

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

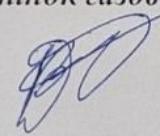
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

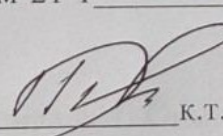
до дипломної роботи
ОКР- магістр

Галузь знань: 13

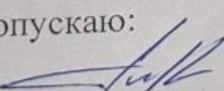
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: «*Розробка технології та проектування оснащення для
виготовлення бокових стінок газового котла*»

Виконав студент групи ПМТм-21-1  Дмитро МОЙПАНЮК

Керівник дипломної роботи:  к.т.н., доцент Микола КОСІЮК

До захисту допускаю:

Зав. кафедри  к.т.н., доцент Віталій ТКАЧУК

20 грудня 2022 р.

Хмельницький – 2022

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Магістр Мойпанюк Дмитро Віталійович

Тема затверджена наказом ректора № 83 від 1 липня 2022 р.

Тема роботи: *«Розробка технології та проектування оснащення для виготовлення бокових стінок газового котла»*

План роботи і терміни подання окремих розділів:

Розділ I - 15.10.2022

Розділ II - 30.10.2022

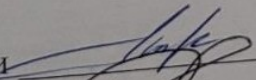
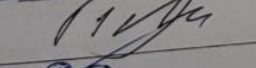

Розділ III - 15.11.2022

Розділ IV - 30.11.2022

Розділ V - 05.12.2022

Перелік графічних матеріалів: 1. Стінка ліва - 1 арк. ф.А2; 2. Стінка права - 1 арк. ф.А2; 3. Штамп для відбортування стінок (складальне креслення) - 1 арк. ф.А1; 4. Штамп для відбортування стінок (3D модель) - 1 арк. ф.А1; 5. Креслення деталі «плита» - 1,0 арк. ф.А2; 6. Графотехнологія - 1,0 арк. ф.А1; 7. Розрахунково-технологічна карта - 1 арк. ф.А1; 8. Пристрій верстатний для пререзування деталі «плита» - 1 арк. ф.А1; 9. Пристрій контрольно-вимірювальний - 1 арк. ф.А1; 10. Фреза торцева - 1 арк. ф.А2; 11. Дослідницький розділ - 1 арк. ф.А1.

Термін подання закінченої дипломної роботи на кафедру 05.12.2022

Зав. кафедри  Віталій ТКАЧУК
Серівник  Микола КОСІЮК
Магістр  Дмитро МОЙПАНИЮК

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: «Розробка технології та проектування оснащення для виготовлення бокових стінок газового котла».

Автор: Мойпанюк Д.В.; Керівник: Косінок М.М.

Обсяг пояснювальної записки 105 стор. Графічна частина 9 арк. ф.А1.

В загальному розділі пояснювальної записки розглянуто стан питання та постановка задачі дипломного проектування, приведена класифікація способів різання листового матеріалу, розглянуті загальні положення з розробки технологічних процесів листового штампування, приведений аналіз об'єкту виробництва.

В конструкторському розділі розглянуті питання проектування штампу для відборткування бокових стінок газового котла. Проведені необхідні розрахунки, визначені зусилля штампування, підібране обладнання для виконання даної операції.

В технологічному розділі розроблено технологічний процес механічного оброблення деталі «плита». Проведені розрахунки заготовки, режимів різання, припусків та технологічного часу. Розроблено верстатний пристрій для виконання операції фрезерування даної деталі. Запропоновано контрольно-вимірювальний пристрій для визначенні точності відповідальних поверхонь, а також спроектовано спеціальний ріжучий інструмент – торцеву фрезу.

В дослідницькому розділі проведено аналіз сучасних методів застосування розділових операцій. Описані найбільш перспективні із них. В результаті оцінки енергетичних витрат і аналізу існуючих методів інтенсифікації процесу розділення металу встановлено, що найбільше зниження деформуючих зусиль досягається в умовах вібровантаження на власних частотах заготовки і вібропластичного ефекту. Запропоновано технічне рішення для удосконалення конструкції пробивних пуансонів, які використовуються в револьверному пресі з ЧПУ Finn-Power.

В розділі «Охорона праці» розроблені заходи для забезпечення безпечних умов праці, електробезпеки, пожежної безпеки та мікроклімату в листоштампувальних цехах і дільницях. Виконано розрахунок системи захисного заземлення цеху.

В додатках приведені креслення, специфікації до складальних креслень і карти технологічного процесу виготовлення деталі «плита».

Ключові слова: *технологічний процес, операція, технологічність, верстат, припуск, режими різання, зусилля затиску, інструмент, деталь.*

Мойпанюк Д.В.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу студента гр. ПМТм-21-1 Мойпанюка Д.В.

Тема дипломної роботи: «Розробка технології та проектування оснащення для виготовлення бокових стінок газового котла»

1. Актуальність і значення теми

Технічний прогрес у машинобудуванні характеризується не тільки покращенням конструкції машин, але і неперервним удосконаленням технології їх виробництва. Важливо якісно, дешево і в визначені планові строки з мінімальними витратами виготовити машину, використовуючи високопродуктивне обладнання, технологічну оснастку, засоби механізації й автоматизації виробництва. Від прийнятої технології виробництва залежить надійність роботи машин, що випускаються, а також економіка їх експлуатації. Удосконалення технології машинобудування визначається потребами виробництва необхідних суспільству машин. Розвиток нових прогресивних технологічних методів сприяє конструюванню більш досконалих машин, зниженню їх собівартості й зменшенню витрат праці на їх виготовлення.

Актуальність дипломної роботи не викликає сумніву.

2. Оцінка якості та достовірності проведених досліджень

Достовірність отриманих результатів не викликає сумніву, оскільки виконання дипломної роботи базувалося на науково обґрунтованих методиках із застосуванням сучасного комп'ютерного забезпечення. Позитивними рисами дипломної роботи є системність та послідовність викладення матеріалу.

3. Оцінка запропонованих заходів та пропозицій, практичної цінності та ефективності

Дипломна робота спрямована на удосконалення технології виготовлення деталей за рахунок використання сучасного обладнання і технологічного оснащення. Практичне значення отриманих результатів полягає в розробленні ефективного технологічного процесу виготовлення бокових стінок газового котла, що сприятиме підвищенню якості та зменшенню затрат праці на їх виготовлення.

4. Загальний висновок та оцінка

Вагомих недоліків в дипломній роботі Мойпанюка Д.В. не виявлено.

Дипломна робота виконана з дотриманням всіх норм та вимог на високому професійному рівні і з використанням сучасних комп'ютерних технологій. За актуальністю, новизною та обсягом проведеної роботи відповідає вимогам, які ставляться до дипломної роботи і заслуговує на оцінку «відмінно».

Рецензент:

к.т.н., доцент кафедри трибології,
автомобілів та матеріалознавства



Маковкін О.М.

08.12.2022 р.

Завідувачу кафедри технології машинобудування
Віталію ТКАЧУКУ
студента групи ПМТм-21-1
Дмитра МОЙПАНЮКА

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

07.12.2022

РІШЕННЯ
експертної комісії по кафедрі технології машинобудування
про допуск кваліфікаційної роботи до захисту

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Розробка технології та проектування оснащення для виготовлення бокових стінок газового котла».

Автор: Мойпанюк Д.В.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка. Технології машинобудування системи комп'ютерного проектування процесів.

Керівник дипломної роботи: Косіюк М.М.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

Висновок	Позначка про відповідність
<p>Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом.</p> <p>Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням.</p> <p>Є співпадіння із титульним листом, завданням, змістом списком використаних джерел. Також є співпадіння із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення, які розміщені в розділі охорони праці, не є плагіатом. Вони не описують безпосереднє авторське дослідження.</p> <p>Робота приймається до захисту.</p>	<p>Рівень унікальності тексту високий</p>

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник дипломної роботи

Ткачук В.П

Ткачук В.П

Косіюк М.М.

ЗМІСТ

	ВСТУП	
1	ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1	Стан питання та постановка задачі дипломного проектування	
1.2	Класифікація способів різання листового матеріалу	
1.3	Загальні положення по розробці технологічних процесів листового штампування	
1.4	Обладнання та функціональні можливості по штампуванню та розкрою металу на базовому підприємстві	
1.5	Аналіз об'єкту виробництва	
2	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
2.1	Аналіз технологічності конструкції та властивостей матеріалу стінок котла	
2.2	Вибір та обґрунтування раціонального способу формоутворення стінок	
2.3	Розрахунок розділювальних операцій для заданої деталі	
2.3.1	Розрахунок технологічного зусилля, необхідного для розділювальної операції	
2.3.2	Розрахунок зусилля притискного пристрою для вирубки заданої деталі	
2.3.3	Зусилля пристрою для виштовхування при вирубанні	
2.3.4	Розрахунок буфера	
2.3.5	Сумарне зусилля вирубки заготовки	
2.4	Розрахунок формоутворюючих операцій для заданої деталі та вибір конструктивних елементів і обладнання	
2.4.1	Розрахунок згинання з притискуванням заготовки для прямої частини деталі	
2.4.2	Корегування розрахованого зусилля	
2.4.3	Розрахунок зусилля відборткування радіусної поверхні	
2.4.4	Вибір пресового обладнання	
2.4.5	Будова та принцип дії штамп	
2.5	Розробка принципів схем. Розрахунок базових напрямних та формоутворюючих деталей штамп	

2.5.1	Розрахунок розмірів заготовки	
2.5.2	Розрахунок розмірів пуансона та матриці	
2.6	Вибір матеріалів, визначення, щодо точності, шорсткості та властивостей поверхні формоутворюючих, напрямних, базових та інших деталей штампу	
2.7	Визначення способів розмірної, термічної та остаточної обробки деталей штампу	
2.7.1	Отримання заготовок	
2.7.2	Механічне оброблення деталей штампу	
2.7.3	Доводка та полірування деталей штампу	
2.7.4	Термічна обробка деталей штампу	
2.8	Розробка заходів, щодо експлуатації, технічного обслуговування та безпечної роботи штампу, прогнозування стійкості інструменту	
2.8.1	Контроль та випробування штампу	
2.8.2	Експлуатація та ремонт штампу	
2.8.3	Розрахунок стійкості штампу	
3	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
3.1	Стан питання та постановка задачі	
3.2	Аналіз технологічності конструкції деталі	
3.2.1	Якісний аналіз	
3.2.2	Кількісний аналіз	
3.3	Визначення типу та організаційної форми виробництва	
3.4	Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання	
3.4.1	Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовок	
3.4.1.1	Варіант №1 – заготовка з листового гарячекатаного прокату	
3.4.1.2	Варіант №2 – полоси широкої гарячекатаної по ГОСТ 82-70	
3.5	Вибір технологічних баз	
3.6	Проектування плану оброблення деталі «плита»	
3.6.1	Застосування верстатів з числовим програмним управлінням	
3.7	Проектування маршрутної обробки деталі «плита»	

3.7.1	Розробка змісту операцій, схем базування, вибір ріжучого інструменту	
3.8	Розрахунок припусків на механічну обробку	
3.8.1	Аналітичний розрахунок припусків	
3.9	Розрахунок та вибір режимів різання	
3.10	Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій	
3.11	Розробка РТК для операції з ЧПК	
3.12	Проектування верстатного пристрою для фрезерування деталі «плита»	
3.12.1	Вибір установочних елементів, схеми базування і закріплення деталі	
3.12.2	Розрахунок пристрою на точність	
3.12.3	Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу пристрою	
3.12.4	Опис роботи верстатного пристрою	
3.13	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	
3.13.1	Розробка схеми вимірювання	
3.13.2	Розрахунок пристрою на точність	
3.13.3	Опис конструкції і роботи контрольного пристрою	
3.14	Проектування різального інструменту	
4	ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	
4.1	Теоретичні й експериментальні дослідження в галузі розділових операцій листових заготовок	
4.2	Аналіз процесу різання листового металу в штампах	
4.3	Активне керування пружною пластичною формозміною заготовки	
4.4	Висновки по розділу	
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	
5.1	Аналіз шкідливих та небезпечних факторів листоштампувальних дільниць та цехів	
5.2	Захист від ураження електричним струмом	
5.3	Розрахунок системи захисного заземлення цеху	
5.4	Забезпечення пожежної безпеки дільниці	
5.5	Захист від підвищеної запиленості і загазованості повітря	
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	
	ЛІТЕРАТУРА	

	ДОДАТКИ	
	Додаток А. Документація до технологічного процесу механічного оброблення деталі «плита»	
	Додаток Б. Комплект специфікацій до складальних креслень.	
	Додаток В Програми для виконання операцій механічного оброблення деталі «плита»	

ВСТУП

Машинобудування є важливою галуззю промисловості. Його продукція – машини та прилади різного призначення поставляються всім галузям народного господарства. Від розвитку машинобудування залежить технічний рівень виробництва, підвищення продуктивності праці, бережливе витрачання трудових, матеріальних та грошових ресурсів. Сьогодні перед машинобудуванням поставлені відповідальні задачі. До їх числа відносяться підвищення якості машин (надійності, довговічності, точності та других експлуатаційних показників), зниження трудомісткості та собівартості, нормалізація та уніфікація їх елементів, впровадження поточних методів роботи, механізація та автоматизація виробництва, а також скорочення підготовки виробництва нових об'єктів.

Основною тенденцією в металообробній галузі промисловості є застосування таких процесів і конструкцій машин, які дозволяють істотно скоротити витрати сировини, енергії і трудовитрати на одиницю продукції. В даний час найгостріше стоїть питання про конкурентоспроможність продукції машинобудування України на світовому і вітчизняному ринках. Враховуючи застарілий парк машинобудівного устаткування України, а також необхідність зниження собівартості продукції, що випускається, питання розробки енергозберігаючих технологій і застосування ефективного методу вибору того чи іншого способу виробництва металевих виробів стають усе більш актуальними.

Листове штампування є широко поширеним і досить прогресивним різновидом технології обробки металу тиском. Використовуючи, листове штампування можна виготовляти велику номенклатуру найрізноманітніших плоских і просторових деталей. Листове штампування знаходить застосування у всіх галузях виробництва, пов'язаних з виготовленням металевих деталей, особливо велике застосування воно знаходить у таких галузях, як авто- та літакобудування, в оборонній промисловості, приладобудуванні, при виготовленні предметів домашнього ужитку тощо.

