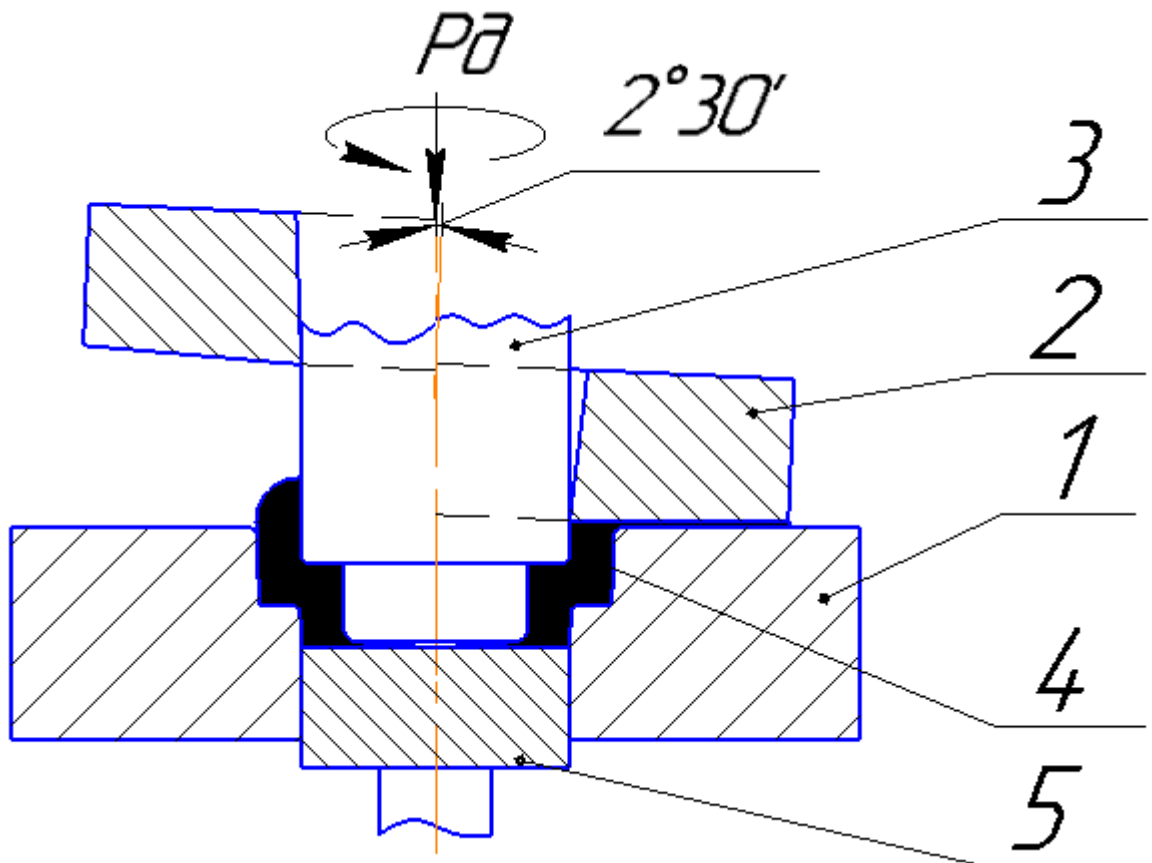


Рис. 3.6. Схема процесу обкочування: 1-матриця;

2-обкочуючий пуансон; 3-стрижень; 4-заготовка; 5-виштовхувач;

Дана операція має особливість в тому, що в обкочуючому інструменті є отвір через який проходить стрижень, це призводить до зміщення точки центру інструменту в гору, а також змінюється траєкторія руху точки O_1 (Рис. 3.7).

