МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проєкт

Перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему **Розробка технологічного процесу штампування тонкостінної циліндричної деталі ⌀34х1,0 мм зі сталі 08Ю**

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1363-омт-с2
спеціальності 136 Металургія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Обробка металів тиском
(код і назва освітньої програми)
М. А. Солодовніков
(ініціали та прізвище)

Керівник
проф. каф. МТЕТБ, д.т.н. Юрій Бєлоконь

Рецензент
проф. каф. МТЕТБ, д.т.н. Оксана Воденнікова

Запоріжжя – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально – науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра ____металургійних технологій, екології та техногенної безпеки___
Рівень вищої освіти __перший (бакалаврський) рівень_____
Спеціальність _____136 «Металургія»_____
(код та назва)
Освітньо-професійна програма _____Обробка металів тиском_____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МТЕТБ
_____Ю.О. Бєлоконь
"_26_" ___12_____2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

_____Солодовніков Марк Андрійович_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Розробка технологічного процесу штампування тонкостінної циліндричної деталі ⌀34х1,0 мм зі сталі 08Ю_____

керівник роботи (проекту)__Бєлоконь Юрій Олександрович, д.т.н., проф.___,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "23" 12. 25 р. № 1831-с

2. Строк подання студентом роботи _____10 червня 2026 року_____

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали виробничої (переддипломної) практики, курсові проєкти, технічна документація, літературні джерела, інтернет-ресурси. Профіль – ⌀34х1,0 мм, матеріал – сталь 08Ю._____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки.

Мета кваліфікаційної роботи – спроєктувати технологію листового штампування циліндричної деталі діаметром 34х1,0 мм зі сталі 08Ю, яка має забезпечить виготовлення деталей для 10 000 автомобілів щороку.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Презентація до 15 слайдів (графіки залежностей, схем деформацій, схеми розміщення устаткування та обладнання тощо).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
1 Загальна частина	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
2 Технологічна частина	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
3 Механічна частина	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
4 Охорона праці та техногенної безпеки	Бєлоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	

7. Дата видачі завдання __26.12.2023 року.__

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	12.02.26 – 13.03.26	
2.	Розділи 2 - 3	16.03.26 – 17.04.26	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	20.04.26 – 24.05.26	

Студент _____ **Марк СОЛОДОВНІКОВ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **Юрій БЄЛОКОНЬ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ **Юрій БЄЛОКОНЬ**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 77 с., 7 рис., 6 табл., 22 джерела.

ШТАМПУВАННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛУ ПЛАСТИЧНІСТЬ, ДЕФОРМАЦІЯ, ЛИСТ, ШТАМП, ПОВЗУН, ПУАНСОН, МАТРИЦЯ, ШТАМПУЄМІСТЬ.

Об'єкт дослідження – ділянка листового цеху дрібного штампування автомобілебудівного заводу.

Мета роботи - спроєктувати технологію листового штампування циліндричної деталі діаметром 34х1,0 мм зі сталі 08Ю, яка має забезпечить виготовлення деталей для 10 000 автомобілів щороку.

У результаті встановлено, що коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) у проєктному варіанті становить 0,76, тоді як у базовому – 0,68. Отримане покращення на рівні близько 12 % свідчить про підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів і зниження собівартості продукції. Результати виконаної кваліфікаційної роботи підтверджують доцільність запропонованих технічних і організаційних рішень та можливість їх практичного застосування в умовах сучасного автомобілебудівного виробництва.

ЗМІСТ

ВСТУП.....6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА……. 7
1.1 Річна виробнича програма.....7
1.2 Тип виробництва, склад цеху.....9
1.3 Загальна характеристика виробничого процесу в цеху…….....10
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....16
2.1 Розробка технологічного процесу на виготовлення деталі «Стакан».....16
2.2 Конструювання і розрахунок на міцність робочих деталей штампа.....38
3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....46
3.1 Проєктування і розрахунок привода.....46
3.2 Розрахунок і проєктування фрикційної муфти..... 51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....62
4.1 Ступінь безпеки процесу холодної штамповки, рівня його механізації та автоматизації…….62
4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища.....64
4.3 Розробка мір захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....…67
4.4 Технічні рішення по виробничій санітарії……..….. 67
4.5 Заходи пожежної та техногенної безпеки……..……68
4.6 Заходу щодо забезпечення безпеки технологічних процесів……..69
4.7 Інженерна розробка медичного захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища…….71
ВИСНОВКИ.....74
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ …….. 75

ВСТУП

Серед сучасних технологій обробки металів особливе місце посідає обробка тиском, до якої належать прокатка, кування та штампування. Ці процеси широко використовуються в машинобудуванні, автомобільній промисловості, будівництві та інших галузях завдяки високій продуктивності, економічності та можливості отримання виробів із заданими експлуатаційними характеристиками.

У даній кваліфікаційній роботі розглядається проєктування цеху холодного листового штампування автомобілебудівного підприємства, розрахованого на випуск 10 000 автомобілів на рік. Виробництво деталей методом холодного штампування є невід'ємною складовою сучасного автомобілебудування, оскільки забезпечує виготовлення великої кількості деталей із високою точністю та повторюваністю розмірів.

Холодне листове штампування належить до найбільш ефективних технологічних процесів виготовлення тонколистових деталей. Його застосування дозволяє отримувати вироби складної конфігурації при мінімальних витратах матеріалу та високій якості поверхні. Порівняно з методами лиття або механічної обробки, штампування забезпечує значно вищу продуктивність і є економічно вигідним в умовах серійного та масового виробництва.

Сучасні виробничі комплекси для листового штампування оснащуються автоматизованими системами керування та контролю технологічних параметрів. Це сприяє підвищенню точності виконання операцій, покращенню якості продукції та забезпеченню стабільності виробничого процесу. Використання засобів механізації й автоматизації також дозволяє скоротити частку ручної праці, підвищити ефективність використання обладнання та зменшити виробничі витрати.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Річна виробнича програма

Вихідними даними для виконання кваліфікаційної роботи є річна виробнича програма цеху, характеристики деталей-представників, параметри технологічного обладнання, а також чинні нормативні документи та стандарти, що регламентують проєктування виробництва.

Річна виробнича програма сформована на основі матеріалів переддипломної практики та наведена у вигляді зведеної таблиці 1.1. Для цехів холодного листового штампування машинобудівних підприємств виробнича програма додатково коригується шляхом збільшення на 10 %, що враховує потребу у виготовленні запасних частин та комплектувальних виробів.

Підсумкові показники виробничої програми приймаються як основа для проєктування цеху та визначення його виробничих потужностей. На їх основі виконуються розрахунки потреби у вихідних матеріалах, визначається завантаження технологічного обладнання та оцінюються основні техніко-економічні показники виробництва.

Згідно із завданням на проєктування, річний обсяг виробництва становить 10 000 комплектів штампованих деталей. Один комплект включає 193 найменування деталей, при цьому окремі позиції виготовляються у кількості більше однієї штуки на комплект (петлі дверей, кронштейни, хомути тощо). У результаті загальна кількість деталей в одному комплекті становить 246 одиниць. Технологічні розрахунки процесів виготовлення типових деталей, обраних за погодженням із керівником кваліфікаційної роботи, представлені в розділі 2 «Спеціальна частина». Розрахунок і аналіз роботи виробничого обладнання на прикладі преса КА3134А виконано в розділі 3 «Механічна частина».

Таблиця 1.1 – Річна виробнича програма цеху дрібного, холодного штампування.

№	Найменування штампування	Матеріал	Маса, кг	штампувань на комплект	У на річну програму			Маса на річну програму тонн		
					Основні	Зап. Частини	Усього	Основні	Зап. Частини	Усього
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	Лоток розлитого палива	08Ю	0,200	1	10000	1000	11000	2	0,2	2,2
2	Хомут кріплення бачка гальм	08кп	0,009	1	10000	1000	11000	0,09	0,009	0,099
3	Підсилювач задньої стійки	Ст 35	0,06	2	20000	2000	22000	1,2	0,12	1,32
4	Стійка підстави	Ст 20	0,06	2	20000	2000	22000	1,2	0,12	1,32
5	Вісь петлі двері задка	65М	0,0037	2	20000	2000	22000	0,074	0,0074	0,0814
6	Кронштейн двигуна	08 кп	0,120	1	10000	1000	11000	1,2	0,12	1,32
7	Стрічка хомута передня	08 кп	0,010	2	20000	2000	22000	0,2	0,02	0,22
8	Упор педалі привода зчеплення	08 кп	0,012	1	10000	1000	11000	0,12	0,012	0,132
9	Шайба упорна оболонки троса привода зчеплення	08 кп	0,006	4	40000	4000	44000	0,24	0,024	0,264
10	Кронштейн лівий	20 кп	0,100	1	10000	1000	11000	1	0,1	1,1
11	Кронштейн резервуара стійки передньої підвіски	08Ю	0,370	1	10000	1000	11000	3,7	0,37	4,07
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
246	Ланка механізму	10 кп	0,260	2	20000	2000	22000	5,2	0,52	5,72
УСЬОГО					**200000**	**20000**	**220000**	**16,224**	**1,6224**	**17,8464**

1.2 Тип виробництва, склад цеху

Проєктований цех призначений для виготовлення деталей дрібного холодного листового штампування, які використовуються у виробництві автомобілів. Відповідно до завдання на проєктування річна виробнича програма підприємства становить 10 000 автомобілів. У структурі автомобілебудівного заводу, крім даного цеху, передбачено функціонування цехів середнього та великого штампування, що забезпечують виготовлення деталей різних габаритів і конструктивної складності.

Основу технологічного обладнання цеху становлять преси для дрібного листового штампування із номінальним зусиллям до 1000 кН. Разом із тим, для забезпечення універсальності виробництва та можливості виконання окремих операцій, що потребують підвищених зусиль деформування, у складі обладнання передбачено використання пресів із зусиллям 1600 та 2500 кН.

Цех спеціалізується на виготовленні деталей невеликих розмірів. Номенклатура продукції включає 193 найменування штампованих деталей, характеристики яких наведені в таблиці 1.1. Для їх виробництва використовуються різні марки сталей — від вуглецевих конструкційних до легованих інструментальних, що дозволяє забезпечити необхідні експлуатаційні властивості готових виробів.

За характером випуску продукції виробництво належить до великосерійного типу. Річна програма становить 10 000 комплектів штампованих деталей, що визначає доцільність застосування високопродуктивного спеціалізованого обладнання та засобів механізації виробничих процесів.

Проєктований цех входить до складу виробничого комплексу, який також включає заготівельний, ремонтний, а також цехи середнього та великого штампування. У зв'язку з централізацією допоміжних служб створення окремих допоміжних відділень у цеху не передбачається. До його складу входять основні виробничі дільниці, транспортні проходи та службово-побутові приміщення. Для забезпечення безперервної роботи обладнання передбачено лише мінімально необхідний комплект допоміжних засобів, призначених для виконання поточного обслуговування та дрібного ремонту.

Організація внутрішньоцехового транспорту та вантажопотоків виконана з урахуванням габаритів і технічних характеристик найбільшого встановленого пресового обладнання. Планувальні рішення забезпечують зручне транспортування заготовок, штампового оснащення та готової продукції, а також створюють умови для ефективної організації виробничого процесу.

1.3 Загальна характеристика виробничого процесу в цеху

Для виготовлення деталей холодного листового штампування використовується широкий асортимент металевих матеріалів, що відрізняються хімічним складом, механічними властивостями та технологічними характеристиками. Залежно від призначення виробів застосовуються низьковуглецеві конструкційні сталі, якісні вуглецеві сталі, леговані сталі, а також кольорові метали та їх сплави. Перелік основних марок матеріалів, що використовуються у виробництві, наведено відповідно до чинних стандартів.

Листи і штаби латунні ДСТУ 931-90:
Л 90; Л 85; Л 80; Л 68; Л 63; ЛС 59-1; ЛМц 58-2; ЛО 62-1; ЛО 62-1.

- Стрічка холоднокатана з низьковуглецевої сталі ДСТУ 503-81:
  08кп; 08пс; 10кп; 10пс; 10.
- Прокат листовий холоднокатаний ДСТУ 19904-90 (СТСЕВ 1968-79): 45; 30; 35; 55.
- Сталь гарячекатана, товстолистова конструкційна якісна
  вуглецева для холодного штампування ДСТУ 4041-71:
  08кп; 10пс; 15кп; 15пс; 20кп; 20пс;
  08 ЮА; 10 ЮА; 20 ЮА; 08 Ю.
- Сталь вуглецева якісна конструкційна ДСТУ 1050-88:
  20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60.

Матеріал для заготівель надходить із заготівельного цеху в тім виді, що необхідний за технологією (стрічки, штаби, листи).

Типові технологічні процеси, які мають місце у виробництві докладно описані в розділі 2 кваліфікаційної роботи - «Спеціальна частина» на прикладі деталей

докладної розробки. Слід зазначити, що типовими для даного виробництва є операції розділові (вирубка, пробивання) і формотворні (витяжка).

У процесі виробництва виникає необхідність контролю якості виробленої продукції. Це пов'язане з тим, що на ринку автомобілебудування існує не маловажний фактор конкуренції. Тому, для забезпечення конкурентоспроможності необхідно застосовувати на виробництві прогресивні методи контролю відповідності виробленої продукції європейським стандартам якості.

Існують наступні типи браку виникаючого в процесі штампування:

По місцю виявлення брак підрозділяється на:

- внутріцеховий;
- внутрішньозаводський;
- зовнішній;
- з вини постачальника.

Внутріцеховий брак – брак, що пройшли і виявлений у даному цеху, тобто цех – обнаружитель одночасно є і винуватцем браку.

Внутрішньозаводський брак - брак, виявлений у даному цеху з вини інших цехів або відділів, а також брак даного цеху, виявлений в інших відділах або цехах.

Зовнішній брак - брак, виявлений поза заводом у замовників (покупців). Зовнішній брак, як правило, визначається рекламацією споживача.

Брак з вини постачальника - брак, виявлений на заводі через недоброякісність матеріалів, напівфабрикатів, деталей і виробів, отриманих з боку.

Контроль якості продукції:

- Вся зроблена за зміну продукція пред'являється на контроль працівникові бюро технічного контролю.
- Працівник бюро технічного контролю перевіряє: якість деталі, виробу або окремої операції; якість роботи виготовлювача; умови, у яких виробляється продукція.
- При запуску нової партії продукції або після переналагодження устаткування, наладчик або майстер разом з контролером перевіряють першу деталь на відповідність технічної документації, при її відповідності, ставить на неї клеймо контролера або іншу мітку, що не допускає її підміни.

- Відповідальність за якість продукції несуть робітники, майстри й начальники цехів. Контролери УГК відповідають за попередження браку й правильність оформлення документів на забраковану продукцію, а так само за якісне виконання обсягів контролю відповідно до технічної документації.

Роблять контроль якості за допомогою випробувань, на виробництві прийняті наступні тини випробувань:

Для сортового прокату зі сталі звичайної й підвищеної якості характеристиками, що гарантуються є: межа текучості, тимчасовий опір розриву (межа міцності) і відносне подовження, обумовлені при випробуванні на розтягання після гарячої прокатки.

Тонколистова сталь звичайної якості, відповідно до технологічних вимог, піддається лише випробуванню на вигин. Листи тонколистової сталі звичайної й підвищеної якості товщиною від 2 до 4 мм., крім випробувань на вигин, на вимогу замовника повинні випробовуватися на розрив, причому границя текучості й відносне звуження не визначаються. Крім марок сталі, якісна тонколистова конструкційна сталь по здатності до витяжки розділяється на три сорти: ВГ - для високої витяжки, Г - для глибокої витяжки, Н - для нормальної витяжки. Здатність сталей до витяжки оцінюється величиною відносного подовження і глибиною витяжки сферичної лунки (по Еріксену).

Крім того, залежно від стану поверхні якісна сталь ділиться на три групи:

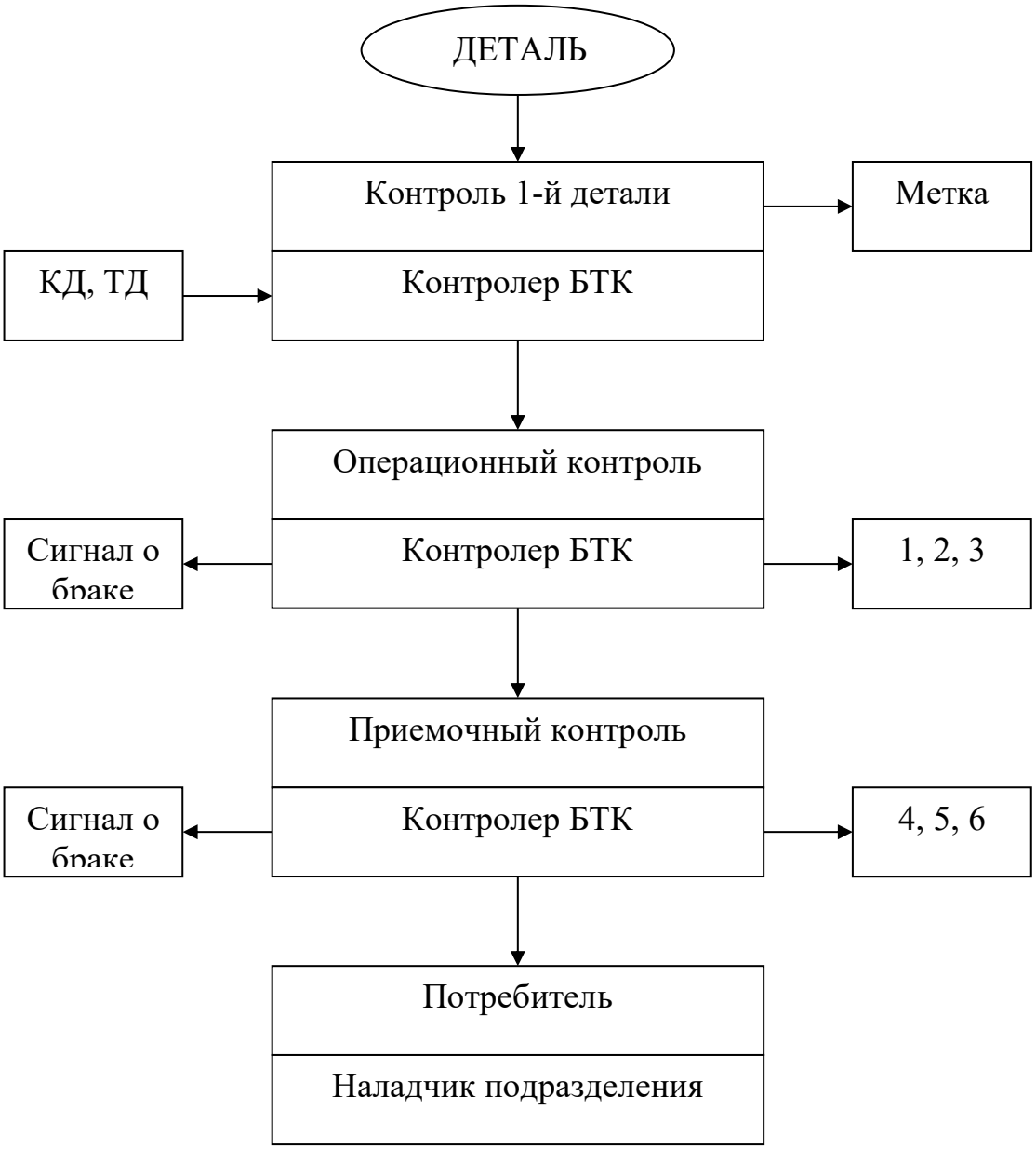
1. особливо високої обробки поверхні;
2. високої обробки поверхні;
3. підвищеної обробки поверхні.

