

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

магістр

на тему: «Дослідження деформування корпусів фільтрів оливи двигунів
внутрішнього згоряння на етапі виготовлення»

КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *магістр*
групи 133ГМмд_21
ПЕРЕТЯТЬКО Микола

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОВБАСА Володимир

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Дослідженню процесів обробки тиском присвячено чимало робіт А.А. Ільюшина, Н.І. Безухова, М.М. Малініна, А. Надаї, Р. Хілла, І.П. Ренне, І.Л. Перліна, Р.А. Смірнова-Аляєва та інших вчених. Від якості прокату, зокрема його різнотовщинності, багато в чому залежить і якість виробів, одержуваних з листа в процесі витягування.

На практиці часто зустрічаються складнощі внаслідок втрати стійкості процесу деформації та виникнення спотворень форми виробу, зокрема, так званих "фестонів" (складок). У ряді випадків виникають кільцеві тріщини, що призводять до браку продукції. Це свідчить про актуальність досліджень, спрямованих на підвищення якості виробів і зменшення кількості продукції, що не відповідає установленим вимогам.

За сучасних умов економічного розвитку впровадження нових більш досконалих технологічних процесів нерозривно пов'язане із застосуванням прогресивних методів обробки металів тиском, що дозволяють отримати більш точні розміри заготовок, забезпечуючи енергозберігаючу, маловідходну технологію.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Сучасні технологічні процеси виготовлення виробів із листових заготовок

Витягуванням отримують порожнисті деталі різноманітної форми, зазвичай із плоских листових заготовок, що не потребують, як правило, подальшої обробки, крім обрізання нерівного краю. До таких деталей відносяться вироби, що мають форму тіл обертання (вісесиметричні), деталі коробчатої форми, деталі, що мають одну вісь симетрії або асиметричні, циліндричні деталі, змінної товщини, у яких товщина дна більше товщини стінок (корпуси повітряних і масляних фільтрів, коробки протигазів тощо) [1-10, 11].

Перераховані деталі можуть мати діаметр (або довжину) – від декількох міліметрів до сотень міліметрів і товщину стінки – від десятих долей до десятків міліметрів. Деталі, одержувані витягуванням, в залежності від відносної висоти штамнують в одну або кілька операцій або переходів. На першому переході плоску заготовку витягують в порожнисту, відкриту з одного кінця деталь або напівфабрикат [12, 13], на наступних переходах відбувається збільшення висоти при одночасному зменшенні поперечних розмірів напівфабрикатів, отриманих на попередніх переходах витягування.

Виготовлення деталей витягуванням часто здійснюють без нагріву заготовки, в холодному стані. Виняток становить витягування товстолистового металу, коли заготовку нагрівають для того, щоб знизити зусилля, що деформує.

Для виготовлення деталей витягуванням застосовують листовий метал, що володіє високими пластичними властивостями, сталь за ГОСТ 4543: 35Х, 38ХА, 40Х, 35Г, 40Г, 50Г, 20ХГР, 25ХГТ, 30ХГТ, 33ХС, 38ХС, 40ХС, 20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 20ХНР, 12ХН2, 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 30ХГСА, 35ХГСА, 38Х2МЮА і за ГОСТ 4041-71 [2, 14-17].

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вироби циліндричної форми часто виготовляють із кольорових металів: міді, її сплавів, нікелю. Потреба в таких виробах значна.

В даний час відомо, що багато способів виготовлення деталей за допомогою витягування [15, 18]. У роботі [15] представлено спосіб виготовлення напівсфер з листового металу, показаний на рисунку 1.1.

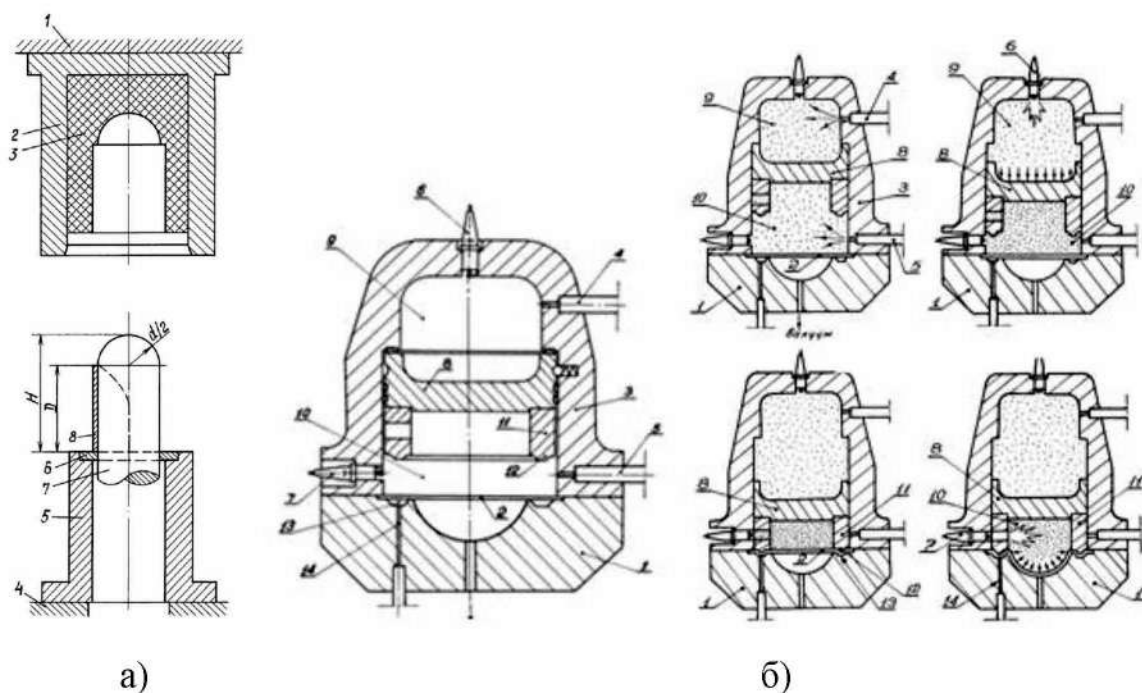


Рисунок 1.1 – Виготовлення напівсфер: а – в еластичній матриці;
б – газом детонаційним штампуванням

Попередньо вигнуту заготовку встановлюють на опорне кільце так, щоб внутрішня циліндрична поверхня її була звернена до циліндричної поверхні пуансона. Сферична частина пуансона розташована над попередньо вигнутою заготовкою, завдяки чому забезпечується переміщення пуансона з відштампованої частини заготовки в отвір опорного кільця. Цим досягається розширення технологічних можливостей виготовлення деталей з малопластичних металів та з тонкостінних заготовок.

В роботі [18] описаний спосіб газового детонаційного штампування і пристрій для реалізації. Даний винахід, спрямований на рішення завдання щодо розширення

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічних можливостей процесу штампування. Технічний результат при вирішенні цієї задачі виражається в підвищенні ступеня опрацювання матеріалу, що деформується, та поліпшення якості витягування без утворення складок або гофр.

Сутність цього винаходу полягає в тому, що в способі газового детонаційного штампування використовують енергію детонації газової суміші і заготовку додатково піддають імпульсній дії жорстким масивним тілом. При цьому, в залежності від конкретного режиму, навантаження заготовки імпульсній дії жорстким масивним тілом піддають або впливу ударної хвилі і продуктам вибуху, або в момент впливу ударної хвилі до впливу продуктів вибуху, або після впливу ударної хвилі протягом часу дії продуктів вибуху, або після впливу і ударною хвилею, і продуктами вибуху. Пристрій, зображений на рисунку 1.1, б складається з матриці 1, в яку вкладається заготовка 2, і вибухової камери 3, герметично з'єднаних між собою за допомогою, наприклад, болтів або гідропритискачів (на рисунку не показані). У корпусі камери змонтовані арматура 4 і 5 для подачі горючої газової суміші і елементи 6 і 7 ініціювання її детонації, наприклад, трубки детонаційні, високовольтні свічки запалювання і т. п. В середині камери з можливістю позовжнього переміщення встановлена масивна металева перегородка 8, що розділяє об'єм камери на відсіки 9 і 10.

Ударна хвиля і розігріті продукти вибуху впливають на масивну перегородку 8. Перегородка зривається зі стопорних елементів і розганяється в бік матриці 1, стискаючи горючу газову суміш у відсіку 10. Відбувається місцева глибокореельфна деформація заготовки 2 у периферійній області (фігурне відбортовування) і її жорстке защемлення насівшою масивною перегородкою 8. Під дією деформованої заготовки 2 спрацьовує датчик 14 і задіюється елемент 7 ініціювання детонації суміші у відсіку 10. Стисла перегородкою 8 суміш зазнає вибухового перетворення. Ударна хвиля і розігріті продукти вибуху впливають на заготовку, вдавлюючи її серединну частину в центральне заглиблення матриці 1.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У винаході [19] запропоновано технологічний процес і устаткування для виготовлення витягуванням корпусних виробів з плоских тонколистових металевих заготовок. Спосіб включає притискання заготовки по фланцю до жорсткої матриці, витягування профільованим пуансоном із пробиванням отвору, його відсортовуванням і остаточним оформленням деталі. Витягування проводять у два етапи. На першому етапі витягають дно заготовки по еластичному профільованому пуансону з притисканням по фланцю заготовки до жорсткої матриці без еластичної деформації пуансона. На другому етапі здійснюється остаточне оформлення деталі за жорстким вкладишем пуансона-матриці, що забезпечує при еластичній деформації еластичного профільованого пуансона деформацію заготовки, що поширюється від центра заготовки до її периферії, із вигортанням заготовки, із пробиванням отвору та його відсортовуванням жорстким вкладишем пуансоном-матрицею.

Профільований пуансон виконаний з еластичного матеріалу, і на дні порожнини жорсткої матриці встановлений вкладиш пуансон-матриця для пробивання отвору, його відбортовування і остаточного формоутворення заготовки.

У роботі [20] описаний спосіб листового штампування для виробництва циліндричних порожнистих тонкостінних виробів відповідального призначення. Суть винаходу полягає в наступному: із некруглої заготовки отримують круг, після чого здійснюють його попереднє і остаточне витягування. Кругла заготовка після переформування мала діаметр на 1-3% менше діаметра розрахункової заготовки. Висота порожнього виробу після попереднього витягування становить 0,7-0,85 висоти готового виробу. Остаточне витягування здійснюють з потоншенням стінки заготовки на кільцевій ділянці шириною 0,65-0,8 товщини стінки.

Відомо, що при виготовленні циліндричних виробів з витягуванням тонкого листа можлива втрата стійкості, коли внаслідок стиснення заготовки в тангенціальному напрямку відбувається втрата стійкості і утворюються великі складки, (їх називають „вушками” [21], „фестонами” [9, 22]). Втрата стійкості

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обмежує допустиму довжину виробів, які можна отримувати витягуванням. Зрозуміло, що якщо зовнішній радіус плоскої заготовки у формі круга дорівнює R_0 , а радіус стакану R_1 , то матеріал заготовки відчуває стиснення при ступені деформації ε :

$$\varepsilon = \ln \frac{R_0}{R_1}. \quad (1.1)$$

Саме це стиснення викликає втрату стійкості і плоскої конфігурації диска (звичайно за рахунок виникнення „хвиль” – виступів значної амплітуди порядку $10h$, де h – товщина листа).

Ф. Блазік із співавторами досліджували процес витяжки тонких листів у матрицях, що мають тороїдальну форму – рисунок 1.2, а і в матриці, що виконана у формі трактриси, рисунок 1.2, б [23].

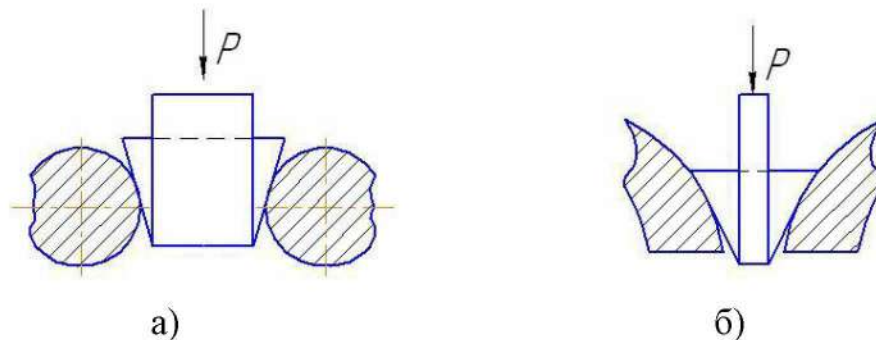


Рисунок 1.2 – Процес витягування в матрицях тонких листів (Ф. Блазік):
 а – схема деформації тонких листів в матрицях, що мають тороїдальну форму;
 б – схема деформації витяжки в матриці, виконаної з твірною у формі трактриси [23]

На підставі досліджень, виконаних у технічному університеті Кошице (Чехія) автори прийшли до висновку, що краще виконати штамп не в формі площини з отвором, і не у формі круга (або фасок круглої форми в плоскій матриці), а в матриці, виконаній у формі трактриси, що забезпечить обпирання країв заготовки

на матрицю протягом процесу витягування. Але при виникненні високих напружень стику, опори не зможуть запобігти виникненню „хвилястості”, тобто втраті стійкості листа. Треба також відзначити дуже високу складність обробки такої матриці.

У роботі [24] запропонована нова конструкція штампа для підвищення якості виробів, у тому числі і для запобігання утворення гофрів. Штмп (рисунок 1.3) містить, пуансон 1, притискне кільце 2 з шпильками 3, витяжні кільцеві матриці 4-7, пуансонотримач 8 і обойму 9. У проточках А притискного кільця і матриць (за винятком першої, що відповідає цифрі 7) розміщені фіксатори 10, що переміщуються по шпильці 11 до бурта 12. Шпилька закріплена в пазах верхньої плити 13. Передбачені також фіксатори 14. Заготовку 15 розташовують на матриці 7, при ході траверси преса вниз фланець заготовки 15 стискається. Можна здійснювати кілька операцій, регулюючи форму штампа. Як зазначено [24], можна виготовляти вироби аж до діаметрів 2000-2500 мм і більше. Але використовувати цю конструкцію, на наш погляд, доцільно тільки при малих партіях виробів.