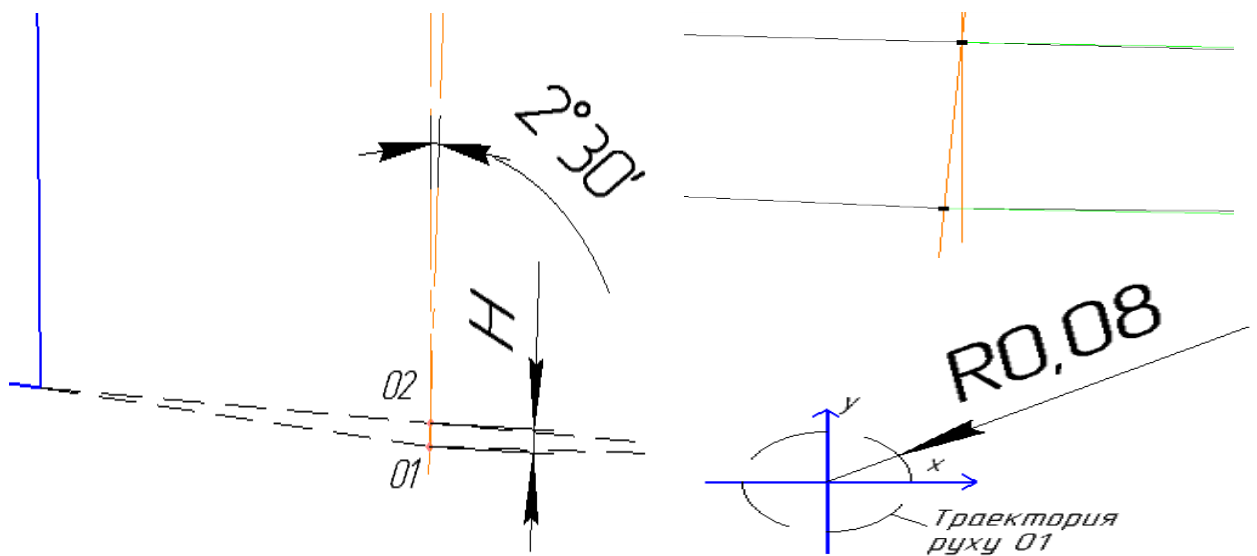


Рис. 3.7. Зміщення точки, та траєкторії її руху.

Традиційно, процес штампування обкочуванням реалізують з присутністю мінімальної складової сил тертя в балансі робіт. Ця умова досягається, якщо активний інструмент здійснює обкочуючий рух щодо вершини O . Однак, цю умову можна виконати тільки при найпростішій формі активного інструменту у вигляді конуса. При більш складній геометричній формі формотворного інструменту, виникає між інструментом і заготовкою відносно проковзування, що в більшості випадків не вітається.

Але в нашому випадку при зміщенні центру конусу до точки O_2 якраз цей технологічний епізод може надати позитивну роль так як, задаючи напрямок і інтенсивність прослизання можна викликати контактні сили тертя, які будуть активно сприяти витіканню металу з локалізованої ділянки деформації в заданому напрямку і брати участь в заключному формоутворенні.

При моделюванні витікання металу з локалізованої ділянки деформації зображене на (Рис. 3.8) Можливі чотири, найбільш очевидні, варіанти напрямків активних сил тертя: два в радіальному напрямку (від центру (див. Рис.3.8 а) і до центру (див. Рис.3.8 б)); два в тангенціальному (по напрямку обкочування (див. Рис.2.8 в) і проти напрямку (див. Рис.Я.8 г)). У

більш складному вигляді можливі комбінації вогнищ деформування з радіально-тангенціальними напрямками сил тертя [45]

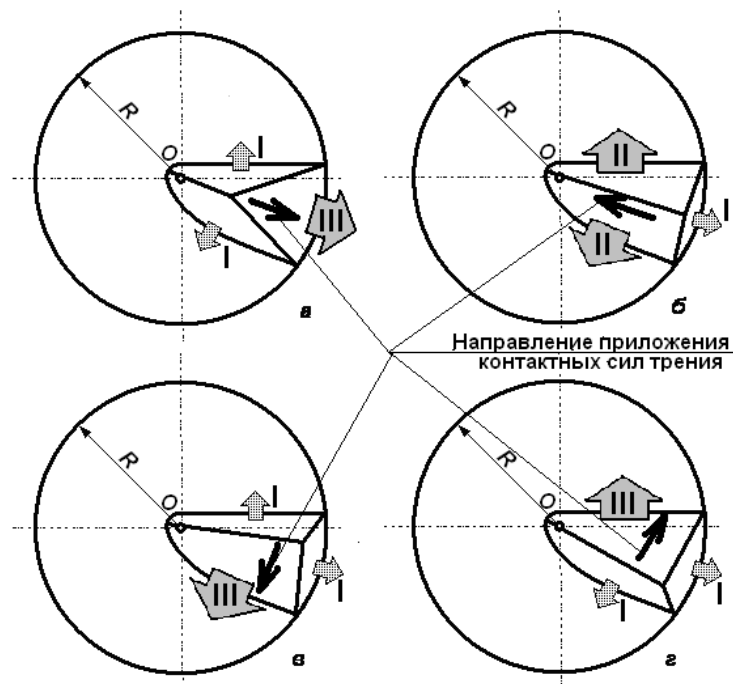


Рис.3.8. Схеми створення переважних напрямків течії матеріалу.

Було проведено моделювання обкочування на стрижні з параметрами; Обкочуючий інструмент здійснює три рухи одночасно, а саме коливаючий рух 280 кол./хв., обертання навколо осі машини 280 об./хв., та швидкість деформування 1,5 мм/с., кут нахилу інструменту від осі складає $2^{\circ}30'$. А коефіцієнт тертя на контактуючих поверхнях склав $\mu=0,1$.

В результаті проведення моделювання процесу обкочування на стрижні, було встановлено характер розподілу інтенсивності деформації ε_i , також встановлені значення інтенсивності напружень в zdeформованій заготовці.