Інтенсифікація виробництва в машинобудуванні пов'язана з модернізацією засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень науки і техніки. Технічне переозброєння, підготовка виробництва нових видів продукції машинобудування й модернізація засобів виробництва неодмінно охоплюють процеси проектування засобів технологічного оснащення та їхнього виготовлення.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та постановка задачі дипломного проектування

Основним завданням дипломного проектування є розробка технології та проектування оснащення для виготовлення окремих деталей газового котла, які виготовляються з листового прокату. На основі матеріалів, отриманих під час проходження переддипломної практики на підприємстві ТОВ «ЗАВОД „АТОНМАШ“» (м. Красилів) та завдання на магістерську дипломну роботу, використовуючи сучасні методи проектування, потрібно запропонувати технологічне оснащення, зокрема штамп для відбортування лівої і правої стінок, які є складовими елементами виробу – газового котла. В графічній частині дипломної роботи приведені креслення стінок (див. ДРМ.ФІТА.22.01.01 та ДРМ.ФІТА.22.01.02). Відповідно до завдання, також необхідно розробити технологічний процес механічного оброблення деталі штамп «плита», запропонувати обладнання для її виготовлення, виконати необхідні розрахунки режимів різання, припусків і техніко-економічних показників. Розробити верстатний та контрольно-вимірвальний пристрої, які будуть використовуватись при виготовленні деталі «плита». Крім того, у відповідності до завдання на дипломну роботу в дослідницькому розділі необхідно запропонувати технічні рішення для підвищення ефективності роботи пуансонів, які використовуються для розділових операцій, а в п'ятому розділі розробити заходи з охорони праці для листоштампувальних дільниць та цехів.

1.2 Класифікація способів різання листового матеріалу

В різних галузях промисловості найшли широке застосування різні способи різання листового прокату, які можна класифікувати у такий спосіб [1]:

1) Гільйотинні й важільні ножиці. Застосовуються для різання листових матеріалів на смуги або штучні заготовки. Товщина розрізаного матеріалу, до 40 мм.

2) Дискові ножиці (з паралельними осями). Застосовуються для різання листів на смуги, а також різання круглих дискових заготовок із виходом на край листа. Товщина розрізаного матеріалу, до 30 мм.

3) Дискові ножиці (з похилим нижнім ножем). Різання смуг і круглих дискових і кільцевих заготовок. Товщина розрізаного матеріалу, до 30 мм.

4) Багатодискові ножиці (з паралельними осями). Для одночасного різання декількох смуг, а також для обрізки смуг і стрічки по ширині. Товщина до 10 мм.

5) Вирізка еластичним середовищем на гідравлічних плунжерних пресах. Дрібносерійне проведення-виготовлення порівняно великих деталей товщиною до 2 мм. У крупносерійному і масовому виробництві – фольга (0,01-0,05 мм) - гумою; поліуретаном - деталі товщиною (0,05-2 мм).

6) Обробка на універсально-переналагоджуваних штампах. Дрібносерійне виробництво. Товщина деталей до 12 мм. Габаритні розміри 2×2м.

7) Чистова вирубка й пробивання товстолистових деталей у нагрітому стані. Товщина оброблюваних матеріалів 10-30 мм.

8) Чистова вирубка матрицею із завалом і закругленням ріжучих кромки. Застосовується для дуже малих отворів ($d=1,8$ мм).

9) Зачисне штампування. Застосовується для деталей невеликих розмірів, у більшості випадків утворюється відкол. Матеріал заготовок - пластичні кольорові метали й сплави.

10) Вібраційні способи. Різання криволінійних заготовок по розмітці або шаблонам з малим радіусом (до 15 мм). Товщина матеріалу до 10 мм.

11) Відрізні штампи. Різання смуг на штучні заготовки.

12) Чистова вирубка на гідравлічних або механогідравлічних пресах потрійної дії. Товщина деталі від 1,5 до 15 мм. Можливе виготовлення деталей з різною товщиною окремих елементів. Обмеження на мінімальну відстань від краю до товщини деталі.

13) Кисневе різання. Мідь, алюміній, чавун не піддаються кисневому різанню. Добре піддаються різанню низьковуглецеві сталі. Середньовуглецеві й високовуглецеві сталі вимагають додаткового нагрівання. Товщина розрізуваних матеріалів, 3-300 мм, швидкість різання 50-1500 мм/хв.

14) Киснево-флюсове різання. Різання хромистих і хромонікелевих сталей, чавуну, міді.

15) Повітряно-плазмове різання. Різання практично всіх видів листових матеріалів (алюміній, мідь й їхні сплави, низьковуглецеві й леговані сталі) Товщиною 8-130 мм. Габарити листа 6×2м.

16) Електричне дугове різання металів. Вуглецеві, леговані, корозійно-стійкі сталі, чавун, кольорові метали.

17) Дугове різання металевим електродом. Розділювальне різання сталей товщиною не більше 25-30мм.

18) Газолазерне різання. Будь-які сталі товщиною до 4 мм. Титан і неметалічні матеріали.

1.3 Загальні положення по розробці технологічних процесів листового штампування

Виготовлення деталей за допомогою штампування займає провідне місце в технології оброблення металів тиском і використовується в різних галузях промисловості [1-3]. Основний напрямок штампування - це виробництво деталей із заготовок, в якості яких використовується листовий прокат (рис.1.1). Товщина вихідної заготовки зазвичай не перевищує 5 мм (дуже рідко більше 5 мм, при цьому застосовується гаряче листове штампування). Матеріалом для штампування є сталь і сплави кольорових металів.

Широке застосування листового штампування в промисловості пояснюється рядом його позитивних якостей: 1) високою продуктивністю (до 30 ... 90 тис. деталей за зміну); 2) можливістю використання низько кваліфікованої робочої сили; 3) точністю деталей, що забезпечує їх взаємозамінність і виключає у більшості випадків наступну механічну обробку; 4) сприятливими умовами для автоматизації процесу.



Рисунок 1.1 - Деталі, які виготовлені холодним штампуванням

Особливе значення має штампування металевих виробів з листового прокату. В її основі лежить пластичне деформування металу без його нагрівання за допомогою

спеціальних штампів. Такий спосіб пластичної деформації деталей широко застосовується для виготовлення деталей різних розмірів і складних форм з великою точністю, що неможливо здійснити за допомогою інших способів оброблення. Вони використовуються для складання великогабаритних виробів машинобудівної галузі, в автомобілебудуванні та суднобудуванні, а також в приладобудівній сфері та побуті, де часто потрібні різні мініатюрні деталі.

Розрізняють штампування, виконане гарячим способом з нагріванням заготовки і холодним способом без її попереднього нагрівання. Штампування деталей з листового металу здійснюється без їх попереднього нагрівання.

Технологічний процес гарячого штампування металу багато в чому збігається з послідовністю операцій холодної обробки заготовок. Відмінність полягає в попередньому нагріванні вихідних заготовок в печах до температури, що забезпечує пластичність металу. При виробництві штампованих деталей з листового металу в основному використовують метод холодного штампування. Технологія холодної деформації листового прокату за допомогою штампів має на увазі зміну форми і розмірів виробу зі збереженням його початкової товщини.

Як матеріал для отримання штампованих виробів холодним способом використовують смуги, листи або тонку стрічку в основному з низьковуглецевих і легованих пластичних сталей, а також мідних, латунних (що містять понад 60% міді), алюмінієвих, магнієвих, титанових та інших пластичних сплавів. Застосування для штампування сплавів, що володіють хорошою пластичністю, пов'язане з тим, що вони легко піддаються деформаційному зміні.

Всі операції холодного штампування можна здійснювати при наявності спеціального обладнання, головним з яких є штампувальний прес (рис.1.2). Його принцип роботи може бути на основі механіки або з використанням гідравліки.



Рисунок 1.2 - Обладнання для виконання операцій холодного штампування

До механічних видів відносять:

- 1) ексцентрикові преси;
- 2) преси з використанням кривошипно-шатунного механізму.

Для здійснення операцій пробивання, вирубвання і витяжка використовується штампувальний прес кривошипного типу. Основні деталі такого преса виконані з високоміцних сталей і додатково укріплені з метою надання необхідної жорсткості.

Штампувальний прес для металу гідравлічного типу застосовується для створення об'ємних форм за допомогою продавлювання металу. Принцип дії такого механізму заснований на тиску рідини, вміщеній в двох резервуарах, які забезпечені поршнями. Резервуари з'єднані трубопроводом. В результаті тиску в рідині, що виникає в момент її нагнітання в циліндр з іншого резервуара, воно передається на повзун і приводить його в рух. При переміщенні повзун з великим зусиллям продавлює заготовку.

Робочим пристроєм будь-якого пресового верстата є сам штамп. Він включає дві робочі частини, звані матрицею і пуансоном. В процесі роботи рухомий є тільки верхня деталь штампа - пуансон, закріплений на повзуніві. Матриця розташована знизу і залишається нерухомою. Деформування листа здійснюється під час притискання пуансона до матриці з розташованої на ній заготовки. До розроблення креслень і виготовлення штампів для преса пред'являються підвищені вимоги, оскільки від їх точності залежить правильність формування виробу.

Усі прості операції листового штампування поділяються на роздільні й формозмінні (рис.1.3).

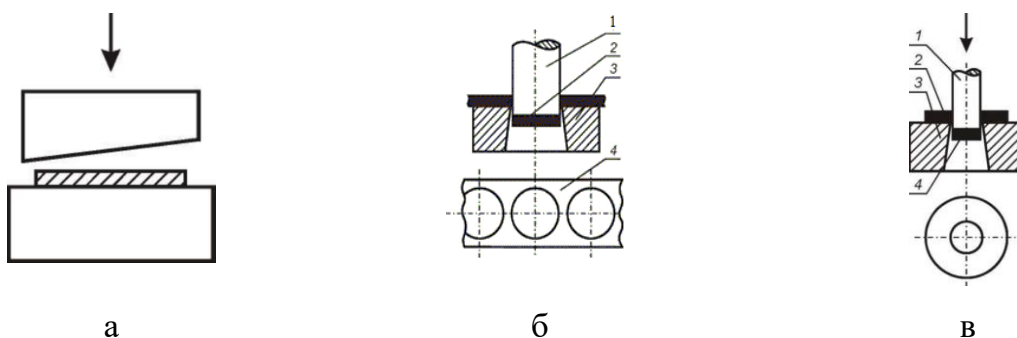


Рисунок 1.3 - Роздільні операції листового штампування:

а - відрізка; б - вирубка; в - пробивання;

1 - пуансон; 2 - виріб або напівфабрикат; 3 - матриця; 4 – відходи

Формозмінні операції листового штампування (згинання, витягування з потоншенням і без потоншення стінок, відбортовування, обтискування) характеризують складнішим і різним по перерізу виробу напружено-деформівним станом (рис.1.4).

В технічному відношенні холодне листове штампування дозволяє:

- 1) отримати деталі складних форм, виготовлення яких іншими методами неможливо або ускладнено;
- 2) створювати жорсткі та міцні, але легкі по масі конструкції деталей при незначних витратах матеріалу;
- 3) отримувати взаємозамінні деталі з достатньо високою точністю розмірів, переважно без наступного механічного оброблення.

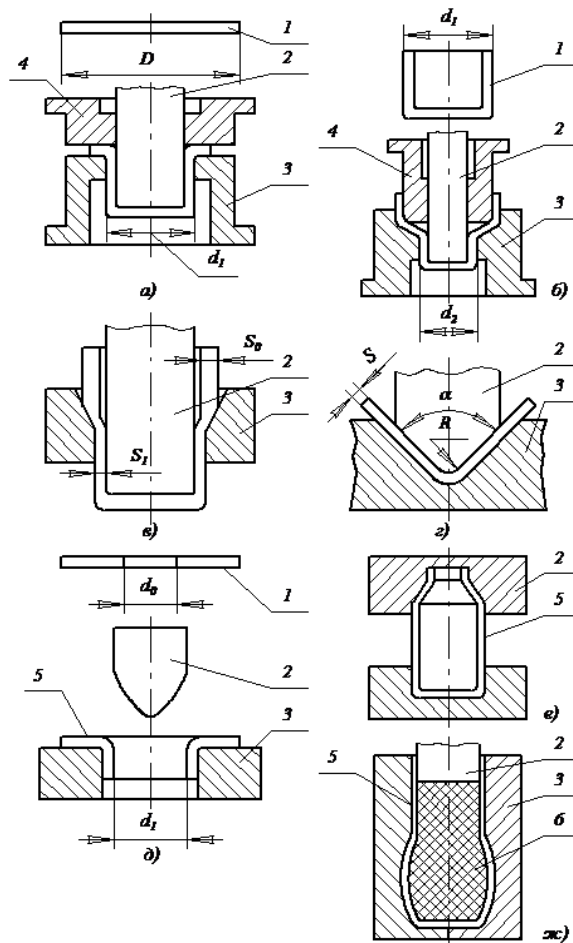


Рисунок 1.4 - Формозмінні операції листового штампування:

1 - вихідна заготовка; 2 - пуансон; 3 - матриця; 4 - притискувач; 5 - виріб; 6 - гумовий вкладки.

а, б - витягання; в - редукування; г - згинання; д - розбортування ;
 е - обтискання; ж - формування.

В економічному відношенні холодне штампування має наступні переваги:

- 1) економічне використання матеріалів та порівняно невеликі витрати;
- 2) висока продуктивність обладнання з можливістю використання автоматизації та механізації виробничих процесів;
- 3) низька вартість виробів.

Найбільший ефект від холодного штампування може бути досягнений при комплексному вирішенні технічних питань на стадіях підготовки. Основним прогресивним технологічним фактором розвитку холодного штампування є прагнення отримати штампуванням повністю закінчену деталь.

1.4 Обладнання та функціональні можливості по штампуванню та розкрою металу на базовому підприємстві

ТОВ «ЗАВОД „АТОНМАШ“» - один з лідерів ринку опалювальної техніки України. Підприємство оснащено сучасним обладнанням для розкрою, штампування та гнуття металу, роботизованими зварювальними комплексами та фарбувальними лініями для порошкового фарбування готових виробів. Парк верстатів підприємств становить понад 500 одиниць (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Обладнання та його технічні характеристики

Обладнання	Технічні характеристики
<p>Револьверний прес з ЧПУ Finn-Power</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - максимальний габарит листа 1500x3000 мм; - товщина с 0,5 до 3,0 мм; - наявність автоматичної подачі листа та вивантаження заготовки на конвеєр; - наявність вбудованих гільйотинних ножиць; - наявність формувального інструменту.
Плазмове та кисневе різання	<ul style="list-style-type: none"> - габарит листа до 2000x6000; - товщина листа с 3,0 мм до 200 мм.
Гільйотинні ножиці	<ul style="list-style-type: none"> - довжина заготовки (max) 2500 мм; - товщина матеріалу (08кп) 1,0-16 мм
Гідравлічні преси (П6328, П6332 та ін.)	- потужність до 2500 кН%;- розмір столу до 1000x630 мм
Преси кривошипні (КД2130, КА3732 та ін.)	<ul style="list-style-type: none"> - зусилля до 1600 кН; - розмір столу до 2000x1250 мм

1.5 Аналіз об'єкту виробництва

Об'єктом виробництва у даній дипломній роботі є технологічне оснащення - штамп для відбортуння стінок газового котла методом холодного штампування. В графічній частині дипломної роботи представлені його складальне креслення (ДРМ.ФІТА.22.02.01.00.00 СК) і 3D модель (ДРМ.ФІТА.22.02.02.00.00)

Особливістю даного штампун є те, що він може використовуватись для обох стінок, як правої так і лівої, оскільки вони є симетричними. Основними елементами, які слід розрахувати при проектуванні даного штампун є матриця і пуансон. Від них залежить надійність використання даного штампун на виробництві, а відповідно і собівартість виготовлення стінок котла.