Для механічних і технологічних властивостей холоднокатаних матеріалів, застосовуваних у холодному листовому штампуванні, велике значення має ступінь наклепу.

Для характеристики технологічних властивостей матеріалу найбільший інтерес представляють показники пластичності, виражені величиною відносного звуження поперечного переріза при розтяганні $\psi_в$, а також відношення між границею текучості $\delta_т$ і межею міцності $\delta_в$. Оцінку штампуємості потрібно

проводити за найменшим значенням $\delta_{р.}$ отриманим при випробуванні зразків, вирізаних з аркуша в різних напрямках стосовно напрямку прокатки.

Для забезпечення високої якості виробів застосовуються сучасні методи контролю та випробувань, що дозволяють своєчасно виявляти відхилення від встановлених вимог і підтримувати стабільність виробничого процесу. Схему організації контролю якості продукції на підприємстві наведено на рис. 1.1.



1 - Карта періодичного контролю; 2 - Карта періодичного контролю для пресово-кузовного виробництва; 3 - Контрольний листок; 4 - Журнал реєстрації результатів контролю; 5 - Рапорт; 6 - Операційне зведення.

Рисунок 1.1 - Схема процесу технічного контролю продукції в процесі виробництва

Для забезпечення виконання річної виробничої програми в межах кваліфікаційної роботи було обґрунтовано та підібрано необхідний склад технологічного обладнання (табл. 1.2). Формування номенклатури устаткування здійснювалося з урахуванням заданих обсягів виробництва, характеру технологічних процесів та вимог до продуктивності.

Таблиця 1.2 – Перелік і кількість штампувального устаткування

Характеристика устаткування				Базовий цех		Проєктований цех	
Найменування	Модель	Номінал. зусилля кН	Потужність, квт	В	%	n_P	$n_{ПР}$
Прес	КЕ 2130А	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	КД 2330	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	К 2130	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	КА 2130	1000	7,8	2	10	4,46	4
Прес	КЕ 2130	1000	7,8	1	5	2,23	2
Прес	К 2128	1000	6,5	2	10	4,46	4
Прес	КД 2128	1000	6,5	2	10	4,46	4
Автоматич. комплекс	К.18.073	1000	7,8	1	5	2,23	2
Автоматич. комплекс	К.18.001	1000	7,8	1	5	2,23	2
Автоматич. комплекс	К.05.000	1000	7,8	1	5	2,23	2
Автомат листоштамп.	АА 6230	1000	15	1	5	2,23	3
Прес	КВ 2132	1600	19	2	10	4,46	5
Унив. гинув. автомат	МАГ 005	1600	28	1	5	2,23	3
Прес	КА 3132 А	1600	18	2	10	4,46	5
Прес	КИ 2534	2500	32	1	5	2,23	3
РАЗОМ				20	100	44,6	45

При виборі обладнання враховано можливість універсалізації технологічного процесу, зокрема застосування пресів різної вантажопідйомності для виконання аналогічних операцій. У зв’язку з цим розрахункові значення кількості обладнання коригуються до цілих величин із урахуванням практичної доцільності: для

обладнання більшої потужності – з округленням у більшу сторону, для меншої – у меншу, залежно від технологічної доцільності його використання.

Одним із ключових напрямів сучасного машинобудівного виробництва є комплексна автоматизація та механізація технологічних процесів. Під час проєктування цеху враховано необхідність забезпечення високих темпів випуску продукції, які неможливо досягти без впровадження автоматизованих систем керування, механізованих пристроїв подачі та сучасного високопродуктивного обладнання.

У складі технологічного оснащення цеху передбачено використання багатопозиційних прес-автоматів (див. табл. 1.2), а також різних типів механізованих систем подачі матеріалу, зокрема кліщових, валкових і клин-роликових подавачів. Крім того, технологічний процес організовано із застосуванням автоматизованих виробничих ліній, що забезпечують стабільність параметрів обробки та підвищення продуктивності виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка технологічного процесу на виготовлення деталі «Стакан»

2.1.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Під технологічністю варто розуміти таку сукупність властивостей і конструктивних елементів, які забезпечують найбільш просте й економічне виготовлення деталі при дотриманні технологічних і експлуатаційних вимог до неї.

Основними показниками технологічності листових холодноштамповочних деталей є:

– найменша витрата матеріалу;

– найменша кількість і низка трудомісткість операцій;

– відсутність наступних механічних операцій;

– найменша кількість необхідного устаткування й виробничих операцій;

– найменша кількість оснащення при скороченні витрат і строків підготовки виробництва;

– збільшення продуктивності окремих операцій і цеху в цілому.

Загальним результативним показником технологічності є найменша собівартість штампуємих деталей. Одним з найважливіших питань, що передують технологічним розрахункам, є виявлення ступеня здатності металу виконати штампувальну операцію або визначення його відносної штампуємості. Під штампуємістью розуміють здатність металу піддаватися різним операціям штампування. Штампуємість залежить від ряду показників: механічних властивостей, пластичності, модуля пружності, структури металу й хімічного складу.

Задана деталь є тілом обертання простої форми, порожня, товщина стінки 1 мм, матеріал сталь 08ю. З огляду на ці фактори і механічні властивості матеріалу, доходимо висновку, що вони відповідають вимогам такої штампувальної операції, як витяжка. Витяжку робимо в три переходи. Будемо вважати, що товщина деталі не буде перетерплювати істотних змін (витяжка без утонення). Отвір з бортом у дні деталі варто виконати операцією «отбортовка», попередньо виконавши формування

й пробивання отвору. Відділення нерівного краю або надлишків матеріалу зовні об'ємної деталі виробляється операцією «обрізка». Для зменшення тангенціального стиску в краю заготівлі й радіального розтягання на витяжних крайках матриці в переходах збільшуємо радіус округлення.

2.1.2 Вибір і обґрунтування оптимального варіанта технологічного процесу виготовлення деталі

Більшість деталей, які одержують методом холодного тиску, у листовому штампуванні можуть бути виготовлені декількома способами. При цьому необхідні операції для штампування заданої деталі можуть вироблятися на відповідних окремих штампах (диференційований спосіб штампування) або на сполучених або послідовних штампах (концентрований спосіб штампування). Крім того, штампування даної деталі допускає варіанти в послідовності виконання необхідних операцій, а також варіанти з'єднань операцій у спільних і послідовних штампах. Перед розглядом конкуруючих варіантів технологічних процесів потрібно встановити які фактори визначають побудова процесу і які з них найбільш важливі: заготівля, спосіб одержання базового конструктивного елемента деталі, спосіб формоутворення інших конструктивних елементів деталі, спосіб одержання заданих механічних і фізичних властивостей деталі, якості її поверхні, ступінь механізації й автоматизації процесу. Кожний із цих факторів має власні особливі ознаки - форма й відносні розміри первинної заготівлі, спосіб виконання операції, конструктивні особливості штампів, режими обробки й інших.

У крупносерійному виробництві необхідно прагнути до мінімальних витрат матеріалу, до найменшої кількості штампувальних операцій за рахунок використання й впровадження в проект спільного й послідовного процесу штампування, підвищенню продуктивності й стійкості штампів. З огляду на неможливість пророблення всіх можливих варіантів через обмеженість обсягу проекту, згідно з керівником проекту обрані два найбільш прийнятні варіанти.

З огляду на те, що в основі виготовлення деталі лежить операція «витяжка», варто врахувати основні технологічні вимоги до деталі, одержуваною витяжкою: уникати досить складних і несиметричних форм деталей, що витягають; радіуси закруглень

повинні бути по можливості $r \geq (2...4)S$ більше. По основних кількісних і якісних показниках (коефіцієнт використання матеріалу, кількість операцій і устаткування, трудомісткість виготовлення, складність устаткування, стійкість робочого інструмента й інші), отриманим у результаті подальших розрахунків, зробимо порівняння запропонованих варіантів виготовлення.

Результуючими показником є собівартість, а не трудомісткість виготовлення деталі. Оптимальний варіант технологічного процесу повинен забезпечувати надійне виготовлення деталі в повній відповідності вимогам креслення (якості деталі) при найменшій її вартості (ефективність виробництва).

Запропоновані варіанти виготовлення деталі:

Варіант I

1. Різання листа на смуги;
2. Вирубка заготівлі зі смуги;
3. Витяжка 1;
4. Витяжка 2;
5. Витяжка 3;
6. Витяжка 4;
7. Обрізок-Пробивання;
8. Отбортовка.

Варіант II

1. Вирубка заготівлі зі стрічки;
2. Пробивання-Витяжка 1;
3. Витяжка 2;
4. Витяжка 3;
5. Витяжка 4;
6. Обрізок-Пробивання;
7. Отбортовка.

2.1.3 Визначення форми і розмірів заготівлі

Існує три методи розрахунку: аналітичний, графічний і графоаналітичний. Всі вони прийнятні для будь-якого виду штампувального виробництва. Однак, перевага варто віддати першому методу, як найбільш доступному й універсальному для технолога й конструктора. До безперечної його переваги ставиться можливість використання сучасної обчислювальної техніки. Він же відрізняється більше високою точністю.

Аналітичний метод заснований на дотриманні рівності поверхонь штампуємої деталі й заготівлі. Для деталей типу тіл обертання заготівля має форму кола, діаметр якої пов'язаний з поверхнею готової деталі наступною залежністю:

$$D_{ЗАГ} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \sum F},$$

де $D_{ЗАГ}$ - діаметр заготівлі без обліку утонення стінок деталі;

$\sum F$ - сума площ окремих ділянок поверхні деталі, побудованої з урахуванням припуску на обрізку:

Пр = 6,5 мм [6]

$K_O = 2{,}83$

$h_{\max} = 0{,}3D_0 = 0{,}3 \cdot 16 = 4{,}8\ мм$

Тому що $h_{\max} \langle h$,те необхідно виконати попередню витяжку перед отбортовкой.

$h^{'} = h - 0{,}28(K_0 - 1)/K_0 = 8 - 0{,}28(2{,}83 - 1)/2{,}83 = 7{,}82 \approx 7{,}8\ мм$

$d_0 = (D_0 + S)/K_0 = (16 + 1)/2{,}83 = 6\ мм$

$R_n = (D_0 - d_0)/2 = (16 - 6)/2 = 5\ мм$

d_0 - діаметр технологічного отвору;

D_0 - діаметр отбортовки по середній лінії;

h - висота борта;

$h_{\max}$ - максимальна висота отбортовки;

S - товщина матеріалу;

$h^{'}$ - висота попередньої витяжки;

$R_м$ - радіус матриці;

R_n - радіус пуансона;

K_o - коефіцієнт отбортовки.

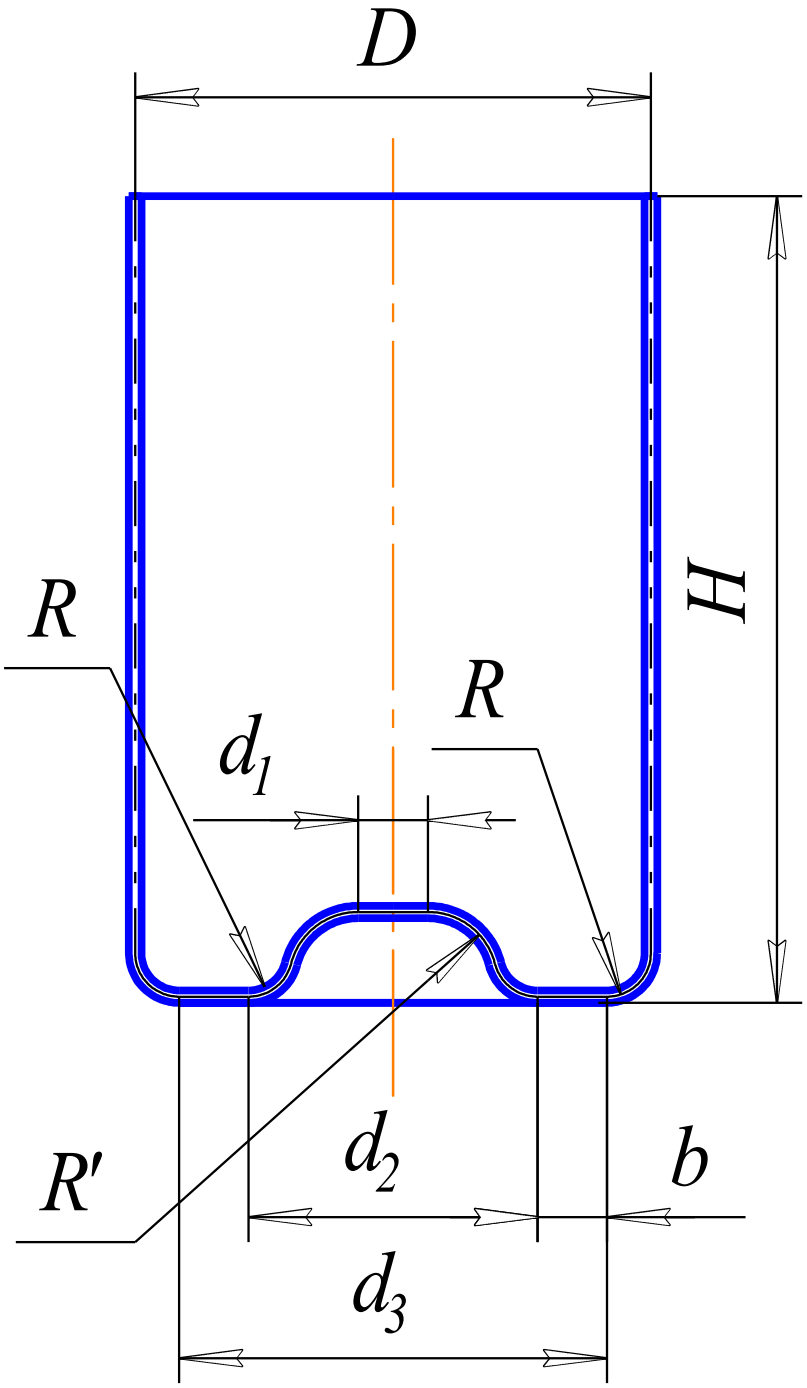


Рисунок. 2.1 - Форма й розміри деталі для першого й другого варіанта

Розрахунок заготівлі для I варіанта

$d_1 = 5{,}5\ мм$

$R' = 5{,}5 мм$

$R = 3{,}5 мм$

$b = 5{,}5 мм$

$d_2 = 23\ мм$

$d_3 = 34 мм$

$D = 41\ мм$

$H = 63\ мм$

$$D_{ЗАГ} = \sqrt{d_1^2 + 4DH + 2R^{'}(\pi d_1 + 4R^{'}) + 2b(d_3 + d_2) + 2R(\pi d_2 - 4R) + 2R(d_3 + 4R)}$$

$$D_{ЗАГ} = \sqrt{5{,}5^2 + 4 \cdot 41 \cdot 63 + 2 \cdot 5{,}5(\pi \cdot 5 + 4 \cdot 5{,}5) + 2 \cdot 5{,}5(34 + 23) + 2 \cdot 3{,}5(\pi \cdot 23 - 4 \cdot 3{,}5) + 2 \cdot 3{,}5(\pi \cdot 34 + 4 \cdot 3{,}5)}$$

$$= 112{,}19\ мм \approx 112 мм$$

Розрахунок заготівлі для II варіанта

Тому що перед витяжкою виробляється пробивання технологічного отвору в дні заготівлі для полегшення плину металу, а також коефіцієнт m<0,25, те зовнішні розміри фланця не зменшуються, і такий процес можна розглядати як місцеву витяжку з більшим фланцем.

$$c = \sqrt{\frac{S \cdot 100}{D}} \Big/ 1{,}11 = 0{,}81$$

$$m = \frac{D_0}{D_{ЗАГ}} = \frac{16}{111} = 0{,}14$$

$$\varepsilon = 1 - m = 1 - 0{,}14 = 0{,}86 \approx 0{,}8$$

c - коефіцієнт коректування відносної товщини заготівлі

ε - геометричний параметр

m - коефіцієнт витяжки

$H_B = 6{,}8$ - висота витяжки

$K = 0{,}17$ - безрозмірний коефіцієнт

$d_1 = 1{,}6 мм$ - діаметр технологічного отвору

$d_2 = \frac{d_1 \cdot H_B \cdot \varepsilon}{c \cdot K \cdot D_0} = 3{,}9 мм$ - діаметр технологічного отвору після витяжки

$$D_{ЗАГ} = \sqrt{d_1^2 + 4DH + 2\pi R d_1 + 8R^2}$$

$$D_{ЗАГ} = \sqrt{34^2 + 4 \cdot 41 \cdot 63 + 2 \cdot \pi \cdot 3{,}5 \cdot 34) + 8 \cdot 3{,}5^2} = 111{,}05\ мм \approx 111 мм$$

$R = 3{,}5 мм$

$d_1 = 34 мм$

$D = 41\ мм$

$H = 63\ мм$

2.1.4 Розкрій листового матеріалу

Економія металу й зменшення відходів у холодному штампуванні має досить важливе значення, особливо в крупносерійному виробництві й у масовому, тому що при більших масштабах виробництва навіть незначна економія металу на одному виробі дає в підсумку більшу економію. Економія металу в холодному штампуванні досягається шляхом:

найбільш доцільного розкрою аркушів на штучні заготівлі або смуги з найменшими відходами;

найбільш економічного розкрою смуг і розташування деталей, що вирізують, на смузі;

зменшення втрат металу на перемички;

застосування безвідхідного розкрою;

підвищення точності розрахунку розмірів заготівель і зменшення припусків на обрізку;

використання відходів для виготовлення інших деталей;

попередження шлюбу штампуємих деталей, а також зниження норми втрат при налагодженні й установці штампів і ін.