Результати моделювання представлені на (Рис.3.9 – 3.10).

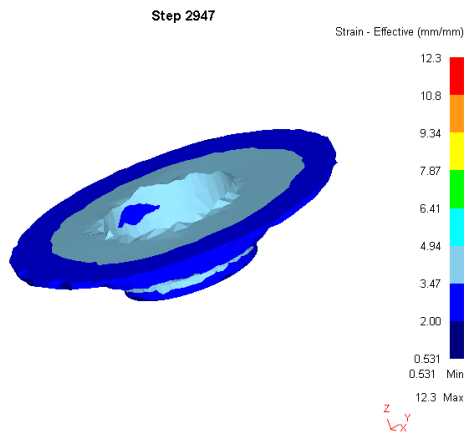


Рис.3.9. Інтенсивність деформації.

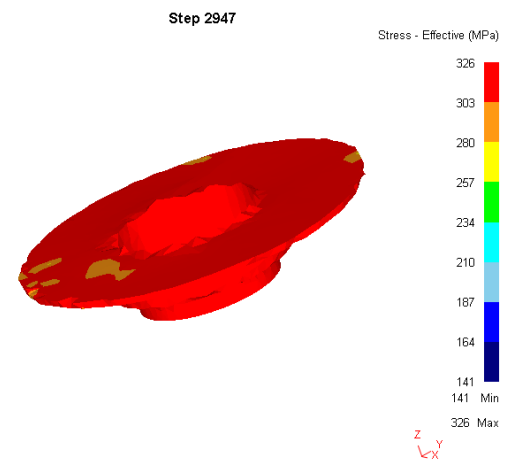


Рис.3.10.Інтенсивність напруження.

Також було отримано графік зусилля процесу обкочування фланця на стрижні, який представлений на (Рис. 3.11).

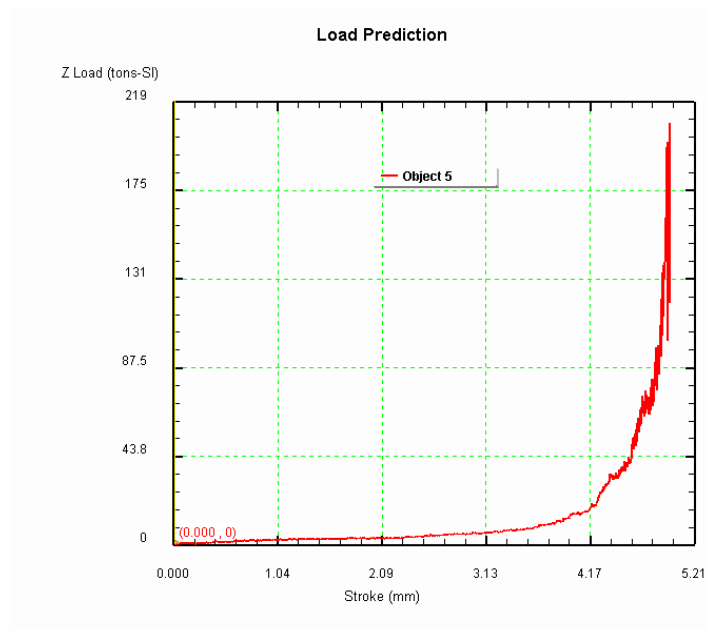


Рис 3.11. Графік зусилля процесу обкочування на стрижні.

Для перевірки ефективності даного процесу запропоновано порівняти отримані результати зусилля при штампуванні обкочуванням зі звичайним процесом осадження.

Для цього необхідно розрахувати яке зусилля знадобиться при процесу осадження заготовки:

Зусилля осадження розраховується по формулі[47]: $P=rF$ (3.1)

Тиск на інструмент розраховується по формулі:

$$p = \sigma_s^* \left(1 + 0.4\mu \frac{\sqrt{F}}{H} \right) \quad (3.2)$$

Де: F- площа поперечного перетину.

H- висота деталі.

μ - коефіцієнт тертя $\mu = 0,1$

Тоді:

$$p = 270.2 \left(1 + 0.4 \cdot 0,1 \frac{\sqrt{0,001674}}{0,0102} \right) = 313.4 \text{ МПа}$$

Підставляємо значення в формулу (3.1);

$$P=rF=313,4 \cdot 1674.8=524882,65\text{Н}=52,4\text{тон}$$

Висновки по розділу.

Методом скінченних елементів за допомогою програмного сердовища DEFORM 3D було проведене моделювання процесу обкочування на стрижні.

Якщо порівняти отримані результати зусилля після моделювання процесу та порівняти їх з стандартними методами обробки таких поверхонь, то можна зробити висновок, що зусилля при обкочуванні майже в 3 рази менше ніж при виготовленні такої деталі за допомогою класичних методів обробки ОМТ. І це є позитивним фактором так як немає потреби в габаритному обладнанні.