Решта елементів штампун вибираються з конструктивних міркувань. При цьому враховуються рекомендації, які викладені у довідниковій літературі.

У відповідності до завдання на дипломну роботу на деталь «плита» (ДРМ.ФІТА.22.02.01.00.05) необхідно розробити технологічний процес її виготовлення. Дана деталь штампун є основною базовою деталлю на якій розміщується решта деталей та елементів і яка безпосередньо виступає базою для встановлення штампун на стіл преса. Більш детальний аналіз деталі «плита» буде проведено у технологічному розділі даної дипломної роботи.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

В цьому розділі розглянуті питання проектування штампу для відбортування лівої і правої стінок, які є складовими елементами газового котла.

2.1 Аналіз технологічності конструкції та властивостей матеріалу стінок котла

Вхідні данні:

З креслення деталі «стінка» (ДРМ.ФІТА.22.01.01) знаходимо:

1. Висота штампованої деталі $H_d = 1,6$ мм.
2. Діаметр найбільшого отвору $D = 66$ мм.
2. Товщина заготовки $s = 0,8$ мм.
4. Мінімальний радіус заокруглення $R_m = 0,8$ мм.
5. Матеріал заготовки - Лист БТ-ПН-0,8 ОК360В IV ГОСТ 16523-97.

Розглянемо деякі найважливіші оптимальні критерії технологічності деталі, що виготовляється методом листового штампування.

Найменший радіус спряження прямолінійних ділянок деталі складає 1,6 мм при мінімальному допустимому значенні:

$$0,5s = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ мм}, \quad (2.1)$$

де s - товщина матеріалу, який штампується [4, с.43].

Відхилення розмірів контуру деталі після операції вирубаня складає $\pm 0,2$, що приблизно відповідає 12... 13 квалітету точності [4, табл.28, с.43].

Відхилення розмірів складає $\pm 0,3$ [4, табл.29, с.43].

Застосуванням зачистки, після операції вирубки, можливо досягнути точності контуру в межах 0,025...0,03 мм при товщині матеріалу 1...3 мм [4, табл.29, с.43].

Відхилення довжини при її розмірі до 700 мм складає $\pm 1,2$ мм, що приблизно становить 9...10 квалітет точності [4, табл.36, с.46].

Шорсткість поверхонь зрізання після виконання операцій вирубки складає 20...40 мкм, що є прийнятним, враховуючи основне призначення деталі [4, табл.32, с.45].

Проаналізувавши креслення деталі можна зробити висновки, що:

- 1) на кресленні вказані всі розміри;

- 2) задана відповідна шорсткість, яку необхідно отримати;
- 3) вказані допуски та відхилення, які ми отримуємо на заданій операції;
- 4) вказані технічні вимоги по кресленню в цілому.

Конфігурація стінки порівняно проста. Вона відноситься до просторових деталей. Для такого типу деталей необхідні, як роздільні, так і формозмінні операції

При виборі матеріалу для виготовлення штампованого виробу необхідно враховувати наступне:

- 1) механічну міцність;
- 2) твердість;
- 3) ударну в'язкість.

Деталь «стінка» рекомендується виготовляти зі сталі листової вуглецевої відповідно ГОСТ 16523-70, а саме ОК360В-IV. Основні технологічні властивості матеріалу приведені в табл.2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі ОК360В-IV ГОСТ 16523-70

Масова частка елементів, %							
C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
0,7-0,14	0,35-0,65	0,17-0,37	>0,04	>0,035	0,15	>0,35	>0,35

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі ОК360В-IV ГОСТ 16523-70

Межа текучості σ_{τ} , МПа	Тимчасовий опір σ_B , МПа	Відносне видовження δ , %	Відносне звуження γ , %
206	333	37	55

До нетехнологічних елементів деталі «стінка» можна віднести несиметричні овальні отвори, які ускладнюють процес її виготовлення.

2.2 Вибір та обґрунтування раціонального способу формоутворення стінок

Оброблення деталі «стінка»), можна виконати двома способами:

- 1) механічним обробленням;
- 2) обробленням тиском.

При механічному обробленні використовується оброблення не однієї деталі, а декількох (пакету заготовок), оскільки вона виготовляється з тонколистової сталі і проводити оброблення однієї деталі не доцільно. Проте дане оброблення має суттєві недоліки, зокрема:

- 1) використання більшої кількості інструментів та обладнання;
- 2) необхідність використання МОР;
- 3) суттєвий знос інструменту;
- 4) наявність стружки.

Ці недоліки призводять до значних енергетичних витрат, до збільшення витрат матеріальних та трудових, адже при механічному обробленні використовується більша кількість устаткування, інструменту та робочої сили. При такому обробленні також зменшується продуктивність праці. Все це призводить до збільшення ціни на виріб.

Дані деталі рекомендується виготовляти обробленням тиском. Вироби з листового матеріалу отримуються за рахунок пластичної деформації. Це один з найбільш ефективних та маловідходних видів оброблення, який дозволяє в 1,5...3 рази зменшити витрати матеріалу та в 2...10 раз збільшити продуктивність праці. Крім того, метал зміцнюється в 1,5...2 рази, зростає зносостійкість та надійність таких виробів. До недоліків такого оброблення відносять високі навантаження на робочі деталі штамп.

2.3 Розрахунок розділювальних операцій для заданої деталі

2.3.1 Розрахунок технологічного зусилля, необхідного для розділювальної операції

Технологічне зусилля розділювальних операцій в штампах з металевими робочими деталями, у яких відповідні ріжучі грані (ребра) пуансона і матриці паралельні між собою вираховують за формулою:

$$P = L \cdot s \cdot \sigma_{cp} \cdot k, \quad (2.2)$$

де P - технологічне зусилля, необхідне для розділювальної операції, Н;

L - периметр контуру вирубки (пробивки, відрізання), мм;

s - товщина матеріалу, що штампується, мм;

σ_{cp} - опір зрізанню, МПа;

k - коефіцієнт корегування.

Опір зрізанню - величина, яка залежить не тільки від властивостей матеріалу, що штампується, але й в значній мірі - від умов виконання операцій: відносної товщини деталі, що штампується (відношення її товщини s до розміру елемента, що штампується d), відносно зазору (відношення величини двостороннього зазору z між матрицею і пуансоном до товщини s) і швидкості процесу. При відносно малих зазорах опір зрізанню підвищується, але покращується поверхня зрізання. При відносно великих зазорах - навпаки.

Для практичних розрахунків можуть бути прийняті значення σ_{cp} , наведені в табл.9 [5]. Ці значення вираховані при $\sigma_{cp} = (0,7...0,86)\sigma_B$ для вирубання невеликих деталей ($\frac{d}{s} = 5...250$) при відносному зазорі $\frac{z}{s} = 0,05...0,09$. Зазори, вказані в табл. 9 [5] є нормальними, а їх абсолютні значення приведені в табл.14 [5]. При інших умовах табличні значення σ_{cp} необхідно помножити на коефіцієнт корегування з табл. 9 [5].

У випадках, коли для зниження необхідного зусилля заготовку перед вирубанням (пробивкою, відрізанням) нагрівають, значення σ_{cp} можна приймати по табл. 10 [5].

Розміри заготовки зображені на рис. 2.1.

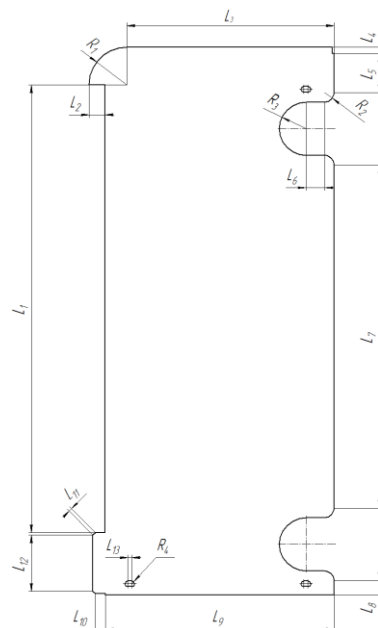


Рисунок 2.1 – Схема розмірів контуру деталі «стінка»

$$\begin{aligned}
L &= L_1 + L_2 + 0,5\pi \cdot R_1 + L_3 + L_4 + L_5 + 2\pi \cdot R_2 + 4L_6 + 2\pi \cdot R_3 + \\
&+ L_7 + L_8 + L_9 + 2L_{10} + 2L_{11} + L_{12} + 3(2L_{13} + 2\pi \cdot R_4) = \\
&= 556 + 20 + 1,57 \cdot 47 + 258 + 8 + 48,5 + 6,28 \cdot 12 + 4 \cdot 23 + \\
&+ 6,28 \cdot 33 + 427 + 18 + 284 + 2 \cdot 13 + 2 \cdot 4 + 70 + 3 \cdot (2 \cdot 5 + 6,28 \cdot 3,5) = \\
&= 2268 \text{ мм.}
\end{aligned} \tag{2.3}$$

Оскільки

$$\frac{d}{s} = \frac{680}{0,8} < 1000 \quad \text{і} \quad \frac{z}{s} = \frac{0,1}{0,8} = 0,125, \text{ тоді } k = 0,81.$$

Враховуючи вище зазначене визначаємо технологічне зусилля для вирубаня заготовки:

$$P = 2268 \cdot 0,8 \cdot 400 \cdot 0,81 = 587866 \text{ Н} = 588 \text{ кН.}$$

2.3.2 Розрахунок зусилля притискного пристрою для вирубки заданої деталі

Для підвищення якості вирубаня (пробивки, відрізання) застосовують притискні пристрої, зусилля яких повинно забезпечити надійний затиск заготовки. Дане зусилля визначається за формулою:

$$P_{\text{притиск}} = L \cdot s \cdot q_{\text{притиск}}, \tag{2.4}$$

де $q_{\text{притиск}} = 8$ - тиск на заготовку, Н/мм². Значення величини тиску на заготовку обирається з табл.11 [5, с.58].

Враховуючи вихідні дані отримуємо:

$$P_{\text{притиск}} = 2268 \cdot 0,8 \cdot 8 = 14515 \text{ Н} = 14,5 \text{ кН.}$$

2.3.3 Зусилля пристрою для виштовхування при вирубанні

Крім притискного пристрою штамп може бути оснащений пристроєм для виштовхування, який характеризується зусиллям протитиску $P_{\text{пт}}$. Необхідне значення $P_{\text{пт}}$ визначається в залежності від призначення пристрою. Якщо він призначений тільки для виштовхування деталі з матриці, то для гарантії відсутності заклинювання необхідно забезпечити наступну умову:

$$P_{\text{пт}} = 0,1P, \tag{2.5}$$

де P - технологічне зусилля вирубки.

Якщо пристрій для виштовхування слугує також і для витискання заготовки, то значення P_{ITT} повинно бути рівним $P_{притиск}$, і його необхідно розраховувати за формулою 2.4.

$$P_{ITT} = 0,1 \cdot 588 = 59 \text{ кН.}$$

2.3.4 Розрахунок буфера

Величину попереднього стиску буфера Δ_1 визначають за трьома основними параметрами: зусиллю на початку і в кінці операції та необхідному робочому ходу буфера.

$$\Delta_1 = \frac{h_{\text{оф}}}{\frac{P_2}{P_1} + 1}, \quad (2.6)$$

де $h_{\text{оф}}$ - необхідний робочий хід буфера, мм;

P_2 - зусилля в кінці робочого ходу, Н;

P_1 - зусилля на початку робочого ходу, Н.

Робочий хід буфера повинен бути більшим товщини матеріалу, який штампується. Відповідно $h_{\text{оф}} = 2$ мм.

Зусилля на початку робочого ходу розраховується за формулою 2.4, за умови найменшого тиску, необхідного для притискання, де $q = 5 \text{ Н/мм}^2$ [5, с.58]:

$$P_1 = 2268 \cdot 0,8 \cdot 5 = 9072 \text{ Н} = 9 \text{ кН.}$$

$$\Delta_1 = \frac{2}{\frac{588}{9} + 1} = 0,015 \text{ мм.}$$

Приймаємо $\Delta_1 = 1$ мм.

Повне стискування буфера Δ_2 можна визначити за формулою:

$$\Delta_2 = \Delta_1 + h_{\text{оф}} = 1 + 2 = 3 \text{ мм.} \quad (2.7)$$

Визначаємо висоту гумового буфера:

$$H_{\text{оф}} = \frac{\Delta_2}{\psi}, \quad (2.8)$$

де ψ - відносне стискування буфера, $\psi = 0,3$ мм.

$$H_{\phi} = \frac{3}{0,3} = 10 \text{ мм.}$$

Необхідну площу буфера визначаємо за умови, що тиск, який створюється гумою при $\psi = 0,3$ складає приблизно $1,7 \text{ Н/мм}^2$ (за умови твердості гуми по Шору А62):

$$F_{\phi} = \frac{P_2 \eta}{1,7}, \quad (2.9)$$

де η - коефіцієнт твердості гуми, який наведено в [5, с.43], $\eta = 1$.

$$F_{\phi} = \frac{587866 \cdot 1}{1,7} = 345804 \text{ мм}^2.$$

2.3.5 Сумарне зусилля вирубки заготовки

Сумарне зусилля вирубки розраховується для штампа, у якому технологічне зусилля вирубки, зусилля притискування і зусилля для виштовхування не діють одночасно:

$$P_{\Sigma} = P + P_{\text{притиск}} + P_{\text{шт}} = 588 + 14,5 + 59 = 661,5 \text{ кН.} \quad (2.10)$$

Отже, для розподільчої операції необхідно обрати прес із зусиллям 100 т.с. Відповідно до технічних характеристик кривошипно-шатунних пресів для вирубкування призначаємо для цієї операції прес моделі КД2130.

2.4 Розрахунок формоутворюючих операцій для заданої деталі та вибір конструктивних елементів і обладнання

2.4.1 Розрахунок згинання з притискуванням заготовки для прямої частини деталі

Максимальне зусилля згинання P_{MAX} визначається при куті між пуансоном і деталлю $\beta = 10^\circ$ за формулами для заготовок:

$$P_{\text{MAX}} = \frac{Bs^2(1,5 + \varepsilon_B)(0,174 + 0,985\mu)\sigma_B}{6 \left[(r_m + s + r_n) \cdot 0,0875 + f \cdot \frac{s}{2} \right]} + Q_{\phi}, \quad (2.11)$$

де B - ширина деталі, в см;

s - товщина деталі, в см;

ε_B - відносне видовження даного матеріалу при розтягуванні зразка в момент початку утворення шийки;

f - коефіцієнт тертя [6, с.122];

σ_B - межа міцності матеріалу заготовки, кгс/см;

r_m - радіус заокруглення інструменту (матриці) у місці згину, мм;

r_n - радіус заокруглення інструменту (пуансона) у місці згину, мм;

$Q_{\text{бф}}$ - зусилля буфера, кгс.