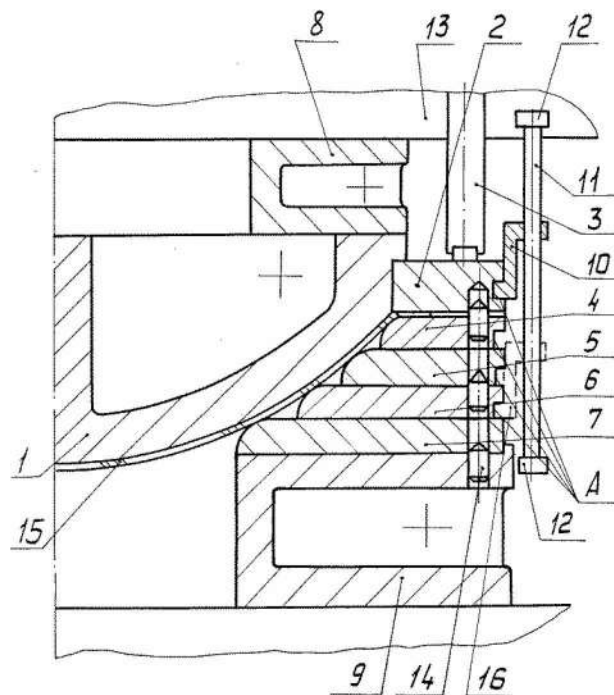


Рисунок 1.3 – Штмп [24]

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

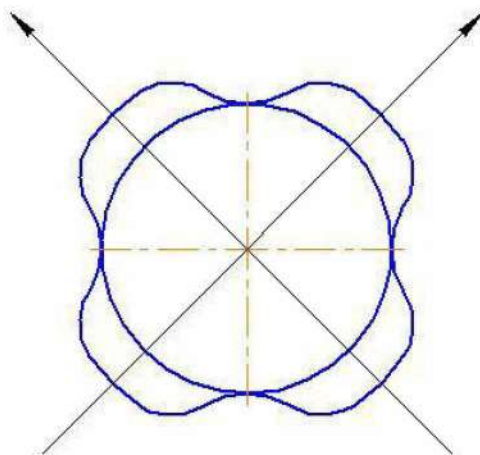


Рисунок 1.4 – Схема профільної заготовки, що використовується для усунення фестонів

У роботі [25] досліджено залежність виникнення фестонів від анізотропії. Зазначено, що для анізотропних металів, сплавів, зазвичай утворюється чотири фестони, осі яких складають кути 0 і 90^0 із напрямком прокатування (але іноді $\pm 45^0$). Використання профільної заготовки дозволяє усунути розвиток фестонів, що ілюструється схемою на рисунку 1.4.

У роботі [25] викладено досліди по витягуванню зі стрічки, отриманої холодною прокаткою (зі сталі 08кп) товщиною 1,15-1,55 мм. Проте, слід мати на увазі, що анізотропія не є єдиною причиною порушення форми стрічки, що деформується. І для ізотропних матеріалів виникнення напружень стиску при течії до осі заготовки її крайових ділянок викликає великі напруження стиску (в тангенціальному напрямку), що призводить до порушення стійкості плоскої форми листа і до розвитку складок. Також необхідно відзначити, що виготовлення профільної заготовки по рисунку 1.4 збільшить відходи металу, а також ускладнить виготовлення інструменту (наприклад, вирубного штампа).

У роботах [26, 27, 28] наведено дані досліджень плоского напруженого стану анізотропних матеріалів і впливу напруженого стану на граничну ступінь витягування. Умова текучості прийнята у вигляді:

$$k_1\sigma_r^2 + k_2\sigma_\theta^2 + k_3(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 = P(u), \quad (1.2)$$

де k_1, k_2, k_3 – постійні, що характеризують анізотропію, причому $k_1 = k_2$;

σ_r, σ_θ – компоненти напружень;

u – параметр, що характеризує напружений стан.

Функція $P(u)$ прийнята у вигляді:

$$P(u) = 1 + P_1(u-1) + P_2(u-1)^2, \quad (1.3)$$

де P_1, P_2 – постійні, що визначаються експериментально (в [27] для сталі 40 прийнято $P_1 = 0,46; P_2 = 0,20$). Показано, що гранична ступінь витягування збільшується зі збільшенням коефіцієнта анізотропії і може збільшуватись у 1,12-1,18 рази.

У роботі [29] вивчена деформація порожнистих стаканів із сплаву АМгб з урахуванням реальної анізотропії металу. За цими даними максимальне зусилля при деформації анізотропної заготовки менше, ніж у ізотропної, причому відмінності за даними [29] можуть досягати 100%.

У роботі [30] вивчено руйнування листів у разі дії високих радіальних напружень.

М. Ховріал провів дослідження контактних напружень між інструментом і деформованим металом методами фотопружності [31], але ці дані отримані не для металевих валків, а для валків виготовлених із спеціальних матеріалів (типу смол), які не можна безпосередньо застосовувати для металів.

У роботі [32] проведено дослідження точності, що досягає в процесах видавлювання циліндричних стаканів. Показано, що вплив похибок розмірів та інших факторів посилюється при зменшенні товщини листів.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ряд способів запропоновано у роботах [33, 34]. Спосіб виготовлення порожнистих циліндричних виробів з багатогранних листових заготовок за допомогою багатоперехідної технології комбінованого витягування представлений в [34]. Багатогранну заготовку отримують вирубкою або відрізанням з листового прокату і піддають багатоперехідному витягуванню за комбінованою схемою. На першому переході витягування здійснюють циліндричним пуансоном, на бічній поверхні якого виконані лиски за кількістю граней заготовки глибиною, рівною 0,1-0,25 зазору між матрицею і циліндричною поверхнею пуансона, і на наступних такими ж за формою пуансонами. Але при цьому значна кількість металу втрачається у відходах.

Переважає більшість порожнистих вісесиметричних деталей з отвором, типу корпус (рисунок 1.5), виготовляються з витягуванням з плоских заготовок із подальшим пробиванням отвору. Основний недолік таких технологічних процесів – низький коефіцієнт використання металу, так як відхід, одержуваний після пробивання, часто не використовується.



Рисунок 1.5 – Типові деталі, отримані глибоким витягуванням (із відбортовуванням)

Суміщення операцій витягування та відбортовування при виготовленні порожнистих деталей типу тіл обертання з отвором у донній частині дозволяє зменшити число переходів штампування і значно знизити витрату металу.

Деформуванню піддають плоску заготовку з попередньо пробитим отвором, розміри якого менше розміру отвору в дні готової деталі. Формоутворення деталі при цьому відбувається не тільки за рахунок течії металу з периферійної частини заготовки, але і деформації дна (витягування-відбортовування). Це дозволяє зменшити діаметр заготовки і збільшити коефіцієнт використання металу, а в деяких випадках і зменшити число переходів. Ряд удосконалень процесу описаний у роботах [35-37].

Відомий спосіб листового штампування, де формоутворення заготовки здійснюється з одночасним утворенням гофрів у фланцевій частині з подальшим їх зменшенням [38]. Гофри утворюють в канавці, виконаній на поверхні притискання у вигляді архімедової спіралі. Перед розгладжуванням гофрів заготовку повертають відносно нижнього притискача на кут, при якому гофри або їх частину розміщують на плоскій ділянці притискача між канавками, таким чином досягається зменшення зусилля витягування і збільшення висоти деталей, що витягуються. У роботі [39] запропоновано спосіб виготовлення виробів типу стаканів із подвійними стінками, що включає виворіт трубної заготовки, при якому останню спочатку піддають роздачі, здійснюючи формування внутрішньої західної ділянки, потім виробляють виворіт назовні деформованої частини трубної заготовки до отримання полого двостінного стакану. Після чого отриманий стакан деформують, здійснюючи формування зовнішньої західної ділянки за допомогою обтискання донної частини і витягування з потоншенням стінки зовнішнього патрубка.

Одним із світових лідерів, що спеціалізуються на виробництві тонкостінних виробів методами листового штампування, є фінська компанія PäätytuoteOy, (див. рисунок 1.6).

На ПАТ „Автоагрегатний завод” для виготовлення фільтрів, пластин для теплообмінників, вентиляційних систем, систем водостоків використовуються процеси обробки металів тиском.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.6 – Вісесиметричні штамповані заготовки компанії
RäättytuoteOy (Фінляндія)

У роботі [40] представлений комбінований спосіб обробки металів тиском, в якому для виготовлення оболонок з локальними потовщеннями, ротаційним видавлюванням обертової заготовки розкочувальними роликками, попередньою витяжкою з листків виготовляють заготовку із внутрішньою поверхнею, що відповідає внутрішньому контуру витонченій частині оболонки. Потім ротаційним видавлюванням отриману заготовку локально обжимають, а задану товщину стінки отримують шляхом подальшої механічної обробки зовнішньої поверхні оболонки, при цьому величину обтискання визначають за залежністю, що враховує товщини потовщеної частини і тонкої частини оболонки з урахуванням верхнього і нижнього допуску та величини пружних залишкових деформацій (рисунок 1.7). Підвищується якість і точність одержуваних деталей. Відомий спосіб виготовлення заготовок втулок з листового матеріалу [41]. Спосіб включає витяжку заготовки, її термообробку і калібрування по внутрішній і зовнішній поверхням до відповідних розмірів.

Витягування і калібрування здійснюють в штампі з установкою змінних матриць і пуансонів. В роботі [42] описаний спосіб витягування виробів з листових заготовок. Винахід полягає в наступному: край листової заготовки защемляють по всьому периметру між матрицею і притискачем. На центральну частину заготовки

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливають пуансоном. З моменту початку деформації заготовки вимірюють поточні значення зусилля витягування і переміщення матриці щодо пуансона. При цьому безперервно змінюють зусилля защемлення краю заготовки в функції вимірних величин по залежності, яка встановлена експериментально. В результаті забезпечується можливість досягнення максимального значення глибини виробу, що витягується.

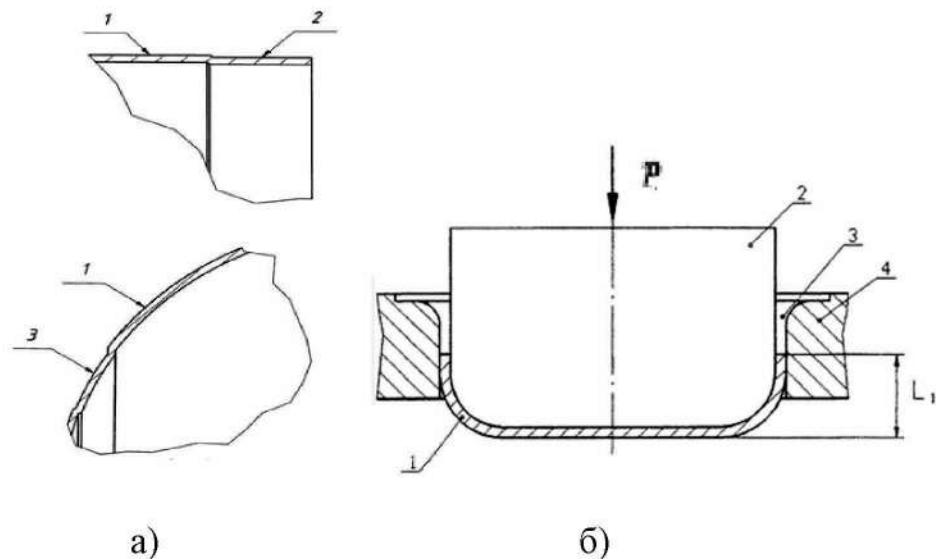


Рисунок 1.7 – Схема реалізації способів отримання тонколистових заготовок: а – ротаційним витягуванням; б – методом змінних матриць

Відомо, застосування листового штампування для виготовлення циліндричних деталей [43] на багатопозиційному прес-автоматі шляхом неодноразового витягування потоншення із плоскої заготовки і формування увігнутого дна і зовнішнього радіуса, спряження дна і стінки (рисунок 1.8). Крім того, проводять дві операції осаджування стінок заготовки, на другий з яких отримують заготовку з бічними стінками конічної форми в матриці з конічною поверхнею. Зовнішній радіус спряження дна і стінки формують за два переходи.

У результаті забезпечується зниження металоємності та підвищення стійкості інструменту.

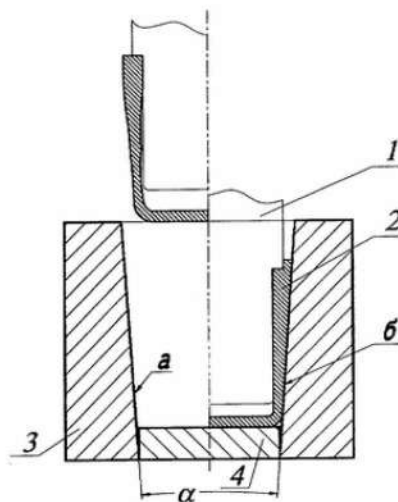


Рисунок 1.8 – Спосіб витягування виробів із листових заготовок

Також відомий спосіб виготовлення порожнистих деталей з плоских листових заготовок [44]. Даний спосіб відноситься до області обробки металів тиском і полягає в наступному: в штампуванні порожнистих деталей з плоских листових заготовок сумарну товщину пакета приймають постійною напрямку силового впливу на нього; формотворчі поверхні виконують на натискних елементах, при штампуванні деталей сферичної, тороїдальної форми. У пристрої для штампування порожнистих деталей з плоских листових заготовок матриця виконана з вхідним конусом, кут конусності якого встановлюють за певною формулою. Забезпечується підвищення рівнотовщинності і якості виготовлених деталей.