Вибираємо тип розкрою для послідовної витяжки - тип прямій.

Розкрій характеризується коефіцієнтом використання матеріалу (КВМ):

$$\eta = \frac{n \cdot F_{ДЕТ}}{F_{ЗАГ}} \cdot 100\%,$$

де η - коефіцієнт використання матеріалу;

n - кількість деталей, одержуваних з вихідної заготівлі;

$F_{ДЕТ}$ - площа поверхні деталі;

$F_{ЗАГ}$ - площа поверхні заготівлі.

Розрахунок розкрою листового матеріалу

Варіант 1

Вихідні дані:

форма деталі - кругла;

діаметр заготівлі - 112 мм;

величина перемичок: a = 1,6 мм, b = 1,2 мм

$$T = D_{ЗАГ} + b = 112 + 1{,}2 = 113{,}2\ мм;$$

$$B_0 = D_{ЗАГ} + 2a = 112 + 2 \cdot 1{,}6 = 115{,}2\ мм$$

$$F = \frac{\pi \cdot D_{ЗАГ}^2}{4} = \frac{3{,}14 \cdot 112^2}{4} = 9847{,}04\ мм^2 \approx 9847 мм^2$$

а) Аркуш 600х1200

Поздовжній

$$n_1 = \frac{L}{T} = \frac{1200}{113{,}2} = 10{,}6 \qquad n_1 = 10$$

$$n_2 = \frac{B}{B_0} = \frac{600}{115{,}2} = 5{,}2 \qquad n_2 = 5$$

$$КВМ = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 10 \cdot 5}{600 \cdot 1200} = 0{,}683 = 68{,}3\%$$

Поперечний

$$n_1 = \frac{L}{B_0} = \frac{1200}{115{,}2} = 10{,}4 \quad n_1 = 10$$

$$n_2 = \frac{B}{T} = \frac{600}{113{,}2} = 5{,}3 \qquad n_2 = 5$$

$$КВМ = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 10 \cdot 5}{600 \cdot 1200} = 0{,}683 = 68{,}3\%$$

б) Аркуш 800х1600

Поздовжній

$$n_1 = \frac{L}{T} = \frac{1600}{113{,}2} = 14{,}1 \qquad n_1 = 14$$

$$n_2 = \frac{B}{B_0} = \frac{800}{115{,}2} = 6{,}9 \qquad n_2 = 6$$

$$КВМ = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 14 \cdot 6}{800 \cdot 1600} = 0{,}646 = 64{,}6\%$$

Поперечний

$$n_1 = \frac{L}{B_0} = \frac{1600}{115{,}2} = 13{,}8 \qquad n_1 = 13$$

$$n_2 = \frac{B}{T} = \frac{800}{113{,}2} = 7{,}06 \qquad n_2 = 7$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 13 \cdot 7}{800 \cdot 1600} = 0{,}700 = 70{,}0\%$$

в) Аркуш 1000х2000

Поздовжній

$$n_1 = \frac{L}{T} = \frac{2000}{113{,}2} = 17{,}6 \qquad n_1 = 17$$

$$n_2 = \frac{B}{B_0} = \frac{1000}{115{,}2} = 8{,}6 \qquad n_2 = 8$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 17 \cdot 8}{1000 \cdot 2000} = 0{,}669 = 66{,}9\%$$

Поперечний

$$n_1 = \frac{L}{B_0} = \frac{2000}{115{,}2} = 17{,}3 \qquad n_1 = 17$$

$$n_2 = \frac{B}{T} = \frac{1000}{113{,}2} = 8{,}8 \qquad n_2 = 8$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 17 \cdot 8}{1000 \cdot 2000} = 0{,}669 = 66{,}9\%$$

г) Аркуш 1500х3000

Поздовжній

$$n_1 = \frac{L}{T} = \frac{3000}{113{,}2} = 26{,}5 \qquad n_1 = 26$$

$$n_2 = \frac{B}{B_0} = \frac{1500}{115{,}2} = 13{,}0 \qquad n_2 = 13$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 26 \cdot 13}{1500 \cdot 3000} = 0{,}739 = 73{,}9\%$$

Поперечний

$$n_1 = \frac{L}{B_0} = \frac{3000}{115{,}2} = 26{,}0 \qquad n_1 = 26$$

$$n_2 = \frac{B}{T} = \frac{1500}{113{,}2} = 13{,}2 \qquad n_2 = 13$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 26 \cdot 13}{1500 \cdot 3000} = 0{,}739 = 73{,}9\%$$

д) Аркуш 2000х4000

Поздовжній

$$n_1 = \frac{L}{T} = \frac{4000}{113,2} = 35,3 \qquad n_1 = 35$$

$$n_2 = \frac{B}{B_0} = \frac{2000}{115,2} = 17,3 \qquad n_2 = 17$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 35 \cdot 17}{2000 \cdot 4000} = 0,732 = 73,2\%$$

Поперечний

$$n_1 = \frac{L}{B_0} = \frac{4000}{115,2} = 34,7 \qquad n_1 = 34$$

$$n_2 = \frac{B}{T} = \frac{2000}{113,2} = 17,6 \qquad n_2 = 17$$

$$KBM = \frac{F \cdot n_1 \cdot n_2}{B \cdot L} = \frac{9847 \cdot 34 \cdot 17}{2000 \cdot 4000} = 0,711 = 71,1\%$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розкрій листового матеріалу і КВМ

Тип розкрою	Розмір аркуша	600x1200	800x16000	1000x2000	1500x3000	2000x4000
Поздовжній		68,3%	64,6%	66,9%	73,9%	73,2%
Поперечний		68,3%	70,0%	66,9%	73,9%	71,1%

Аналізуючи розрахункові дані в таблиці 2.6, робимо вивід, що найбільш ефективний розкрій виходить із аркуша: 1500x3000. КВМ становить 73,9% при поперечному і поздовжньому розкрої.

Варіант II

Визначаємо КВМ при використанні матеріалу в рулоні стрічки. Вибираємо стрічку 1x114 мм сталь 08Ю (ДСТУ 503-81) .

$$KBM_{ЛЕНТЫ} = \frac{F_{ДЕТ}}{F_{ЗАГ}} \cdot 100\% = \frac{F_{ДЕТ}}{B_л \cdot T} \cdot 100\% = \frac{0,785 D_{ЗАГ}^2}{114(D_{ЗАГ} + b)} \cdot 100\% =$$

$$= \frac{0,785 \cdot 111^2}{114(111 + 1,2)} \cdot 100\% = 75,6\%$$

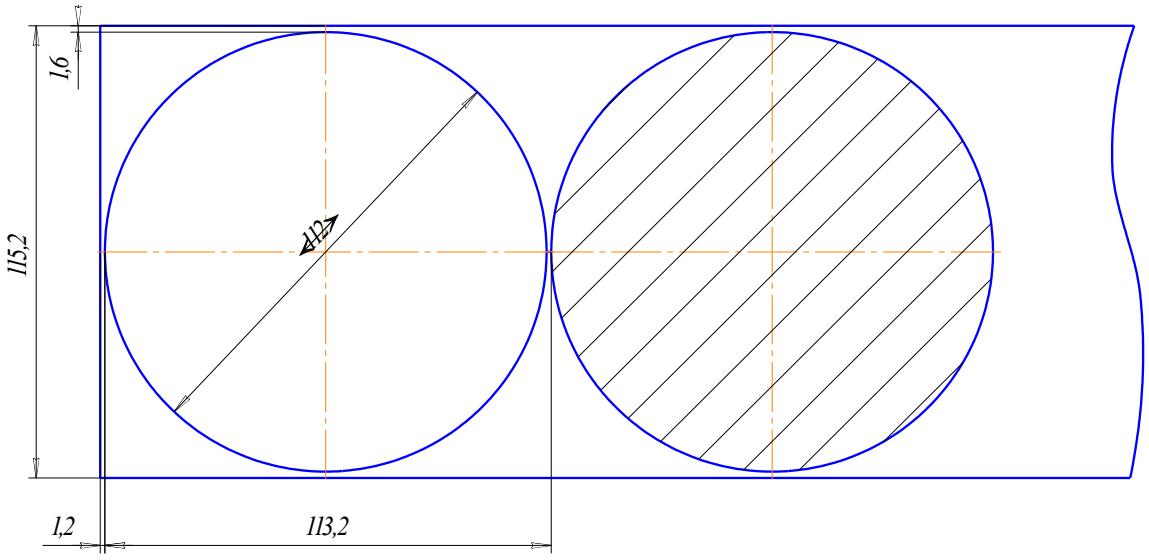


Рисунок 2.2 - Розкрій матеріалу (аркуша).

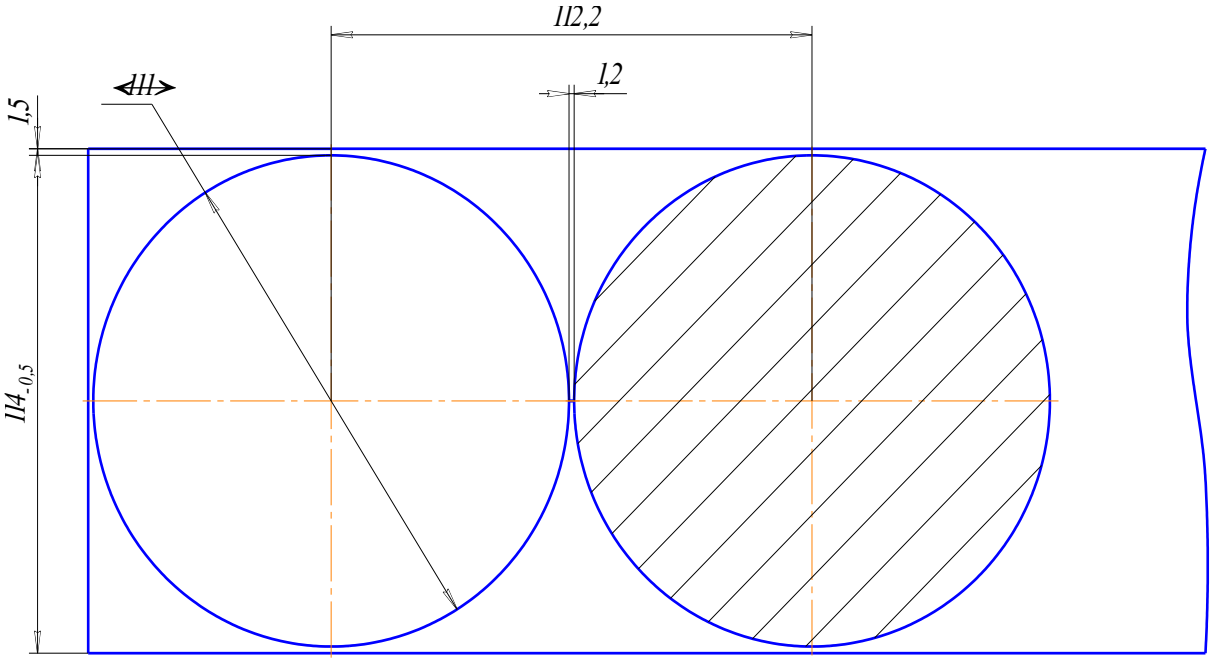


Рисунок 2.3 - Розкрій матеріалу (стрічки).

Аналіз КВМ показує, що оптимальним технологічним процесом є варіант II. КВМ = 75,6%

Згідно прейскуранта цін вартість стрічки – 4000 грн, аркуша – 5000 грн. При програмі випуску 10000 шт, можна знайти витрату металу. При використанні аркуша 1х1500х3000 (вага аркуша 35,3 кг), кількість деталей, одержуваних з одного аркуша 338 шт.; для програми 10000 шт необхідно 296 таких аркушів. Тоді витрата

металу складе: $296 \cdot 35{,}3 = 10448\ кг = 10{,}5\ т$. При використанні стрічки 1х114х28702 (вага стрічки 25 кг), кількість деталей, одержуваних з однієї стрічки 255 шт.; для програми 10000 шт необхідно 392 таких стрічок. Тоді витрата металу складе: $392 \cdot 25 = 9550\ кг = 9{,}8\ т$.

Знаючи ціну за одну тонну й витрату металу, ми можемо визначити ціну металу на програму:

по I варіанті $Ц_1 = G_1 \cdot C_{ЛИСТА} = 10{,}5 \cdot 5000 = 52500\ грн$

по II варіанті $Ц_2 = G_2 \cdot C_{ЛЕНТЫ} = 9{,}8 \cdot 4000 = 39200\ грн$

Порівнюючи ці варіанти ми одержуємо економічний ефект тільки на одному металі порядку 13300 грн.

2.1.5 Розрахунок технологічного процесу

Варіант 1

Розрахунок операцій і переходів.

1) Операція №1 різання

Визначаємо зусилля різання аркуша:

$$P = \frac{0{,}5 \cdot S^2 \cdot \sigma_{СР}}{tg\varphi}$$

$$\varphi = 2 \div 5^O$$

$$\sigma_{СР} = 25{,}8\ кгс/мм^2$$

$$P = \frac{0{,}5 \cdot 1^2 \cdot 25{,}8}{tg3} = 258\ кг = 2{,}5\ кН$$

2) Операція №2 вирубка

Визначаємо зусилля вирубки:

$$\mathrm{P_Д} = \pi \cdot \mathrm{D_З} \cdot \mathrm{S} \cdot \sigma_{\mathrm{СР}} \cdot \mathrm{К}$$

$D_З = 112мм$ – *диаметр вырубаемой заготовки*

$S = 1мм$ – *толщина вырубаемой заготовки*

$\sigma_{СР} = 25{,}8\ кгс/мм^2$ – *сопротивление срезу*

$К = 1{,}25$

$$P_Д = \pi \cdot 112 \cdot 1 \cdot 25{,}8 \cdot 1{,}25 = 11341{,}68\ кг = 113{,}4\ кН$$

Визначаємо зусилля зняття стрічки з пуансона:

$$P_{СН} = К_{СН} \cdot P_{ВЫР}$$

$K_{СН} = 0,08$ – *коефіцієнт зусилля зняття*

$P_{ВиР}$ – *узсилля вирубки*

$P_{СН} = 0,08 \cdot 11341,68 = 907,3$ *кг* $= 9,0$ *кН*

Визначаємо сумарне зусилля вирубки й зусилля зняття смуги:

$\Sigma P = P_{Д} + P_{СН} = 113,4 + 9 = 122,4$ *кН*

Визначаємо роботу деформації:

$$A = P_{СР} \cdot h_{Р} = 0,7 \cdot \Sigma P \cdot h_{Р}$$

$P_{СР}$ – *усредненное усилие штамповки*, *составляет* 70% *от усилия вырубки и усилия снятия полосы*

$h_P = 1$ *мм* – *рабочий ход пуансона*

$A = 0,7 \cdot 122,4 \cdot 1 = 85,68$ *Дж*

3) Операції: №3 витяжка I; №4 витяжка II;

№5 витяжка III; №6 витяжка IV

Витяжку проектуємо із притиском, тому що:

относительная высота $H / D = 60 / 40 = 1,5 > 0,7$,

а относительная толщина мала : $(S / D) \cdot 100\% = (1/116) \cdot 100\% = 0,86 < 2$

Тому що H/D>1, то витяжку виконуємо за кілька переходів.

Визначаємо число переходів при витяжці.

Кількість наступних переходів при витяжці визначається прийнятими коефіцієнтами витяжки й перебуває по формулі:

$$n = 1 + \frac{\lg d_{n} - \lg(m_{1} \cdot D_{3})}{\lg m_{2}} \quad [3]$$

d_{n} – диаметр готовой детали

D_{3} – диаметр заготовки

m_{1}, m_{2} – коэффициенты вытяжки на первом и втором переходах

Припустимі коефіцієнти витяжки (залежно від відносної товщини $(S / D) \cdot 100\%$): [3]

$m_1 = 0,56$

$m_2 = 0,74$

$$m_3 = \frac{d_3}{d_2} = \frac{16}{46,4} = 0,34$$

$$m_4 = \frac{d_4}{d_2} = \frac{41}{46,4} = 0,883$$

$$\text{n} = 1 + \frac{\lg 40 - \lg(0,49 \cdot 146)}{\lg 0,73} = 2,8 \approx 3$$

Визначаємо розміри напівфабрикатів по переходах.

Знаходимо діаметри:

$$d_1 = m_1 \cdot D_3 = 0,56 \cdot 112 = 62,7 \text{ мм}$$
$$d_2 = m_2 \cdot d_1 = 0,74 \cdot 63 = 46,39 \approx 46,4 \text{ мм}$$

Діаметри напівфабрикатів визначені по середній товщині деталі.