Зусилля буфера визначаються за формулою:

$$Q_{\text{бф}} = \frac{2,3B \cdot \sigma_s \cdot s^2}{l} + \frac{M}{y} (\mu + f), \quad (2.12)$$

де σ_s - межа текучості матеріалу, кгс/см;

l - відстань між центрами радіуса заокруглення деталі і крайньою протилежною точкою контакту заготовки з притисканням, см;

y - відстань від центру заокруглення інструменту, до крайньої точки контакту краю заготовки з матрицею, см;

μ - коефіцієнт Пуансона для матеріалу заготовки;

M - згинаючий момент, кгс·см.

$$M = \frac{B \cdot s^2}{6} \cdot (1,5 + \varepsilon_B) \cdot \sigma_B = \frac{25,8 \cdot 0,08^2}{6} \cdot (1,5 + 23) \cdot 42 = 28,32 \text{ кгс} \cdot \text{см}. \quad (2.13)$$

$$Q_{\text{бф}} = \frac{2,3 \cdot 25,8 \cdot 22 \cdot 0,08^2}{143} + \frac{28,32}{0,18} \cdot (0,28 + 0,4) = 107 \text{ кгс} = 1070 \text{ Н}.$$

$$P_{\text{MAX}} = \frac{25,8 \cdot 0,08^2 \cdot (1,5 + 23) \cdot (0,174 + 0,985 \cdot 0,4) \cdot 42}{6 \cdot \left[(0,08 + 0,08 + 0,08) \cdot 0,0875 + 0,4 \cdot \frac{0,08}{2} \right]} + 107 = 530 \text{ кгс} = 5,3 \text{ кН}.$$

2.4.2 Корегування розрахованого зусилля

Розраховане зусилля відповідає однокутовому згинанню. Беручи до уваги, що в нас відбортування має малу висоту штампованої поверхні, значення зусилля для відбортовки буде відповідати односторонньому згинанню [5,6].

$$P_{3Г} = P_{\text{MAX}} = 5,3 \text{ кН}. \quad (2.14)$$

Оскільки в процесі згинання плече x (рис. 2.2) досягає відносно малих значень, то заготовки не проковзують по ребру матриці, а гальмуються.

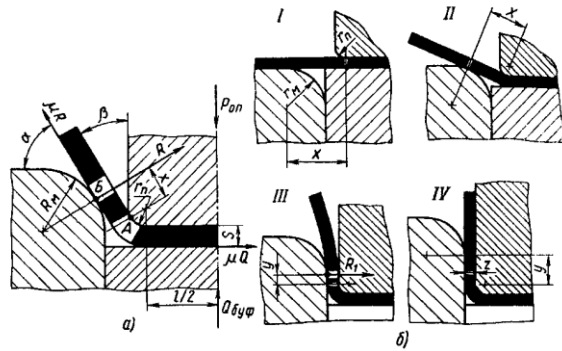


Рисунок 2.2 - Схема геометричних параметрів однокутового згинання

На контактній поверхні виникають великі напруження. В окремих випадках вони значно перевищують межу текучості. Отже, заготовка не буде зсуватись і утримується самою силою згинання. В такому випадку ніякі додаткові засоби фіксації не потрібні. Тому зусилля буфера не повинно обов'язково виконувати умову $Q_{об} \geq P_{MAX}$, і ми приймаємо розраховане значення з попереднього пункту.

2.4.3 Розрахунок зусилля відбортування радіусної поверхні

Для відбортування радіусної поверхні кришок зусилля визначається виходячи зі значення необхідного технологічного діаметра пуансона. При малій висоті відбортування дане значення визначається за формулою [5,6]:

$$d_0 = D_0 - 1,72r_m - 2L_3, \quad (2.15)$$

де $D_0 = 2R_1 = 94$, мм;

$r_m = 0,8$, радіус заокруглення матриці, мм;

$L_3 = 5$ - ширина відбортування після штампування, мм;

$$d_0 = 94 - 1,72 \cdot 0,8 - 2 \cdot 5 = 82,6 \text{ мм.}$$

Радіус пуансона для утворення радіусної відбортовки становить:

$$R_{II} = 0,5d_0 = 0,5 \cdot 82,6 = 41,3 \text{ мм.} \quad (2.16)$$

Технологічне зусилля необхідне для відбортування радіусної поверхні визначається за формулою:

$$P_{омб} = 1,1\pi \cdot s \cdot \sigma_B (D_0 - d_0) = 1,1 \cdot 3,14 \cdot 0,08 \cdot 400 \cdot (9,4 - 8,26) = 126 \text{ кгс} = 1,26 \text{ кН.} \quad (2.17)$$

Сумарне технологічне зусилля необхідне для відбортування даної частини стінки буде складатись із суми двох зусиль – згинання прямої частини і

відбортування радіусної частини поверхні:

$$P = P_{зг} + P_{омб} = 5,3 + 1,26 = 6,56 \text{ кН.} \quad (2.18)$$

2.4.4 Вибір пресового обладнання

При виборі преса виходять з таких міркувань [5,6]:

- 1) тип преса і повна величина ходу повинні відповідати технологічним операціям;
- 2) номінальне зусилля преса повинно бути більше зусилля, необхідного для штампування;
- 3) потужність преса повинна бути достатньою для виконання роботи, необхідної для виконання даних операцій;
- 4) закрита висота преса повинна відповідати, або бути більше закритої висоти штампу;
- 5) габаритні розміри столу і повзуна преса повинні давати можливість встановлення і закріплення штампу і подачі заготовок;
- 6) число ходів преса повинно забезпечувати достатню продуктивність штампування;
- 7) ручність і безпека обслуговування преса повинні відповідати вимогам техніки безпеки.

Для штампування розрахованих елементів достатньо преса з найменшим зусиллям КД2320. Але з огляду на те, що довжина штампа в зборі 675 мм та ширина – 406 мм, перевищує розміри робочого простору пресу КД2320, то обираємо найближчий прес з достатньою шириною та довжиною робочого простору – КД1428. Зусилля штампування та геометричні параметри штампа повністю задовольняють умови штампування даних деталей.

2.4.5 Будова та принцип дії штампу

Штамп складається (ДРМ.ФІТА.22.02.01.00.00 СК) з рухомої та нерухомої частини. До рухомої частини відноситься плита верхня 10 з напрямними втулками 11, які запресовані у плиту. До верхньої плити 10 закріплено пуансонотримач 3 з пуансоном 2, через проміжну плиту 9. Також на рухомій частині закріплюються

буфер 8 та притискач 7. З'єднання відбувається за допомогою штифтів 21 та гвинтів 12 і 14. У верхню плиту 10 вставляється хвостовик 18, який фіксується штифтом 19, і слугує для закріплення рухомої частини штампа на пресі. Нерухома частина штампу складається з нижньої плити 5 і , запресованих в неї напрямних колонок 17. Ці деталі є базовими, до яких кріпляться формотворні, фіксуючі та інші деталі штампу. У нижній плиті 7 встановлені також вантажні гвинти 16 для можливості зручного транспортування штампа в зборі. До нижньої плити за допомогою гвинтів 15 та штифтів 22, через підставку 6 кріпиться матриця 1. На матриці за допомогою штифтів 20 та гвинтів 13 закріплено противіджим 4, який обмежує подачу заготовки, та забезпечує її точне розміщення у штампі в процесі штампування. Верхня плита в зборі встановлюється втулками 11 на колонки 17 нижньої плити в зборі. Заготовки подаються і виймаються з штампу вручну.

Штамп працює наступним чином:

- 1) вручну заготовка встановлюється до упору в противіджим 4 з правої або лівої сторони, в залежності від того, яку стінка необхідна;
- 2) верхня рухома частина штампу опускається, і відбувається формування відбортування стінки, яка фіксується притискачем 7, за допомогою буфера 8;
- 3) після формування елемента, верхня частина штампа піднімається і заготовку вилучають із штампа вручну.

2.5 Розробка принципів схем. Розрахунок базових напрямних та формоутворюючих деталей штампа

Матриця та пуансон визначають працездатність, надійність та довговічність штампа [5,6]. Їх розрахунок та конструювання важливий етап розробки документації по штампу (рис.2.3).

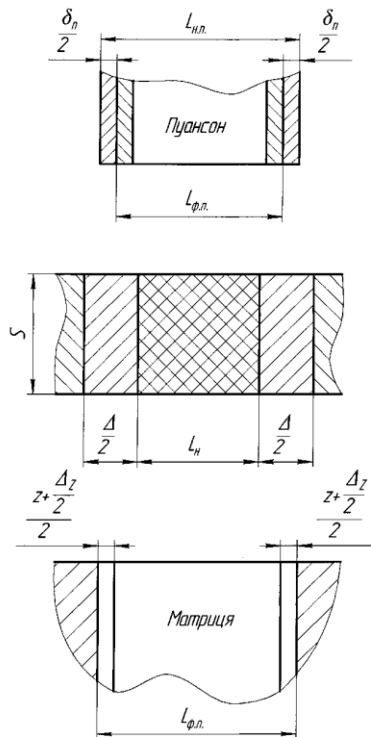


Рисунок 2.3 - Схема розмірів та полів допусків деталі, що штампується та деталей штапу

L_H - номінальний розмір елемента, що штампується; L_{HM} - номінальний розмір матриці;

L_{HP} - номінальний розмір пуансона; Δ - допуск на розмір елемента, що штампується;

P_3 - припуск на зношування пуансона та матриці; δ - допуск на розмір пуансона;

z , Δ_z - зазор та поле допуску зазору між матрицею та пуансоном.

Радіус заготовки, який ми вибираємо, співпадає з радіусом матриці. Зношування матриці призводить до збільшення радіуса. Тому відповідний радіус матриці повинен бути найменшим граничним.

2.5.1 Розрахунок розмірів заготовки

Враховуючи, що глибина штампування при відбортуванні є незначною:

$$H_{ш} = s = 0,8 \quad (2.19)$$

згідно робочого креслення стінок котла.

Таким чином, розмір радіусної поверхні заготовки умовно можна прийняти:

$$R_{заг} = R_{дет} = 47 \text{ мм.} \quad (2.20)$$

Даний розмір заготовки не вплине на точність виготовлення деталі оскільки, допуск на її лінійні розміри значно перевищує відмінність радіусу заготовки і радіус

готової деталі при такій малій глибині штампування.

2.5.2 Розрахунок розмірів пуансона та матриці

Виконавчі розміри пуансона та матриці, що відповідають заданому розміру деталі, що штампується визначаються в наступній послідовності [4-6]:

1. За видом і товщиною матеріалу, що штампується визначається зазор між пуансоном і матрицею.

Для сталі ОК360В-IV ГОСТ 16523-70, товщиною 0,8 мм - $z = 0,05$.

2. За граничним відхиленням розміру деталі, що штампується, знаходиться припуск на зношування. При граничному відхиленні розміру деталі, що отримується на даній операції $\Delta = 0,2$ мм припуск на зношування $l_z = 0,16$ мм [4, табл.38, с 54].

2. За характером розмірів деталі (збільшуються, зменшуються або не змінюються при зношуванні пуансона і матриці) і характером граничних відхилень розмірів деталі (однобічні або двобічні симетричні) визначаємо напрям припуску та відповідно розраховуємо номінальний розмір пуансона та матриці. При симетричності відхилень розміру деталі номінальний розмір матриці приймається рівним номінальному розміру деталі, що штампується:

$$R_{MAT}^{HOM} = R_{ДЕТ}^{HOM} = 1,6 \text{ мм.} \quad (2.21)$$

Розраховуємо граничні відхилення виконавчих розмірів матриці δ_M і δ_{II} .

При несиметричності граничних відхилень відповідного розміру деталі приймають:

$$\delta_M = \delta_{II} = 0,1\Delta, \quad (2.22)$$

де δ_M - граничне відхилення виконавчого розміру матриці, мм;

δ_{II} - граничне відхилення виконавчого розміру пуансона, мм;

Δ - граничне відхилення розміру деталі, що штампується, мм.

$$\delta_M = \delta_{II} = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ мм.}$$

Виконавчі розміри пуансона і матриці обираються згідно [4, табл. 42, с.59].

Виконавчий радіус матриці:

$$R_{MAT} = R_{MAT}^{HOM} \pm 0,1\Delta = 1,6 \pm 0,04 \text{ мм,} \quad (2.23)$$

$$R_{II} = R_{II}^{HOM} \pm z = 1,6 \pm 0,05 \text{ мм.} \quad (2.24)$$

Форма матриці визначається формою та розмірами деталі, що штампується. Орієнтовано розміри матриці визначаються виходячи з розмірів її робочої зони. Спочатку обирається кількість отворів під штифти та під гвинти [4, табл.18, с.77]. Число гвинтів визначається за умови, що відстань між двома гвинтами не повинна перевищувати 90 мм. Число штифтів визначається з умови, що кожний самостійний елемент повинен бути самостійним відносно матриці, а сама матриця повинна фіксуватись чотирма гвинтами.

Розміри та розташування отворів повинні вибиратися із конструктивних міркувань, виходячи з конкретних форм штампа та робочої зони матриці.

Визначаємо товщину матриці:

$$H_M = s + 1,3\sqrt{a_p + b_p} + 7, \quad (2.25)$$

де s - товщина штапованого матеріалу;

a_p, b_p - розміри робочої зони матриці.

$$H_M = 0,8 + 1,3\sqrt{305 + 47} + 5 = 24,56 \text{ мм.}$$

Приймаємо найбільше ближче ціле значення висоти матриці $H_M = 25$ мм.

Перевіряємо прийняту товщину матриці на відповідність умові:

$$H_M = \sqrt[3]{100P}, \quad (2.26)$$

де P - необхідне технологічне зусилля, кН.

$$H_M = \sqrt[3]{100 \cdot 6,56} = 8,69 \text{ мм.}$$

Товщина матриці задовольняє умовам штампування.

У зв'язку з тим, що довжина і ширина матриці, і пуансона перевищують їхні товщини на порядок і більше, то проводити розрахунок на міцність і жорсткість недоцільно.

2.6 Вибір матеріалів, визначення, щодо точності, шорсткості та властивостей поверхні формують, напрямних, базових та інших деталей штампу

Вибір матеріалів для виготовлення штампу має дуже важливе значення. При виготовленні деталей штампу використовують різні сталі у відповідності з призначенням, умовами експлуатації та технологією виготовлення цих деталей [5,6].

Від правильного вибору матеріалу для кожного виду деталей та відповідного

режиму його термічної обробки залежить працездатність, міцність та збереження розмірів робочих частин штампу.