У роботі [45] запропоновано спосіб отримання вісесиметричних деталей і деталей коробчатої форми. Спосіб глибокого імпульсного витягування деталей включає притискання заготовки до опорної поверхні, формоутворення заготовки шляхом впливу на неї імпульсами навантаження, створюваними електричним розрядом в рідині, і статичним навантаженням у напрямку, протилежному дії імпульсного навантаження. При цьому здійснюють послідовний набір матеріалу заготовки на пуансон, який переміщують у паузах між імпульсами навантаження. Матеріал для набору на пуансон резервують у виїмці, яку заповнюють матеріалом, що штампується, при переміщенні його з периферії. Листову заготовку укладають

в проточку, виконану на нижній опорній поверхні, висота якої дорівнює товщині заготовки (рисунок 1.9).

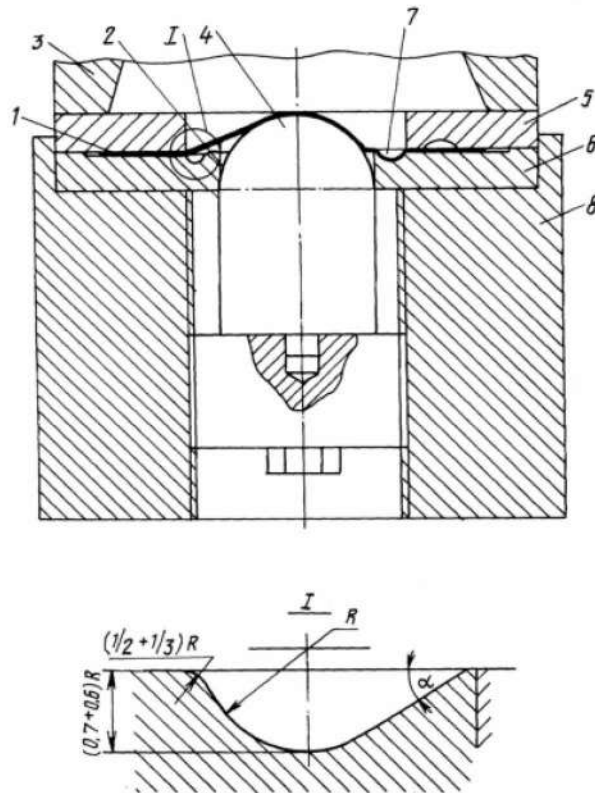


Рисунок 1.9 – Схема реалізації способу глибокого імпульсного витягування

Відомі також способи витягування для отримання високих порожнистих деталей [46]. Мета даного способу скоротити до мінімуму величину відходу на стадії вирубання вихідної початкової заготовки з листа за умови виготовлення деталі, що штампується, із рівним торцем, що забезпечує мінімальний відхід металу при підрізанні торця. Це досягається тим, що на першому переході витяжки в кутах коробочки здійснюють примусове стоншення стінки заготовки до товщини рівної:

$$h_y = \frac{2h_0}{\pi RH} \left(\frac{[L_3 - b + 2R]^2}{8} - \frac{1}{4} \pi R^2 \right), \quad (1.4)$$

де h_0 – початкова товщина заготовки з листа;

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L_3 – розмір початкової квадратної заготовки по діагоналі квадрату після обрізання кутів

$$L_3 = (1,18...1,2) \cdot a, \quad (1.5)$$

де a – довжина сторони початкової квадратної заготовки з листа;

b, H – відповідно ширина та висота „коробочки” після першого витягування.

У кутах коробочки товщину заготовки примусово зменшують шляхом її протягування між матрицею і пуансоном, в той час як на прямолінійних сторонах коробочки товщину не змінюють. Сутність цього винаходу пояснюється рисунку 1.10, де наведено поперечний розріз штампа для першого переходу витягування. Зліва від осі симетрії показана початкова стадія процесу витягування, а праворуч на завершальній стадії витягування квадратної коробочки. На рисунку 1.10 показано взаємне розташування контурів вихідної заготовки з листа, квадратної коробочки першого переходу та готової циліндричної деталі (1 – пуансон; 2 – притискач; 3 – витяжна матриця; 4 – вихідна заготовка з листа; 5 – квадратна коробочка, отримана першим витягуванням).

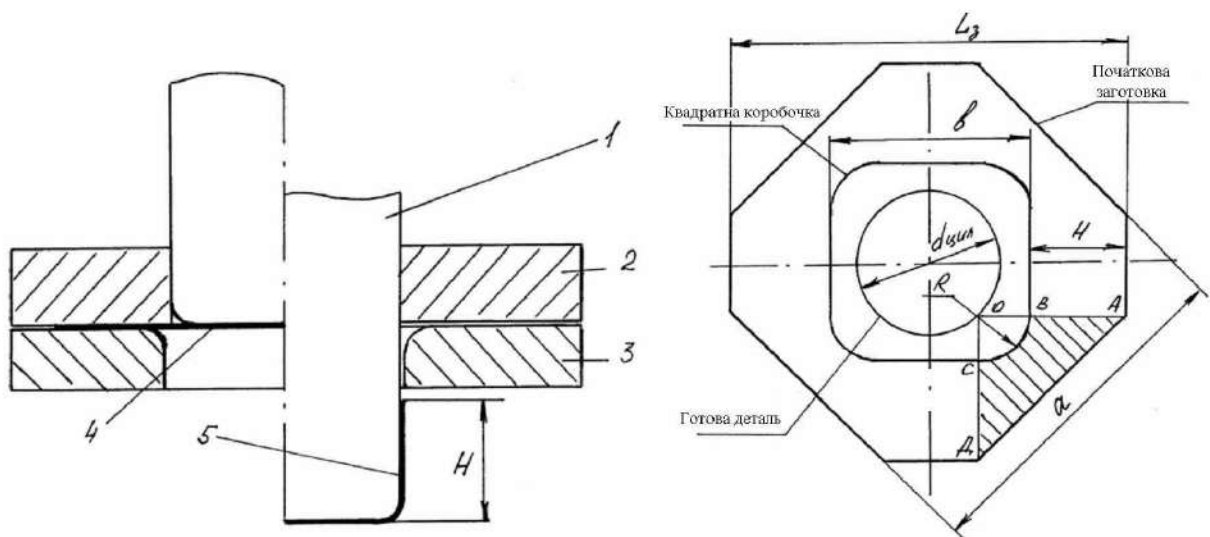


Рисунок 1.10 – Схема реалізації процесу відповідно до [46]

На наступному переході здійснюють витягування отриманої квадратної коробочки в порожнистий циліндричний виріб діаметром $d_{цил}$.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Технологічні фактори, що впливають на умови деформації вісесиметричних заготовок

Якість виробів, одержуваних у процесі витягування, залежить і від розмірів заготовки, і від механічних властивостей листового металу. Як видно з рисунку 1.11, на якому показана схема деформації при витягуванні центральна частина заготовки рухається вниз при тиску на неї пуансона радіусом R_1 . Початковий радіус заготовки, вирізаної з листа, дорівнює R_0 , а в процесі витягування радіус зменшується. Довжина циліндричної отриманої заготовки наближено дорівнює $l=R_0-R_1$ і ми зацікавлені у можливостях збільшення величин l , що визначає розширення сортаменту. Однак, допустима величина l обмежена двома умовами: деформація ділянки заготовки, що має форму диска реалізується за рахунок розтягуючих напружень, діючих на циліндричній поверхні радіусом R_1 . Зрозуміло, що ці напруження (позначимо їх σ_r) тим більше, чим більше величини (R_0-R_1) та h , а також межа текучості σ_m . При високих напруженнях можлива поява кільцевих тріщин, що призводить до браку [47, 48]. Це обмежує можливості процесу. З рисунку 1.11 видно, що в тангенціальному напрямку в процесі витягування відбувається стиснення матеріалу, що деформується: діаметри кіл зменшуються. Напруження σ_θ – стискаючі і якщо вони значні, то відбувається втрата стійкості – порушується плоска форма ділянок заготовки.

На рисунку 1.11 показані малий елемент в полярних координатах і діючі на нього напруження σ_r і σ_θ (зазвичай $\sigma_r > 0$, $\sigma_\theta < 0$).

Вибір технологічних режимів, способів деформації повинен запобігти розвитку одного з двох несприятливих факторів: поява кільцевих тріщин і втрата стійкості, з-за якої частина листа при $R_1 < r < R_0$ втрачає стійкість і утворюються „хвилі” - виступи. Обидва ці чинники призводять до незворотної формозміни заготовки.

У роботах [12, 14, 49] наведені дані по граничним величинам сили тертя на контактній поверхні листа з опорною площиною, які збільшують напруження σ_r (і

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звичайно зусилля P , яке треба прикласти до пуансона). Тому ці сили чинять несприятливий вплив на процес, збільшуючи вплив першого фактора (розтягуючих напружень σ_r , що призводять до розвитку кільцевих тріщин). Для запобігання втрати стійкості, утворення „хвиль”, часто використовують притискачі, які впливають на поверхню листа при $R_f < r < R_0$, утримуючи лист від випучування.

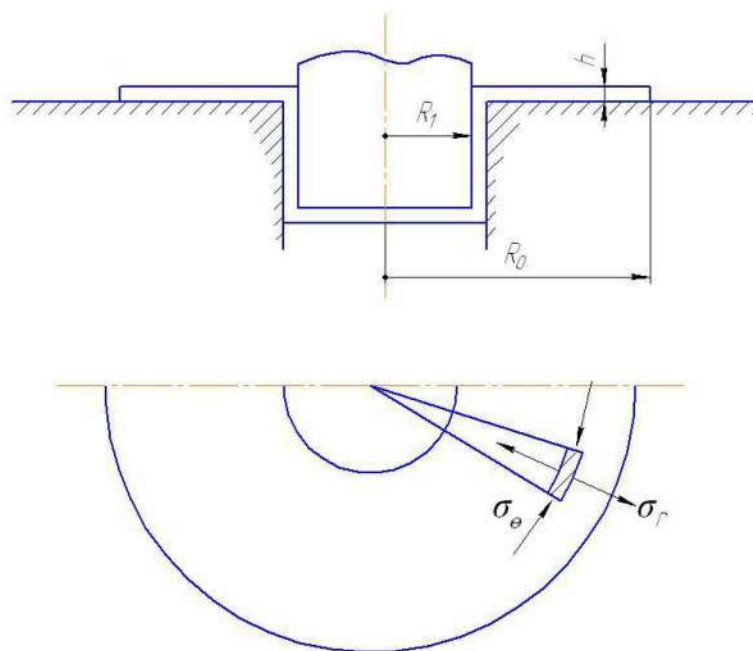


Рисунок 1.11 – Схема деформації у процесі витягування

Щоб зменшити вплив тертя іноді застосовують змащення поверхні контакту. При наявності мастила зменшується коефіцієнт тертя, полегшуються умови деформації, знижується необхідне зусилля, забезпечується отримання більш рівномірної структури металу, підвищується якість поверхні продукту обробки. Однак, якщо ми використовуємо притискач, то це зменшить вплив другого несприятливого фактора (втрати стійкості), але посилить негативний вплив першого фактора: можливості розвитку кільцевих тріщин.

При деформації товстих листів (товщиною більше 20 мм) заготовку доводиться нагрівати. Д. Шокер (Австрія) провів ряд досліджень у і прийшов до висновку про те, що периферійні ділянки заготовки, що деформується слід нагрівати, причому краще всього здійснювати це за допомогою лазерних променів

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

[50]. При цьому він рекомендує здійснювати витягування із притисканням за частиною поверхні круглої заготовки, а на іншій її частині здійснювати нагрівання. Для нагрітої до 1200°C заготовки зусилля можна зменшити в 4-5 разів (у порівнянні з деформацією при 20°C). Однак, процес нагрівання вельми ускладнює технологічний процес і пов'язаний з витратою енергії. Оскільки витягування реалізують найчастіше з тонких листів, неминуче їх швидке охолодження. Крім того, нагрів не запобігає можливості втрати стійкості і утворення складок (фестонів).

Для виготовлення деталей витягуванням застосовують листовий метал, що володіє високими пластичними властивостями. Витягування здійснюють у спеціальних штампах, робочі органи яких: матриця з округлою робочою кромкою, пуансон (в деяких випадках – притискне кільце). Між пуансоном і матрицею є зазор. При витягуванні зовнішня сила, що передається пуансоном, прикладена до донної частини деталі, що витягується. Застосовують два основні способи витягування:

- 1) без штучного зменшення товщини стінки;
- 2) зі штучним, зменшенням товщини стінки (витягування з потоншенням), у тому числі комбіноване витягування.

Витяжка без потоншення стінки характеризується істотним зменшенням діаметра заготовки при приблизно незмінній товщині заготовки [51]. В процесі витяжки без потоншення в крайовій частині заготовки, що іще знаходиться поза матрицею, одночасно виникають розтягуючі і стискаючі напруження. Стискаючі напруження, діючі в коловому напрямку, при певному співвідношенні діаметрів заготовки і деталі, що витягується, можуть викликати появу складок під фланці (явище втрати стійкості), що призводять при втягуванні складок у зазор між пуансоном і матрицею до незворотної формозміни.

Витягуванням за одну операцію можна отримати відносно неглибокі деталі, висота яких не перевищує 0,7-0,8 діаметра. При витягуванні більш високих деталей розтягуючі напруження, що виникають у стінці, зростають настільки, що

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може настати відривання дна. У зв'язку з цим процес витягування доводиться поділяти на кілька переходів. В процесі витягування матеріал заготовки зміцнюється, його пластичні властивості погіршуються. Надмірне зміцнення металу може призвести до руйнування. Тому процес виготовлення високих деталей (висотою більше діаметра деталі, що витягується) полягає в чергуванні наступних одна за одною операцій витягування, в проміжку між якими проводиться відпалювання напівфабрикатів для зняття зміцнення. В залежності від відносної товщини заготовки і ступеня деформації, наступні операції витягування проводять у штампах з притисканням або без нього.