А також аналізуючи результати моделювання видно, що зусилля при зворотньому видавлювані та зусилля обкочування майже однакові і це є значною перевагою так як виготовлення деталі можливе за допомогою одного механізму.

4. Розроблення Startup проект.

4.1 Опис ідеї проекту.

В даному проекті пропонується ідея по виготовленню обігрівального пристрою, який монтується на місці звичайного плінтусу.

Така система складається з наступних елементів: Зовнішній короб виготовлений з пластмаси (Рис. 4.1), обігрівальний модуль, який являє собою набір секцій радіаторного елементу (Рис. 4.2), фіксуючий елемент для встановлення даної системи опалення (Рис 4.3).

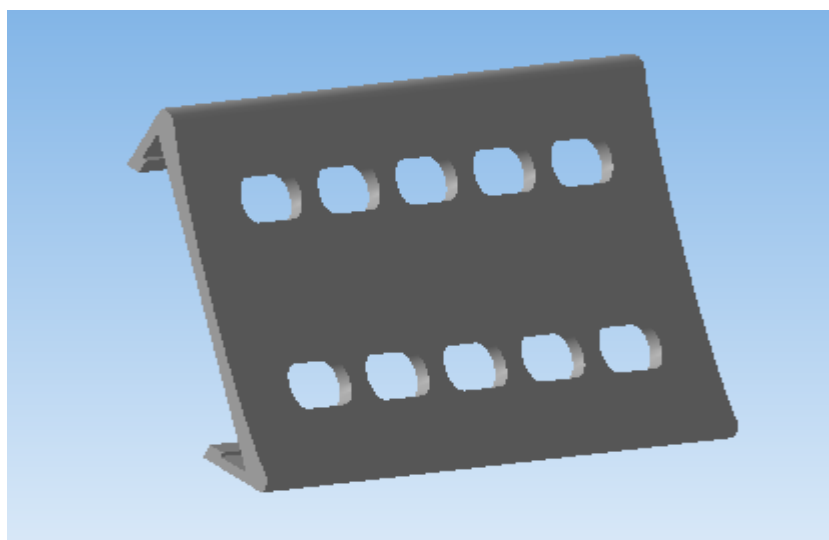


Рис 4.1. Зовнішній короб.

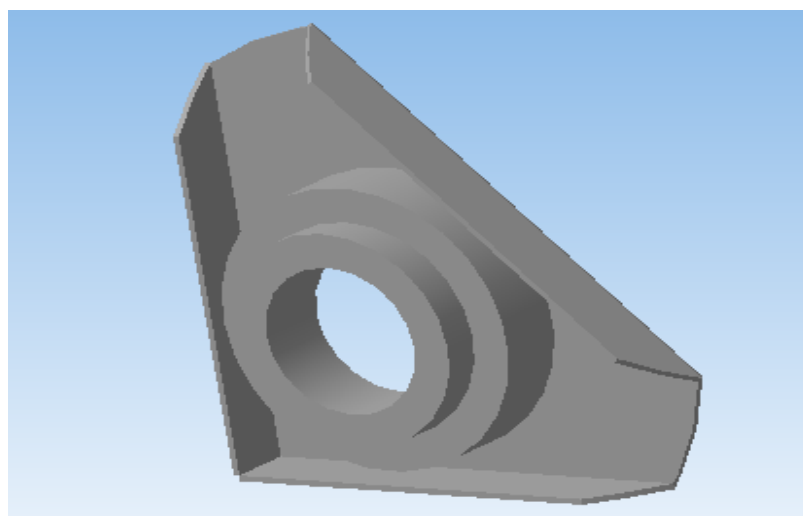


Рис. 4.2. Обігрівальний модуль.

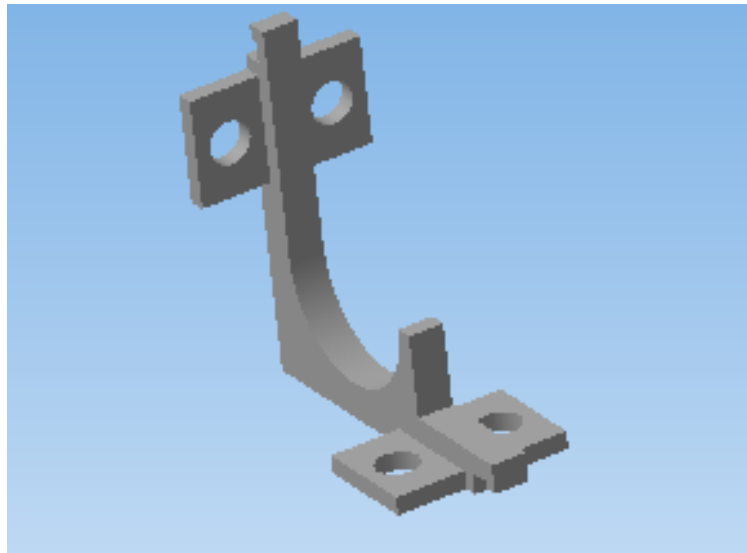


Рис. 4.3. Фіксуючий елемент.