Знаходимо висоти:

$$h_1 = 0,25(\frac{D_{ЗАГ}}{m_1} - d_1) = 0,25(\frac{112}{0,56} - 62,7) = 34,3 \text{ мм}$$

$$h_2 = 0,25 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{m_1 \cdot m_2} - d_2) = 0,25(\frac{112}{0,56 \cdot 0,74} - 46,4) = 56,6 \text{мм}$$

$$h_4 = 0,25 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{m_1 \cdot m_2 \cdot m_4} - d_4) = 0,25 \cdot (\frac{112}{0,56 \cdot 0,74 \cdot 0,883} - 41) = 66,4 \text{ мм}$$

Визначаємо технологічне зусилля витяжки:

$$\sigma_B = 32 \text{ кгс} / \text{мм}^2$$

$$P_1 = 0,95 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m_1} - 1) = 0,95 \cdot \pi \cdot 62,7 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0,56} - 1) =$$
$$= 4702,5 \text{ кг} = 47 \text{ кН}$$

$$P_2 = 0,95 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m_2} - 1) = 0,95 \cdot \pi \cdot 46,4 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0,74} - 1) =$$
$$= 1556,1 \text{ кг} = 15,5 \text{ кН}$$

$$P_3 = 0,95 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m_3} - 1) = 0,95 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0,34} - 1) =$$
$$= 2964,7 \text{ кг} = 29,6 \text{ кН}$$

$$P_4 = 0,95 \cdot \pi \cdot d_4 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m_4} - 1) = 0,95 \cdot \pi \cdot 41 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0,883} - 1) =$$
$$= 518,5 \text{кг} = 5,2 \text{кН}$$

Визначаємо зусилля притиску при витяжці:

$$q_1 = 0{,}2 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{d_1} - 1{,}2)(\frac{S}{D_{ЗАГ}} \cdot 100) = 0{,}10 \; {кг}/{мм^2}$$

$$q_2 = 0{,}2 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{d_2} - 1{,}2)(\frac{S}{D_{ЗАГ}} \cdot 100) = 0{,}21 \; {кг}/{мм^2}$$

$$q_3 = 0{,}2 \cdot (\frac{d_2}{d_3} - 1{,}2)(\frac{S}{d_2} \cdot 100) = 0{,}73 \; {кг}/{мм^2}$$

$$q_4 = 0{,}2 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{d_4} - 1{,}2)(\frac{S}{D_{ЗАГ}} \cdot 100) = 0{,}27 \; {кг}/{мм^2}$$

$$Q_1 = q_1 \cdot F_1 = q_1 \cdot \frac{\pi}{4}[D_{ЗАГ}^2 - (d_1 + 2r_M)^2] =$$

$$= 0{,}10 \cdot \frac{\pi}{4}[112^2 - (62{,}7 + 2 \cdot 6)^2] = 546 \; кг = 5{,}4 \; кН$$

$$Q_2 = q_2 \cdot F_2 = q_2 \cdot \frac{\pi}{4}[d_1^2 - (d_2 + 2r_M)^2] =$$

$$= 0{,}21 \cdot \frac{\pi}{4}[62{,}7^2 - (46{,}4 + 2 \cdot 5)^2] = 123{,}6 \; кг = 1{,}2 \; кН$$

$$Q_3 = q_3 \cdot F_3 = q_3 \cdot \frac{\pi}{4}[d_2^2 - (d_3 + 2r_M)^2] =$$

$$= 0{,}73 \cdot \frac{\pi}{4}[46{,}4^2 - (16 + 2 \cdot 3)^2] = 956{,}4 \; кг = 9{,}5 \; кН$$

$$Q_4 = q_4 \cdot F_4 = q_4 \cdot \frac{\pi}{4}[d_2^2 - (d_4 + 2r_M)^2] =$$

$$= 0{,}27 \cdot \frac{\pi}{4}[46{,}4^2 - (41 + 2 \cdot 3)^2] = -11{,}8 \; кг = -0{,}1 \; кН$$

Значить на останньому переході притиск не потрібний.

Зусилля для вибору розраховується як сума зусилля витяжки й притиску:

На 1 *переходе* $\Sigma P = P_1 + Q_1 = 47 + 5{,}4 = 52{,}4 \; кН$

На 2 *переходе* $\Sigma P = P_2 + Q_2 = 15{,}5 + 1{,}2 = 16{,}7 \; кН$

На 3 *переходе* $\Sigma P = P_3 + Q_3 = 29{,}6 + 9{,}5 = 39{,}1 \; кН$

На 4 *переходе* $\Sigma P = P_4 = 5{,}2 \; кН$

Визначаємо роботу деформації:

$A = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot H$

$H = h + r_M$

h – *высота полуфабрикатов*

r_M – *радиус матрицы*

$A_1 = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot (h_1 + r_{M1}) = 0{,}7 \cdot 52{,}4 \cdot (34 + 6) = 1467 \; Дж$

$A_2 = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot (h_2 + r_{M2}) = 0{,}7 \cdot 16{,}7 \cdot (57 + 5) = 724 \; Дж$

$A_3 = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot (h_3 + r_{M3}) = 0{,}7 \cdot 39{,}1 \cdot (7 + 3) = 273 \; Дж$

$A_4 = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot (h_4 + r_{M4}) = 0{,}7 \cdot 5{,}2 \cdot (66 + 3) = 251 \; Дж$

4) Операція №7 обрізка пробивання

Визначаємо зусилля пробивання отвору (10мм:

$$P_1 = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{CP} \cdot K = \pi \cdot 10 \cdot 1 \cdot 25{,}8 \cdot 1{,}25 = 1012{,}6\ кг = 10{,}1\ кН$$

Визначаємо зусилля обрізки:

$$P_2 = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{CP} \cdot K = \pi \cdot 42 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 1{,}25 = 5275{,}2\ кг = 52{,}7\ кН$$

$$\Sigma P = P_1 + P_2 = 10{,}1 + 52{,}7 = 62{,}8\ кН$$

5) Операція №8 отбортовка

Визначаємо зусилля отбортовки:

$$P = 1{,}5\pi \cdot (D - d_{ОТБ}) \cdot S \cdot \sigma_B = 1{,}5\pi \cdot (16 - 10) \cdot 1 \cdot 32 = 904{,}32\ кг = 9{,}0\ кН$$

Варіант II

1) Операція №1 вирубка

Визначаємо зусилля вирубки:

$$\mathrm{P_Д} = \pi \cdot \mathrm{D_З} \cdot \mathrm{S} \cdot \sigma_{\mathrm{СР}} \cdot \mathrm{К}$$

$D_З = 111 мм$ – *диаметр вырубаемой заготовки*
$S = 1 мм$ – *толщина вырубаемой заготовки*
$\sigma_{CP} = 25{,}8\ кгс/мм^2$ – *сопротивление срезу*
$K = 1{,}25$

$$P_Д = \pi \cdot 111 \cdot 1 \cdot 25{,}8 \cdot 1{,}25 = 11240{,}0\ кг = 112{,}4\ кН$$

Визначаємо зусилля зняття стрічки з пуансона:

$$\mathrm{P_{СН}} = \mathrm{К_{СН}} \cdot \mathrm{P_{ВЫР}}$$

$\mathrm{К_{СН}} = 0{,}08$ – коэффициент усилия снятия
$\mathrm{P_{ВЫР}}$ – усилие вырубки

$$P_{СН} = 0{,}08 \cdot 11240{,}0 = 889{,}2\ кг = 8{,}9\ кН$$

Визначаємо сумарне зусилля вирубки й зусилля зняття смуги:

$$\Sigma P = P_Д + P_{СН} = 112{,}4 + 8{,}9 = 121{,}3\ кН$$

Визначаємо роботу деформації:

$$\mathrm{A} = \mathrm{P_{СР}} \cdot \mathrm{h_Р} = 0{,}7 \cdot \Sigma \mathrm{P} \cdot \mathrm{h_Р}$$

P_{CP} – *усредненное усилие штамповки, составляет* 70%
от усилия вырубки и усилия снятия полосы
$h_P = 1$ *мм – рабочий ход пуансона*

$A = 0{,}7 \cdot 121{,}3 \cdot 1 = 84{,}9$ *Дж*

2) Операція №2 пробивання витяжка

Визначаємо зусилля пробивання отвору (1,6мм:

$P_1 = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{CP} \cdot K = \pi \cdot 1{,}6 \cdot 1 \cdot 25{,}8 \cdot 1{,}25 = 162{,}0$ *кг* $= 1{,}6$ *кН*

Розрахунок витяжки(під отбортовку)

$\sigma_B = 32$ *кгс / мм*^{2}

$$P = 0{,}95 \cdot \pi \cdot D_0 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m} - 1) = 0{,}95 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0{,}14} - 1) =$$
$$= 9381{,}1 \text{ кг} = 93 \text{ кН}$$

$q = 0{,}4$ *кг/мм*^{2} [4]

$$Q = q \cdot F = q \cdot \frac{\pi}{4}[D_{ЗАГ}^2 - (D_0 + 2r_M)^2] =$$
$$= 0{,}4 \cdot \frac{\pi}{4}[111^2 - (16 + 2 \cdot 3)^2] = 3716{,}8 \text{ кг} = 37{,}2 \text{ кН}$$

$P_2 = P + Q = 93 + 37{,}2 = 130{,}2$ *кН*

$\Sigma P = P_1 + P_2 = 1{,}6 + 130{,}2 = 131{,}8$ *кН*

3) Операції: №3 витяжка II; №4 витяжка III; №5 витяжка IV

Витяжку проектуємо із притиском, тому що:

отностельная высота $H / D = 60 / 40 = 1{,}5 > 0{,}7$,
а относительная толщина мала : $(S / D) \cdot 100\% = (1/111) \cdot 100\% = 0{,}9 < 2$

Тому що H/D>1, то витяжку виконуємо за кілька переходів.

Визначаємо число переходів при витяжці.

Кількість наступних переходів при витяжці визначається прийнятими коефіцієнтами витяжки й перебуває по формулі:

$$n = 1 + \frac{\lg d_n - \lg(m_1 \cdot D_3)}{\lg m_2} [3]$$

d_n – диаметр готовой детали

D_3 – диаметр заготовки

m_1, m_2 – коэффициенты вытяжки на первом и втором переходах

Припустимі коефіцієнти витяжки (залежно від відносної товщини $(S/D)\cdot 100\%$): [3]

$m_1 = 0{,}59$

$m_2 = 0{,}79$

$$m_3 = \frac{d_3}{d_2} = \frac{41}{51{,}7} = 0{,}793$$

$$n = 1 + \frac{\lg 41 - \lg(0{,}59 \cdot 111)}{\lg 0{,}79} = 3{,}04 \approx 3$$

Визначаємо розміри напівфабрикатів по переходах.

Знаходимо діаметри:

$d_1 = m_1 \cdot D_З = 0{,}59 \cdot 111 = 65{,}49 \approx 65{,}5$ *мм*

$d_2 = m_2 \cdot d_1 = 0{,}79 \cdot 65{,}5 = 51{,}74 \approx 51{,}7$ *мм*

Діаметри напівфабрикатів визначені по середній товщині деталі.

Знаходимо висоти:

$$h_1 = 0{,}25(\frac{D_{ЗАГ}}{m_1} - d_1) = 0{,}25(\frac{111}{0{,}59} - 65{,}5) = 30{,}65 \text{ мм}$$

$$h_2 = 0{,}25 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{m_1 \cdot m_2} - d_2) = 0{,}25(\frac{111}{0{,}59 \cdot 0{,}79} - 51{,}7) = 46{,}61 \text{мм}$$

$$h_3 = 0{,}25 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{m_1 \cdot m_2 \cdot m_3} - d_3) = 0{,}25 \cdot (\frac{111}{0{,}56 \cdot 0{,}79 \cdot 0{,}793} - 41) = 64{,}83 \text{ мм}$$

Визначаємо технологічне зусилля витяжки:

$\sigma_B = 32$ *кгс / мм*^{2}

$$P_1 = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m_1} - 1) = 0{,}95 \cdot \pi \cdot 65{,}5 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0{,}59} - 1) =$$

$$= 4344{,}8 \text{ кг} = 43 \text{ кН}$$

$$P_2 = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m_2} - 1) = 0{,}95 \cdot \pi \cdot 51{,}7 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0{,}79} - 1) =$$

$$= 1311{,}8 \text{ кг} = 13{,}1 \text{ кН}$$

$$P_3 = 0{,}95 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \sigma_B \cdot S \cdot (\frac{1}{m_3} - 1) = 0{,}95 \cdot \pi \cdot 41 \cdot 32 \cdot 1 \cdot (\frac{1}{0{,}793} - 1) =$$

$$= 1021{,}6 \text{ кг} = 10{,}2 \text{ кН}$$

Визначаємо зусилля притиску при витяжці:

$$q_1 = 0{,}2 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{d_1} - 1{,}2)(\frac{S}{D_{ЗАГ}} \cdot 100) = 0{,}08 \; кг/мм^2$$

$$q_2 = 0{,}2 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{d_2} - 1{,}2)(\frac{S}{D_{ЗАГ}} \cdot 100) = 0{,}17 \; кг/мм^2$$

$$q_3 = 0{,}2 \cdot (\frac{D_{ЗАГ}}{d_3} - 1{,}2)(\frac{S}{D_{ЗАГ}} \cdot 100) = 0{,}27 \; кг/мм^2$$

$$Q_1 = q_1 \cdot F_1 = q_1 \cdot \frac{\pi}{4}[D_{ЗАГ}^2 - (d_1 + 2r_M)^2] =$$

$$= 0{,}08 \cdot \frac{\pi}{4}[111^2 - (65{,}5 + 2 \cdot 6)^2] = 396{,}5 \; кг = 3{,}9 \; кН$$

$$Q_2 = q_2 \cdot F_2 = q_2 \cdot \frac{\pi}{4}[d_1^2 - (d_2 + 2r_M)^2] =$$

$$= 0{,}17 \cdot \frac{\pi}{4}[65{,}5^2 - (51{,}7 + 2 \cdot 6)^2] = 31{,}0 \; кг = 0{,}3 \; кН$$

$$Q_3 = q_3 \cdot F_3 = q_3 \cdot \frac{\pi}{4}[d_2^2 - (d_3 + 2r_M)^2] =$$

$$= 0{,}27 \cdot \frac{\pi}{4}[51{,}7^2 - (41 + 2 \cdot 5)^2] = 15{,}2 \; кг = 0{,}15 \; кН$$

Зусилля для вибору устаткування розраховується як сума зусилля витяжки й притиску:

На 1 *переходе* $\Sigma P = P_1 + Q_1 = 43 + 3{,}9 = 46{,}9 \; кН$

На 2 *переходе* $\Sigma P = P_2 + Q_2 = 13{,}1 + 0{,}3 = 13{,}4 \; кН$

На 3 *переходе* $\Sigma P = P_3 + Q_3 = 10{,}2 + 0{,}1 = 10{,}3 \; кН$

Визначаємо роботу деформації:

$A = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot H$

$H = h + r_M$

h – *высота полуфабрикатов*

r_M – *радиус матрицы*

$A_1 = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot h_1 = 0{,}7 \cdot 46{,}9 \cdot 36{,}6 = 1201 \; Дж$

$A_2 = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot h_2 = 0{,}7 \cdot 13{,}4 \cdot 52{,}6 = 493 \; Дж$

$A_3 = 0{,}7 \cdot \Sigma P \cdot h_3 = 0{,}7 \cdot 10{,}3 \cdot 69{,}8 = 503 \; Дж$

4) Операція №6 обрізка пробивання

Визначаємо зусилля пробивання отвору (10мм:

$$P_1 = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{СР} \cdot K = \pi \cdot 10 \cdot 1 \cdot 25{,}8 \cdot 1{,}25 = 1012{,}6 \; кг = 10{,}1 \; кН$$

Визначаємо зусилля обрізки:

$$P_2 = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_{СР} \cdot K = \pi \cdot 42 \cdot 1 \cdot 32 \cdot 1{,}25 = 5275{,}2 \; кг = 52{,}7 \; кН$$

$\Sigma P = P_1 + P_2 = 10{,}1 + 52{,}7 = 62{,}8\ кН$

5) Операція №7 отбортовка

Визначаємо зусилля отбортовки:

$P = 1{,}5\pi \cdot (D - d_{ОТБ}) \cdot S \cdot \sigma_B = 1{,}5\pi \cdot (16 - 10) \cdot 1 \cdot 32 = 904{,}32\ кг = 9{,}0\ кН$

2.2.6 Вибір пресового устаткування

Для правильного вибору технологічного устаткування потрібно виходити з наступних положень:

технологічне зусилля операції або штампа, що сполучає кілька операцій або переходів, повинне бути трохи менше зусилля устаткування;

робота на даній операції штампа повинна забезпечуватися потужністю устаткування;

розміри стола й закритої висоти штампа повинні забезпечити установку й закріплення штампа;

величина ходу повзуна повинна відповідати технологічній операції;

зручність і безпека обслуговування преса повинні відповідати вимогам техніки безпеки.

Варіант 1

Операція №1. Різання аркуша

Згідно товщини аркуша (S=1мм) і довжини різа (L=1500мм) вибираємо гільйотині ножиці Н3314: $S_Н = 2{,}5$ мм; $P_Н = 40$ кН; $n = 65$ мин$^{-1}$.

Операція №2. Вирубка заготівлі.

По силових умовах: $P_Д = 113{,}4\ кН$ вибираємо кривошипний прес КД2122, що має наступні параметри: $P_Н = 160$ кН; $h_{МАХ} = 55$ мм; $n_{МАХ} = 120$ мин$^{-1}$.

Операція №3 Витяжка I.

По силових умовах: $\Sigma P = 52{,}4\ кН$ *и* $S_P = 2{,}1 \cdot 35 = 73{,}5\ мм$ вибираємо кривошипний прес КД2128 що має наступні параметри: $P_Н = 630$ кН; $h_{МАХ} = 100$ мм; $n_{МАХ} = 90$ мин$^{-1}$.

Операція №4. Витяжка II.

По силових умовах: $\Sigma P = 16{,}7\ кН\ и\ S_P = 2{,}1 \cdot 57 = 119{,}7\ мм$ вибираємо кривошипний прес К2130 що має наступні параметри:

$P_н = 1000$ кН; $h_{МАХ} = 130$ мм; $n_{МАХ} = 80$ мин$^{-1}$.

Операція №5. Витяжка III.

По силових умовах: $\Sigma P = 39{,}1\ кН\ и\ S_P = 2{,}1 \cdot 57 = 119{,}7\ мм$ вибираємо кривошипний прес К2130 що має наступні параметри:

$P_н = 1000$ кН; $h_{МАХ} = 130$ мм; $n_{МАХ} = 80$ мин$^{-1}$.

Операція №6. Витяжка IV.