Операції витягування можуть бути виконані прямим або реверсивним способом. Спосіб витягування називають реверсивним, якщо при цьому змінюють напрямок витягування у зворотному напрямі порівняно з напрямком витягування на першій операції. Реверсивне витягування застосовують для отримання деталей складної форми, наприклад, з подвійним дном або подвійними стінками.

На початковій стадії витягування відбувається зменшення товщини заготовки в осередку деформації, що представляє собою кільцеву ділянку (рисунок 1.12), при цьому радіус заготовки R_0 не зменшується. По мірі збільшення зусилля витягування пластична деформація поступово поширюється на фланець, і частково, на донну частину заготовки. Після того як увесь фланець буде охоплений пластичною деформацією, починається друга стадія витягування, що характеризується збільшенням кута охоплення α і зменшенням його радіуса.

Кільцевий фланець (рисунок 1.12), обмежений двома колами, радіуси яких R_0 і R_1 , відчуває плоский напружений стан, так як напруження стиску, викликане тиском притискного кільця штампа, мале у порівнянні з іншими компонентами тензора напружень. При витягуванні діаметр фланця зменшується, саме в ньому відбувається пластична деформація.

Методи розрахунку напружень у виробі, що деформується, описані нижче. Основні положення теорії пластичності викладені в роботах [52, 53].

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відомо, що по краях стаканів виникають і „складки” (коли лист набуває хвилястої форми) і так звані „вушка”. Їх виникнення призводить до того, що краї отриманих виробів нерівні. Р. Хілл показав, що утворення „вушок”, або фестонів пов'язано з анізотропією матеріалу. Теорія Р. Хілла [21] пояснює виникнення чотирьох-шести фестонів для таких матеріалів як деякі сталі або прокатні листи з латуні.

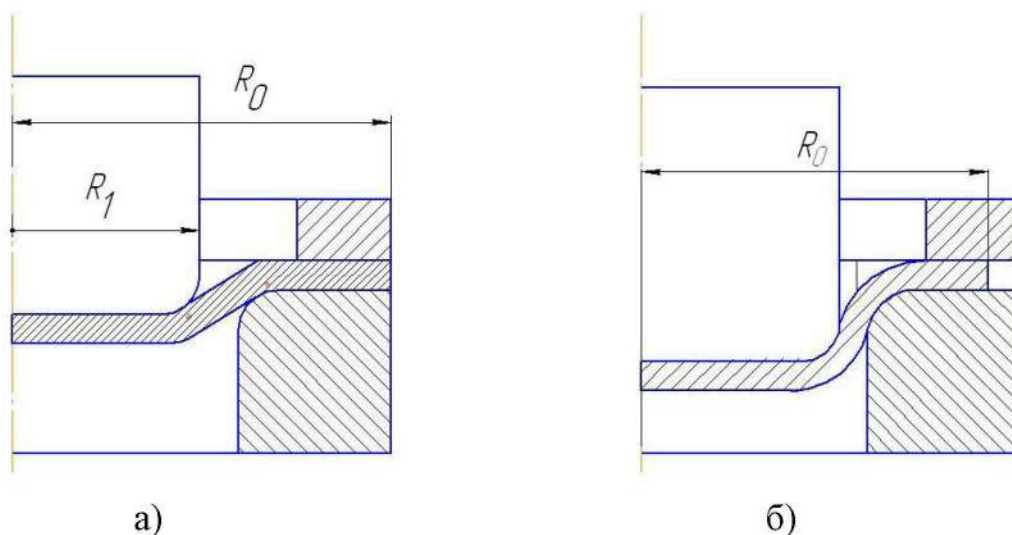


Рисунок 1.12 –Схема витягування із притискачем:

а – перша стадія витягування; б – друга стадія витягування

Течія металу в зоні фланця заготовки, що приводить до розвитку фестонів проаналізована в роботі Л.А. Толоконнікова, В.В. Шевельова і С.П. Яковлева [22, 26, 54]. Розвиток нерівномірної деформації і формування фестонів пов'язано із виникненням складок (хвилястості), але складки виникають і на ізотропному матеріалі, оскільки їх основною причиною є розвиток напружень стиску, що призводять до втрати стійкості. Поява складок порушує нормальний хід процесу витягування і часто призводить до браку. У зв'язку з цим розрізняють два види витягування без потоншення:

а) витягування з притисканням заготовки застосовується при штампуванні заготовок великого розміру з тонкого металу. У цих випадках для попередження утворення складок заготовка примусово притискається до дзеркала матриці перед

початком витягування. Схема деформації з притисканням показана на рисунку 1.13;

б) витягування без притискання – застосовується при штампуванні заготовок малих розмірів із товстого металу. У цих випадках при деформації товстого листа не спостерігається утворення складок.

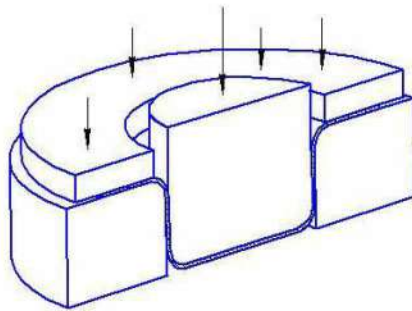


Рисунок 1.13 – Схема штампу для витягування із жорсткою плитою, що притискає

За одну операцію витягування можна отримати відносно неглибокі порожнисті деталі, так як при збільшенні глибини діючі зусилля зростають на стільки, що ділянки металу, навантажені силами розтягу, руйнуються в процесі деформування витягуванням. Тому при виготовленні глибоких порожнистих деталей виникає необхідність у поділі процесу витягування на кілька операцій з тим, щоб уникнути перенапруження металу. Процес виготовлення деталі полягає в чергуванні ряду наступних одна за одною операцій витягування, між якими за потребою проводиться відпалювання напівфабрикату для зняття наклепу.

На першій операції витягування плоска заготовка деформується в порожнисте тіло, а на другій та наступних операціях зменшуються поперечні розміри і змінюється форма раніше отриманого напівфабрикату.

На рисунку 1.14 приведені дані по величинам зусиль витягування сталевих заготовок із притискачем за даними роботи [55].

Еластичний притискач застосовується на стандартних кривошипних пресах. Якщо притискання заготовки здійснюється за допомогою пружин або гуми, то її

сила зростає по мірі збільшення глибини витягування. Силу пневматичної або гідропневматичної подушки змінюють, регулюючи тиск повітря в циліндрі. Оптимальною вважається та сила, яка попереджає утворення складок.

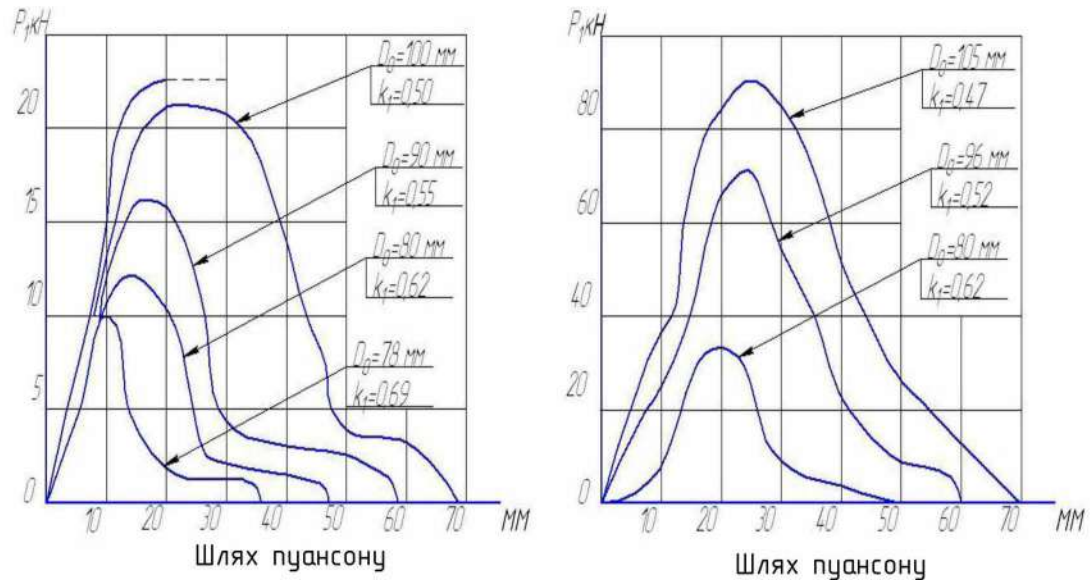


Рисунок 1.14 – Типові діаграми зусиль першого витягування із притискачем сталевих заготовок пуансоном

Якщо при витяжці полого циліндра поступово збільшувати силу притискання, зберігаючи без зміни всі інші умови, то схильність до утворення складок трохи зменшується [56]:

$$C \geq \frac{R_0 - R_1}{h}, \quad (1.6)$$

де C – деяка постійна, що залежить від матеріалу (його термообробки), умов змащення і температури;

R_0 – початковий радіус заготовки;

R_1 – радіус стакану;

h – товщина листа.

На рисунку 1.15 наведені графіки, що побудовані за залежністю:

$$\frac{h}{D_0} \geq \bar{b}_c (\rho - m_d) \sqrt{\varepsilon_{cp}}, \quad (1.7)$$

де m_d – коефіцієнт витягування;

ε_{cp} – середня ступінь деформації;

ρ – відносне скорочення зовнішнього радіуса фланця.

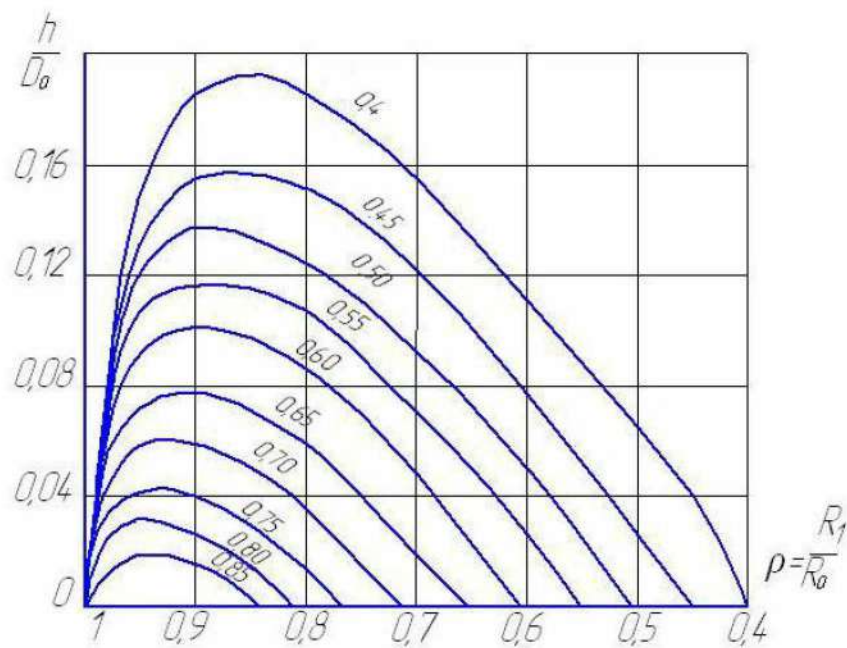


Рисунок 1.15 – Критичні значення величини $\frac{h}{D_0}$,
при якій починається утворення складок

Графіки рисунка 1.15 характеризують мінімальне відношення товщини до діаметру заготовки, при якому не спостерігається утворення складок, в функції відносного переміщення зовнішнього краю заготовки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Висновки до розділу 1

З вищевикладеного матеріалу впливає:

- для отримання порожнистих деталей, зокрема корпусів фільтрів оливи машин і засобів механізації сільськогосподарського виробництва, застосовується витягування. Серед недоліків – можлива втрата стійкості, утворення складок. Це обмежує допустиму довжину виробів, що можна отримувати витягуванням. Запропоновані різноманітні конструкції технологічного оснащення;

- серед недоліків обробки вісесиметричних деталей із отвором є низький коефіцієнт використання металу, так як відхід досить часто не використовується;

- на умови деформації вісесиметричних заготовок суттєво впливають технологічні фактори.

Отже, **мета дослідження** – підвищення ефективності технологічного процесу обробки тиском. **Об'єктом** розробки є процес підвищення точності корпусів фільтрів оливи, а **предметом** – удосконалення процесу обробки витягуванням.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

1 Проаналізувати сучасні методи визначення напружень та зусиль у технологічних процесах обробки тиском.

2 Розробити методику дослідження технологічних параметрів витягування вісесиметричних деталей.

3 Провести серію експериментальних досліджень із визначення зусилля витягування та його залежності від коефіцієнта витягування.

4 Запропонувати удосконалений технологічний процес виготовлення корпусу фільтру оливи.

5 Надати рекомендації щодо практичної реалізації розробок.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Сучасні методи, що використовуються для визначення напружень і зусиль у процесах обробки тиском

Для визначення напружень і зусиль, необхідних для реалізації процесів обробки тиском, використовують сучасні методи теорії пластичності, розроблені радянськими та зарубіжними вченими: А.А. Ільюшиним, С.А. Хрестіановічем, Л.М. Качановим, В.В. Соколовським, Д.Д. Івлєвим, Б. Сен-Венаном, Д. Друкером, А. Надаї, Р. Хіллом, В. Прагером та іншими [44-46].

В процесах деформації повинні бути виконані рівняння рівноваги, які в циліндричних координатах r, φ, z для задач з осьовою симетрією можна записати у вигляді:

$$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0 \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\tau_{rz}}{r} = 0 \end{cases} ; \quad (2.1)$$

де $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$ – компоненти тензора, що відповідають нормальним напруженням;

τ_{rz} – дотичні напруження.