Оскільки, виготовлення штампу планується для холодного штампування листового матеріалу, необхідно щоб сталь, яка іде на виготовлення пуансонів та матриць забезпечувала наступні властивості:

1) висока міцність, оскільки в процесі роботи на штамп діють високі ударні навантаження;

2) висока твердість, оскільки процес різання можливо виконати при умові, що твердість пуансона та матриці буде значно вище за твердість матеріалу, що штампується; (твердість робочих деталей штампу повинна бути досить високою - не нижче 54...52 HRC. Така твердість досягається гартуванням при високих температурах 1020...1040°C та низьким відпуском 150...170°C);

3) зносостійкість; тому, що довговічність роботи штампу залежить від ступеню зношення його ріжучих кромки;

4) висока в'язкість, щоб в наслідок частих та сильних ударів ріжучі кромки не викришувались.

Пуансони виготовляють з вуглецевої інструментальної сталі У8А. Ця сталь після дотримання правильних режимів термообробки отримує таку ж твердість та міцність, як і леговані сталі. Основним недоліком використання такої сталі є низька прогартованість в результаті чого у великих перерізах (більше 20...25 мм) зберігається не прогартована серцевина з пониженою твердістю. Проте, в деяких випадках, при роботі штампів з значними динамічними навантаженнями ця властивість стає позитивною. Деталі, виготовленні зі сталі У8А рекомендовано гартувати до твердості HRC 54...58 одиниць.

Матрицю виготовляють зі сталі Х12М. Це спеціалізована штампова сталь, яка використовується для виготовлення відповідальних деталей штампів для холодного штампування, і яка забезпечує відповідну надійність та стійкість інструменту протягом тривалого часу експлуатації.

Для виготовлення менш відповідальних деталей використовують вуглецеву сталь звичайної якості Ст.3, та якісні конструкційні сталі – Сталь 45, тощо.

В процесі експлуатації штампу важливу роль відіграє якість обробки поверхні та характер з'єднання його деталей. Особливе значення має шорсткість поверхонь

формоутворюючих елементів, яка впливає на якість виробів. Обробка поверхонь формоутворюючих елементів повинна відповідати 10...12-му класам шорсткості ($R_a = 0,16...0,4$ мкм). Формоутворюючі поверхні хромуються для зменшення зносу і для полегшення відокремлення готових виробів. Поверхні, що безпосередньо не приймають участь у формуванні виробів повинні мати шорсткість не нижче 9-го класу, а спряжені поверхні рухомих направляючих елементів - не нижче 8-го класу точності. Площинні плити мають шорсткість не нижче $R_a = 0,16$ мкм. Це обумовлено необхідністю високої якості обробки. Щодо вимог до розмірної точності, то всі отвори повинні мати похибку не більше 0,05 мм.

2.7 Визначення способів розмірної, термічної та остаточної обробки деталей штампу

Процес виготовлення деталей штампу складається з наступних операцій [5-7]:

- 1) отримання заготовок;
- 2) механічна обробка;
- 3) слюсарна обробка робочих деталей;
- 4) термічна обробка;
- 5) механічне шліфування після термообробки;
- 6) ручне шліфування та доводка робочих деталей штампу;

2.7.1 Отримання заготовок

Коли заготовляють деталі штампу, які виготовляють з інструментальних вуглецевих сталей, виконують наступні операції [5,6]:

- 1) відрізання матеріалу від листа, плити чи стрічки;
- 2) кування;
- 3) ізотермічний відпал;
- 4) фрезерування площин;
- 5) обточування по діаметру;
- 6) нормалізація чи високий відпуск;
- 7) чорнове шліфування поверхонь;
- 8) обробка по кресленню.

Термічна обробка заготовок забезпечує кращу їх оброблюваність на наступних операціях, зменшує деформації при гартуванні та збільшує стійкість робочих частин штампу. Ізотермічному гартуванню підлягають усі заготовки, що виготовленні з інструментальних легованих та інструментальних вуглецевих сталей.

Щоб уникнути поверхневого напруження, що виникає в результаті механічної обробки заготовки з легованих сталей підлягають високому відпуску, а заготовки з інструментальних вуглецевих сталей – нормалізації.

2.7.2 Механічне оброблення деталей штампу

До формотворних та базових деталей штампа відносять матрицю та пуансон. Їх виготовлення є дуже відповідальним етапом при розробці конструкції штампа в цілому тому, що від цих деталей залежить конфігурація та точність кінцевого виробу [5,6].

Геометричні розміри матриці впливають на працездатність штампа. Наприклад, малі перемички поміж вікнами матриці призводять до передчасної поломки штампу, а не обґрунтоване збільшення відстані між вікнами призводить до підвищення витрат матеріалу та погіршення якості штампованої деталі.

Розмірна точність міжосьових відстаней на деталях штампу (плити верхньої, плити нижньої та матриці) досягається на координатно-розточувальному верстаті свердлуванням та розточуванням.

При виготовленні матриці фрезерують площину для отримання контуру з припуском під гартування. Після гартування проводять шліфування нижньої та верхньої площин та доводять розміри та контурну поверхню матриці. Перед термообробленням можливе чорнове шліфування.

Технологічний процес виготовлення пуансона складається з наступних основних операцій [5,6]:

- 1) відрізання заготовки;
- 2) попередня механічна обробка;
- 3) чорнове шліфування;
- 4) гартування;
- 5) чистове шліфування профілю;

б) доведення профілю.

Пуансони простої геометричної форми до термічної обробки не підганяють по матриці. Після гартування їх контур шліфують на верстатах в розмір по контурному вікну в матриці, витримуючи передбачений кресленням зазор. Для збільшення міцності пуансонів малих діаметрів їх роблять ступінчатими. Знімачі та пуансонотримачі виготовляють після того, як виготовленні матриці, пуансони. Форми та розміри робочого контуру знімача отримують на верстаті з ЧПК HAAS VF-3, при умові, що отвори під пуансони висвердлюють по матриці. Пуансонотримачі обробляються по пуансону. Їх обробка розпочинається з опилювання контурних вікон. В направляючій плиті розточують отвори по товстій частині пуансонів. Матрицю та пуансонотримач збирають разом, встановивши пуансон на контрольні штифти. Фасонний пуансон, з попередньо обробленим припуском робочої частини, вставляють в отвір в пуансонотримач, і на торці пуансона роблять відбиток контуру профільного вікна в матриці. Після опилювання по відбитку пуансон підганяють по матриці.

2.7.3 Доводка та полірування деталей штампу

Доводка та полірування - операції кінцевої обробки деталей штампу. Доводці підлягають головним чином загартовані деталі штамів. Суть процесу полягає в обробці поверхні деталі твердими та м'якими абразивними матеріалами. Робочі поверхні матриці та пуансонів поліруються. Полірування виконується для того, щоб покращити чистоту формують поверхонь деталей штампу, усунути на них залишки попередніх операцій (штрихи, подряпини, мікронерівності). При поліруванні використовують полірувальні, токарні, шліфувальні та свердлувальні верстати. Для полірування використовують також ручні машини з пневматичним чи електричним приводом, в патрон яких встановлюють полірувальні наконечники форми, що полірується.

2.7.4 Термічна обробка деталей штампу

Основними видами термічної обробки, що застосовується при виготовленні деталей штампу є [5,6]:

1) відпалювання - нагрів сталі до заданої температури, витримка при цій

температурі до закінчення перекристалізації та повільне охолодження. Нормальна тривалість нагріву інструментальних сталей при відпалюванні 30...35 хв. на кожні 25 мм товщини виробу. Ізотермічне відпалювання (застосовується для легованих сталей - заготовку нагрівають до температури повного відпалювання, і при цій температурі витримують 1/5 частину часу, після цього швидко охолоджують до температури 600...700°C, при цій температурі витримують 30...60 хв., а потім охолоджують;

2) нормалізація - застосовується до низьковуглецевих сталей, і часто замінює відпалювання;

3) гартування - самий поширений процес термічної обробки сталі. Вона необхідна для підвищення твердості та зносостійкості деталей. Гартування виконується перед їх чистовим шліфуванням та поліруванням. Температура нагріву під гартування залежить від хімічного складу сталі. Нагрів деталей повинен бути достатньо повільним, щоб не виникали в металі напруження, що викликають тріщини. Рекомендований час нагріву - в межах 15...20 хв. на 1 мм перерізу деталі, а при нагріванні в соляних ваннах швидкість нагрівання повинна складати 0,5 хв. на 1 мм перерізу. Вуглецеві інструментальні сталі повністю не прогартовуються, проте ці обставини використовують в тих випадках, коли необхідно отримати поверхнево тверду деталь з м'якою та ударостійкою серцевиною;

4) відпуск - кінцева операція термічної обробки деталей штампу, яка призначена для зняття напружень, що виникли після гартування. Відпуск проводиться з метою зняття внутрішніх напружень, що виникають після гартування. Відпуск буває трьох видів:

- 1) низький;
- 2) середній;
- 3) високий.

Низький відпуск при температурі 150-200°C - для штампів, прес-форм, різальних елементів. Він не зменшує твердість, але знімає напруження, які призводять до крихкості матеріалу.

Середній - 350...430°C - для пружин. Зменшується твердість на 4-5 одиниць по Роквелу, що забезпечує пружність.

Високий - 500...600°C - шестерні, вали, тощо.

Для виготовлення пуансона фасонного профілю необхідно проводити

одночасну оброблення пуансона разом з матрицею за допомогою майстер-пуансона. При такій обробці забезпечується необхідна точність пуансона та заданий зазор.

Матрицю виготовляють на фрезерному верстаті до термічної обробки та на верстаті з ЧПК VF-3 після термічної обробки, для забезпечення необхідної розмірної точності та допусків між осями. Вибрані режими термічної обробки заносимо в табл.2.2.

Таблиця 2.3 - Режими термічної обробки деталей штампу

Гранична робоча твердість	Термообробка	Матеріал	Деталь штампа
56...60 HRC	Гартування та середній відпуск	Сталь X12M	Матриця
54...58 HRC	Гартування та низький відпуск	Сталь У8А	Пуансон

2.8 Розробка заходів, щодо експлуатації, технічного обслуговування та безпечної роботи штампу, прогнозування стійкості інструменту

2.8.1 Контроль та випробування штампу

Контролю підлягають якість та точність виготовлення окремих деталей штампу, якість складання штампу, а також форма, розміри, шорсткість поверхні виробу, що штампується. Всі ці дані закладені у кресленні. Для контролю розмірів використовують універсальний вимірювальний інструмент та шаблони [5,6].

Деталі штампу в процесі виготовлення підлягають міжопераційному контролю, в процесі якого встановлюється правильність виконання окремих операцій згідно креслень, технічних умов та відповідність технології.

Після складання штамп перевіряють на плиті за кресленням, а потім на пресі - за формою та розмірами готової деталі.

На плиті перевіряється загальне компонування вузлів та деталей, якість їх кріплення, паралельність верхніх та нижніх плит, розташування елементів кріплення, форма та розташування фіксуючих деталей, легкість переміщення верхньої частини

штампу, тощо. Крім того, контролюється кількість та розміщення пуансонів та матриць, величина та рівномірність зазору між ними, чистота їх обробки та надійність кріплення, форма та кріплення знімача. При цьому виявляються не лише дефекти виготовлення та конструкторські недоробки, але й експериментально уточнюються форма та розміри напівфабрикатів за технологічними переходами.

Випробування та налагодження штампу проводиться на пресі. При випробуванні штампу на пресі можуть бути виявленні помилки, що були допущенні при проектуванні технології штампування деталі, при проектуванні та виготовленні штампу. При цьому визначається також технологічність конструкції деталі, що штампується. Виявленні при випробуванні дефекти ліквідуються при налагодженні. Для цього можуть бути внесені зміни в конструкцію виробу штампу, та його деталей.

Після ліквідації недоліків, помічених при випробуванні штампу, викликається представник замовника, та в його присутності виконується штампування пробної партії деталей (50...100 шт).

На прийнятій штамп заповнюється паспорт, в якому вказуються результати випробування, номер штампу, номер операції та інші відомості. Також в паспорт записується технічна характеристика штампу, види ремонтів, необхідні запасні частини, результати експлуатації штампу.

2.8.2 Експлуатація та ремонт штампу

Технічний нагляд за експлуатацією штампу виконується майстрами технічного нагляду [5,6].

Метою технічного нагляду є забезпечення такого стану штампів, який дозволяє виконувати технологічні процеси з необхідною продуктивністю та виготовляти продукцію високої якості.

Одним з факторів, що забезпечують стабільну роботу штампів, є організація планово-попереджувального ремонту штампів (ППРШ). Сутність ППРШ полягає в проведенні періодичного огляду та планового ремонту штампів. Це ліквідує можливість їх несподіваного виходу з ладу та скорочує строки ремонту, оскільки до моменту, коли знімають штамп у ремонт, бувають вже виготовленні запасні частини або штампи-дублери.

Системи ППРШ охоплюють весь об'єм робіт з утримання в працездатному стані наявного парку штамтів та включає комплекс організаційно-технічних заходів.

Штамти після експлуатації перевіряються на дефектному майданчику, куди їх передають з останньою відштампованою деталлю. Перевірку виконує майстер технічного нагляду, до обов'язків якого входить виконання заходів зі скорочення витрат штамтів у цеху, визначення причин поломок штамтів, які здаються у ремонт. Майстер технічного нагляду стежить за порядком зберігання штамтів та за правильністю їх зберігання та експлуатації, за якістю виготовлення та ремонту. В залежності від технічного стану та плану ППРШ, штамти з дефектного майданчика відправляють або на склад годних штамтів, або в ремонт. Великогабаритні штамти для листового штампування оглядаються безпосередньо на обладнанні.

Для планово-попереджувальних ремонтів штамтів виконуються наступні заходи:

- 1) штамти класифікують за складністю їх ремонту;
- 2) штамти розподіляють за видами ремонту, та встановлюють строки ремонту;
- 3) складають план ремонту.

Існує три види ремонту штамтів - дрібний, середній та капітальний. При дрібному ремонті штамтів, що виконується зазвичай безпосередньо на обладнанні, відбувається заміна деталей, що вийшли з ладу (пуансонів, матриць, пружин, гвинтів тощо). При середньому ремонті виконується вибіркова заміна робочих частин з наступним підналагоджуванням штампа. При капітальному ремонті проводиться майже повна заміна зношених робочих деталей та часткова заміна допоміжних деталей, а також підналагоджування на обладнанні.