Згідно $\Sigma P = 5{,}2\ кН\ и\ S_P = 2{,}1 \cdot 65 = 136{,}5\ мм$ вибираємо кривошипний прес К2234: $P_н = 2500$ кН; $h_{МАХ} = 200$ мм; $n_{МАХ} = 35$ мин$^{-1}$.

Операція №7. Пробивання отвору-обрізка.

Згідно $\Sigma P = 10{,}1\ кН\ и\ S_P = 65\ мм$ вибираємо кривошипний прес КД2128 що має наступні параметри: $P_н = 630$ кН; $h_{МАХ} = 100$ мм; $n_{МАХ} = 90$ мин$^{-1}$.

Операція №8. Отбортовка отвору.

Згідно $\Sigma P = 9\ кН\ и\ S_P = 60\ мм$ вибираємо кривошипний прес КД2128 що має наступні параметри: $P_н = 630$ кН; $h_{МАХ} = 100$ мм; $n_{МАХ} = 90$ мин$^{-1}$.

Варіант 2

Операція №1. Вирубка заготівлі.

По силових умовах: $P_Д = 112{,}4\ кН$ вибираємо кривошипний прес КД2122, що має наступні параметри:

$P_н = 160$ кН; $h_{МАХ} = 55$ мм; $n_{МАХ} = 120$ мин$^{-1}$.

Операція №2. Пробивання отвору- витяжка I.

По силових умовах: $\Sigma P = 131{,}8 кН\ и\ S_P = 2{,}1 \cdot 7 = 14{,}7\ мм$ вибираємо кривошипний прес КД2122, що має наступні параметри:

$P_н = 160$ кН; $h_{МАХ} = 55$ мм; $n_{МАХ} = 120$ мин$^{-1}$.

Операція №3. Витяжка II.

По силових умовах: $\Sigma P = 46{,}9 кН\ и\ S_P = 2{,}1 \cdot 31 = 65{,}1\ мм$ вибираємо кривошипний прес КД2128 що має наступні параметри: $P_н = 630$ кН; $h_{МАХ} = 100$ мм; $n_{МАХ} = 90$ мин$^{-1}$.

Операція №4. Витяжка III.

По силових умовах: $\Sigma P = 13{,}4\ кН\ и\ S_P = 2{,}1 \cdot 47 = 98{,}7\ мм$ вибираємо кривошипний прес К2130 що має наступні параметри:

$P_н = 1000$ кН; $h_{MAX} = 130$ мм; $n_{MAX} = 80$ мин$^{-1}$.

Операція №5. Витяжка IV.

Згідно $\Sigma P = 10{,}3\ кН\ и\ S_P = 2{,}1 \cdot 65 = 136{,}5\ мм$ вибираємо кривошипний прес К2234: $P_н = 2500$ кН; $h_{MAX} = 200$ мм; $n_{MAX} = 35$ мин$^{-1}$.

Операція №6. Пробивання отвору обрізка.

Згідно $\Sigma P = 10{,}1\ кН\ и\ S_P = 65\ мм$ вибираємо кривошипний прес КД2128 що має наступні параметри: $P_н = 630$ кН; $h_{MAX} = 100$ мм; $n_{MAX} = 90$ мин$^{-1}$.

Операція №7. Отбортовка отвору.

Згідно $\Sigma P = 9\ кН\ и\ S_P = 60\ мм$ вибираємо кривошипний прес КД2128 що має наступні параметри: $P_н = 630$ кН; $h_{MAX} = 100$ мм; $n_{MAX} = 90$ мин$^{-1}$.

2.1.7 Система змащення

Призначення змащення при витяжці полягає в зменшенні тертя між матеріалом і інструментом, зниженні напруг у матеріалі й запобіганні штампів і виробів від задирів і подряпин. Витяжні штампи в більшості випадків виходить із ладу не через їхнє повне зношування, а в наслідок утворення задиров, подряпин і псування поверхні штампуємих деталей.

Змащення повинна мати властивості:

створювати міцну плівку, що не засихає, здатну витримувати значні тиски;

давати рівномірний розподіл шару, що змазує, по поверхні й прилипание;

легко віддалятися з поверхні деталі;

бути хімічно стійкою й нешкідливої.

Для змащення стали 08Ю застосовують емульсію, що складається з 10% молібденіту й 90% ланолінового масла [3].

Для змащення витяжних штампів як мастильний матеріал застосовують «Укринол-5/5», що рекомендується для важкої витяжки [3].

Видалення змащення з відшліфованих деталей вироблятися гарячим знежиренням у лужних ваннах.

2.1.8 Конструювання і розрахунок штампів

На практиці часто зустрічаються двох і три операційні штампи, що сполучають операції: вирубки з витяжкою, витяжки з обрізкою, пробивання отворів з отбортовкой, відрізки із гнучкої, вирізки-витяжки із пробиванням отвору.

При виконанні курсового проекту був спроектований штамп простої дії для витяжки. Він виконує витяжку склянки. Заготівля одягається на притискне кільце. При ході повзуна вниз притискним кільцем заготівля спочатку притискається до площини матриці, потім матриця при подальшому ході своєю внутрішньою порожниною виконує витяжку на пуансоні. При зворотному ході буферний пристрій преса через штовхачі піднімає притискне кільце й знімає витягнуту склянку з пуансона. Склянка залишається в порожнині матриці й наприкінці ходу нагору виштовхується з її шайбою, зусилля якої від коромисла преса передається через штовхач.

2.2 Конструювання і розрахунок на міцність робочих деталей штампа

Матриця й пуансон визначають працездатність, надійність і довговічність штампа. Їхній розрахунок і конструювання - найважливіший етап розробки документації штампа.

Розрахунок пуансона

Пуансони варто перевіряти на зминання опорною поверхнею головки пуансона про поверхні плити, на стиск і поздовжній вигин самого пуансона в найменшому перетині.

Перевіримо витяжний пуансон на стиск:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f},$$

де P - технологічне зусилля, сприймане пуансоном;

f - площа робочої частини.

$$f = \frac{\pi}{4}(d_1^2 - d_2^2) = \frac{3{,}14}{4}(40^2 - 23^2) = 840{,}7 мм^2$$

$$\sigma_{СЖ} = \frac{1110}{840{,}7} = 1{,}32 \, кг/мм^2 = 13{,}2 \, МПа$$

Припустиме $[\sigma_{СЖ}] = 160 \, кг/мм^2 = 1600$ МПа

Умова міцності: $\sigma_{сж} < [\sigma_{СЖ}]$

Перевіримо витяжний пуансон на зминання:

$$\sigma_{СМ} = \frac{P}{F},$$

де P - технологічне зусилля, сприймане пуансоном;

F - площа опорної частини.

$$F = \frac{\pi d_1^{\,2}}{4}$$

$$\sigma_{СМ} = \frac{P \cdot 4}{\pi d_1^{\,2}} = \frac{1030 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 46^2} = 0{,}62 \, кг/мм^2 = 6{,}2 \, МПа$$

Припустиме $[\sigma_{СМ}] = 160 \, кг/мм^2 = 1600$ МПа

Розрахуємо вільну довжину пуансона на поздовжній вигин:

$$l_{МАХ} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot P \cdot 4}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2{,}2 \cdot 10^4 \cdot 0{,}05 \cdot 42^4}{4 \cdot 4 \cdot 1030}} = 1428 \, мм$$

$l_{МАХ} > l$

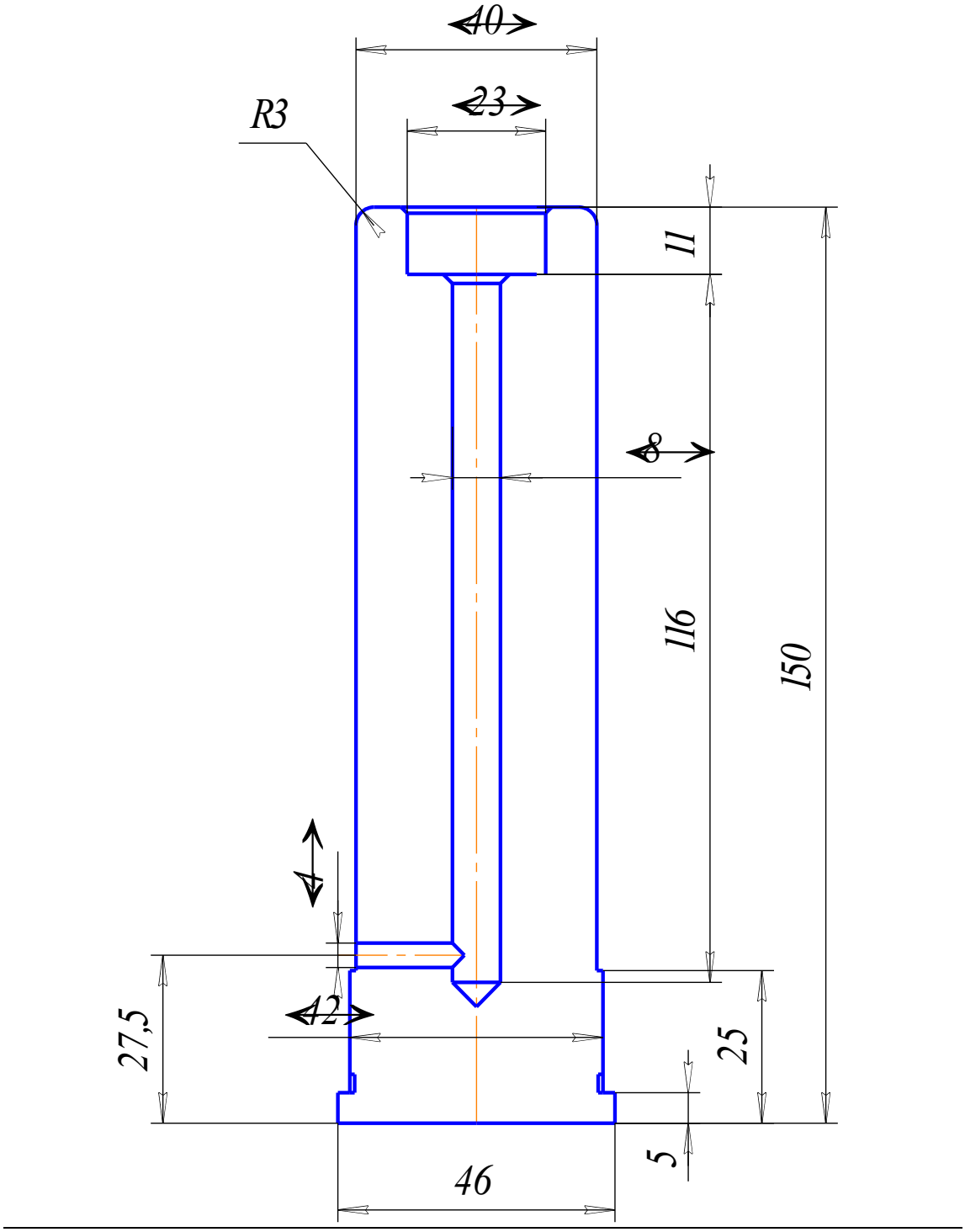


Рисунок 2.4 - Витяжний пуансон

Розрахунок матриці

Форма матриці визначається формою й розмірами штампуємої деталі. Розміри матриці можна визначити по емпіричних формулах, за табличним даними й теоретичними розрахунками, використовуючи формули Ляме.

Згідно В.П.Романовського габаритні розміри матриці для витяжки склянки (40 мм, визначимо в такий спосіб:

$A = a + (2,5 \div 4,0)H_M$;

$B = b + (2,5 \div 4,0)H_M$;

де a й b - розміри штампуємої деталі, мм;

A й B - розміри матриці, мм;

H_M - товщина матриця, мм.

$$H_M = S + K_M\sqrt{1,57D_{ЗАГ}} + 7$$

$$K_M = (0,5 \div 2,0)$$

$$H_M = 1 + 1 \cdot \sqrt{1,57 \cdot 42} + 7 = 16,1\ мм$$

$$H_M = 0,2 \cdot d_{заг} = 0,2 \cdot 51 = 10,2\ мм$$

Товщину матриці можна визначити по [6] і через зусилля $P_Д$,кН:

$$H_M = \sqrt[3]{100P_Д} = \sqrt[3]{100 \cdot 10,30} = 10,09\ мм$$

Товщину матриці округляємо до найближчого більшого значення й приймаємо: $H_M = 16\ мм$.

Таким чином, габарити матриці:

$$A = B = D_M = d_M + (2,5 \div 4,0)H_M = 42 + 4 \cdot 16 = 106\ мм$$

Приймаємо по Рудману [6]: $D_M = 100$ мм

Товщину матриці й товщину стінки матриці можна перевірити на міцність спеціальним розрахунком, заснованим на визначенні напруг, що виникають у небезпечному перерізі. Стінки циліндричної матриці випробовують розширювальне зусилля у вигляді нормального тиску $P_Р$, що виникає від деформуємого матеріалу в процесі різання. До цього тиску додається тиск торців $p_{ТОР.М.}$ деталі або відходу, обумовленого від вихідної заготівлі. Стінка матриці в момент різання випробовує максимальний сумарний тиск:

$P_{ОБЩ} = P_Р + p_{ТОР.М.}$, де $P_P = \dfrac{0,3P_Д}{\pi \cdot D_{ЗАГ} \cdot h_П} = \dfrac{0,3 \cdot 1030}{3,14 \cdot 42 \cdot 64,8} = 0,038\ кг/мм^2 = 3,8\ МПа$

$p_{ТОР.М.} = 10,4\ кг/мм^2$ згідно [4].

Визначимо напругу на контактній поверхні в осьовому напрямку:

$$\sigma_Z = \frac{P_Д}{\pi \cdot \left[\left(\frac{D+S}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2\right]} = \frac{1030}{3{,}14 \cdot \left[\left(\frac{42+1}{2}\right)^2 - \left(\frac{42}{2}\right)^2\right]} =$$

$$= 16{,}8 \, {кг}/{мм^2} = 168 \, МПа$$

$$\sigma_Z < [\sigma_{СЖ}]; \; [\sigma_{СЖ}] = 160 \, {кг}/{мм^2} = 1600 \text{ МПа}$$

Визначимо нормальна напруга в радіальному напрямку:

$$\sigma_r = -P_{ОБЩ} = -(3{,}8 + 10{,}4) = -14{,}2 \, {кг}/{мм^2} = -142 \, МПа$$

$$\sigma_r < [\sigma_{СЖ}]; \; [\sigma_{СЖ}] = 160 \, {кг}/{мм^2} = 1600 \text{ МПа}$$

Визначимо нормальна напруга в тангенціальному напрямку:

$$\sigma_\tau = P_{ОБЩ} \cdot \frac{\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 + \left(\frac{d_M}{2}\right)^2}{\left(\frac{D_M}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_M}{2}\right)^2} = 14{,}2 \cdot \frac{\left(\frac{100}{2}\right)^2 + \left(\frac{42}{2}\right)^2}{\left(\frac{100}{2}\right)^2 - \left(\frac{42}{2}\right)^2} =$$

$$= 20{,}28 \, {кг}/{мм^2} = 202{,}8 \, МПа$$

$$\sigma_\tau < [\sigma_р]; [\sigma_р] = 50 \, {кг}/{мм^2} = 500 \text{ МПа}$$

У такий спосіб розміри матриці обрані вірно (мал.5)

По таблиці 18 [6] вибираємо розмір і кількість гвинтів і штифтів. У моєму випадку гвинтів М8 - 4 шт, 2 шт штифтів (8 мм.

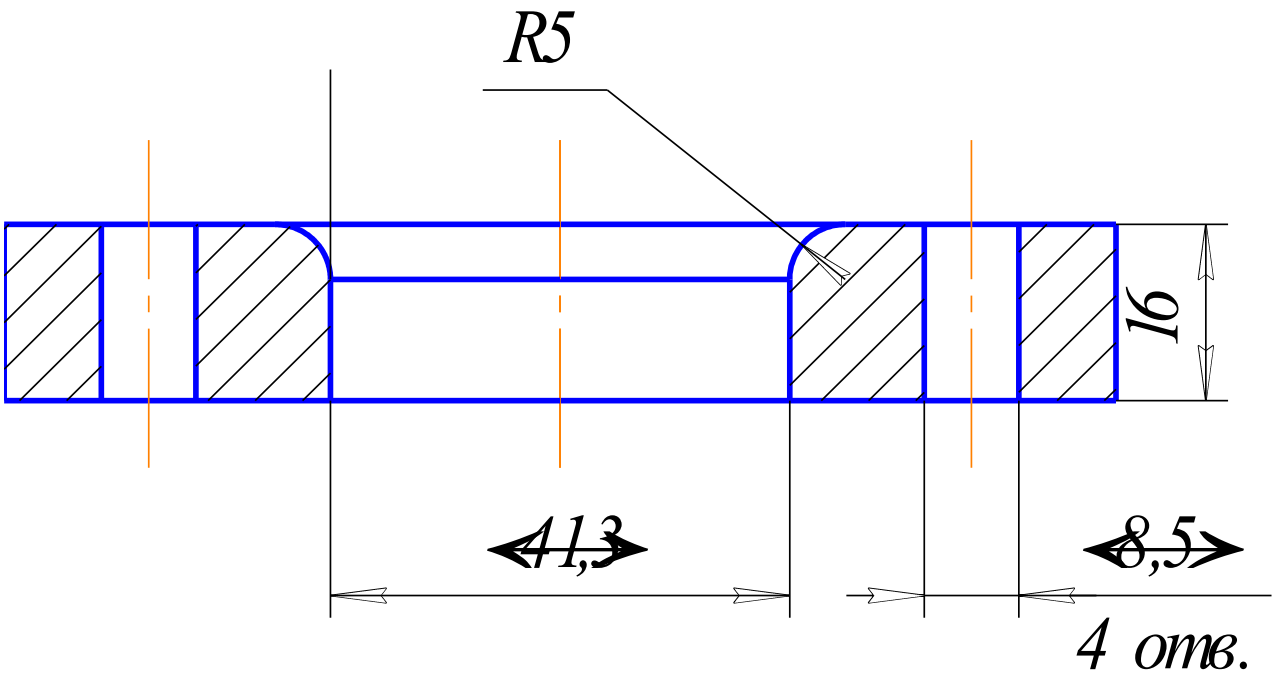


Рисунок 2.5 - Витяжна матриця

Розрахунок плити на міцність

По габаритах матриці вибираємо блок штампа, у нашому випадку блок №14 за ДСТ 13124-83.