При осьовій симетрії $\tau_{r\theta} = \tau_{z\theta} = 0$ і всі компоненти не залежать від координат θ .

Використовуємо теорію течії [57], згідно з якою компоненти вектора швидкості, пов'язані з тензором напружень залежностями Леві-Мізеса:

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}\frac{\partial V_r}{\partial r} &= \lambda(2\sigma_r - \sigma_\theta - \sigma_z), \\ \frac{\partial V_z}{\partial z} &= \lambda(2\sigma_z - \sigma_r - \sigma_\theta), \\ \frac{\partial V_r}{\partial z} + \frac{\partial V_z}{\partial r} &= 6\lambda\tau_{rz},\end{aligned}\tag{2.2}$$

де V_r і V_z – компоненти вектора швидкості, (третій компонент V_θ в осесиметричній задачі прийнятий рівним нулю);

λ – функція координат, обумовлена умовою текучості Мізеса, в якій прийнято, що при пластичній деформації основну роль грає другий інваріант напружень, тобто потужність формозміни. Ця умова має вигляд [21] для осевої симетрії:

$$(\sigma_r - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_r)^2 + 6\tau_{rz}^2 = 6k^2,\tag{2.3}$$

де $k = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}}$ – межа текучості (опір деформації) при зсуві, σ_T – межа текучості при одноосьовому розтягуванні-стисканні.

Умова (2.3) – це умова текучості Мізеса, але в ряді робіт використовують і умову текучості Треска, яку можна сформулювати так, що найбільша величина різниці головних напружень дорівнює межі текучості при розтягуванні σ_T , а межа текучості при зсуві дорівнює $k = 0,5\sigma_T$.

При деформації тонких листів зазвичай величина σ_z мала у порівнянні з σ_r, σ_θ і тому приймаємо $\sigma_z = 0$. У цьому випадку ми маємо шість невідомих функцій: $\sigma_r, \sigma_\theta, \tau_{rz}, V_r, V_z, \lambda$ (три компоненти тензора напружень, дві компоненти вектора швидкості і функція λ), є й шість рівнянь, для їх визначення:

- два рівняння рівноваги (2.1);
- три співвідношення Леві-Мізеса (2.2);
- умова текучості (2.3).

Завдання, в принципі, може бути вирішене при заданих крайових умовах, але часто знайти точне його рішення не вдається і доводиться вводити додаткові спрощення. Відзначимо, що теорія Леві-Мізеса і прийняття система рівнянь (2.1) - (2.3) засновані на наступних припущеннях:

1. Приймається схема ідеальної пластичності, тобто $k = const$, $\sigma_T = const$. Зміцнення враховується тільки за рахунок усереднення величини „ k ” (або σ_T), але в рівняннях (2.1) - (2.3) ці величини прийняті постійними.

2. Пружними деформація нехтують, тобто матеріал вважають жорстко-пластичним.

3. Процес деформації є монотонним, і відсутнє розвантаження (при розвантаженні рівняння (2.2) і (2.3) не застосовні).

Помітимо, що в систему прийнятих рівнянь входять не переміщення деформації, а швидкості течії (швидкості деформації). При задачах, що стосуються формозміни тонких пластинок, часто застосовують $\tau_{rz} = 0$, нехтуючи впливом тертя при холодній обробці металу тиском. Тоді з рівняння рівноваги залишається тільки одне:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0, \quad (2.4)$$

а умова текучості Мізеса матиме вигляд:

$$\sigma_r^2 + \sigma_\theta^2 - \sigma_r \sigma_\theta = 3k^2. \quad (2.5)$$

У той час, як умова Треска в даній задачі:

$$\sigma_r^2 - \sigma_\theta^2 = 2k. \quad (2.6)$$

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадку (2.6) рішення (2.4) досить просте при крайовій умові $\sigma_r = 0$, при $r = R_0$ має вигляд:

$$\sigma_r = 2k \ln \frac{R_0}{r}. \quad (2.7)$$

Компонента тензора напружень σ_θ з урахуванням умови (2.6) дорівнює

$$\sigma_\theta = 2k \ln \frac{R_0}{r} - 2k = 2k \left(\ln \frac{R_0}{r} - 1 \right). \quad (2.8)$$

Тоді при граничній величині $\frac{R_0}{r} = e = 2,72$, $\sigma_r = 2k$, $\sigma_\theta = 0$.

Додатковий розтяг, викликаний вигином метала на кромці пуансона, дещо знижує граничне навантаження. Але відомо, що зміна форми пуансона, суттєво не впливає на величину пікового навантаження. Малий радіус закруглення пуансона, не збільшує істотно питомий тиск витягування, трохи підвищує граничне значення коефіцієнта витягування, при якому матеріал руйнується не суттєво. Звичайно, в реальному процесі досягти граничної величини $\frac{R_0}{r} = 2,72$ не вдається, реально досяжні параметри $\frac{R_0}{r} = 2,2 - 2,5$. При малих величинах зазорів – заокруглення в матриці приймають $r_k = R_1$, де R_1 – радіус пуансона.

Графіки зміни величини $\frac{\sigma_r}{k}$ і $\frac{\sigma_\theta}{k}$, отриманих за умови Треска, наведені на рисунку 2.1, а.

Якщо використовувати умову текучості Мізеса і визначити з неї напруження

$$\sigma_\theta = 0,5 \left(\sigma_r \pm \sqrt{3} \sqrt{4k^2 - \sigma_r^2} \right), \quad (2.9)$$

то рівняння (2.4) прийме вигляд:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{0,5}{r} (\sigma_r \pm \sqrt{3}\sqrt{4k^2 - \sigma_r^2}) = 0. \quad (2.10)$$

Оскільки при $\sigma_r = 0$ напруження $\sigma_\theta < 0$, то в першому з цих рівнянь треба прийняти знак „мінус” і тоді у формулі (2.10) буде знак „плюс”. З (2.10) отримуємо:

$$\frac{dr}{2r} + \frac{d\sigma_r}{\sigma_r + \sqrt{3}\sqrt{4k^2 - \sigma_r^2}} = 0. \quad (2.11)$$

Після інтегрування:

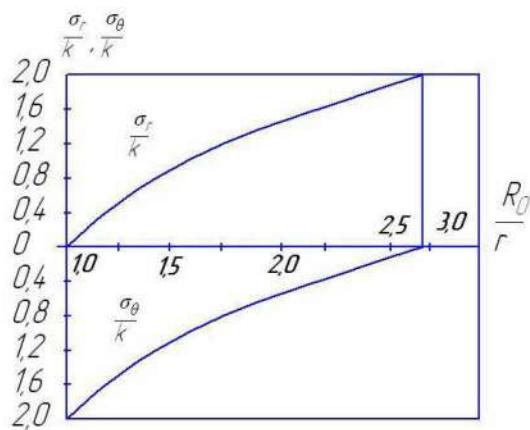
$$C = 0,5 \ln r + \frac{\sqrt{3}}{4} \arcsin \frac{\sigma_r}{2k} + 0,25 \ln \left| \sigma_r + \sqrt{3}\sqrt{4k^2 - \sigma_r^2} \right|. \quad (2.12)$$

З урахуванням крайової умови $\sigma_r = 0$ при $r = R_0$ рішення (2.8) має вигляд:

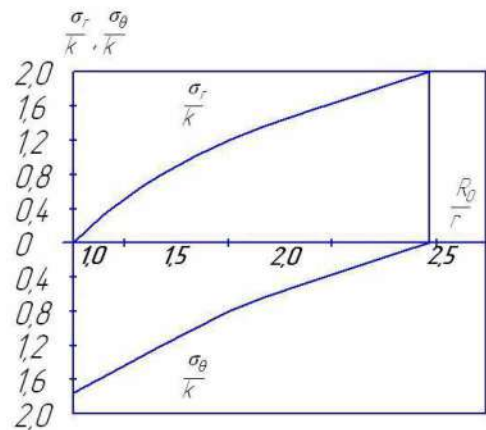
$$\ln \frac{R_0}{r} = \frac{\sqrt{3}}{2} \arcsin \left(\frac{\sigma_r}{2k} \right) + \frac{1}{2} \ln \left| \frac{\sigma_r + \sqrt{3}\sqrt{4k^2 - \sigma_r^2}}{2k\sqrt{3}} \right|. \quad (2.13)$$

На підставі цієї формули побудовані графіки напружень $\frac{\sigma_r}{k}$ і $\frac{\sigma_\theta}{k}$, зображені на рисунку 2.1, б.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)

Рисунок 2.1 – Графіки зміни напружень у заготовці, що деформується:
а – за умови текучості Треска; б – за умови текучості Мізеса

Викладене вище показує, що результати, отримані з умов текучості Сен-Венана і Мізеса дають близькі значення граничних величин $\frac{R_0}{R_1}$: вони рівні 2,7 і 2,49 відповідно. При цих величинах напруження досягають значень $\sigma_\theta = 0$ при $\sigma_r = 2k$ або $\sigma_r = k\sqrt{3}$, коли можлива поява тріщин.

Зіставлення теоретичних величин з тим значенням, яке досягне в реальних умовах деформування, дає уявлення про ступінь якості технологічного режиму витягування та способу його поліпшення.

Відомо, що для м'яких сталей і для деяких інших матеріалів, широко вживаних для глибокого витягування, зберігаються приблизно однакові значення $\frac{R_0}{R_1} = 0,4$. Іншими словами, за одну операцію витягування не можливо досягти зменшення діаметра заготовки більш ніж в два з половиною рази навіть при повній відсутності додаткових втрат на тертя (особливо за наявності притискачів) і згин.

У деяких випадках руйнування відбувається в початковій стадії процесу, коли центральна частина – днище із невеликою циліндричною ділянкою відривається від кільцевої ділянки листа. Але на практиці часто мають місце і випадки, коли

тріщина зароджується при максимальній величині R_0 (і відношенні $\frac{R_0}{R_1}$), а потім поступово розвивається і з'являється вже на завершальній стадії операції у вигляді розкритої кільцевої тріщини, дивись рисунок 2.2.



Рисунок 2.2 – Стакан із сталі 08Ю із кільцевою тріщиною (початковий радіус $R_0 = 105$ мм, радіус стакану 55 мм, висота 92 мм, товщина листа 0,5 мм)

Схема деформації, у міру збільшення довжини стакану, наведена на рисунку 2.3. На рисунку 2.3, а – початкова стадія деформації, коли величина R_0 максимальна і напруження σ_r при $r = R_1$ згідно з формулою (2.3) дорівнює при $r = R_1$:

$$\sigma_r = 2k \ln \frac{R_0}{R_1}. \quad (2.14)$$

Максимальне по модулю напруження $\sigma_\theta = 2k$ при $r = R_0$. Епюри напружень σ_r і σ_θ наведено на рисунку 2.3.

З рухом пуансона зовнішній радіус R_0 зменшується до величини R_0' (рисунок 2.4, б), тепер максимальне радіальне напруження діє на іншу ділянку металу. З переходом металу через зони перегину, змінюється його напружений стан і напруження σ_r переходить в напруження σ_z із переходом

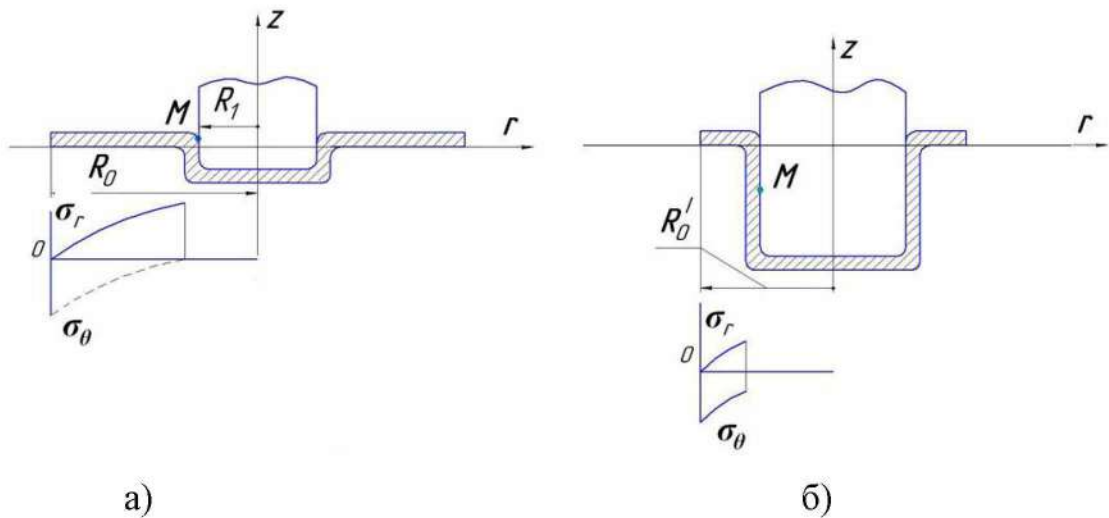


Рисунок 2.3 – Схема зміни напруженого стану у процесі деформації:
 а – початкова стадія витягування; б – проміжна стадія витягування

металу з плоского диска в циліндричну ділянку тіла. При цьому найбільше напруження σ_r зменшується, але максимальні (по модулю) напруження σ_θ діють на один і той же об'єм металу – біля країв плоского диска, тобто при $r = R_0$ на рисунку 2.3, а і при $r = R_0'$ на рисунку 2.3, б. Виберемо, наприклад довільну точку М, рисунок 2.3, а. У положенні на рисунку 2.3, а в цій точці матимемо $\sigma_\theta = 0$, $\sigma_z = 0$

$$\sigma_r = 2k \ln \frac{R_0}{R_1}, \quad (2.15)$$

але коли вона перейде в положення М на рисунку 2.4, б, для неї можна прийняти $\sigma_r = 0$, $\sigma_\theta = 0$, $\sigma_z \neq 0$, оскільки

$$\sigma_z = \frac{P}{2\pi R_1 h}, \quad (2.16)$$

де P – зусилля витягування.