2.8.3 Розрахунок стійкості штампу

Визначення стійкості штампу T , до повного зношування визначається за формулою [5,6]:

$$T = \frac{h}{h_1} T_a = \frac{z_{\max} - z_{\min}}{2h_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha} T_a K_f K_t K_{sz} K_\delta K_b, \quad (2.27)$$

де h - сумарна висота граничного для зашліфувування шару за всі переточування;

h_1 - величина зашліфованого шару при переточуванні штампу, $h_1 = 0,5$ мм;

z_{\max} - максимальний зазор між матрицею і пуансоном, мм;

z_{\min} - мінімальний зазор між матрицею і пуансоном, мм;

K_f - коефіцієнт типу штампу, $K_f = 0,8$;

K_t - коефіцієнт характеру робочих частин, $K_t = 1,5$;

K_{sz} - коефіцієнт матеріалу робочих частин, $K_{sz} = 1$;

K_s - коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу штампу, $K_s = 1$;

K_b - коефіцієнт, що враховує складність контуру деталі, $K_b = 0,8$.

Розрахунок стійкості за формулою підтверджує результати, які узгоджуються з практикою.

$$T = \frac{0,12 - 0,01}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,0524} \cdot 50000 \cdot 0,8 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 100764 \text{ шт.}$$

Розрахувавши кількість ударів штампу та врахувавши задану програму випуску (50000 шт./рік), можна зробити висновок, що розрахована конструкція штампу зможе виготовити необхідну кількість деталей до повного зношування. Тому заміन робочих деталей штампу для відбортуння стінок газового котла під час його роботи проводити не потрібно.

3 ТЕХНОЛОГІЧНОЙ РОЗДІЛ

3.1 Стан питання та постановка задачі

Відповідно до завдання на дипломну роботу в технологічному розділі потрібно розробити технологічний процес виготовлення деталі «плита» (ДРМ.ФІТА.22.02.01.00.05), верстатний пристрій для її фрезерування, контрольно-вимірювальний пристрій та спеціальний різальний інструмент. Результат роботи даного розділу - комплект технічної документації для виготовлення деталі «плита» у заводських умовах.

3.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «плита» відноситься до деталей типу пластина, має одну вертикальну вісь симетрії і утворена, в основному, елементами простої форми – прямокутником та циліндричними отворами різних діаметрів, має просту прямокутну форму з двома зрізаними кутами для збільшення ергономічності при використанні штампку та забезпечення вимог до техніки безпеки. Вона є достатньо технологічною у виготовленні, але має окремі високоточні поверхні та розміри. Це пов'язано з тим, що деталь працює в умовах великих навантажень і великих швидкостей. Тому є певні вимоги до точності розмірів і форм поверхонь: діаметри отворів під запресування напрямних колонок та штифтів для встановлення матриці. Мають малу шорсткість і повинні мати 6-7-й квалітет точності, щоб забезпечити точне розміщення складових елементів штампку під час складання та його роботи. Також висувуються певні вимоги до площинності плити (допуск площинності - 50 мкм), оскільки на неї встановлюється матриця, і від її просторового розташування буде залежати якість штампування готового виробу. Повне робоче креслення деталі «плита», приведено в графічній частині дипломної роботи (ДРМ.ФІТА.22.02.01.00.05).

Деталь «плита» може виготовлятися із конструкційної сталі звичайної якості, а також якісних сталей у разі необхідності, або у випадку відсутності основного матеріалу. За основу прийнятий матеріал – Ст3пс5 ГОСТ 380-2005. Даний матеріал добре піддається механічній обробці, є розповсюдженим і недорогим, але для

покращення експлуатаційних якостей і збільшення строку служби виготовленої деталі вона потребує термічної обробки, а саме нормалізації перед механічної обробкою – для зняття напружень у матеріалі. Хімічний склад матеріалу деталі плита нижня приведено в табл.3.1 [8, Т.1, с.82].

Таблиця 3.1 - Хімічний склад сталі Ст3пс5 ГОСТ 380-2005

Вуглець (C)	0,14...0,22 %
Кремній (Si)	0,05...0,15 %
Марганець (Mn)	0,4...0,65 %
Нікель (Ni)	не більше 0,3%
Мідь (Cu)	не більше 0,3%
Хром (Cr)	не більше 0,25%
Азот (N)	не більше 0,01%
Сірка (S)	не більше 0,05 %
Фосфор (P)	не більше 0,04 %
Залізо (Fe)	основа

Оскільки деталь «плита» має певні особливості щодо умов роботи, то виходячи з цього, на її поверхні призначаємо допуски виходячи з призначення тієї чи іншої поверхні. Звертаємо особливу увагу на поверхні, які контактують з іншими деталями в процесі складання та експлуатації. Ескіз деталі з вказаними поверхнями зображено на рис.3.1. Визначення і характеристики поверхонь деталі приведені в табл.3.2.

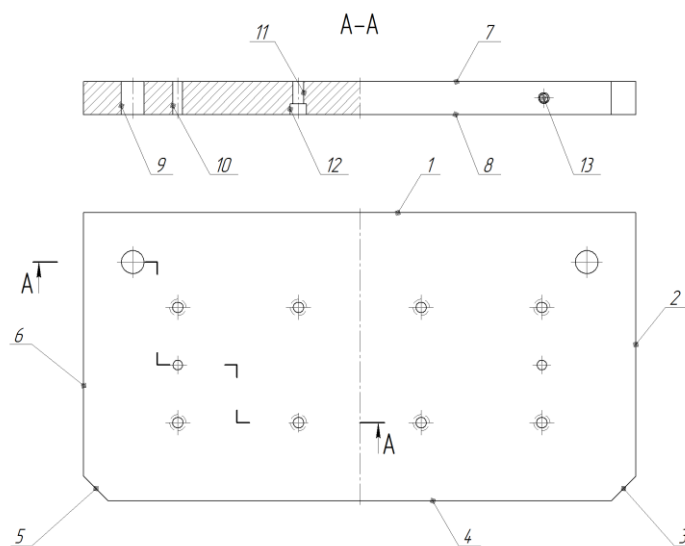


Рисунок 3.1 - Елементи і поверхні деталі «плита»

Таблиця 3.2 - Характеристика елементів деталі «плита»

№ поз.	Назва елемента	Квалітет точності	Шорсткість Ra, мкм	Призначення поверхні
1	Торцева поверхня	h12	6,3	Базова поверхня
2	Торцева поверхня	h12	6,3	Допоміжна поверхня
3	Фаска	h12	6,3	Конструктивний елемент
4	Торцева поверхня	h12	0,8	Допоміжна поверхня
5	Фаска	h12	6,3	Конструктивний елемент
6	Торцева поверхня	h12	6,3	Допоміжна поверхня
7	Площина	h11	3,2	Базова поверхня
8	Площина	h11	6,3	Допоміжна поверхня
9	Отвір Ø28	H7	1,25	Конструктивний елемент
10	Отвір Ø12	H7	1,25	Конструктивний елемент
11	Отвір Ø12,5	H12	6,3	Конструктивний елемент
12	Зенківка	H12	6,3	Конструктивний елемент
13	Різьбовий отвір M12	6H	1,25	Конструктивний елемент

3.2.1 Якісний аналіз

Технологічний аналіз конструкції деталі «плита» забезпечує покращення техніко-економічних показників розроблюваного технологічного процесу. Основні завдання, які вирішуються при аналізі технологічності конструкції оброблюваної деталі «плита», зводяться до можливого зменшення трудомісткості і матеріаломісткості, можливості її оброблення високопродуктивними верстатами та інструментами, використанням спеціальних механізованих пристроїв. Таким чином, покращення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість її виготовлення без втрат для службового призначення [8, 9].

В якості установочних баз використовуються торцеві поверхні деталі, а також

верхня і нижня площини поверхні заготовки. Це дозволяє базувати її по даним базам при отриманні основних баз, які можна буде використовувати практично на всіх операціях механічної оброблення. Для виготовлення деталі «плита» оптимальним видом заготовки буде гарячекатаний листовий прокат або, у разі його відсутності, полоса гарячекатана відповідних розмірів.

Таким чином, з проведеного аналізу видно, що деталь «плита» є технологічною за своєю конструкцією і не потребує змін чи доповнень для покращення її механічного оброблення, містить усі необхідні основні та допоміжні поверхні.

3.2.2. Кількісний аналіз

Коефіцієнт точності [8, 9]:

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad (3.1)$$

де T_{CP} – середній клас точності оброблюваної деталі

$$T_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n T \cdot n_1}{\sum_{i=1}^n n_1}, \quad (3.2)$$

де T – клас точності оброблення, n_1 – кількість розмірів відповідного класу точності.

$$T_{CP} = \frac{203}{19} = 11,$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{11} = 0,91$$

Деталь за коефіцієнтом точності є досить технологічною, оскільки $K_{TЧ} \approx 1$.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{CP}}, \quad (3.3)$$

де $Ш_{CP}$ – середній клас шорсткості оброблюваної деталі.

$$Ш_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n Ш \cdot n_1}{\sum_{i=1}^n n_1}, \quad (3.4)$$

де $Ш$ – клас шорсткості оброблення,

n_1 – кількість розмірів відповідного класу шорсткості.

$$Ш_{CP} = \frac{64}{12} = 5,3$$

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{5,3} = 0,82$$

Деталь за коефіцієнтом шорсткості є достатньо технологічною, оскільки $K_{Ш} \approx 0,8$.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{q}{Q} \cdot 100\% , \quad (3.5)$$

де q – маса деталі, $q = 72,88$ кг,

Q – маса заготовки, $Q = 86,4$ кг, при умові, що заготовка виготовляється з листового гарячекатаного прокату товщиною 45 мм.

$$K_M = \frac{72,88}{86,4} \cdot 100 = 85\% .$$

Рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу є високим, оскільки форма заготовки максимально наближена до форми готового виробу.

3.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва залежить від двох факторів: заданої програми випуску і трудомісткості виготовлення деталі. На основі заданої програми випуску $N = 200$ шт./рік розраховується такт випуску деталей [8, с.21]:

$$t_B = \frac{F_D \cdot 60}{N} , \quad (3.6)$$

де $F_D = 2008$ год. – дійсний річний фонд часу роботи обладнання [8, с.23, табл.5],

$N = 200$ шт. – річна програма випуску деталей (згідно завдання).

$$t_B = \frac{2008 \cdot 60}{200} = 603 \text{ хв./шт.}$$

Розраховуємо коефіцієнт серійності за формулою [8, с.20]:

$$K_C = \frac{t_B}{T_{um}} , \quad (3.7)$$

де T_{um} – середній штучно-калькуляційний час (по операціях) дійсного на виробництві

аналогічного технологічного процесу.

$$T_{um} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{um.i}}{n}, \quad (3.8)$$

де $T_{um.i}$ – штучно-калькуляційний час на кожну операцію, хв.,

n – кількість операцій.

$$T_{um} = \frac{148}{7} = 21,15 \text{ хв.}$$

$$K_C = \frac{603}{21,15} = 28,51.$$

Виходячи з отриманого значення коефіцієнта серійності [8, с.20], визначаємо тип виробництва.

Виробництво з коефіцієнтом серійності $K_C = 29$ відноситься до дрібносерійного. При такому типі виробництва виготовляють серію виробів, які регулярно повторюються через визначені проміжки часу або за один раз. Характерною ознакою серійного виробництва є виконання на робочих місцях декількох повторюваних операцій.

3.4 Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання

Вибір методу отримання заготовки є дуже важливим етапом проектування і підготовки виробництва, оскільки від правильного вибору залежить економічна ефективність і собівартість продукції [8, 9]. Тому при технологічному проектуванні необхідно розробити декілька варіантів заготовок, і порівнюючи річний економічний ефект від застосування того чи іншого методу, вибрати найбільш вигідний. В даній дипломній роботі проведено аналіз двох методів отримання заготовок – з листового гарячекатаного прокату по ГОСТ 19903-74 зі сталі СтЗпс5 ГОСТ 380-2005 та з полоси широкої гарячекатаної по ГОСТ 82-70 зі Сталі 45 ГОСТ 1050-88.

3.4.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовок

Основним показником, що характеризує економічність вибраного методу виготовлення заготовок є коефіцієнт використання матеріалу, який виражається

відношенням маси деталі до маси заготовки [8, 9].

Коефіцієнт використання матеріалу з врахуванням технологічних втрат:

$$K_{в.м.} = \frac{G_{\partial}}{G_{з.в.}}, \quad (3.9)$$

де G_{∂} - маса деталі по робочому кресленню, кг,

$G_{з.в.}$ - маса матеріалу на одну деталь (маса заготовки) з врахуванням технологічних втрат, кг,

$G_{\partial} = 72,88$ кг., (з робочого креслення).

Річна програма випуску – 200 шт. (приймаємо згідно завдання).

3.4.1.1 Варіант №1 – заготовка з листового гарячекатаного прокату

Найбільш економічно вигідним способом отримання заготовки з листового прокату є газокиснева різка. Даний вид різання є високоефективним, маловідходним, дозволяє отримувати точні заготовки з товстого листа.

Маршрут механічного оброблення основних поверхонь заготовки: чорнове фрезерування з однієї сторони пластини; чорнове і чистове фрезерування з іншої сторони. По контуру заготовка також фрезерується начорно.

Визначаємо припуски на фрезерування [8-10]. При чорновому фрезеруванні листового прокату припуск на обробку 40 мм складає 1,5 мм на метр довжини пластини, при чистовій – 0,5-1 мм.

Визначаємо мінімальну необхідну товщину заготовки:

$$D_{заг.мін} = D_{\partial} + 2z_{чорн.} + z_{чист.}, \quad (3.10)$$

де $D_{\partial} = 40$ мм – максимальна товщина деталі,

$z_{чорн.} = 1,5$ мм – припуск на сторону при чорновій обробці,

$z_{чист.} = 0,5$ мм – припуск на сторону при чистовій обробці.

$$D_{заг.мін} = 40 + 2 \cdot 1,5 + 0,5 = 43,5 \text{ мм.}$$

Відповідно до розрахованого значення вибираємо найближчий більший розмір листового прокату згідно ГОСТ 19903-73. Приймаємо з врахуванням допуску на прокат (+1; -1) товщину заготовки 45 ± 1 мм. Нормальні розміри листового прокату 45 мм складає 2000x6000 мм.