Товщину верхньої й нижньої плит варто визначати відповідним розрахунком на міцність і твердість. Однак через велику кількість факторів, що впливають на умови нагруження плит, точний розрахунок виконати практично неможливо. Тому на практиці варто обмежуватися заданими товщинами плит стандартизованих блоків з їхньою перевіркою на міцність. Допустимо, що повне навантаження сприймає тільки нижня плита й характер її навантаження однаковий у всіх її перетинах, перпендикулярних до її площини. Тоді необхідний момент опору W_D перетину плити в напрямку розміру $D_{ПЛ}$ отвору в подштамповій плиті преса орієнтовно можна визначити з вираження:

$$W_D = 0{,}25 \cdot \frac{P \cdot D_{ПЛ}}{[\sigma_И]},$$

де P - повне розрахункове зусилля (повне навантаження), що діє на нижню плиту,

$[\sigma_{И}]$ - напруження, що допускається на вигин матеріалу нижньої плити.

$[\sigma_{И}] = 1250\ кг/см^2$ для сталі 35Л

За знайденим значенням моменту опору визначають необхідну товщину плити:

$$H_{ПЛ} = 2{,}5\sqrt{\frac{W_D}{A}},$$

де А - габаритний розмір плити (А=100 мм)

$$W_D = 0{,}25 \cdot \frac{P \cdot D_{ПЛ}}{[\sigma_И]} = 0{,}25 \cdot \frac{1030 \cdot 8}{1250} = 1{,}65\ см^3$$

$$H_{ПЛ} = 2{,}5\sqrt{\frac{W_D}{A}} = 2{,}5\sqrt{\frac{1{,}65}{10}} = 1{,}0\ см = 10\ мм$$

За ДСТ 13124-83 товщина нижньої плити - 40 мм.

Розрахунок виконавчих розмірів інструмента

$$d_М = (d_Н + z)^{+\delta_М}$$
$$d_П = d_{-\delta_П}$$

де $d_М, d_П$ - виконавчі розміри матриці й пуансона при витяжка;

d - номінальний розмір склянки

$\delta_М, \delta_П$ - допуски на виготовлення матриці й пуансона;

z – номінальний діаметральний зазор між пуансоном і матрицею ($z = 1{,}3 \cdot S$).

Маємо:

$$d_М = (d_Н + z)^{+\delta_М} = (40 + 1{,}3)^{+0{,}08} = 41{,}3^{+0{,}08}\ мм$$
$$d_П = d_{-\delta_П} = 40_{-0{,}05}\ мм$$

Розрахунок буферного пристрою притиску

1. Зусилля спочатку й наприкінці притиску:

$$P_1 = 0{,}08P_Д = 0{,}08 \cdot 1030 = 82{,}4\ кг = 824\ Н$$
$$P_2 = 0{,}32P_Д = 0{,}32 \cdot 1030 = 329{,}6\ кг = 3296\ Н$$

2. Робочий хід буфера:

Робочий хід буфера: $h_{БФ} = 2S + h,$

де h – *высота после третьей вытяжки*

$h_{БФ} = 2S + h, = 2 \cdot 1 + 64{,}8 \approx 67\ мм$

3. Попередній стиск:

$$\Delta_1 = \frac{h_{БФ}}{\frac{P_2}{P_1} - 1} = \frac{67}{\frac{0{,}32}{0{,}08} - 1} = 22{,}3\ мм$$

4. Повний стиск:

$\Delta_2 = \Delta_1 + h_{БФ} = 22{,}3 + 67 = 89{,}3\ мм$

5. Необхідна корисна площа поліуретанового буфера:

$$F_{БФ} = \frac{P_2 \eta}{4} = \frac{1030 \cdot 1}{4} = 257{,}5\ мм^2$$

6. Діаметр кільця буфера при діаметрі стрижня $d_{БФ} = 10\ мм$:

$$D_{БФ} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot F_{БФ} + d_{БФ}^2} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 257{,}5 + 10^2} = 20{,}6\ мм \approx 21\ мм$$

7. Тоді висота кільця буфера:

$H_{БФ}^{/} \le 0{,}3 D_{БФ} = 6{,}3\ мм$

8. Висота буфера:

$$H_{БФ} = \frac{\Delta_2}{\psi} = \frac{89{,}3}{0{,}3} = 297{,}6\ мм$$

По зусиллю буфера й найбільший робочій деформації (стиск) буфера вибираємо буфер 1085-2635 з гумовими пружинами для штампів листового штампування ДСТУ 22191-83

Буфер 1085-2635 складається з:

шайби верхньої 1085-2147 ДСТУ 22194-83

шайби нижньої 1085-2771 ДСТУ 22195-83

12-ти прокладок 1085-2791 ДСТУ 22196-83

штока 1085-2819 ДСТУ 22197-83

13-ти пружин поліуретанових 1085-2631/001 ДСТУ 22191-83.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Проєктування і розрахунок привода

3.1.1 Вузли і деталі привода

Привод кривошипного преса являє собою сукупність механізмів для передачі крутного моменту й перетворення швидкості руху від двигуна до головного вала.

Ступінь перетворення руху в приводі визначається його кінематичною схемою, тобто числом і передатним відношенням проміжних передач.

Привод кривошипного преса включає клиноремінну передачу й першу зубчасту передачу.

3.2.2 Клиноремінна передача

Для розрахунку клиноремінної передачі повинні бути задані наступні вихідні дані:

- потужність передана ременями $N_p = 27\,кВт$;

- умовна швидкість провідного шківа $\omega_1 = 46{,}715\,c^{-1}$;

- число змін $m_c = 2$;

- коефіцієнт режиму роботи ременів $K_p = 0{,}72$.

Розрахункове передатне відношення клиноремінної передачі $i_{pp} = 3.228$.

Залежно від переданої потужності N_p вибираємо перетин ременя й мінімальний діаметр провідного шківа $D_{1\min} = 200\,мм$:

Тип ременя - В.

Визначаємо розрахунковий діаметр веденого шківа:

$$D_2 = D_1 \cdot i_{рр};$$

приймаємо D_1=280

$$D_2 = 280 \cdot 3.228 = 901.60\,мм$$

Параметри клиноремінної передачі:

$h_р$ =13,5 мм – висота ременя;

$F_р$ =230 мм^2 – площа перетину ременя;

$k_д$ =0,013 – коефіцієнт впливу відцентрових сил;

$c_р$ =150 Н – коефіцієнт твердості ременя;

$L_Р$ = 6300…1800мм.

Обчислюємо дійсне передатне відношення з урахуванням проковзування ременів:

$$i_р = \frac{D_2}{D_1 \cdot (1 - S_р)}$$

де $S_р$ - ковзання пасової передачі, $S_р = 0,01 \div 0,04$.

$$i_p = \frac{900}{280 \cdot (1 - 0,025)} = 3,136$$

Відхилення передатного відношення допускається не більше $\pm 4\%$

$$\Delta i = \frac{3.228 - 3,136}{3.228} \cdot 100\% = -2,9\,\% < 4\%$$

Розраховуємо окружну швидкість ременя:

$$V = \frac{\pi \cdot n_1}{30} \cdot \frac{D_1}{2} = \frac{\pi \cdot 1440}{30} \cdot \frac{280}{2} = 21,4\,м/с < 30\,м/с$$

Визначаємо міжосьова відстань A_0 залежно від передатного відношення:

$$A_0 = k \cdot D_2$$

де k - коефіцієнт, що залежить від передатного відношення, $k = 0,85 \div 1,5$

$$A_0 = 1 \cdot 900 = 900\,мм;$$

$A_{0\min} = 0{,}55 \cdot (D_1 + D_2) + h_p = 0{,}55 \cdot (290 + 900) + 30 = 684.5$ *мм*;

$\mathrm{A}_{0\max} = 2 \cdot (D_1 + D_2) = 2 \cdot (290 + 900) = 2380$ *мм*.

Довжина ременя:

$$\mathrm{L_р} = 2 \cdot \mathrm{A_0} + \frac{\pi}{2} \cdot (\mathrm{D_1} + \mathrm{D_2}) + \frac{(\mathrm{D_2} - \mathrm{D_1})}{4 \cdot \mathrm{A_0}};$$

$$L_p = 2 \cdot 900 + \frac{\pi}{2} \cdot (280 + 900) + \frac{(900 - 280)^2}{4 \cdot 900} = 3760\,мм.$$

Результат округляємо до стандартної величини, $L_p = 3550\,мм$.

Дійсна міжосьова відстань, що відповідає прийнятій стандартній довжині ременя:

$$\mathrm{A_0} = 0{,}25 \cdot \left[(\mathrm{L_р} - \Delta_1) + \sqrt{(\mathrm{L_р} - \Delta_1)^2 - 8 \cdot \Delta_2} \right]$$

де $\Delta_1 = 0{,}5 \cdot \pi \cdot (\mathrm{D_1} + \mathrm{D_2})$;

$\Delta_1 = 0{,}5 \cdot 3{,}14 \cdot (280 + 900) = 580.9\,мм$;

$$\Delta_2 = 0{,}25 \cdot (\mathrm{D_2} - \mathrm{D_1});$$

$\Delta_2 = 0{,}25 \cdot (900 - 280)^2 = 96100\,мм^2$;

$A_0 = 0{,}25 \cdot \left[(3760 - 580.9)^2 + \sqrt{(3760 - 580.9)^2 - 8 \cdot 96100} \right] =$

$= 1559\,мм$

Величина регулювання міжцентрової відстані убік зменшення приймається рівної $0{,}015 \cdot A_0 = 23\,мм$, а убік збільшення $0.05 \cdot A_0 = 77\,мм$: $A_0 = 1559^{+77}_{-23}$ мм.

Визначаємо кут обхвату на провідному шківі:

$$\alpha_1 = 180 - \frac{\mathrm{D_2} - \mathrm{D_1}}{\mathrm{A_0}} \cdot 57,$$

$\alpha_1 = 180 - \frac{900 - 280}{1559} \cdot 57 = 157^0$

$\alpha_1 > [\alpha_{\min}] = 157^0$

Число пробігів ременя в 1 секунду:

$$\mathrm{n} = \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{L_p}} \le [\mathrm{n}];$$

$[\mathrm{n}] = 10 \div 20\ \mathrm{c}^{-1}$

$n = \frac{21.4}{3,55} = 6.09 c^{-1}$.

Умова $\mathrm{n} \le [\mathrm{n}]$ виконується.

Знаходимо потужність $N_0 = 7.9\ кВт$, передану одним ременем і визначаємо необхідне число клинових ременів з урахуванням нерівномірності розподілу навантаження між ременями:

$$\mathrm{Z_p} = \frac{0,7 \cdot \mathrm{N_p}}{\mathrm{N_0} \cdot \mathrm{K_0} \cdot \mathrm{K_p}}$$

де $\mathrm{K_0}$ - коефіцієнт кута обхвату:

$K_0 = 1 - 0,003 \cdot (180 - \alpha_1) = 1 - 0,003 \cdot (180 - 157) = 0,931;$

$\mathrm{K_p}$ - коефіцієнт режиму роботи ременів, $K_p = 0,72$.

$Z_p = \frac{0,7 \cdot 27}{7.9 \cdot 0.931 \cdot 0.72} = 3,56;$

$Z_p = 4$.

Визначаємо зусилля відтягування галузі нового ременя:

$$\mathrm{Q} = \frac{73,5 \cdot \mathrm{N_p}}{\mathrm{K_0}^2 \cdot \mathrm{K_p}^2 \cdot \mathrm{K_v} \cdot \mathrm{Z_p}} + 1,75 \cdot \mathrm{K_g} \cdot \mathrm{V}^2 + 62,5 \cdot 10^{-2} \cdot \mathrm{C_p}$$

де $\mathrm{K_v}$ - швидкісний коефіцієнт:

$$\mathrm{K_\upsilon} = 1.05 - \frac{\mathrm{V}^2}{2000},$$

$K_\upsilon = 1,05 - \frac{21,4^2}{2000} = 0,82$.

$\mathrm{K_g}$ - коефіцієнт впливу відцентрових сил, $K_g = 0,013$.

$\mathrm{C_p}$ - коефіцієнт твердості ременя, $C_p = 150$.

$Q = \frac{73,5 \cdot 27 \cdot 10^3}{0,931^2 \cdot 0,72^2 \cdot 0,82 \cdot 4} + 1,75 \cdot 0,013 \cdot 21,4^2 + 62,5 \cdot 10^{-2} \cdot 150 = 1.35\ МН$

Прогин ременя при додатку зусилля:

$$f = 1{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot A_0;$$

$f = 1{,}55 \cdot 10^{-2} \cdot 1559 = 24{,}16\ мм$.

Ремені перевіряються на міцність по величині максимальної напруги в перетині, що набігає на провідний шків:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_и + \sigma_v < [\sigma],$$

де σ_1 – напруга, що розтягує

$\sigma_1 = \sigma_0 + \sigma_{раб}$;

σ_0 =1,5 Н/мм^2 – напруга від попереднього натягу при числі пробігів ременя *n* менше 5 у секунду;

$\sigma_{раб}$ – робоча напруга

$$\sigma_{раб} = \frac{N_р}{2VFZ_р} = \frac{27 \cdot 10^3}{2 \cdot 21{,}4 \cdot 230 \cdot 10^{-6} \cdot 4} = 0{,}68\ МН/м^2;$$

$\sigma_1 = 1{,}5 + 0{,}68 = 2.18\ МН/м^2$

σ_i – напруга вигину

$$\sigma_и = E_и \frac{h_р}{D_1} = 100 \cdot 10^6 \cdot \frac{0{,}0135}{0{,}28} = 4{,}72\ МН/м^2;$$

$E_и$ – модуль пружності ременів при вигині, для прогумованих клинових ременів дорівнює 80…100Н/мм^2;

$h_р$ – висота ременя;

σ_v – напруга від відцентрової сили

$$\sigma_v = \rho V^2 \cdot 10^{-6} = 12000 \cdot 21{,}4^2 \cdot 10^{-6} = 5{,}49\ \text{Н/мм2};$$

ρ – щільність матеріалу ременів, = 1200 кг/м^3.

Припустима максимальна напруга [σ] для клинових ременів дорівнює 9...10…10 Н/мм^2.

$\sigma_{max} = 2{,}18 + 5{,}49 + 5{,}49 \cdot 10^{-6} = 6{,}9\ МН/мм^2$

$\sigma_{max} < [\sigma]$.

Визначається очікуваний ресурс передачі в годинниках

$$T_р = \left(\frac{\sigma_у}{\sigma_{max}}\right)^8 \frac{C_п C_н \cdot 10^7}{7200n},$$

де $\sigma_в$ – границя витривалості для клинових ременів, рівний 9...10…10 Н/мм^2.

Сп - коефіцієнт, що враховує вплив передатного відношення:

$С_п = 1,9$;

$С_н$ – коефіцієнт, що враховує мінливість навантаження: при що змінюється – $С_н = 2$;

Мінімальна нормативна довговічність ременів кривошипних пресів повинна бути не менш 4000 годин.

$$T_р = \left(\frac{10}{5}\right)^8 \frac{1,9 \cdot 2 \cdot 10^7}{7200 \cdot 50} = 27022 \text{ часов}.$$

3.2 Розрахунок і проєктування фрикційної муфти

3.2.1 Передумови розрахунку

Розрахунок муфт і гальм кривошипних пресів є важливою частиною розрахунків преса, тому що від правильності вибору параметрів системи включення залежать значною мірою як загальні параметри працездатності преса, так і умови роботи багатьох вузлів і систем, насамперед привода.

Розрахунок муфт, гальм і системи керування варто робити спільно, тому що деякі параметри цих вузлів взаємозалежні.

Розрахунку систему включення повинні передувати загальний розрахунок і компонування привода преса, тобто повинні бути визначені:

- структура привода преса;
- максимальний крутний момент на головному валу;
- передатні відносини всіх передач;
- розміри головного вала;
- розміри прийомних і проміжних валів;
- розміри зубчастих коліс;
- розміри клиноремінної передачі;
- потужність двигуна й момент інерції маховика;

- місце розташування муфти й гальма й т.д.

3.2.2 Проєктувальний розрахунок муфти

Вибір типу муфти

Муфти пресів є досить відповідальними вузлами від яких у значній мірі залежить працездатність і ефективність роботи преса. До них висувають високі вимоги, задоволення яких повинне забезпечуватися при виборі типу вузла. Основні вимоги наступні:

- надійність і безпека роботи, які полягають у гарантованому включенні й відключенні, виключенні мимовільного включення;
- швидкість спрацьовування й легкість керування;
- довговічність і ремонтопридатність.

У цей час у пресах застосовують безліч найрізноманітніших конструкцій муфт і гальм.

У сучасних кривошипних пресах найбільше поширення одержали фрикційні дискові муфти із пневматичним приводом.

Вибір схеми муфти залежить від багатьох факторів, основними з яких є:

- тип привода преса й форма станини;
- габаритні розміри маховика й фрикційного вузла;
- зручність обслуговування й ремонту;
- місце установки вузла;
- вимоги техніки безпеки;
- особливості експлуатації преса заданого технологічного призначення й ін.

При виборі схеми компонування варто враховувати, що консольне розташування вузла значно полегшує його обслуговування. Однак для великих пресів необхідно розвантажувати вал від ваги муфти. При міжопорному розташуванні вузла обслуговування ускладнюється, однак

забезпечується більше точна установка вала, поліпшуються умови роботи передач, підвищується безпека у випадку поломок.

Спеціальні конструкції вузлів дозволяють вирішити деякі конструктивні питання. Наприклад, застосування металевої діафрагми, дозволяє позбутися від шлицевого з'єднання провідних дисків і зношування манжет.

Жосткозблокування муфти й гальма варто застосовувати тільки у швидкохідних пресах (число включень понад 60 у хвилину). Такі вузли мають один пневматичний циліндр, що зменшує металоємність вузла й інерційності ведених частин. У таких вузлах підвід стисненого повітря здійснюється через отвір у валу, що вимагає ретельного контролю за станом ущільнень.