Відбулася істотна зміна напруженого стану заготовки, але перетин „кільця”, рівний $R_0'xh$, у міру витягування стакана зменшується (а напруження стискання за модулем не зменшуються). Тому зберігається небезпека втрати стійкості і утворення складок, коли порушується плоска форма „кільця”.

Втрату стійкості кільцевих ділянок при впливі тангенціальних напружень стиску вперше розглянув німецький вчений І.В.Геккелер [5]. Згідно з цими даними критичне напруження стиску становить:

$$\sigma_k = 0,46 \frac{h^2 E_0}{(R_0 - R_1)^2}, \quad (2.17)$$

а число складок:

$$n = 1,65 \frac{R_0}{R_0 - R_1}, \quad (2.18)$$

де E_0 в [26] визначено як модуль втрати стійкості при стиску. Згідно з цими даними наприклад $R_0 = 100$ мм, $R_1 = 60$ мм число складок повинне дорівнювати 4,1 (чотирьом). Ці дані перевірили Х. Назарі та Р.Пірс [6], причому формула Гекклера у багатьох випадках не підтвердилася.

Звичайно, на процес деформації при витягуванні ряду металів і сплавів істотно впливає анізотропія механічних властивостей заготовки. При деформації (прокаті) зерна метала, і неметалеві включення набувають форму довгих (витягнутих) волокон, а після відпалювання отримуємо „стрічкову структуру” [26, 54]. У цих випадках анізотропія – відмінність механічних властивостей у напрямках прокатування і в перпендикулярному напрямі можуть відрізнитись суттєво. Але і у самому процесові деформації витягування може розвиватися деформаційна анізотропія, яка може суттєво змінити анізотропію початкову. Дані в літературі суперечливі, є вказівки на позитивний вплив анізотропії [26], але в

більшості випадків вона призводить до розвитку фестонів і ускладнює отримання виробів високої якості. Відомо, що негативний вплив анізотропії зменшується при двохосьовому розтягуванні і проявляється сильніше при поєднанні розтягування в одному напрямку і стискання в іншому (перпендикулярному) напрямку. Отже, при впливі двох напружень різного знаку (це має місце при витягуванні коли $\sigma_r > 0$, а $\sigma_\theta < 0$) треба прагнути до зменшення відмінності їх модулів, і меж текучості.

В якості умови текучості (2.5) було запропоновано ряд інших умов текучості Р.Хіллом, Л.Ху і Ж.Меріномом, Д.Д. Івлєвим, В.В. Шевельовим і С.П. Яковлевим та іншими вченими [5, 26, 57]. Відзначимо, що Л. Ху і Ж.Мерін [6] для ряду металів пропонували умова, яку можна записати (при $\tau_{r\theta} = \tau_{\theta z} = \tau_{rz} = 0$ і $\sigma_z = 0$) у вигляді:

$$\left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{Tr}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_\theta}{\sigma_{T\theta}}\right) - \left(\frac{\sigma_r}{\sigma_{Tr}}\right)\left(\frac{\sigma_\theta}{\sigma_{T\theta}}\right) = 1, \quad (2.19)$$

яка буде обговорена далі. Тут параметри σ_{Tr} і $\sigma_{T\theta}$ – величини меж текучості в напрямках r і θ відповідно.

Можна записати (2.19) також у вигляді:

$$\sigma_r^2 + \sigma_\theta^2 a^2 - \sigma_r \sigma_\theta a = \sigma_{Tr}^2, \quad (2.20)$$

де $a = \frac{\sigma_{Tr}}{\sigma_{T\theta}}$ – відношення величин меж текучості в радіальному і тангенціальному напрямках. Це величина, що характеризує ступінь анізотропії метала при плоскому напруженому стані.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 2

Отже, деформація листа в процесі витягування створює у кільцевій зоні плоского диску напружений стан, що відповідне розтягу в радіальному напрямку і стиску в тангенціальному напрямку. Такий стиск може призвести до втрати стійкості і утворення виступів у формі хвиль.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження технологічних параметрів витягування вісесиметричних деталей

Вимірювання енергосилових параметрів технологічних процесів витягування вісесиметричних деталей (типу корпус фільтру оливи) здійснювали на обладнанні пресового цеху ПАТ „Автоагрегатний завод” за допомогою багатоканальної тензометричної станції Zet 017-T8.

Пресовий цех обладнаний пресами моделей KE-2330 (зусиллям 1000 кН) і K2234 (зусиллям 2500 кН). Для отримання дослідних даних на даному обладнанні використовували вимірювальний модуль ZET 7010 Tensometer-485 (рисунок 3.1, таблиця 3.1). Він складається з інтелектуального тензометричного датчика із первинним перетворювачем для вимірювання зусилля. Даний цифровий датчик передає результати вимірювань по інтерфейсу RS-485 і протоколу Modbus.



Рисунок 3.1 – Вимірювальний модуль ZET 7010 Tensometer-485

У якості первинного перетворювача використовуємо тензоміст за схемою Уітстона, що складається із тензорезисторів марки 1.57DN.

Мостову схему підключаємо до тензометричної станції. Міст живиться постійним струмом напругою U_0 від генератора тензостанції (рисунок 3.2).

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики вимірювального модуля ZET 7010 Tensometer-485

Найменування параметра	Одиниця вимірювання	Значення
Частота видачі даних	Гц	5; 10; 25; 50; 125
Інтерфейс передачі даних	-	RS-485
Клас точності для мостових схем із чутливістю 1 мВ/В	-	0,05
Живлення мостових схем: - напруження; - максимальний струм	В мА	4,2±5% 25±5%
Живлення пристрою	В	9...24
Спожитий струм при нарузі 12 В	мА	до 40
Максимальна відносна деформація	мВ/В	6
Габаритні розміри	мм	65×34×14
Маса	г	35

Якщо прийняти опір зовнішнього ланцюга $R_x = 0$, $U_0 = U$, то сила струму, що йде крізь вимірювальний прилад дорівнює:

$$I = U \frac{R_a R_d - R_b R_c}{R_0 (R_a + R_b)(R_c + R_d) + R_a R_b (R_c + R_d) + R_c R_d (R_a + R_b)}, \quad (3.1)$$

де U – напруга живлення мосту, В;

R_d – опір вимірювального приладу, Ом;

R_a, R_b, R_c, R_d – опір плеч мосту, Ом.

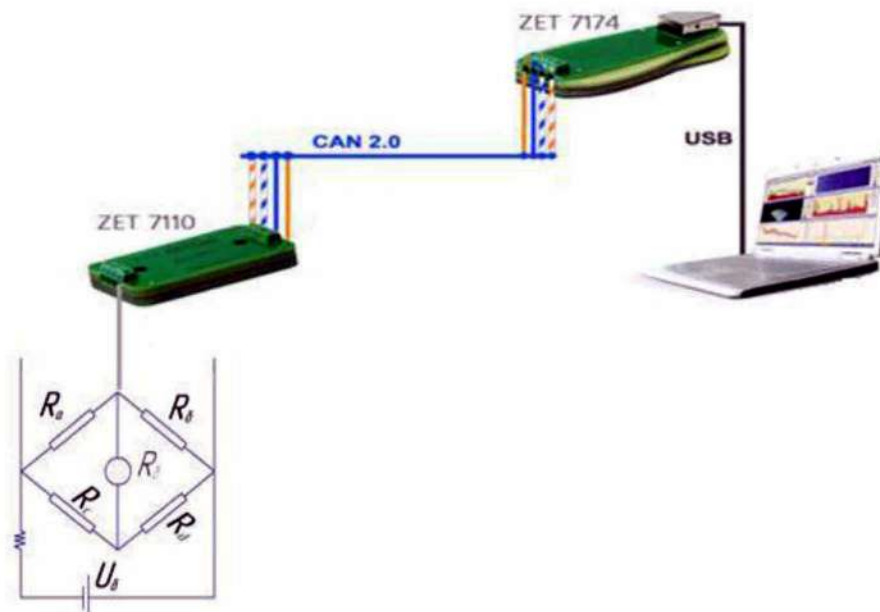
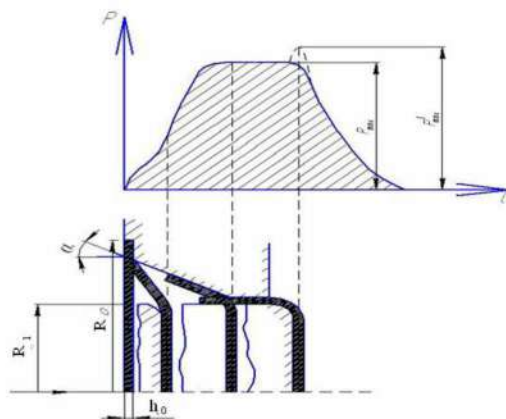


Рисунок 3.2 – Схема підключення вимірювальної схеми до тензOMETричної станції

Датчик можна наклеїти на деталь перпендикулярно напрямку прикладеного зусилля витягування, тобто на фланцеву частину заготовки, що витягується. У цьому випадку чутливість схеми більше в 1,32 рази (рисунок 3.3, 3.4).



а)



б)

Рисунок 3.3 – Вимірювальна схема, аркуш 1:

а – типова діаграма витягування вісесиметричних заготовок;

б – схема моста Уїнстона;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



в)



г)

Рисунок 3.3 – Вимірювальна схема, аркуш 2:

в, г – місця встановлення тензодатчиків на пресі моделі К2234

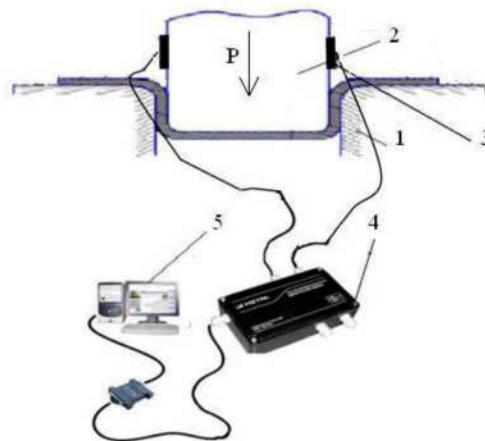


Рисунок 3.4 – Вимірювальна схема зусиль витягування вісесиметричних деталей із використанням тензорезисторів опором 200 Ом: 1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – система вимірювальних датчиків; 4 – підсилювач-контролер; 5 – система керування

Висновки до розділу 3

Запропоновано методику дослідження технологічних параметрів витягування вісесиметричних деталей. Застосовано багатоканальну тензометричну станцію Zet 017-T8 для вимірювання енергосилових параметрів.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

4.1 Результати дослідження витягування вісесиметричних заготовок

Вимірні параметри дослідів представлені в таблиці 4.1 із застосуванням [58]. За результатами вимірів зусиль формоутворення побудовані гістограми розподілу зусиль і деформації, представлені на рисунках 4.1, 4.2.

Таблиця 4.1 – Експериментальні дані щодо витягування вісесиметричних тонколистових заготовок

№ досліду	Величина зусилля, P , кН	Відхилення ΔP , $\Delta P = P - P_{cp}$	Дисперсія, D
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	241	-29	17,14
2	282	12	2,71
3	267	-3	0,19
4	277	7	0,91
5	280	10	2,09
6	287	18	6,15
7	276	6	0,78
8	271	1	0,02
9	280	10	2,00
10	297	27	14,30
11	260	-10	2,00
12	281	11	2,47
13	268	-2	0,09
14	271	1	0,02
15	248	-22	9,81

Продовження таблиці 4.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
16	259	-11	2,46
17	267	-3	0,22
18	273	3	0,18
19	267	-3	0,20
20	252	-18	6,25
21	267	-3	0,17
22	266	-4	0,34
23	287	17	5,62
24	281	11	2,40
25	278	8	1,36
26	276	6	0,76
27	259	-11	2,43
28	272	2	0,10
29	279	9	1,74
30	257	-13	3,36
31	271	1	0,02
32	263	-7	0,94
33	260	-10	2,08
34	270	0	0,00
35	262	-8	1,14
36	269	-1	0,03
37	252	-18	6,55
38	269	-1	0,01
39	256	-14	3,93
40	268	-2	0,11

Продовження таблиці 4.1

<i>l</i>	2	3	4
41	278	8	1,17
42	278	8	1,38
43	266	-4	0,35
44	269	-1	0,03
45	280	10	2,02
46	262	-8	1,39
47	279	9	1,71
48	267	-3	0,18
49	267	-3	0,16
50	288	18	6,63

Середнє значення – $P_{cp} = 270$; сумарна дисперсія – $\Sigma D = 118,08$;
 середньоквадратичне відхилення – $\sigma = 10,87$;
 коефіцієнт варіації – $\nu = 0,0402$

Частотний інтервал

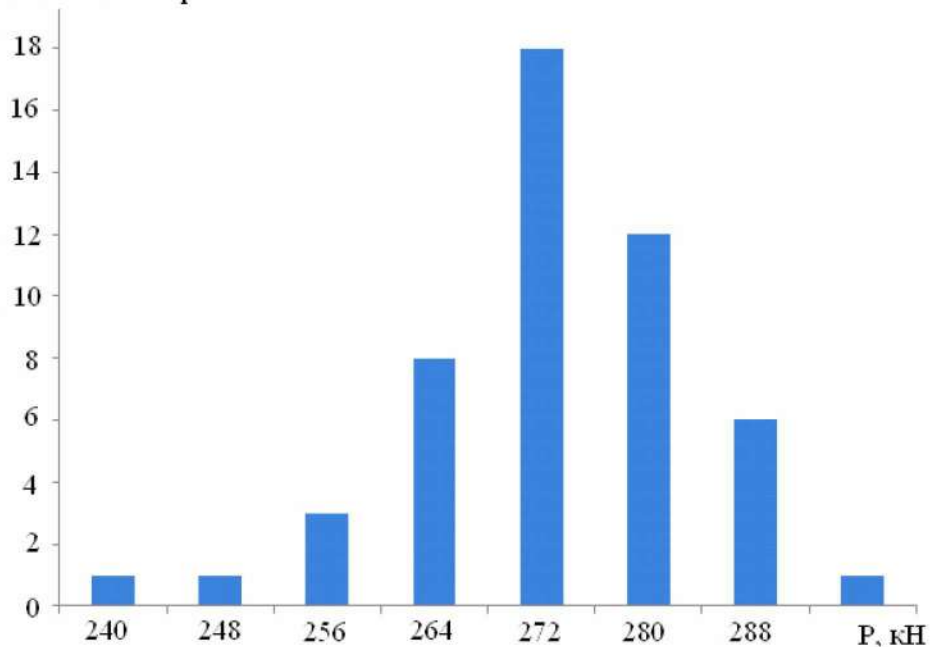


Рисунок 4.1 – Гістограма емпіричного розподілу зусиль при витягуванні листових заготовок товщиною 0,5 мм

Промислові дослідження параметрів витягування заготовки на пресі моделі К2234 із послідовним вимірюванням величин: R_1 – циліндричної, R_0 – фланцевої частин заготовки за 50 переходами представлені в таблиці 4.2 і на рисунку 4.2.