Загальний вигляд у такої системи зображений на (Рис. 4.5).

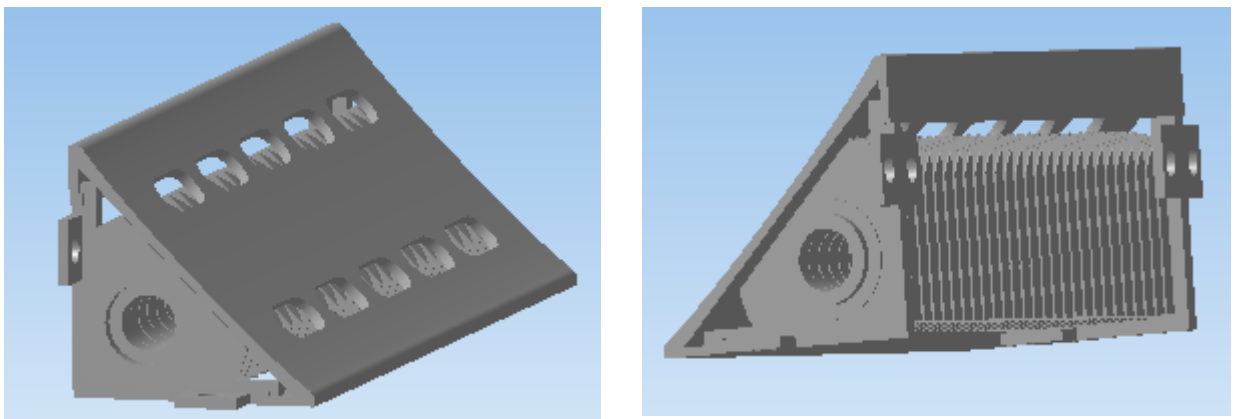


Рис. 4.5. Радіаторний плінтус.

Такі плінтуси встановлюються як в кімнатах з високими стінами, так і в невеликих приміщеннях. Система підходить як для офісу, так і для домашнього підігріву температури в кімнаті. Універсальність теплих плінтусів одне з важливих переваг.

Даний вид обігріву можна застосовувати не тільки в кімнатах, а і на балконах, лоджіях. Плінтус обігріває як стіни, так і підлогу, завдяки чому, виключається поява грибків, цвілі.

Принципи роботи - тепле повітря повільним розтягнутим потоком піднімається вгору вздовж стін, рівномірно прогріваючи. Стіни акумулюють

тепло в своїй конструкції, після чого всім своїм обсягом випромінюють його всередину приміщення (Рис. 4.6).

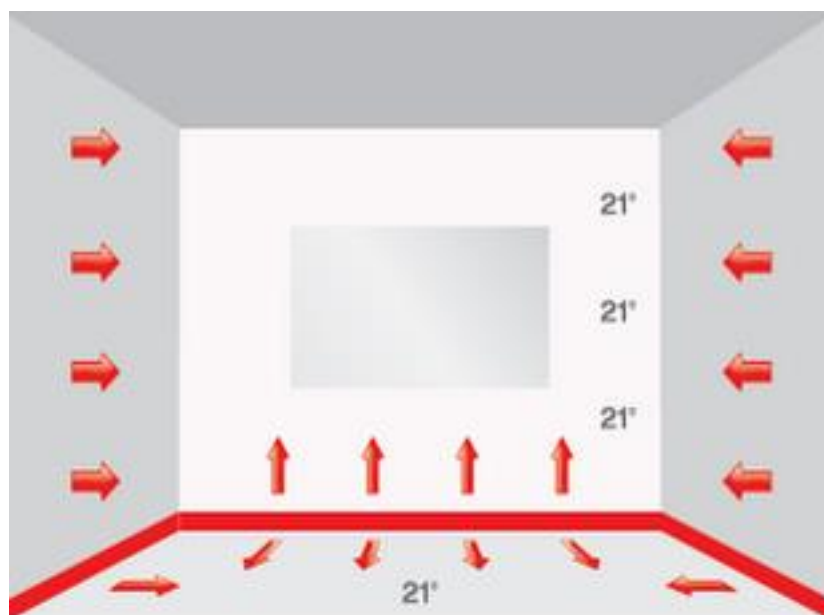


Рис. 4.6. Потоки тепла.

Такі плінтус майже не помітні, в порівнянні з звичайними великими радіаторами або трубами, різними теплопередаючими елементами інших систем опалення.