Важливим питанням при проєктуванні системи включення є вибір місця установки муфти. Більші габаритні розміри вузлів, що залежать від переданого моменту й значна витрата енергії на включення, що зростає зі збільшенням швидкості обертання, є суперечливими факторами, що вимагають ретельного аналізу.

Вибір матеріалу пари тертя

Вибір фрикційного матеріалу залежить від умов експлуатації фрикційного вузла, типу преса й інших факторів. При легких умовах роботи (невелике число обертів вала й невелике число включень) будь-який матеріал працює задовільно.

Фрикційні матеріали, застосовувані в сучасному пресо будівництві діляться на три групи: м'які, напівм'які й тверді.

М'які матеріали (63-7-67, 8-45-62 і ін.) задовільно працюють при більших ударних навантаженнях і застосовуються в дискових вузлах великих пресів. Тверді матеріали (ретинакс ФК16Л, ФК24А и ін.) останнім часом застосовують рідко через велику крихкість і розтріскування при роботі. Найбільше поширення одержали напівм'які матеріали (143-63, 143-66, козид і

ін.), які маючи високі експлуатаційні характеристики, відрізняються стабільність параметрів при зміні температури й тиску.

Розрахунковий моменту муфти

Основною вимогою, пропонованою до муфт, є передача ними максимального крутного моменту, необхідного для здійснення технологічних операцій.

При відомому максимальному крутному моменті на головному валу від технологічного навантаження $M_{max} = 116.775$, розрахунковий момент муфти дорівнює

$$M_{мр} = k_{м} \frac{M_{max}}{i_{м} \eta_{м}},$$

де *k*м – показник моменту муфти; для пресів-автоматів показник приймається рівним *k*м = 1,1

*i*м – передатне відношення між валом муфти й головним валом $i_M := i_{z1} \cdot i_{z2}$

*η*м - к. п. буд. передач між валом муфти й головним валом 0, 95.

Якщо фрикційна муфта включення використається в приводі преса і як запобіжник від перевантаження, то значення рекомендується збільшити на 10 %

$$M_{MP} := k_M \cdot \frac{M_{max} \cdot 10^{-3}}{i_M \cdot \eta_M} \qquad M_{MP} = 9.695 \times 10^{-3}$$

Визначення середнього радіуса тертя

Середній радіус поверхні тертя визначається з умови передачі розрахункового крутного моменту.

$$R_{ср} = 0{,}543 \sqrt[3]{\frac{M_{рас}}{\mu \delta_{ф} m q \delta k_{вз}}}.$$

Тут $M_{рас}$ – розрахунковий момент муфти.

Число поверхонь тертя *m* залежить від конструкції й типу фрикційного матеріалу муфти або гальма.

$m := 2$

$q := 0.65$ ÌÏà

$k_{âç} := 0.58$

$\delta := 0.55$

$\delta_{Ô} := 1.11$

$\mu := 0.34$

у такий спосіб середній радіус тертя дорівнює

$$R_{cp} := 0.543 \sqrt[3]{\frac{M_{MP}}{\mu \cdot \delta_{Ô} \cdot m \cdot q \cdot \delta k_{âç}}} \qquad R_{cp} = 0.215 \quad ì$$

приймаємо значення середнього радіуса $R_{cp} := 0.23$ ì

Визначення параметрів тертя

Для вузлів із суцільним контактом зовнішній і внутрішній радіуси рівні:

$$R\text{н} = R\text{ср}\ (1 + 0{,}5\delta); \quad R\text{вн} = R\text{ср}\ (1 - 0{,}5\delta).$$

$R_{íð} := 0.285$ ì

$R_{âí} := 0.175$ ì

Отримані значення округляються до найближчого розміру сортаменту на фрикційні накладки, уточнюють параметри *R*ср і *B* по формулах

$R\text{ср} = 0{,}5\ (R\text{н} + R\text{в}_н); \quad B = R\text{н} - R\text{вн}$,

$B = 0.11$ ì

і визначається дійсна площа тертя

$$F_{\text{тр}} = \pi m\left(R_{\text{н}}^2 - R_{\text{вн}}^2\right).$$

$F_{òð} = 0.318$ ì^2

Радіуси поверхні тертя вузлів з дискретним контактом залежить від співвідношення ширини кільця тертя *B* до довжини вставки *l*в.

При виборі схеми розташування необхідно враховувати, що дворядне розташування вставок з перекриттям забезпечує коефіцієнт взаємного перекриття менше 0,38...0,4.

Число вставок *m*в визначається з умови забезпечення заданого тиску на поверхні тертя

$$m_{\text{в}} = \frac{2\pi}{F_{\text{в}}} R_{\text{ср}} B k_{\text{вз}}$$

$k_{âç} := \delta \frac{B}{l_{â}}$ $\quad k_{âç} = 0.55$

$m_{â} = 14.997$

Після визначення кількості вставок визначаються зовнішній і внутрішній радіуси тертя:

для однорядного розташування

*R*н = *R*ср+0,5 *l*в; $\quad$ *R*вн = *R*ср – 0,5 *l*в;

$R_{íð} := 0.285$ ì

$R_{âí} := 0.175$ ì

Отримані значення радіусів *R*н і *R*в округляються до чисел, кратних 5, уточнюється середній радіус тертя *R*ср і ширина кільця тертя *B*.

Потім визначається сумарна площа тертя:

$$F_{\text{тр}} = m m_{\text{в}} F_{\text{в}},$$

$F_{ÇÄ} = 0.187$ ì^2

і уточнюється значення коефіцієнта взаємного перекриття:

$$k_{\text{вз}} = \frac{m_{\text{в}} F_{\text{в}}}{\pi\left(R_{\text{н}}^2 - R_{\text{вн}}^2\right)}.$$

$k_{âç} = 0.587$

Визначення товщини дисків

Товщина веденого диска $h_д$ залежить від типу фрикційних елементів.

Для муфт і гальм з накладками товщина диска з умови забезпечення достатньої твердості приймається hд > (0,06...0…0,11)B Менші значення приймаються для муфт при B > 350 мм, більші значення – для муфт при B < 100 мм.

Для муфт із вставками товщина диска визначається виходячи з розрахунку вставки на бічне зминання: для суцільних вставок - по матеріалі вставки, для комбінованих вставок - по матеріалі бандажа або обойми

$$h_д = \frac{k_\sigma k_д k_в k_{об} M_{рас}}{\psi_1 b_в R_{ср} m_в [\sigma_{см}]},$$

$h_{\hat{a}\ddot{a}} = 0.03$ ì

[σдив]=10 МПа

$\psi_1 := 0.8$

$k_{\ddot{a}} := 1.4$ $k_{\hat{i}\acute{a}} := 1.5$

$k_{\hat{a}} := 1.3$ $k_\sigma := 2$

Визначення розмірів пневмоциліндру

Розміри силового пневмоциліндра муфти визначаються з умови створення розрахункового активного натискного зусилля на поверхні тертя. Площа поршня силового пневмоциліндра буде дорівнює

$$F_{пм} = \frac{kM_{мр}}{(p_р - p_с)\mu\delta_ф m R_{ср}},$$

де pр, pс – відповідно, розрахунковий тиск стисненого повітря в ресивері (магістралі) і тиск стисненого повітря, необхідне для подолання сил затягування відвідних пружин муфти

$p_c := 0.035$ ÌÏà

$p_p := 0.3$ ÌÏà

$F_{ïì} = 0.232$ ì 2

k – поправочний коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в манжетах поршня, k = 1,05...1…1,1

При суцільному поршні його діаметр буде

$$D_{\text{п}} = 1{,}13\sqrt{F_{\text{п}}}\,.$$

$D_{ï} = 0.544$ ì

по пресі аналогу приймаємо діаметр поршня рівний

$D_{ï} := 0.588$ ì

тоді площа поршня буде дорівнює

$F_{ï} := \pi \cdot \frac{D_{ï}^{2}}{4}$ $F_{ï} = 0.272$ ì 2

Розрахунок відвідних пружин муфти

Робоче зусилля затягування однієї пружини дорівнює

$$P_{\text{раб}} = \frac{p_{c1} F_{\text{п}}}{z_{\text{пр}}}$$

Число пружин вибирається конструктивно й рівним 6

$P_{ðàá} = 1.584 \times 10^{-3}$ ÌÍ

Розрахунковим зусиллям пружини муфти є зусилля, що розвиває у включеній муфті з урахуванням зношування між регулюваннями

$$P_{\text{рас}} = P_{\text{раб}} \frac{1{,}33 h_{\text{п}}}{h_{\text{п}} - 1}\,.$$

$P_{ðàñ} = 2.37 \times 10^{-3}$ ÌÍ

Діаметр дроту визначається по формулі

$$d = 1{,}82\sqrt{\frac{c_{\text{пр}} P_{\text{рас}}}{[\tau]}}\,.$$

Індекс пружини *с*пр задають рівним 4. Напруга крутіння, що допускає, [10] приймається 590 для сталі 60С 2 (дріт діаметром…42 мм).

$d_{ïð} = 7.296 \times 10^{-3}$ ì

округляючи значення до найближчого по ряду чисел

$d_{ïð} := 7.5 \cdot 10^{-3}$ ì

Мінімальне число робочих витків пружини

$$i_{\text{пр}} = \frac{d_{\text{пр}} h_{\text{п}}}{D_{\text{пр}}^2 [\tau]} \cdot 10^5 .$$

$i_{ïð} = 12.712$

Середній діаметр пружини

$$D\text{пр} = c\text{пр}\, d\text{пр} .$$

$D_{ïð} = 0.03$ ì

Максимальна деформація пружини при розрахунковому зусиллі

$$\lambda_{\text{рас}} = \frac{D_{\text{пр}}^2 [\tau] i_{\text{пр}}}{255 d_{\text{пр}}} .$$

$\lambda_{ðàñ} = 3.529$ ìì

Перевірка вставок і шліців на зминання

Максимальний тиск зминання на бічній поверхні вставок перебуває по формулах:

для овальних вставок

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{k_{\text{д}} k_{\text{в}} k_{\text{об}} M_{\text{мр}}}{l_{\text{в}} h_{\text{д}} m_{\text{в}} R_{\text{ср}}} \le [\sigma_{\text{см}}];$$

$l_{â} = 0.11$

$h_{ä} = 0.03$

$m_{â} = 16$

$R_{cp} = 0.23$

$k_{д} = 1.4$

$k_{в} = 1.3$

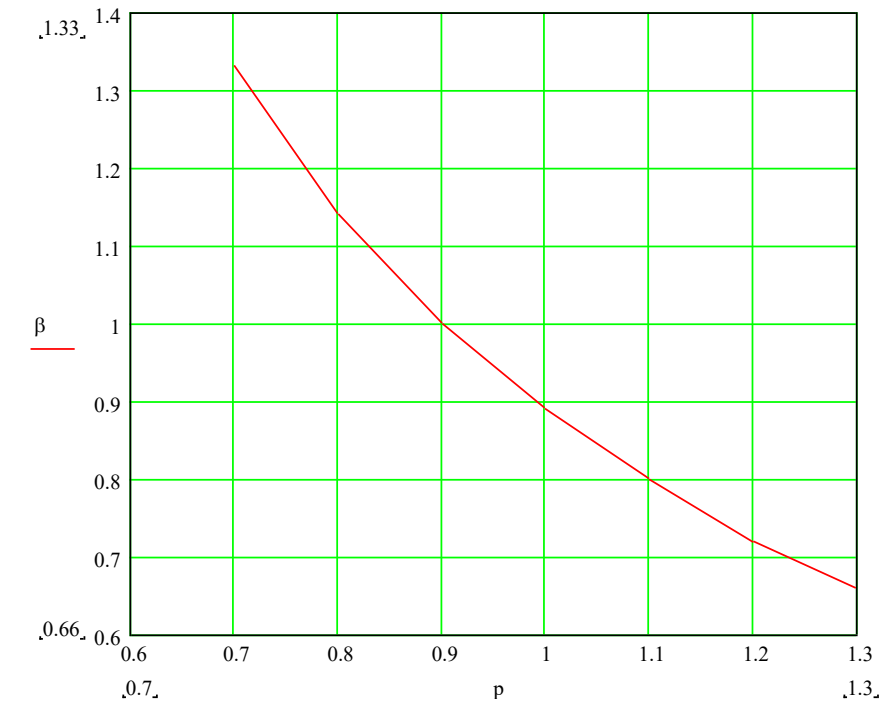
$k_{об} = 1.5$

$\sigma_{см} = 2.518$ МПа

$[\sigma_{см}]$=12 МПа

Визначення коефіцієнта запасу зчеплення

Фактичний коефіцієнт запасу зчеплення $\beta_М$ визначається як співвідношення активного зусилля пневмоциліндра при різних тисках повітря до розрахункового:



$$\beta_М = \frac{p_р \cdot F_п - Q_{пр} - Q_{ТР}}{[p_р] \cdot F_п - Q_{пр} - Q_{ТР}}$$

Рисунок 3.1 -Залежність коефіцієнта запасу зчеплення від робочого тиску

Таблиця 3.1 - Залежність коефіцієнта запасу зчеплення від робочого тиску повітря

$[p_р]$, МПа	$\beta_м$
0,7	1,33
0,8	1,14
0,9	1
1,0	0,89
1,1	0,8
1,2	0,72
1,3	0,66

На графіку залежності коефіцієнта запасу зчеплення від робочого тиску повітря відзначені зони напруження в які:

I - не забезпечується передача робочого моменту $(\beta_м < 1)$;

II - зона нестійкої передачі робочого моменту $(\beta_м = 1 \div 1.15)$;

III - зона стійкої передачі робочого моменту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Ступінь безпеки процесу холодної штамповки, рівня його механізації та автоматизації

Цех холодного листового штампування характеризується наявністю виробничих дільниць із різним рівнем шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища. Однією з основних технологічних одиниць є кривошипні преси, на яких виконується значна частина операцій штампування.

Технологічний процес на пресовому обладнанні є переважно механізованим та автоматизованим, що дозволяє мінімізувати безпосередню участь оператора у виконанні небезпечних операцій та знизити вплив шкідливих виробничих факторів.

Для забезпечення безпеки праці у цеху застосовується комплекс технічних засобів захисту, до яких належать огороджувальні пристрої, що ізолюють працівника від небезпечних зон обладнання незалежно від його дій; запобіжні пристрої, призначені для автоматичного відключення устаткування у разі перевищення контрольованих параметрів (температури, тиску, зусилля, електричних характеристик або переміщень); гальмівні системи для швидкої зупинки рухомих частин машин; блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію механізмів у безпечному положенні; а також системи світлової, звукової та знакової сигналізації, що попереджають про виникнення небезпечних ситуацій.

Важливе значення має раціональний розподіл функцій між людиною та технологічним обладнанням, що сприяє зниженню фізичного навантаження на персонал та підвищенню загального рівня безпеки виробництва.

Персонал пресової дільниці включає операторів пресів та штампувальників різних кваліфікаційних розрядів. Оператор преса та штампувальник 7-го розряду виконують функції керування технологічним

процесом, при цьому основна частина їх робочого часу (близько 81,3 %, або 6,5 год за зміну) припадає на роботу на пульті керування. Додатково до 5,4 % робочого часу (0,43 год) займають допоміжні ручні операції, пов’язані з обслуговуванням процесу.

Штампувальники 5-го та 6-го розрядів виконують переважно допоміжні та підготовчі операції, зокрема підготовку обладнання до переналагодження, виконання перевалочних робіт, збирання відходів штампування та налаштування допоміжних механізмів. За даними підприємства, ці працівники перебувають під впливом ручної праці протягом 37,3 % робочого часу (2,98 год за зміну), тоді як 46,4 % робочого часу (3,7 год) припадає на виконання механізованих операцій.

Дані показники роботи робітників показують, що на пресі використають професії змішаної праці.

Рівень механізації праці визначається з вираження:

$$B = M / (M + R) \cdot 100\% \qquad (4.1)$$

де: M – сума людино-годин механізованої праці; R - сума людино-годин ручної праці.

Рівень механізації праці для оператора:

$$B_{оп} = 6,5 \cdot 100 / (6,5 + 0,43) = 93,8\%.$$

Рівень механізації праці для вальцювальника:

$$B_{вал.} = 3,7 \cdot 100 / (3,7 + 2,98) = 55,4\%.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок рівня механізації штампувальника та оператора преса

№ п/п	Професія робітників	Розряди	Штат робітників у зміну	Кількість відпрацьованих людино-годин у зміну			% механізованої праці
				Вручну, година	За допомогою машин, година	Усього, годин	
1	Штампувальник	7	1	0,43	6,5	6,93	55,4
2	Штампувальник	6	1	2,98	3,7	6.68	55,4
3	Штампувальник	5	1	2,98	3,7	6,68	55,4
4	Оператор	6	1	0,43	6,5	6,93	93,8
5	Оператор	5	3	0,43	6,5	6,93	93,8

4.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Технологічний процес холодного листового штампування передбачає дотримання комплексу вимог з охорони праці та техніки безпеки. Для їх обґрунтування необхідно попередньо виконати аналіз потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть виникати під час експлуатації обладнання.

До основних джерел виробничої небезпеки в проєктованому цеху належать:

– кривошипні преси з жорсткими кінематичними зв’язками, у яких при перевантаженні можливе заклинювання повзуна та порушення нормального режиму роботи;

– небезпечна зона штампового простору системи «прес–штамп», у межах якої виконання будь-яких операцій під час робочого ходу повзуна є неприпустимим через високий ризик травмування персоналу;

– одностоєчні преси з жорстко з’єднаними механізмами, для яких існує ймовірність мимовільного переміщення повзуна у разі несправностей або порушення режимів роботи;

– лінії фосфатування, де використовуються хімічно активні речовини, що можуть виділяти шкідливі пари та забруднювати повітря робочої зони;

– листові матеріали (стрічка, смуга, лист) з гострими кромками, небезпека яких підвищується у разі утворення задирок під час розділових операцій (вирубування, пробивання) при недостатній якості штампування.

З урахуванням зазначених факторів у проєктному рішенні передбачено комплекс організаційних, технічних та профілактичних заходів, спрямованих на запобігання виникненню небезпечних ситуацій та мінімізацію їх можливих наслідків.