Для дослідження процесу витягування використовуємо сталеві листи з вмістом вуглецю 0,05-0,15% і з розмірами зерна не більше 20-30 мкм із відносним подовженням не менш 40%.

Таблиця 4.2 – Експериментальні параметри вимірюваних величин заготовки, що деформується при витягуванні за результатами п'ятдесяти випробувань

№ досліду	Величина зусилля, P , кН	Радіус циліндричної частини заготовки, R_1 , мм	Радіус фланцевої частини заготовки, R_0 , мм	Коефіцієнт витягування, m_d
1	2	3	4	5
1	297	73	100	0,73
2	288	73	95	0,77
3	287	73	93	0,78
4	287	73	90	0,81
5	282	73	89	0,82
6	281	73	87	0,84
7	281	73	87	0,84
8	280	73	85	0,86
9	280	73	84	0,87
10	280	73	83	0,88
11	279	73	80	0,91
12	279	73	79	0,92
13	278	73	77	0,95

Продовження таблиці 4.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
14	278	73	76	0,96
15	278	73	75	0,97
16	277	72	75	0,96
17	276	70	74	0,95
18	276	69	73	0,95
19	273	68	72	0,94
20	272	67	71	0,94
21	271	66	70	0,94
22	271	65	69	0,94
23	271	64	68	0,94
24	270	63	67	0,94
25	269	62	66	0,94
26	269	61	65	0,94
27	269	60	64	0,94
28	268	60	63	0,95
29	268	60	62	0,97
30	267	60	61	0,98
31	267	59	60	0,98
32	267	58	60	0,97
33	267	57	60	0,95
34	267	56	59	0,95
35	267	55	59	0,93
36	266	54	59	0,92
37	266	53	58	0,91
38	263	52	58	0,90

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
39	262	51	58	0,88
40	262	50	57	0,88
41	260	50	57	0,88
42	260	50	57	0,88
43	259	50	56	0,89
44	259	50	56	0,89
45	257	50	56	0,89
46	256	50	56	0,89
47	252	50	56	0,89
48	252	50	56	0,89
49	248	50	55	0,91
50	241	50	55	0,91

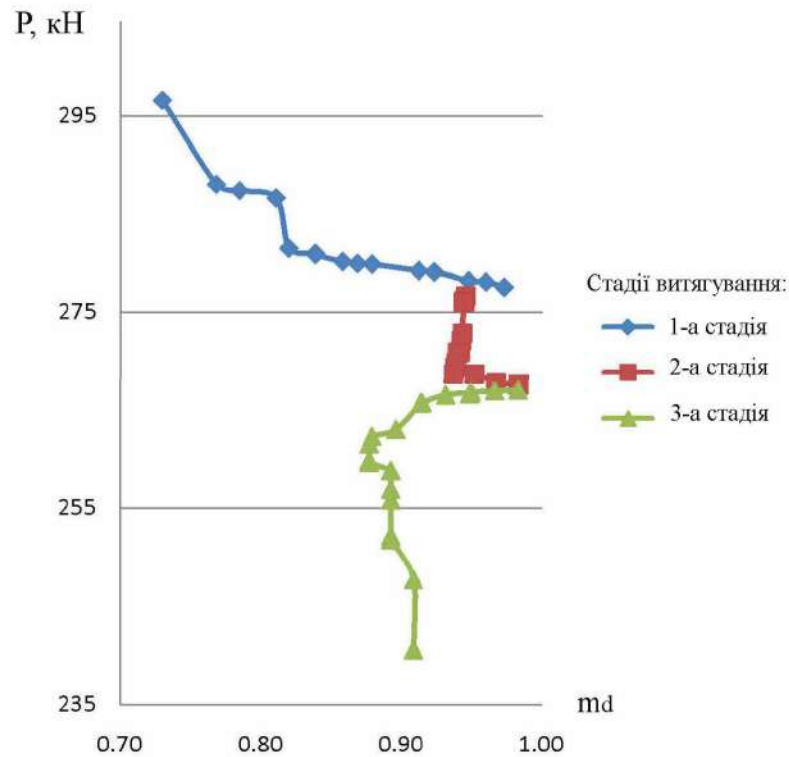


Рисунок 4.2 – Залежність зусилля, P , кН від коефіцієнту витягування, m_d

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4.2 Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу фільтру

У якості матеріалу для корпусів фільтрів оливи використовують, як вже було зазначено вище, сталь 08Ю. Для неї зазначено зміст вуглецю $0,03 \pm 0,05\%$. Надалі спосіб може бути використаний і для сталей із дуже низьким вмістом вуглецю (IF сталей – Interstitial Free Steels) [59]. Зразки таких сталей товщиною 1,0-1,2 мм (із дослідної партії листів) були випробувані при виготовленні корпусів фільтрів.

Технологічний процес виготовлення включає заготівельні операції: поділ листа на мірні смуги з подальшою вирубкою дискових заготовок і три переходи витягування вісесиметричних циліндричних заготовок. Перші дві операції – заготівельні: спеціальною фрезою лист розміром $0,5 \times 1250 \times 2500$ мм розрізають на три пластини розмірами 680×1250 мм і одну пластину 460×1250 мм. Отримані пластини розрізають на дві частини розмірами 680×625 мм і 460×625 мм.

Наступним технологічним переходом є операція травлення пластин у відповідності з інструкцією по знежиренню і хімічному травленню чорного листового металу [60].

Після змащування заготовок індустриальним мастилом здійснюють операцію вирубування.

Наступна операція – штампувальна. Формуємо вісімнадцять радіальних виступів (западин) уздовж кільцевого поясу (рисунок 4.3, 4.4).

Після проведення низки дослідів зупинилися на першому варіанті, як більш простому і досить ефективному. Нанесення заглиблень (рисунок 4.5) у два ряди (додатковий ряд) проводили тільки у порядку експериментального дослідження, а при впровадженні – застосували лише один ряд заглиблень. Цього виявилось достатньо для отримання якісних деталей (корпусів фільтрів).

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

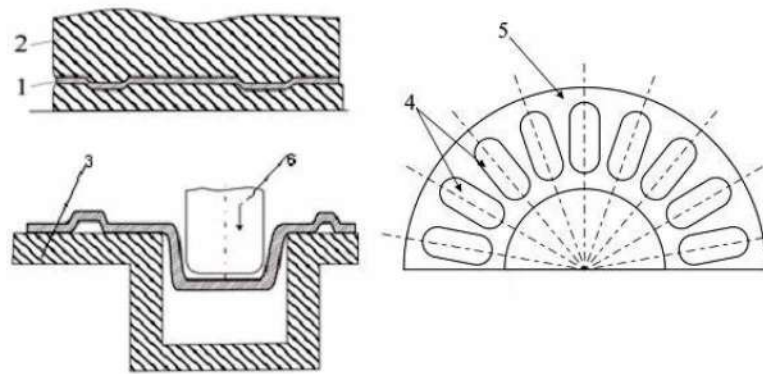


Рисунок 4.3 – Технологічний ескіз формування 18 радіальних виступів (западин):
 1 – заготовка; 2, 6 – пуансон; 3 – матриця; 4 – радіальні западини; 5 – фланцева частина заготовки

У процесі експериментальних досліджень вивчали вплив форми заглиблень у двох варіантах (рисунок 4.4): а) у вигляді дуг півкола; б) у вигляді синусоїди.

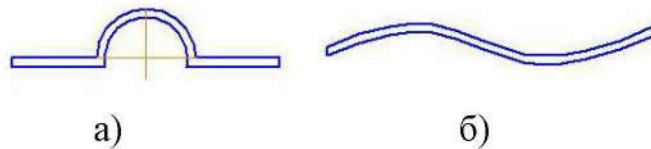


Рисунок 4.4 – Ескіз форм заглиблень (западин):
 а – у вигляді дуг півкола; б – у вигляді синусоїди

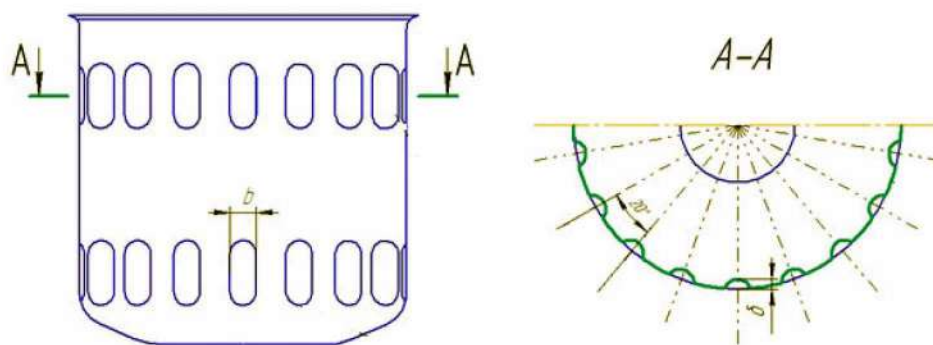


Рисунок 4.5 – Ескіз двох рядів заглиблень на корпусі фільтра

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Після операції формування ряду радіальних виступів (западин) здійснюють двостороннє змащення трансмісійним маслом.

Операцію витягування корпусу масляного фільтра проводимо за три переходи на висоту: 45 мм; 65 мм і 92 мм відповідно. Витягування здійснюють на пресі KE 2330 зусиллям 100 т. Перед кожним витягуванням зовнішню і внутрішню поверхні заготовки змащують трансмісійним маслом методом занурення у масляну ванну.

Заготовку діаметром 146 мм на першій операції витягають на висоту 45 мм на пресі моделі KE 2330 зусиллям 100 т, далі здійснюють витягування заготовки до висоти 65 мм діаметром 120 мм. На третій операції здійснюють витягування до висоти 92 мм і діаметра 96 мм на пресі K2234 зусиллям 250 т. На корпусі формують радіус фланця R_1 , використовуючи прес зусиллям 50 т. На аналогічному пресі здійснюють обрубання фланця діаметром 102 мм.

Виріб, що отриманий за удосконаленою технологією (рисунок 4.6), має западини на циліндричній поверхні. Гранна циліндрична поверхня виробу забезпечує його обслуговування під розмір слюсарного ключа, а також сприяє рівномірному розподілу експлуатаційних зусиль.



Рисунок 4.6 – Масляний фільтр, що складається із корпуса, отриманого за удосконаленою технологією

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки до розділу 4

1 Проведені експериментальні дослідження технологічних параметрів витягування вісесиметричних деталей із застосуванням тензометрії. Дослідні дані 240 вимірів зусиль витягування заготовок товщиною $0,5 \pm 0,03$ мм із межами текучості σ_m від 235 до 250 МПа виявили зміну зусиль витягування у діапазоні 19-24% від середньої величини.

2 Дослідами встановлено, що порожнисті тіла обертання можуть бути отримані без утворення складок, тріщин на фланцевій частини, відриву дна, якщо витягування здійснюється із міжопераційними формоутвореннями додаткових виступів-хвиль, у кількості 18-24 штук.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

5.1 Інженерні розрахунки з обґрунтування зниження рівня шуму

У машинній залі, об'ємом $V = 2250 \text{ м}^3$, працює газоповітряний компресор і створює шум із октавним рівнем потужності $L_p = 106 \text{ дБ}$. Визначити октавний рівень звукового тиску на робочому місці у зоні відображення звуку, якщо $V/S_{\text{орг}} = 0,7$, середньгеометричні частоти октавних смуг 8000 Гц .