Визначаємо необхідну площу заготовки, з врахуванням припуску на подальшу обробку:

$$S_{заг} = ((B + 2z_{підр.}) \cdot (H + 2z_{підр.})), \quad (3.11)$$

де $B = 675$ мм – номінальна довжина деталі,

$H = 350$ мм – номінальна висота деталі,

$z_{підр.} = 2,5$ мм – припуск на підрізання торців.

$$S_{заг} = ((675 + 2 \cdot 2,5) \cdot (350 + 2 \cdot 2,5)) = 241400 \text{ мм.}$$

Визначаємо об'єм заготовки:

$$V_{заг} = D_{заг.п.} \cdot S_{заг}, \quad (3.12)$$

де $D_{заг.п.} = 4,5$ см – максимальна товщина заготовки.

$$V_{заг} = 2414 \cdot 4,5 = 10863 \text{ см}^3.$$

Масу заготовки визначаємо за формулою:

$$G_{заг} = \rho \cdot V_{заг}, \quad (3.13)$$

де $\rho = 0,00785$ кг/см³.

$$G_{заг} = 0,00785 \cdot 10863 = 85,3 \text{ кг.}$$

Втрати на вирізання заготовки газовою різкою:

$$V_{вiд} = (0,02 \dots 0,03) V_{заг}, \quad (3.14)$$

$$V_{вiд} = (0,02 \dots 0,03) \cdot 10863 = 218 \dots 326 \text{ см}^3,$$

$$\text{прийнято } V_{вiд} = 250 \text{ см}^3.$$

Кількість заготовок, виходячи із розмірів листа, визначається за формулою:

$$X = \frac{B_{лист}}{B_{заг}} \cdot \frac{H_{лист}}{H_{заг}}, \quad (3.15)$$

значення $\frac{B_{лист}}{B_{заг}}, \frac{H_{лист}}{H_{заг}}$ - округляються до меншого цілого числа

$$X = \frac{2000}{355} \cdot \frac{6000}{680} = 5 \cdot 8 = 40 \text{ шт.}$$

Залишок листа не враховують у відхід оскільки з нього виготовляють деталі інших розмірів.

Загальні втрати матеріалу визначаємо за формулою:

$$V_{загвт} = X \cdot V_{вiд} = 40 \cdot 250 = 10000 \text{ см}^3. \quad (3.16)$$

Маса загальних втрат:

$$G_0 = \rho V_{заг.вт} = 0,00785 \cdot 10000 = 78,5 \text{ кг}$$

Розхід матеріалу на одну деталь з урахуванням всіх технологічних втрат визначаємо за формулою:

$$G_{з.прокат} = G_{заг} + \frac{G_0}{N} = 85,3 + \frac{78,5}{200} \approx 85,7 \text{ кг.} \quad (3.17)$$

Коефіцієнт використання матеріалу (за формулою 3.9):

$$K_{в.м.} = \frac{72,88}{85,7} = 0,85.$$

Отже, по коефіцієнту використання матеріалу, даний метод отримання заготовки є добрим.

Вартість заготовки з листового прокату (варіант №1):

$$C_{з.прокат} = \frac{C_m \cdot G_{з.прокат} - (G_{з.прокат} - G_0) \cdot C_{відх}}{1000}, \quad (3.18)$$

де $C_m = 8200$ грн. - вартість 1 т прокату,

$C_{відх} = 1800$ грн. - вартість 1 т відходів (стружка).

$$C_{з.прокат} = \frac{8200 \cdot 85,7 - (85,7 - 72,88) \cdot 1800}{1000} = 679,67 \text{ грн.}$$

3.4.1.2 Варіант №2 – полоси широкої гарячекатаної по ГОСТ 82-70

Найбільш економічно вигідним способом отримання заготовки з полоси є нарізка на пилці. Даний вид різання є високоефективним, маловідходним, дозволяє отримувати точні заготовки з товстого листа.

Маршрут оброблення основних поверхонь заготовки такий самий як і в попередньому випадку: чорнове фрезерування з однієї сторони пластини; чорнове і чистове фрезерування з іншої сторони. По контуру заготовка також фрезерується начорно.

Визначаємо припуски на фрезерування [8-10]. При чорновому фрезеруванні листового прокату припуск на обробку 40 мм складає 1,5 мм на метр довжини пластини, при чистовій – 0,5...1 мм.

По отриманих даних вибираємо необхідний розмір полоси широкої гарячекатаної згідно ГОСТ 82-70 зі сталі 45, оскільки сталь Ст3пс5 не виготовляється у вигляді такої полоси, або тільки за спеціальним замовленням, що є недоцільним у

нашому випадку. Приймаємо з врахуванням допуску на прокат товщину $45^{+0,5}_{-0,7}$ мм і шириною $360^{+2,0}_{-2,5}$. Нормальна довжина полоси зі сталі складає 5...12 м. Приймаємо довжину рівну 6 м, оскільки це найбільш поширений варіант.

Визначаємо необхідну довжину заготовки, з врахуванням припуску на підрізання торців:

$$L_{заг} = L_0 + 2z_{підр.}, \quad (3.19)$$

де $L_0 = 675$ мм – номінальна довжина деталі,

$z_{підр.} = 2,5$ мм – припуск на підрізання торця.

$$L_{заг} = 675 + 2 \cdot 2,5 = 680 \text{ мм.}$$

Визначаємо об'єм заготовки:

$$V_{заг} = L_{заг} \cdot D_{загн.} \cdot H = 68 \cdot 4,5 \cdot 36 = 11016 \text{ см}^3.$$

Масу заготовки визначаємо за формулою:

$$G_{заг} = 0,00785 \cdot 11016 = 86,47 \text{ кг.}$$

Втрати на затиск заготовки $L_{зам} = 40$ мм. Заготовку відрізають на ножицях.

Довжину торцевого відрізка визначаємо за співвідношенням:

$$L_{від} = (0,2...0,5) \cdot D_{загн.} = 9...22,5 \text{ мм,}$$

прийнято $L_{від} = 10$ мм.

Кількість заготовок, виходячи із довжини полоси $L_{пр} = 6000$ мм:

$$X = \frac{L_{пр} - L_{зам} - L_{від}}{L_{заг}} = \frac{6000 - 40 - 10}{680} = 8,75 \text{ шт.}, \quad (3.20)$$

прийнято $X = 8$ шт.

Залишок довжини полоси (не кратність) визначаємо в залежності від прийнятої довжини прокату:

$$L_{нк} = 6000 - 40 - 10 - 680 \cdot 8 = 510 \text{ мм.}$$

Даний залишок є досить великим, і може бути використаний для виробництва інших деталей, тому ми його не враховуємо у відході.

Втрати матеріалу на нарізку полоси:

$$П_{нар} = \frac{X \cdot S \cdot 100}{L_{пр}} = \frac{8 \cdot 4 \cdot 100}{6000} = 0,53 \%. \quad (3.21)$$

де $S = 4$ - ширина різку на пилці, мм.

Втрати матеріалу на торцевий обріз:

$$P_{обр} = \frac{L_{від} \cdot 100}{L_{пр}} = \frac{10 \cdot 100}{6000} = 0,17\% . \quad (3.22)$$

Втрати матеріалу на затиск:

$$P_{зт} = \frac{L_{зат} \cdot 100}{L_{пр}} = \frac{40 \cdot 100}{6000} = 0,66\% . \quad (3.23)$$

Загальні втрати матеріалу:

$$P_0 = P_{нар} + P_{обр} + P_{зат} = 0,66 + 0,17 + 0,53 = 1,36\% . \quad (3.24)$$

Розхід матеріалу на одну деталь з урахуванням всіх технологічних втрат:

$$G_{з.прокат} = \frac{G_{заз} (100 + P_0)}{100} = \frac{86,47 \cdot (100 + 1,36)}{100} \approx 87,65 \text{ кг.} \quad (3.25)$$

Коефіцієнт використання матеріалу (за формулою 3.9):

$$K_{в.м.} = \frac{72,88}{87,65} = 0,83 .$$

Отже, за коефіцієнтом використання матеріалу, даний метод отримання заготовки є також можливим, але гіршим ніж варіант №1.

Вартість заготовки із гарячекатаного прокату (варіант №2):

$$C_{з.прокат} = \frac{C_m \cdot G_{з.прокат} - (G_{з.прокат} - G_d) \cdot C_{відх}}{1000} ,$$

де $C_m = 9475$ грн. - вартість 1 т полоси гарячекатаної зі сталі 45,

$C_{відх} = 1800$ грн. - вартість 1 т відходів (стружка).

$$C_{з.прокат} = \frac{9475 \cdot 87,65 - (87,65 - 72,88) \cdot 1800}{1000} = 803,9 \text{ грн.}$$

Річна економія матеріалу:

$$E_m = (G_{з.прокат.2} - G_{з.прокат.1}) \cdot N = (87,65 - 85,7) \cdot 200 = 390 \text{ кг.} \quad (3.26)$$

Річний економічний ефект:

$$E = (C_{з.прокат.2} - C_{з.прокат.1}) \cdot N = (803,9 - 676,67) \cdot 200 = 24846 \text{ грн.} \quad (3.27)$$

На основі проведеного інженерного аналізу та виконаних розрахунків розроблено 3D модель заготовки, яка представлено на рис.3.2

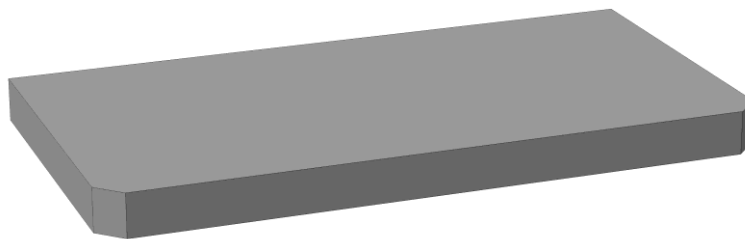


Рисунок 3.2– 3D модель заготовки.

На основі техніко-економічного порівняння двох варіантів отримання заготовки вибираємо варіант №1 (заготовка із гарячекатаного листового прокату, матеріал – Ст3пс5 ГОСТ 380-2005). Він є кращим за ефективністю використання матеріалу, так і за річним економічним ефектом.

3.5 Вибір технологічних баз

Визначення технологічних баз – відповідальний етап проектування технологічного процесу механічної оброблення деталі «плита», тісно пов'язаного з побудовою самого процесу оброблення заготовки [8,9].

Основні принципи, яких необхідно дотримуватись при визначенні баз:

- 1) принцип суміщення баз;
- 2) принцип постійності баз;
- 3) принцип єдності баз;

При визначенні базових поверхонь необхідно, щоб останні забезпечували добру стійкість і надійність встановлення заготовок, тобто були достатньо розвинуті. Проаналізувавши конструктивні властивості заготовки можна призначити такі бази:

1) за чорнову установчу базу приймаємо нижню плоску поверхню заготовки, по якій деталь «плита» базується, та бокові (торцеві) поверхні, по яким відбувається затиск заготовки при обробці на фрезерному верстаті;

2) за основну чистову базу слід прийняти верхню плоску поверхню заготовки, яка має малу площинність та більшу точність оброблення. Дана поверхня буде базою при обробці відповідальних поверхонь – циліндричних отворів $\varnothing 28H7$ і $\varnothing 12H7$, а також отворів $\varnothing 13$ з зенківкою.

3.6 Проєктування плану оброблення деталі «плита»

Вихідними даними для розробки технологічного процесу є [8-10]:

- 1) робоче креслення деталі;
- 2) технічні вимоги на виготовлення деталі;
- 3) робоче креслення заготовки;
- 4) прийнятий технологічний маршрут механічної обробки деталі;
- 5) величини загальних і міжопераційних припусків на обробку поверхонь деталі;
- 6) величини міжопераційних розмірів і допусків на них.

На даному етапі виконання дипломної роботи проводиться обґрунтування та розробка послідовності виконання, змісту основних і допоміжних технологічних переходів для заданих операцій технологічного процесу, розробляються операційні ескізи, уточнюються моделі металообробних верстатів і проводиться вибір необхідних засобів технологічного оснащення (різального та допоміжного інструменту, пристроїв для встановлення та затискання деталі, контрольно-вимірювальних пристроїв та інструментів тощо).

При розробці технологічних процесів на основі використання верстатів з ЧПК, враховуємо наступні рекомендації:

- 1) забезпечити максимальну концентрацію технологічних переходів та операцій;
- 2) забезпечити найбільш повну обробку заготовок з усіх сторін з найменшою кількістю установів, при цьому перший установ вибирається з умов найбільш раціонального базування з використанням попередньо підготовлених баз;
- 3) при розробці послідовності оброблення поверхонь слід враховувати можливість зміни жорсткості поверхонь конструкції деталі, що зумовлене концентрацією великої кількості різних технологічних переходів;
- 4) доцільно використовувати сучасні прогресивні різальні інструменти, що дозволяють застосувати високопродуктивні режими різання та забезпечують реалізацію концентрації технологічних переходів (різальні інструменти з механічним кріпленням різальних пластин, спеціальні різальні інструменти - комбіновані свердла, зенкери, багатозубі розточувальні головки тощо);

5) широко використовувати як спеціальну технологічну оснастку, так і уніфіковану.

Розроблений технологічний процес повинен бути оптимальним за техніко-економічними показниками (продуктивність, собівартість, якість оброблення, тощо).

Вибір оброблення окремих поверхонь деталі і послідовність виконання операцій вибирають виходячи з вимог робочого креслення і з урахуванням розмірів, маси виробу, виду і способу отримання вихідної заготовки.

3.6.1 Застосування верстатів з числовим програмним управлінням

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) призначені для високопродуктивної комплексної обробки заготовок різної складності. Під керуванням верстатом прийнято розуміти сукупність впливів на його механізми, яке забезпечує виконання технологічного циклу оброблення, а під системою керування – пристрій або сукупність пристроїв, які реалізують ці впливи [10-12].

Числове програмне керування – це управління, при якому програму задають у вигляді записаного на будь-який носій масиву інформації. Керуюча інформація для верстатів з ЧПК є дискретною і її оброблення в процесі керування здійснюється цифровими методами. Управління технологічними циклами найчастіше здійснюється за допомогою програмованих логічних контролерів, які реалізуються за принципами цифрових електронних обчислювальних пристроїв.

Технологічні можливості верстатів з ЧПК обумовлені їх універсальністю, підвищеними жорсткістю, потужністю привода і точністю, багатоінструментальністю, автоматизацією циклу технологічних операцій, широким діапазоном частот обертання шпинделя і подач, режимів інтерполяції (обчислення проміжних точок траєкторії руху центру інструменту), скороченням допоміжного часу завдяки високим швидкостям допоміжних ходів і малим витратам часу на зміну інструменту.

Верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ) поєднують точність спеціалізованих верстатів і високу продуктивність порівняно з верстатами загального

призначення (у 2-5 разів). Однак верстати з ЧПУ значно складніші звичайних, вартість їх досить висока і перевищує вартість універсальних верстатів у 1,2-8 разів.

Область застосування верстатів з ЧПУ достатньо широка, як по характером технологічних операцій, так і за типами виробництва. По останній ознаці створені й успішно використовуються верстати з ЧПУ як для одиничного і дрібносерійного, так і для багатосерійного і масового виробництва.

До основних умов доцільності застосування верстатів з ЧПУ належать:

1) обробка отворів складної геометричної форми, що вимагають застосування декількох послідовно працюючих інструментів, а також обробка груп отворів на свердлильних і розточувальних верстатах. Ці види обробки можуть бути виконані на верстатах з ЧПУ без виготовлення спеціального оснащення (кондукторів, копирів тощо), що звичайно застосовується на універсальних верстатах;

2) необхідність побудови процесу за принципом концентрації операцій, тобто зосередження можливо більшого числа однотипних видів оброблення на одному робочому місці;

3) необхідність зменшення частки допоміжного часу, що затрачається в розглянутій операції на прийоми, пов'язані зі зміною режимів різання, переходом з оброблення однієї поверхні на іншу, зміною різального інструмента та іншого, що звичайно має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах;

4) обробку декількох аналогічних деталей на одному верстаті, що має місце в умовах серійного виробництва. У цьому випадку застосуванням верстатів із ЧПУ можна скоротити час на переналагодження обладнання;

5) можливість скорочення числа операторів введенням багатостатного обслуговування.