Таблиця 4.2 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесу штампувальника

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Норм. знач. (ГДК, ГДУ)	Фактич. знач.	III клас вредн. і опасн. усл. і характер праці			Час дії фактора за зміну,%
				I	II	III	
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3 :						
	I клас небезпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,06			6,0	90
	Оксид марганцю	0,05	0,39			7,8	90
	II клас небезпеки						
	Акролеїн	0,2	0,66		3,3		90
	III-IV клас небезпеки						
	Ангідрид сірчистий	10	16,83	1,63			90
	Вуглецю оксид	20	25	1,25			90
2.	Масла мінеральні	5	6,78	1,36			90
	Пил переважно фиброгеного дії, мг/м^3	4	26,3			6,58	90
3.	Вібрація (загальна й локальна), дБ						
4.	Шум, дБ						
5.	Інфразвук, дБ	80	105			25	100
6.	Ультразвук, дБ						
7.	Неіонізуюче випромінювання:						
	- радіочастотний діапазон, В/м						
	- діапазон промислової частоти, кв/м						
	- оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м^3						
	Мікроклімат у приміщенні:						
8.	- температура повітря, ^{o}C	27	32,1		5,1		100
	- швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,2	<0,3				
	- відносна вологість повітря,%	55	32				
	- інфрачервоне випромінювання Вт/м^3						
9.	Температура навколишнього повітря (під час роботи на відкритому повітрі), ^{0}C						
	улітку						
	узимку						
10.	Атмосферний тиск						
11.	Вага і напруженість праці						

4.3 Розробка мір захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Перелік технічних і санітарно-гігієнічних мір захисту виробничої сфери і робочих місць наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Міри захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів

Небезпечний або шкідливий фактор	Захисний пристрій	Принцип дії і призначення	Місце установки
Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючі кабіни і перегородки	Звукопоглинання і відбиття, ізоляція органів слуху	Біля джерел шуму, у приміщенні оператора
Небезпечний рівень струму	Ізоляція і огородження струмоведучих частин; заземлення й блокування	Захист від дотику до струмоведучих частин, захист від дотику до металевих частин устаткування. Захист від високих рівнів струму	Навколо струмоведучих частин, біля корпусів електродвигуна
Рухливі механізми	Запобіжники плавкі, пускачі дистанційні Кожуха, сітки, запобіжні пристрої	Захист від зіткнення із частинами, що рухаються, і механізмами.	На панелях пульта керування

4.4 Технічні рішення по виробничій санітарії

Відповідно до чинних санітарних норм проєктування промислових підприємств, спроєктований цех належить до підприємств V класу шкідливості із встановленням санітарно-захисної зони розміром 50 м.

Згідно з нормативними вимогами до мікроклімату виробничих приміщень, у теплий, холодний та перехідний періоди року цех відноситься до категорії легких робіт (I категорія). При цьому нормативні параметри повітря робочої зони становлять: температура близько 20 °С, відносна вологість повітря 50 %, швидкість руху повітря — до 0,2 м/с.

Стан повітряного середовища є одним із ключових факторів, що впливають на працездатність і стан здоров’я працівників, тому в проєкті передбачено комплекс заходів з його нормалізації. Основним засобом забезпечення належних умов є система вентиляції, яка включає природну вентиляцію (провітрювання через світлові прорізи та отвори) та механічну припливно-витяжну вентиляцію.

Припливне повітря подається у зони з мінімальним рівнем забруднення, тоді як витяжні системи забезпечують видалення забрудненого повітря безпосередньо з найбільш навантажених ділянок виробництва. Зокрема, у зоні лінії фосфатування, де використовуються хімічно активні речовини, передбачено локальну витяжну вентиляцію над ваннами, яка інтегрована із загальноцеховою системою повітрообміну.

Важливим фактором безпечних умов праці є також освітлення виробничих приміщень, оскільки недостатній рівень освітленості призводить до підвищеної втомлюваності, зниження концентрації уваги та зростання ризику виробничого травматизму. Відповідно до чинних норм природного та штучного освітлення, цех відноситься до III розряду зорових робіт, підрозряд «б», що визначає вимоги до рівня освітленості робочих зон.

4.5 Заходи пожежної та техногенної безпеки

Заходи з пожежної безпеки у проєктованому цеху розроблені відповідно до чинних будівельних і санітарних норм та правил пожежної безпеки для промислових підприємств. Згідно з класифікацією пожежної небезпеки, цех належить до категорії «В» (виробництва середньої пожежної небезпеки).

Основними потенційними причинами виникнення пожеж у цеху можуть бути короткі замикання в електричних мережах, займання мастильних матеріалів, а також можливе загоряння хімічно активних речовин, що використовуються у технологічних процесах.

Для забезпечення первинних заходів пожежогасіння передбачено оснащення цеху пожежними щитами, до складу яких входять вогнегасники типу ВП-2А та ВВ-2, ящик з піском і пожежний інвентар (совкова лопата та допоміжні засоби). Вуглекислотні вогнегасники ВВ-2 застосовуються для гасіння електроустановок під напругою та різних типів загорянь без залишків після гасіння. Порошкові вогнегасники ВП-2А призначені для ліквідації загорянь твердих матеріалів, пластмас та окремих видів металів. Пісок використовується для локалізації та гасіння розливів горючих і хімічно небезпечних речовин.

Запобігання виникненню пожеж забезпечується шляхом систематичного контролю справності електрообладнання, регулярного прибирання виробничих приміщень від мастильних та обтиральних матеріалів, заборони куріння у виробничих зонах, а також проведення планових профілактичних заходів. Відповідальність за дотримання вимог пожежної безпеки та проведення інструктажів покладається на майстра дільниці.

На території цеху передбачено організоване місце зберігання металевих відходів, яке відповідає чинним вимогам пожежної безпеки, санітарії та гігієни виробництва.

Загалом проєктований цех відповідає вимогам чинних нормативних документів, зокрема будівельних норм і правил для промислових підприємств, санітарних норм проєктування та галузевих нормативів для цехів холодного штампування.

4.6 Заходу щодо забезпечення безпеки технологічних процесів

У проєктованому цеху відповідальність за дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки покладається на майстра дільниці. До його обов’язків належить проведення щозмінного інструктажу з персоналом із обов’язковою фіксацією у відповідному журналі, де кожен працівник підтверджує ознайомлення з вимогами безпеки перед початком роботи.

Заходи з техніки безпеки розроблені відповідно до чинних нормативних документів з охорони праці та включають комплекс організаційних і технічних рішень.

Одним із ключових напрямів є підвищення рівня автоматизації та механізації виробничих процесів, зокрема:

– використання штампів для витяжки та вирубки зі стрічковою подачею та пневматичним знімачем;

– застосування автоматизованого комплексу РС-10 з валковою подачею матеріалу;

– використання прес-автомата ПА-2,5.

З метою зниження ризику травмування передбачено застосування дворукого керування пресами або інших блокувальних систем, що унеможливлюють потрапляння рук оператора в небезпечну зону під час робочого ходу. Додатково використовуються захисні огородження (рухомі та стаціонарні), які обмежують доступ до штампового простору.

Для пресового обладнання зусиллям понад 0,4 МН передбачено встановлення гідравлічних запобіжних пристроїв за зусиллям у повзуні, що дозволяє запобігти перевантаженню, заклинюванню механізмів і можливим аварійним руйнуванням елементів обладнання.

З метою запобігання мимовільному ходу повзуна (самопуску) замість жорстких муфт застосовуються більш безпечні конструктивні рішення, зокрема дискові муфти.

Електробезпека у цеху забезпечується комплексом технічних заходів. До них належать використання ізольованих кабелів і проводів, ізолювального інструменту (кліщів), діелектричних підставок і килимків у разі необхідності. Застосування засобів індивідуального захисту, таких як гумові рукавички та діелектричне взуття, регламентується умовами виконання робіт. Інструктаж з електробезпеки проводить майстер дільниці.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів з електробезпеки, цех належить до приміщень без підвищеної небезпеки ураження електричним

струмом. Усе пресове обладнання оснащене ввідними вимикачами, що забезпечують повне знеструмлення обладнання під час обслуговування. Електричні мережі марковані та прокладені у захисних трубопроводах.

Металеві частини обладнання, зокрема станини пресів і корпуси електродвигунів, підлягають обов'язковому заземленню та зануленню відповідно до вимог нормативної документації.

Додатково передбачено застосування захисних огороджень для рухомих частин обладнання (кожухів, сіток та решіток), які запобігають випадковому контакту персоналу з небезпечними елементами. Огородження виконуються з можливістю безпечного доступу для обслуговування та ремонту. За необхідності в них передбачаються оглядові вікна для контролю технологічного процесу.

Загалом заходи з охорони праці у спроєктованому цеху відповідають вимогам чинних нормативних документів, що регламентують безпеку ковальсько-пресових робіт.

4.7 Інженерна розробка медичного захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Проведемо розрахунок по визначенню кількості ламп, необхідних на окремій ділянці, при потрібнім висвітленні в 1000 лк.

Обираємо лампи типу УДП і ДРЛ. Коефіцієнт відбиття від даху $p_д$=50%, коефіцієнт відбиття від стін $p_с$=30%, коефіцієнт відбиття від підлоги $p_п$=10%. Розміри цеху 48*72*8 р.

Визначаємо індекс приміщення „i" за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)},$$

де A- ширина приміщення, м;

B- довжина приміщення, м;

H_p- висота приміщення, м.

$$i=\frac{48\cdot 72}{8\cdot(72+48)}=3{,}6.$$

Приймаємо коефіцієнт запасу $K_з$=1,5 і коефіцієнт нерівномірності висвітлення z=1,15.

При індексі приміщення $й$=3,6 коефіцієнт використання η=62%.

Приймаємо кількість світильників $N_р = 50$.

Тепер визначимо необхідний світовий потік ламп у кожному ряді за формулою:

$$\Phi_р = \frac{100\cdot E_н \cdot z \cdot K_з \cdot S}{N_р \cdot \eta},$$

де $E_н$- необхідна освітленість у цехи, лк;

S- площа цеху, м^2.

$$\Phi_р = \frac{1000\cdot 1{,}15\cdot 1{,}5\cdot 3456}{50\cdot 0{,}62}=192309{,}67 \text{ лк.}$$

Необхідна кількість світильників обчислюється за формулою:

$$N=\frac{\Phi_р}{n\cdot\Phi_л},$$

За світловим потоком обираємо світильники Г125-135-1000. Відхилення від

$$\Delta=\frac{192309{,}67-180290}{180290}\cdot 100\%=6{,}6\%.$$

світлового потоку буде рівняти:

Це досить припустимо.

Додатковим шкідливим фактором виробничого середовища є шум, що виникає під час ударів верхньої частини штампа по нижній. Тривалий вплив виробничого шуму може негативно позначатися на стані здоров’я працівників, тому для його зниження передбачено використання засобів індивідуального захисту органів слуху, зокрема протишумових навушників або шумозахисних шоломів.

Іншим суттєвим фактором є вібрація, що виникає під час роботи пресового обладнання та транспортних засобів внутрішньоцехового переміщення. Вібраційні навантаження негативно впливають як на стан працівників, так і на довговічність обладнання. Для зменшення рівня вібрацій у проєкті передбачено встановлення пресів на спеціальні багатошарові фундаменти, що забезпечують ефективне демпфування коливань.

Основною метою проєктування промислових підприємств є забезпечення безпечних та здорових умов праці персоналу, тому дотримання санітарно-гігієнічних вимог є обов’язковою складовою технологічних і планувальних рішень.

Санітарно-побутові приміщення проєктованого цеху відповідають вимогам чинних будівельних і санітарних норм, зокрема щодо забезпечення необхідних умов для гігієни, відпочинку та обслуговування працівників.

ВИСНОВОК

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено проєкт цеху дрібного холодного листового штампування автомобілебудівного підприємства з річною виробничою програмою 10 000 автомобілів. Вихідною базою для проєктування стали матеріали, зібрані під час проходження переддипломної практики на підприємстві ТОВ «Лідер Інжиніринг», а також чинні нормативно-технічні документи, довідкові дані та вимоги до організації сучасного штампувального виробництва. У процесі виконання роботи було здійснено комплексне проєктування виробничого підрозділу, що включало вибір і обґрунтування технологічного процесу, визначення складу обладнання, розрахунок виробничих потужностей, планування цеху та розробку заходів з охорони праці та техніки безпеки. Особливу увагу приділено підвищенню ефективності виробництва та зниженню собівартості продукції за рахунок оптимізації технологічних рішень.

Одним із ключових результатів проєкту стало впровадження рішень з автоматизації та раціоналізації розкрою листового матеріалу, що дозволило підвищити коефіцієнт використання металу та зменшити втрати сировини. Це безпосередньо позитивно вплинуло на техніко-економічні показники виробництва. Для оцінки ефективності запропонованих рішень у економічній частині проєкту було виконано розрахунки для двох деталей детальної розробки (типу «Стакан»). У результаті встановлено, що коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) у проєктному варіанті становить 0,76, тоді як у базовому – 0,68. Отримане покращення на рівні близько 12 % свідчить про підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів і зниження собівартості продукції. Таким чином, результати виконаної кваліфікаційної роботи підтверджують доцільність запропонованих технічних і організаційних рішень та можливість їх практичного застосування в умовах сучасного автомобілебудівного виробництва.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Середа Б.П., Обдул В.Д., Кругляк І.В. та ін. Технологія ковальсько-штампувального виробництва. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 258 с. ISBN 978-966-8462-12-2.

2. Середа Б.П. Обробка металів тиском. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. 344 с. ISBN 978-966-8462-11-5.

3. Бєлоконь Ю.О. Фізичні процеси при пластичній деформації. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 179 с.

4. Калюжний В.Л., Ярмоленко О.С. Зусилля деформування, напружено-деформований стан і температурний розподіл у здеформованій заготовці при гарячому зворотному видавлюванні порожнистих виробів з латуні. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії*. 2018. No 23(1299). С. 28-32.

5. Горностай В.М. Визначення параметрів видавлювання стальних профілів з роздачею через призматичну матрицю. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2011. No7. С. 100-104.

6. Калюжний В.Л., Орлюк М.В., Горностай В.М., Запорожченко О.С. Розрахунковий аналіз холодного прямого видавлювання прямокутних профілів з високовуглецевих сталей. *Вісник НТУУ «КПІ» Машинобудування*. 2010. Вип. 60. С. 77-81.

7. Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Горностай В.М., Крижанівська І.Я. Визначення зусилля прямого холодного видавлювання з роздачею прямокутних профілів. *Обробка металів тиском : зб. наук. праць*. 2009. No 1(20). С. 23-27.

8. Алієв І.С., Абхарі П.Б. Удосконалення технологічного оснащення процесів штамповки у роз’ємних та рухливих матрицях. *Пластична*

деформація металів : матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції. Дніпро : НМетАУ, 2017. С. 43-44.

9. Калюжний В.Л., Калюжний О.В., Горностай В.М., Піманов В.В. Безвідходні технології виготовлення профілів із сталей. *Наукові нотатки*. 2009. Вип. 25. Ч.1. С. 107-111.

10. Матвійчук В.А., Колісник М.А., Штуць А.А. Дослідження напружено-деформованого стану матеріалу заготовок при прямому витисканні методом штампування обкочуванням. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018. No 3 (102). С. 77-84.

11. Кухарь В.В., Аніщенко А.С., Глазко В.В. Розрахунок напруг в станинах кривошипних пресів відкритого типу в умовах позацентрового прикладення сили штампування відносно вісі повзуна. *Пластична деформація металів : матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції*. Дніпро : НМетАУ, 2017. С. 36.

12. Глазко В.В., Кухарь В.В. Теоретичне обґрунтування паралельного перенесення вектора сили у компенсаторі системи «прес-штамп». *Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали VIII Всеукраїнської науково-технічної конференції*. Суми : СумДУ, 2021. С. 34-35.

13. Yavtushenko A., Yavtushenko G., Protsenko V., Bondarenko Y., Vasilchenko T. Dynamics of Mechanical Press Drive. *Proceedings of the International Conference on Modern Electrical and Energy Systems Mees*. 2019. P. 14–17.

14. Vasilchenko T., Yavtushenko G., Bondarenko Y., Belokon Y. Calculation of planetary drive of mechanical press. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. 7(12). P. 178-182.

15. Yavtushenko A. V., Sereda B. P., Vasilchenko T. O., Glebenko A. V. Approximate calculation of the main energy-dynamic parameters of the processes of switching on and stopping the planetary drive. *Metal Forming*. 2010. 3, P. 175-179.

16. Середа Б. П., Бєлоконь Ю. О., Оніщенко А. М. Теорія обробки металів тиском : навч.-метод. посібник. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 129 с.

17. Belokon Y., Yavtushenko A., Protsenko V., Bondarenko Y., Cheilytko A. Mathematical modeling of physical properties of anisotropic materials. *METAL 2020 - 29th International Conference on Metallurgy and Materials.* (Brno, May 20 - 22, 2020). Brno, 2020. P. 440-445.

18. Belokon Y., Sereda D., Zholobko B., Sahuliakin O., Yavtushenko A. Modeling of local plastic deformation processes under extreme operating conditions. *Математичне моделювання*. 2024. No 2 (51). С. 169-176. https://doi.org/10.31319/2519-8106.2(51)2024.317635.

19. Belokon Y., Hrechanyi O., Vasilchenko T., Krugliak D. Thermochemical pressing of special purpose materials : monograph. Riga : Baltija Publishing, 2024. 156 p. ISBN 978-9934-26-508-2. https://doi.org/10.30525/978-9934-26-508-2.

20. Sheyko S., Belokon Y., Hrechanyi O., Vasilchenko T. Thermoplastic processing of structural metallic materials. Experiments, theory and modeling. Cham: Springer, 2024. 112 p. ISBN 978-3-031-73895-1. https://doi.org/10.1007/978-3-031-73896-8.

21. Абракітов В. Е. Охорона праці в галузі та цивільний захист : конспект лекцій для студентів 1 (5) курсу усіх форм навчання / В. Е. Абракітов. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 105 с.

22. Манідіна, Є. А. Охорона праці та техногенна безпека : метод. вказівки до викон. розділу диплом. робіт (проектів) для студентів. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 32 с.