Виходячи із об'єму приміщення, знайдемо B_{1000} – постійну переміщення на середньгеометричній частоті 1000 Гц , що розраховується залежно від об'єму та типу приміщення.

$$B_{1000} = V / 20, \quad (5.1)$$

де V – об'єм приміщення, м^3 .

$$B_{1000} = 2250 / 20 = 112,5 \text{ м}^2.$$

Для визначення постійної приміщення B на частоті 8000 Гц знаходимо частотний множник, який становить $m = 6,0$, отже

$$B = B_{1000} \cdot 6,0 \quad (5.2)$$

$$B = 112,5 \cdot 6,0 = 675 \text{ м}^2.$$

Очікувані рівні звукового тиску L , дБ, у зоні відбитого звуку (рисунок 5.1) становлять

$$L = L_p + 10 \lg B + 10 \lg \psi + 6, \quad (5.3)$$

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L_p – октавний рівень звукової потужності джерела шуму, дБ;

V – постійна приміщення, m^2 ;

Φ – фактор спрямованості, приймаємо рівним 1;

ψ – довідковий коефіцієнт, для $V / S_{\text{орг}} = 0,7$ маємо $\psi = 0,6$

Маємо наступне:

$$L = 106 + 10 \lg 675 + 10 \lg 0,6 + 6 = 138 \text{ (дБ)}.$$

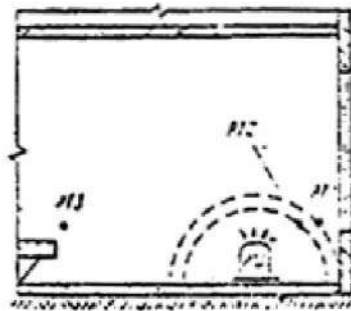


Рисунок 5.1 – Схема розташування розрахункових точок (РТ) та джерела шуму (ДШ): РТ1 – розрахункова точка в зоні прямого і відбитого звуку; РТ2 – розрахункова точка в зоні прямого звуку; РТ3 – розрахункова точка в зоні відбитого звуку

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 у нашому випадку допустимий рівень звукового тиску на частоті 8000 Гц становить 69 Гц, отже потрібно зниження існуючого шуму.

Необхідне зниження октавних рівнів звукового тиску $\Delta L_{\text{тр}}$, дБ, у розрахунковій точці в приміщенні, або на території для одного джерела шуму або кількох, відмінних один від одного за октавним рівнів звукового тиску менш чим на 10 дБ, слід визначати:

$$\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{дон}}, \quad (5.4)$$

де L – октавні рівні звукового тиску в дБ, створювані відповідно одним або окремо розглядаються джерелом шуму в розрахунковій точці;

$L_{доп}$ – допустимий октавний рівень звукового тиску в дБ в розрахунковій точці.

Отже, маємо

$$\Delta L_{mp} = 138 - 69 = 69 \text{ (дБ)}.$$

Отже, потрібне зниження звукового тиску у два рази.

5.2 Заходи радіаційного та хімічного захисту довкілля

У результаті застосування боєприпасів з ураном у ході воєнних конфліктів, виникає радіаційна небезпека. Величина якої залежить від масштабів використання такого виду зброї.

Особливість дії ураження на людину переважно інгаляційне шляхом виділення під час вибуху збідненого урану у вигляді «керамічного аерозолю», що здатний розповсюджуватися на десятки кілометрів. Потрапивши в організм людини, керамічні частки (пилові частинки збідненого урану) мають здатність накопичуватися в печінці та нирках. Це спричиняє появу ракових захворювань, внаслідок чого вражаються внутрішні органи, а також відбуваються зміни на генетичному рівні наступного покоління.

Досвід війн підтверджує, що до радіоактивного забруднення схильна не лише місцевість, але і відкриті водойми. Небезпечні у радіаційному відношенні броньовані об'єкти, бетонні споруди, уражені таким видом боєприпасів.

Таким чином, особливістю виконання заходів радіаційного хімічного захисту можуть бути:

- постійне використання протиаерозольних респіраторів, простих засобів захисту органів дихання населенню і рятувальників протягом воєнного конфлікту, незалежно від того, чи використовувалася ядерна, чи хімічна зброя;

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- функціонування мережі нагляду і лабораторного контролю, створення постів радіаційного і хімічного нагляду, здійснення радіаційного контролю в місцях масованого використання авіації та довколишніх відкритих водойм;

- організація контролю ступеня радіоактивного забруднення респіраторів, їх заміна і поповнення;

- проведення радіаційної розвідки виконується негайно після масованих нальотів авіаційної техніки, потенційно небезпечні об'єкти, особливо важливі об'єкти, а також житлові, промислові і адміністративні споруди;

- проведення профілактичної часткової спеціальної і санітарної обробки, з обов'язковим полосканням і промиванням носа населенню, рятувальникам і персоналу об'єктів економіки після масованого нальоту авіації;

- створення надлишкових запасів проти аерозольних респіраторів, організація збору та утилізація респіраторів з радіаційним забрудненням.

Хімічне зараження у ході локального воєнного конфлікту може виникнути в результаті руйнування звичайними боєприпасами об'єктів з хімічною безпекою, а також, диверсійні дії щодо посудин з аварійно хімічними небезпечними речовинами, використання хімічної зброї. Особливістю вражаючої дії буде виникнення осередків хімічного ураження з одним, а іноді й декількома аварійно хімічними небезпечними речовинами.

Запас засобів захисту органів дихання для населення, працівників і рятувальників, забезпечують надійний захист від отруйних речовин, короткочасний захист від хлору, але майже не захищають від аміаку та інших аварійно хімічних небезпечних речовин. Для усунення даного недоліку розроблені інші засоби захисту органів дихання.

До особливостей виконання заходів хімічного захисту в локальних воєнних конфліктах слід віднести: використання захисних властивостей перших поверхів будівель та підвальних приміщень при розповсюдженні аміаку, і верхніх поверхів будівель при зараженні хлором; використання засобів захисту не лише від отруйних речовин, але і при аварійно хімічно небезпечних речовинах;

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання приладів для здійснення хімічної розвідки; використання великої кількості води чи розчинів для забезпечення знезараження джерел хімічного ураження і територій; використання мобільних технічних засобів для локації та ліквідації джерел хімічного зараження.

5.3 Економічна ефективність розробки

Застосування нового технологічного процесу передбачає збільшення виходу придатного виробу. Економічна ефективність досягається за рахунок стійкості процесу витягування.

За даними підприємства собівартість одного масляного фільтра становить 20 гривень. Вартість виготовлення 50000 фільтрів обходиться підприємству в 1 млн. гривень, так як при використанні старого технологічного процесу вихід придатного виробу зменшується на 12-15%.

Економічний прибуток впровадження нового технологічного процесу визначається на основі розрахунку капіталовкладень у комплекс заходів, необхідних для його реалізації K – тис. грн.

Оцінка вартості обладнання, необхідного для виготовлення корпусу фільтра за новою технологією, наведена в таблиці 5.1 і відповідає цінам прайс-листів виробників даного обладнання.

Таблиця 5.1 – Оцінка вартості капіталовкладень при впровадженні нового технологічного процесу виготовлення вісесиметричних деталей

Позначення	Найменування	Вартість, тис. грн.
K_1	Штамп для виконання радіальних заглиблень	40
K_2	Дискова фреза	1,8

Сумарні капіталовкладення K , грн., становитимуть

$$K = K_1 + K_2. \quad (5.5)$$

Отже, маємо

$$K = 40000 + 1800 = 41800 \text{ (грн.)}$$

Експлуатаційні витрати складаються із витрат, представлених у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Експлуатаційні витрати нового технологічного процесу на підприємстві

Позначення	Вид витрат	Обсяг, грн.
C_1	Витрати на заробітну плату	103036
C_2	Амортизаційні відрахування	13794
C_3	Витрати на видаткові матеріали	33600
Усього (експлуатаційні витрати підприємства)		150430

Визначимо фонд заробітної плати розрахований на 2-х чоловік: майстра і штампувальника. Пряма виробнича заробітна платня основних робітників виробництва, необхідних для виконання обсягу робіт для механічної обробки, визначається за трудомісткістю цих робіт $\tau_{\text{мех}}$. При цьому умовно приймається, що для 80% цих робітників застосовують відрядно-преміальну систему оплати праці, а для 20% – почасово-преміальну. Середній розряд робіт для відрядників складає $P_{\text{ср.вд}}^{\text{м}} = 4$, для погодинників – $P_{\text{ср.пг.}}^{\text{м}} = 3$:

$$Z_{np}^M = 0,8 \cdot \tau_M \cdot N_{зан} \cdot S_{вдр.пр.}^M + 0,2 \cdot \tau_M \cdot N_{зан} \cdot S_{пч.пр.}^M \quad (5.6)$$

де $N_{зан}$ – річна програма запуску виробів, шт.:

$$N_{зан} = (N_{вип} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}) \quad (5.7)$$

де $N_{вип}$ – річна програма випуску виробів, шт.;

$N_{зч}$ – кількість виробів, які йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, шт.;

$k_{бр}$ – коефіцієнт, який враховує технологічні витрати, що неможливо уникнути; приймаємо рівним 2-3 % від сумарної кількості виробів, які формують програму випуску та йдуть на запчастини.

Отже,

$$N_{зан} = (50000 + 0,04 \cdot 50000) \cdot (1 + 0,025) = 53300 \text{ (шт.)}$$

Аналогічно з вище написаним:

$$Z_{np}^M = 0,8 \cdot 0,11 \cdot 53300 \cdot 14,90 + 0,2 \cdot 0,11 \cdot 53300 \cdot 13,17 = 85330 \text{ (грн.)}$$

Для створення фонду основної заробітної платні, що теж саме – фонду годинної заробітної платні до фонду прямої заробітної платні необхідно додати ряд доплат, що створюють фонд годинної заробітної платні, які в роботі розраховуються збільшено.

Премії із фонду заробітної платні складають 14% від прямої заробітної платні:

$$Z_{прм} = 0,14 \cdot 85330 = 11946 \text{ (грн.)}$$

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інші доплати можна прийняти у розмірі 1% від прямої заробітної платні:

$$Z_{\text{дпл}} = 0,01 \cdot 85330 = 853,3 \text{ (грн.)}$$

Фонд годинної заробітної платні основних робітників складає:

$$\Phi_{\text{зп.дн.ор.}} = Z_{\text{пр}}^{\text{н}} + Z_{\text{прм}} + Z_{\text{дпл}} ; \quad (5.8)$$

$$\Phi_{\text{зп.дн.ор.}} = 85330 + 11946 + 853,3 = 98129,3 \text{ грн.}$$

Визначаємо додаткову заробітну платню основних робітників виробництва $Z_{\text{дод}}$, яка вміщує доплати до фондів денної та річної заробітної платні. Приймаємо розмір додаткової заробітної платні 4-5% від фонду годинної заробітної платні основних робітників.

$$Z_{\text{дод}} = 0,05 \cdot \Phi_{\text{зп.дн.ор.}} ; \quad (5.9)$$

$$Z_{\text{дод}} = 0,05 \cdot 98129,3 = 4906,5 \text{ грн.}$$

Фонд заробітної платні основних робітників виробництва об'єднує у собі фонди основної та додаткової заробітної платні

$$\Phi_{\text{зп.ор.}} = \Phi_{\text{зп.дн.ор.}} + Z_{\text{дод}} ; \quad (5.10)$$

$$\Phi_{\text{зп.ор.}} = 98129,3 + 4906,5 = 103036 \text{ грн.}$$

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок амортизаційних відрахувань здійснюється за формулою:

$$C_2 = \frac{K \cdot A}{100}, \quad (5.11)$$

де K – первинна вартість обладнання, грн.;

A – відсоток річної норми амортизаційних відрахувань.

$$C_2 = \frac{41800 \cdot 33\%}{100} = 13794 \text{ (грн.)}$$

Експлуатаційні витрати підприємства складуть 150430 грн.

Загальні витрати підприємства на виготовлення партії масляних фільтрів складуть:

$$TC = P_e + C_n, \quad (5.12)$$

де P_e – експлуатаційні витрати підприємства;

C_n – собівартість продукції.

Собівартість продукції при використанні нового технологічного процесу зменшиться з 1000000 до 870000 грн., так як вихід придатного продукту, порівняно зі старою технологією, збільшиться на 13%.

$$TC = 150430 + 870000 = 1020430 \text{ (грн.)}$$

Підприємство реалізує фільтр у зборі за ціною 30 грн. за штуку.

Вартість партії масляних фільтрів кількістю 50000 штук складає тоді 1500000 грн. Економічний прибуток підприємства від впровадження нового технологічного процесу без вартості нового обладнання складе:

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$EP = C - TC, \quad (5.13)$$

де C – загальна вартість партії масляних фільтрів.

$$EP = 1500000 - 1020430 = 479570 \text{ (грн.)}$$

На підставі представленої економічного розрахунку можна зробити висновок про те, що новий технологічний процес зменшує собівартість партії готової продукції на 130000 грн., тим самим збільшує конкурентоспроможність підприємства та дозволяє зменшити роздрібну вартість масляного фільтра на 9%.

Висновки до розділу 5

1 Наведено інженерні розрахунки, що засвідчують необхідність зниження звукового тиску під час роботи технологічного обладнання, що спеціалізується на виготовленні корпусу фільтру оливи.

2 Наведено заходи для радіаційного та хімічного захисту населення.

3 Наведено розрахунки економічної ефективності розробки.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Отже, відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1 Сучасні методи розрахунку напружень та зусиль засвідчили, що напружений стан виникає при витягуванні у кільцевій зоні плоского диску, тобто розтяг у радіальному напрямку та стиск у тангенціальному.

2 Використання багатоканальної тензометричної станції Zet 017-T8 повністю забезпечує реалізацію методики визначення зусилля витягування дослідних зразків.

3 Експериментальні дані 240 вимірів зусиль витягування заготовок товщиною $0,5 \pm 0,03$ мм із межами текучості σ_m від 235 до 250 МПа виявили зміну зусиль витягування у діапазоні 19-24% від середньої величини, а також допомогли визначити постадійну залежність зусилля від коефіцієнту витягування.

4 Порожністі тіла обертання можуть бути отримані без утворення складок, тріщин на фланцевій частини, відриву дна, якщо витягування здійснюється із міжопераційними формоутвореннями додаткових виступів-хвиль, у кількості 18-24 штук.

5 На підставі початкових даних та проведених інженерних розрахунків запропоновано знизити рівень звукового тиску у машинній залі об'ємом 2250 м^3 де працює газоповітряний компресор і створює шум із октавним рівнем потужності 106 дБ. Приділено увагу питанням захисту довкілля, а також економічній ефективності розробки.

					КРМ.133ГМмд_21.05.000 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		