Схожий на звичайний елемент інтер'єру так як його можна пофарбувати в будь який колір що дозволяє підібрати плінтус в тон стіни і вписати його в загальне оформлення кімнати.

Такий плінтус легко поєднати з існуючою системою опалення Легко монтується на стіну та з'єднується з уже існуючим котлом, що зменшує витрати так як ціна буде складатись тільки з установки нових плінтусів без втручання в систему та придбання нового котла.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Опалення приміщення за допомогою радіаторних плінтусів.	1. Опалення приміщень. 2. Створення теплових завіс.	Економія місця, зовнішній вигляд, простота встановлення.

4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.

Дана деталь буде виготовлена штампуванням обкочуванням. Комбінована операція складається з зворотного видавлювання та розкочування фланця.

Даний метод є ефективним так як буде виконуватись за одну установку та не матиме відходів, також за допомогою штампування обкочуванням можливо зробити тонкий фланець. Відсутнє втручання інших операцій, таких як: механічна обробка різанням, формовка фланця, зборка, спайка, правка.

Виготовлення даної деталі спрощується тому, що на даний час є технологій виготовлення деталей обкочуванням з можливістю розкочування тонких фланців що служить в даній деталі елементом радіатора для опалення приміщення.

4.3. Ефективність опалення плінтусами.

Розглянемо приклад розрахунку необхідної кількості тепла для кімнати:

Для наукових обчислень кімнатною температурою вважається орієнтовно температура від 20 до 25 ° C

Наприклад є приміщення площею 12 квадратних метрів 4 x 3 (м) і висотою 2,7 метра (стандартна кімната в багатопверхівці радянського виробництва

Для розрахунку необхідно дізнатись об'єм приміщення

$$V_{\text{м}^3} = L \cdot A \cdot H \text{ (м)} \quad (4.1)$$

$$V = 4 \cdot 3 \cdot 2.7 = 32.4 \text{ м}^3$$

Для обігріву одного кубічного метра в будинку стандартної споруди (без металопластикових вікон, утеплення пінопластом і т. п.) в кліматичних умовах України необхідно 41 Вт теплової потужності.

Дізнаємося, скільки тепла нам буде потрібно:

$$V \cdot 41 = 32.4 \cdot 41 = 1328,4 \text{ Вт.} \quad (4,2)$$

З розрахунку видно що для опалення даного приміщення необхідно 1328,4 Вт. потужності.

Розрахуємо необхідну кількість секції для опалення даного приміщення:

Теплопровідність алюмінію складає 237Вт [48]

По формулі (1,3) знаходимо тепловіддачу одної секції плінтусу. [49]

$$Q = qF = 237 \cdot 0,00107 = 1,74 \text{ Вт} \quad (4.3)$$

Знаходимо необхідну кількість секції [50]

$$K = 1328,4 / 1,74 = 763,4 = 765 \text{ шт}$$

Але так як конструкція монолітна, це підвищує ефективність опалення зростає в 1.5 рази, то для обігріву буде достатньо 500 секції.

Висновок: Ширина одної секції складає 6.7мм тобто достатньо встановити дані плінтуси лише вздовж однієї стіни яка контактує з вулицею і цього буде достатньо для обігріву приміщення.

4.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Дана система опалення приміщень має попит так як є зручною, малогабаритною, не поступається в порівнянні зі звичайними радіаторними батареями. А найголовніше мають невелику ціну. Динаміка розвитку ринку представлена в (табл. 4.2)

Табл. 4.2. Попередня характеристика потенційного ринку.

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од.	5
2	Загальний обсяг продажу, грн/ум.од	800-1400грн/ум.од
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Комунальні послуги
6	Середня норма рентабельності в галузі. %	100%

За результатами аналізу таблиці бачимо що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням даної системи опалення.

4.5.Маркетингова програма стартап-проекту.

Проводити збут можна як власними силами так и за допомогою залучення посередників. Розповсюдити товар по різних побутовим магазинам.

Також ефективним буде створення сайту з каталогом даної продукції на якому буде представлений повний опис виробу, принципом його роботи, всі його переваги та можливості. Також ефективним в розповсюдженні буде розміщення реклами на Биллбордах в яких буде коротке представлення виробу та посилання на сайт де можна буде отримати більш розширену інформацію.

Висновки по розділу.

Після проведеного аналізу видно що даний стартап проект є актуальним і буде мати попит серед споживачів, так як є ефективним в опаленні приміщень, нагрівання стін сприяє рівномірному і якісному опаленню всього приміщення, незалежно від його розташування. Вкрай невеликий діаметр труб водяного теплового плінтуса знижує витрати на обігрів води, обсяг якої в цій системі порівняно невеликий. Саме тому теплі плінтуси будуть популярними - демократичні за ціною, зручні в монтажі та догляді, що не займають додаткового місця в квартирі, що не мають обмежень у плані дизайну поверхні.

Загальні висновки

1. Проведений аналіз літературних джерел с приводу методу обробки матеріалів тиском, а саме штампування обкочуванням. Розглянуті основні параметри які впливають на процес по виготовленню деталей з фланцевою поверхнею. Було встановлено що виготовлення таких деталей найефективніше методом штампування обкочуванням так як міцність і стійкість деталі буде високою на відміну від випадків коли такі деталі йдуть збірні і спаюються між собою, що призводить до невеликої стійкості.
2. Розроблений технологічний процес виготовлення деталі. Проведені дослідження процесу вісесиметричного обкочування тонкого фланця на стрижні за результатом яких було доведено що виготовлення таких деталей методом штампуванням обкочуванням є більш ефективним. Дослідження проводились шляхом моделювання DEFORM 3D
3. Був розроблений стартап проект який заключається в виготовленні нової системи опалення для приміщень, проведений аналіз ефективності опалення даним методом який показав позетивні результати,

Перелік використаних джерел.

1. elib.lutsk-ntu.com.ua/book/tf/m_ta_pfkм/2012/12-52/page16.
2. ASM Handbook : Forming and Forging. Volume 14 – ASM International, 1988 – p. 2110
3. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. / В.П. Романовский. – [6-е 93зд., перераб. И доп.]. – Л. : Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1979. – 520 с.
4. Проспект фірми Bräcker.
5. Проспект фірми Kocher.
6. Проспект фірми Orbitform.
7. Shivpuri R. Past Developments and Future Trends in the Rotary or Orbital Forging Process / R. Shivpuri // Journal of Materials Shaping Technology. – ASM International, 1988. – Vol. 6, № 1. – pp. 55 – 71.
8. Пат. 319065 Велика Британія, МПК В21J9/02. Improvements in Forging and Upsetting Machines / заявник і патентовласник Massey Ltd B & S, Massey H.F. – № 19280014721 ; заявл. 19.05.1929 ; опубл. 19.09.1929.
9. Shivpuri R. Past Developments and Future Trends in the Rotary or Orbital Forging Process / R. Shivpuri // Journal of Materials Shaping Technology. – ASM International, 1988. – Vol. 6, № 1. – pp. 55 – 71.
10. УДК 621.73.011 Гожій С.П., Кліско А.В., Носенко А.І., Лавріненко А.Д. Впровадження технологічних процесів штампування обкочуванням в сучасному ресурсозберігаючому виробництві // Обробка матеріалів тиском. – 2012. – №1
11. Стаття монограф С.П. Гожій Можливості і особливості ресурсозберігаючого виготовлення деталей високовольтної апаратури із застосуванням штампування обкочуванням.
12. Гожій С.П. Знаходження роботи контактних сил тертя при штампуванні обкочуванням. // Вісник двигунобудування. Запоріжжя, ОАО "Мотор-Січ". – 2006, № 4. - С. 108-111.
13. Пшенишнюк А.С., Кривда Л.Т. Экспериментальное установление величины средних удельных усилий при осадке обкатыванием. //

- Вестник Киев. политехн. ин-та. Машиностроение. – 1985. - № 22. – С. 77-81.
14. Marciniak Z.A. Rocking-Die Technique for Cold-Forging Operations / Z.A. Marciniak // Machinery and Production Engineering. – Nov. 1970. – pp. 792 – 797.
15. Scott D. New Forging Machine Puts the Squescosf. // Automation Engineering. – 1972. – Vol. 147. – № 7.
16. Study of the Closure of Cavities in Swing Forging : Proceedings 17-th International Machine Tool Design and Research Conference / M.A. Chaaban, J.M. Alexander. – Birmingham, 1977. – pp. 633 – 645.
17. Makaba K., Tanaka C. // Casting and Forging. – 1970. – Vol. 30. – № 12. – pp. 29 – 35.
18. Марциняк З. // Кузнечно-штамповочное производство. – 1970. – № 9. – С. 18 – 20.
19. Пат. 31594, Україна, МПК В21D 37/04. Пристрій для штампування обкочуванням / заявник і патентовласник С.П. Гожій, Л.В. Довгалюк ; НТУУ «КПІ» – № u200714820 ; заявл. 26.12.2007 ; опубл. 10.04.2008.
20. ASM Handbook : Forming and Forging. Volume 14 – ASM International, 1988 – p. 2110
21. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. / В.П. Романовский. – [6-е 94зд., перераб. И доп.]. – Л. : Машиностроение. Ленингр. Отделение, 1979. – 520 с.
22. Samolyk G. Investigation of the Cold Orbital Forging Process of an AlMgSi Alloy Bevel Gear / G. Samolyk // Journal of Materials Processing Technology. – Elsevier, 2013. – № 213. – pp. 1692 – 1702.
23. Кривда Л.Т. Геометрия контакта при осадке цилиндрических деталей с обкатыванием. // Вестн. Киев. политехн. ин-та: Сер. Машиностроение. - 1981. - №18. - С. 12-15.
24. Теория пластических деформаций металлов / Е.П. Унксов, Е.А. Попов, У. Джонсон и др. - М.: Машиностроение, 1983. - 598 с.

- 25.Целиков А.И. Основы теории прокатки. - М.: Металлургия, 1965. - 247 с.
- 26.Sowerby H. New Techniques of Metal Forming / H. Sowerby // Journal of Materials Processing Technology. – 1977. – Vol. 64, № 253. – pp. 117 – 147.
- 27.Shivpuri R. Past Developments and Future Trends in the Rotary or Orbital Forging Process / R. Shivpuri // Journal of Materials Shaping Technology. – ASM International, 1988. – Vol. 6, № 1. – pp. 55 – 71.
- 28.Samolyk G. Investigation of the Cold Orbital Forging Process of an AlMgSi Alloy Bevel Gear / G. Samolyk // Journal of Materials Processing Technology. – Elsevier, 2013. – № 213. – pp. 1692 – 1702.
- 29.Пат. 319065 Велика Британія, МПК В21J9/02. Improvements in Forging and Upsetting Machines / заявник і патентовласник Massey Ltd B & S, Massey H.F. – № 19280014721 ; заявл. 19.05.1929 ; опубл. 19.09.1929.
- 30.Standring P.M., Appleton H. // Chartered Mechanical Engineering. – 1979. – Vol. 26, № 4. – pp. 44 – 50.
- 31.Study of the Closure of Cavities in Swing Forging : Proceedings 17-th International Machine Tool Design and Research Conference / M.A. Chaaban, J.M. Alexander. – Birmingham, 1977. – pp. 633 – 645.
- 32.Possibility of Cold and Warm Rotary Forging of Gears : Proceedings 18-th International Machine Tool Design and Research Conference / J. Grzeskowiak. – London: London-Basingstoke, 1973. – pp. 290 – 296.
- 33.УДК 621.73.016 + УДК 62.589.22 Гожій С.П., д.т.н., Кліско А.В., Ландар Р.М., аспіранти, Халик О.П., магістрант НТУ України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна МЕХАНІЗМ ОБКОЧУВАННЯ З ПІДВИЩЕНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЛЯ ОРБІТАЛЬНОГО ШТАМПУВАННЯ**
- 34.Проспект фірми Mori Iron Works Co., Ltd.
- 35.Standring P.M. Rotary Forging Developments in Japan. I. Machine Development and Forging Research / P.M. Standring, E. Appleton // Journal

- of Mechanical Working Technology. – Amsterdam : Elsevier Scientific Publishing Company, 1980. – Vol. 3, № 1. – pp. 253 – 273.
36. New Developments on Rotary Forging in China : Proceedings 3rd International Conference on Rotary Metalworking Processes / J. Wei, Q.R. Lu, Z.R. Wang, X.H. Pei. – Kyoto, 1984. – pp. 61 – 70.
37. Makaba K., Tanaka C. // Casting and Forging. – 1970. – Vol. 30. – № 12. – pp. 29 – 35.
38. The Design and Construction of a Precision Rotary Forging Machine : Proceedings 3rd International Conference on Rotary Metalworking Processes / P.C. Chou, R. Shivpuri. – Kyoto, 1984. – pp. 43 – 60.
39. Пат. 3494161 США, МПК В21J9/02. Device for Stamping Metal Blanks / заявник і патентовласник Silichev A.N. – № 19680697176 ; заявл. 11.01.1968 ; опубл. 10.02.1970.
40. Пат. 15245, Україна, МПК В21D 37/00. Спосіб виготовлення деталей / заявник і патентовласник Л.Т. Кривда, С.П. Гожій ; НТУУ «КПІ». – № u20512822; заявл. 29.12.2005 ; опубл. 15.06.2006.
41. Пат. 31594, Україна, МПК В21D 37/04. Пристрій для штампування обкочуванням / заявник і патентовласник С.П. Гожій, Л.В. Довгалюк ; НТУУ
42. Пшенішнюк О.С.
43. Агеев Н.П. и др.. «Штамповка из сферодвижнем пресователе»
44. Marcinjak. Gesenk. Werkstatt und betried 1970,
45. Slater R.A.C. Barooach NR/ Appleton E. Johnson W.
46. УДК 621.73.016 Интенсификация формообразования конструктивных элементов при штамповке обкатыванием с активными силами трения Гожий, Клиско, Носенко
47. Ковка и штамповка. Справочник. Том 3. Холодная объемная штамповка М.: "Машиностроение", 1987г.ст.283

48. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Алюміній>
49. http://vayaz.ru/news/teploprovodnost_koefficient_teploprovodnosti/2011-07-19-947
50. <https://www.budmagazin.com.ua/raschet-moshhnosti-radiatora>