Робота зі складання технологічної документації про застосування верстатів з ЧПУ включає наступні етапи:

1) складання технологічного процесу механічної обробки деталі і виявлення операцій, на яких застосування верстатів з ЧПУ принципово можливо і доцільно;

2) вибір верстата з ЧПУ, який можна було б застосувати на намічених операціях;

3) технологічну розробку креслення деталі (операційного ескізу) для виконання операції на верстаті з ЧПУ;

4) складання розрахунково-технологічної карти команд і переміщень виконавчих органів верстата з ЧПУ;

5) техніко-економічне обґрунтування застосування верстата з ЧПУ.

Технологічний процес механічної обробки із застосуванням верстатів з ЧПУ у відношенні послідовності операцій оброблення, складу операцій, розрахунку режимів різання, вибору моделей верстатів підпорядковується тим же правилам, що і для верстатів з іншим керуванням, тобто спочатку може бути складений технологічний процес з орієнтацією на звичайні верстати. Далі аналізуються ті операції, на яких доцільно застосування верстатів з ЧПУ.




3.7 Проектування маршрутної обробки деталі «плита»


Маршрут оброблення окремих поверхонь встановлюють виходячи з вимог робочого креслення і властивостей заготовки. Послідовність методів оброблення поверхні на першому переході вибирають в залежності від способу отримання заготовки та її точності. Після цього встановлюють методи кінцевої обробки поверхні в залежності від технічних вимог, які ставляться до цієї поверхні і тоді призначають методи оброблення поверхні на проміжних переходах на основі вже вибраного першого і останнього методів оброблення [8,9].

Технологічний маршрут механічного оброблення деталі «плита» проведено в табл. 3.3

Таблиця 3.3- Технологічний маршрут оброблення деталі «корпус»

№ операції	Назва та зміст операції	Назва та модель верстата
005	ЗАГОТІВЕЛЬНА. Вид заготовки: листовий гарячекатаний прокат ГОСТ 19903-74 після газокисневої різки. Маса деталі: 72,88 кг, маса заготовки: 85,7 кг.	Різак мод. P1-01
010	ТЕРМОБРОБКА. 1. Провести нормалізацію деталі: Температура $880 \pm 20^{\circ}\text{C}$, витримка 1,5 – 2 год. Охолодження на повітрі. Твердість HB 165...190.	Піч камерна

015	<p style="text-align: center;">ФРЕЗЕРНА. Установ А:</p> <p>Встановити деталь у верстатний пристрій і закріпити.</p> <ol style="list-style-type: none"> Фрезерувати площину А начорно за один прохід витримуючи розміри (1), (2) знімаючи припуск до розміру 43-0,5. <p style="text-align: center;">Установ Б:</p> <p style="text-align: center;">Переустановити деталь у пристрої.</p> <ol style="list-style-type: none"> Фрезерувати площину Б начорно за один прохід витримуючи розміри (1), (2) знімаючи припуск до розміру 41-0,5. Фрезерувати площину Б начисто за один прохід витримуючи розміри (1), (2), (3). <p style="text-align: center;">Зняти деталь.</p> <p style="text-align: center;">Ріжучий інструмент:</p> <p>Фреза торцева 100 мм з механічним кріпленням пластини Т15К6 по ГОСТ 22085-76.</p> <p style="text-align: center;">Вимірювальний інструмент:</p> <p>Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89.</p>	<p style="text-align: center;">Вертикально фрезерний 6P13</p> 
020	<p style="text-align: center;">ФРЕЗЕРНА З ЧПК.</p> <p>Встановити деталь у пристрій, і закріпити.</p> <ol style="list-style-type: none"> Фрезерувати деталь по контуру начорно, за програмою, витримуючи розміри (3), (17)-(19). <p style="text-align: center;">Зняти деталь.</p> <p style="text-align: center;">Ріжучий інструмент:</p> <p>Фреза кінцева 2223-0156 ГОСТ 17026-71.</p> <p style="text-align: center;">Вимірювальний інструмент:</p> <p>Штангенциркуль ШЦ-3-700-0,1 ГОСТ 166-89. Шаблон 30x45°</p>	<p style="text-align: center;">Вертикально фрезерний з ЧПК 6P13Ф3.</p> 
025	<p style="text-align: center;">ФРЕЗЕРНА З ЧПК.</p> <p>Деталь базується і закріплюється у спеціальному верстатному пристрої.</p> <p>Встановити деталь у пристрій, і закріпити.</p> <p>Обробити деталь згідно переходів за програмою:</p> <ol style="list-style-type: none"> Свердлити 4 центрувальні отвори Ø4 мм на глибину 5 мм витримуючи розміри (9)-(12). Свердлити 4 отвори Ø11,5 мм витримуючи розміри (3), (9)-(12). Розсвердлити 2 отвори Ø25 мм витримуючи розміри (3), (9), (10). Зенкерувати 2 отвори Ø27,7 мм витримуючи розміри (3), (9), (10). Обробити розверткою 2 отвори витримуючи розміри (3), (4), (9), (10). Зенкерувати 2 отвори Ø11,75 мм витримуючи розміри (3), (11), (12). Обробити розверткою 2 отвори витримуючи розміри (3), (5), (11), (12). Свердлити 8 отворів з одночасним зенкеруванням заниження витримуючи розміри (3), (6)-(8), (13)-(16). <p style="text-align: center;">Зняти деталь.</p>	<p style="text-align: center;">Верстат HAAS VF-3.</p> 

	<p>Ріжучий інструмент:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Свердло центрувальне 2317-0135 ГОСТ 14952-75. 2. Свердло 2301-3585 ГОСТ 10903-77. 3. Свердло 2301-3652 ГОСТ 10903-77. 3. Зенкер 2320-2597 ГОСТ 12489-71. 5. Розвертка 2363-3478 H7 ГОСТ 1672-80. 6. Зенкер 2320-2559 ГОСТ 12489-71. 7. Розвертка 2363-3394 H7 ГОСТ 1672-80. 8. Свердло спеціальне Ø13 мм, комбіноване з зенкером Ø20. <p>Вимірювальний інструмент:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89. 2. Калібр-пробка Ø12H7. 3. Калібр-пробка Ø28H7. 	
030	<p>СВЕРДЛУВАЛЬНА.</p> <p>Деталь закріпити у лещатах пакетом з 2-3 шт. Установ А: Закріпити деталь у пристрої і розмістити кондуктор.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Свердлувати 2 отвори діаметром (21) на глибину (22) витримуючи розміри (23), (24). 2. Зенкувати 2 фаски розміром (25). <p>Зняти деталь. Установ Б: Повторити установ А.</p> <p>Ріжучий інструмент:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Свердло 2301-3579 ГОСТ 10903-77. 2. Зенківка 2353-0105 ГОСТ 14953-80. <p>Вимірювальний інструмент: Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89.</p>	<p>Радіально-свердлувальний 2А55</p> 
035	<p>СЛЮСАРНА.</p> <p>Встановити деталь на столі верстака.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нарізати різьбу (26) в чотирьох отворах на глибину (27) начорно. 2. Нарізати різьбу (26) в чотирьох отворах на глибину (27) начисто. <p>Ріжучий інструмент:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Мітчик 2621-1519 ГОСТ 3266-81 (чорновий). 2. Мітчик 2621-1517 ГОСТ 3266-81 (чистовий). <p>Вимірювальний інструмент: Калібр M12x1,75.</p>	Верстак слюсарний.
040	<p>КОНТРОЛЬНА.</p> <p>Зміст операції: Провести контроль розмірів деталі на відповідність кресленню і ТУ.</p> <p>Вимірювальний інструмент: Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89. Штангенциркуль ШЦ-3-700-0,1 ГОСТ 166-89. Калібр-пробка Ø12H7.</p>	Стіл контролера.

	Калібр-пробка Ø28H7. Калібр M12x1,75. Шаблон 30x45°. Зразки шорсткості поверхні.	
--	---	--

3.7.1 Розробка змісту операцій, схем базування, вибір ріжучого інструменту

При розробці технологічних операцій призначаються [8,9]:

- 1) устаткування (обладнання, верстати);
- 2) допоміжне устаткування (верстатні пристрої);
- 3) схема базування;
- 4) послідовність переходів операції;
- 5) ріжучий інструмент;
- 6) вимірювальний інструмент.

В додатку А до пояснювальної записки приведено комплект технічної документації для виготовлення деталі «плита» у заводських умовах.

3.8 Розрахунок припусків на механічну обробку

Величини припусків суттєво впливають на собівартість виготовлення деталі, тому при їх визначенні необхідно вибирати найменші із можливих значень. При збільшеному припуску підвищуються затрати праці, розхід матеріалу та інші виробничі затрати, а при зменшеному доводиться підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі [8, 9].

3.8.1 Аналітичний розрахунок припусків

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі похибок, що виникають при механічній обробці даної поверхні. В даному дипломному проєкті розрахунок буде проведено для циліндричної поверхні Ø 28H7^(+0,021).

Центрування даного отвору в розрахунок припусків не входить оскільки воно робиться з іншою метою - для зменшення похибки позиціонування інструменту під час подальшого свердлування, і ні як не впливає на значення припусків.

Технологічний маршрут оброблення Ø28H7:

- 1) заготовка
- 2) свердлування Ø11,5 (h11), Ra12,5;
- 3) розсвердлювання Ø25 (h11), Ra12,5;
- 4) зенкерування Ø27,7 (h8), Ra3,2;
- 5) оброблення розверткою Ø28H7^{+0,021}, Ra1,25.

Призначаємо допуски на кожний перехід [10, Т.1, с.192] і заносимо в табл.3.4. Допуск на кінцевий перехід приймаємо рівний допуску на розмір деталі.

Для заготовки з прокату сумарне значення просторових відхилень ρ визначається за формулою:

Сумарне відхилення (заготовки) [8, с.89]:

$$\rho_{\text{заг}} = \rho_{\text{ц}}, \quad (3.29)$$

де $\rho_{\text{ц}}$ - відхилення при центруванні.

$$\rho_{\text{ц}} = 0,25, \quad [8, \text{табл.3.7, с.69}].$$

Величина залишкових просторових відхилень після свердлування, розсвердлювання, зенкерування та оброблення розверткою визначається:

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho, \quad (3.30)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення форми після механічної обробки:

$K_y = 0,06$ - для свердлування і розсвердлювання;

$K_y = 0,005$ - для зенкерування;

$K_y = 0,002$ - для оброблення розверткою [8, с.73].

$$\rho_{\text{ост1}} = 0,06 \cdot 250 = 15 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{ост2}} = 0,06 \cdot 15 = 1 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{ост3}} \approx 0 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\text{ост4}} \approx 0 \text{ мкм}.$$

Похибка установки при обробці отворів визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (3.31)$$

де ε_B - похибка базування, мкм: $\varepsilon_B = 0$;

ε_3 - похибка закріплення, мкм: $\varepsilon_3 = 100$ мкм [8, с.82].

Таким чином $\varepsilon_y = \varepsilon_3 = 100$ мкм.

Похибка установки при свердлуванні:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{y1} \cdot K_y = 100 \cdot 0,06 = 6 \text{ мкм.} \quad (3.32)$$

Значення параметрів якості і точності оброблюваної поверхні:

Свердлування: $R_z = 50$ мкм, $h = 50$ мкм [10, с.188];

Розсвердлювання: $R_z = 50$ мкм, $h = 50$ мкм [10, с.188];

Зенкерування: $R_z = 10$ мкм, $h = 15$ мкм [10, с.188];

Обробка розверткою: $R_z = 5$ мкм, $h = 5$ мкм [10, с.188].

Максимальне значення припуску:

$$2Z_{\max} = 2\left((R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right), \text{ мкм} \quad (3.33)$$

де $R_{z_{i-1}}$, h_{i-1} , ρ_{i-1} - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарне значення просторових відхилень, які одержані на попередньому переході;

ε_i - похибка установки, яка одержана на даному переході, мкм.

Максимальний припуск при свердлуванні і розсвердлюванні визначається виходячи з необхідності отримання даного діаметру отвору:

$$2Z_{1\max} = 2 \cdot 5750 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{2\max} = 2 \cdot 6750 \text{ мкм.}$$

Визначаємо максимальний припуск при зенкеруванні:

$$2Z_{3\max} = 2\left((50 + 50) + \sqrt{1^2 + 0^2}\right) = 2 \cdot 101 \text{ мкм.}$$

Визначаємо максимальний припуск при обробці розверткою:

$$2Z_{4\max} = 2\left((10 + 15) + \sqrt{0^2 + 0^2}\right) = 2 \cdot 25 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахунковий розмір відніманням припуску від найбільшого граничного розміру.

Для оброблення розверткою: $d_{p4} = 28,021$ мм.

Для зенкерування: $d_{p3} = 28,021 - 0,05 = 27,971$ мм.

Для розсвердлювання: $d_{p2} = 27,971 - 0,202 = 27,769$ мм.

Для свердлування: $d_{p1} = 27,769 - 13,5 = 14,269$ мм.

Визначаємо найменший граничний розмір відніманням допуску від граничного

розміру

$$d_{\min} = d_p - IT_d, \quad (3.34)$$

Для оброблення розверткою: $d_{\min 4} = 28$ мм.

Для зенкерування: $d_{\min 3} = 27,971 - 0,033 = 27,938$ мм.

Для розсвердлювання: $d_{\min 2} = 27,769 - 0,130 = 27,639$ мм.

Для свердлування: $d_{\min 1} = 14,269 - 0,11 = 14,159$ мм.

Записуємо граничні значення припусків Z_{\max} , як різницю найбільших граничних розмірів і Z_{\min} , як різницю найменших граничних розмірів попереднього переходу і переходу, що виконується:

$$2Z_{\max 3} = 28,021 - 27,971 = 50 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2} = 27,971 - 27,769 = 202 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 1} = 27,769 - 14,269 = 13500 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 0} = 14,269 - 0 = 14269 \text{ мкм}.$$

$$2Z_{\min 3} = 28 - 27,938 = 62 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 27,938 - 27,639 = 299 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 1} = 27,639 - 14,159 = 13480 \text{ мкм}.$$

$$2Z_{\min 0} = 14,159 - 0 = 14159 \text{ мкм}.$$

Загальні припуски $Z_{0.\min}$ і $Z_{0.\max}$ визначаємо додаючи проміжні припуски і записуємо їх значення внизу відповідних граф таблиці.

$$2Z_{0.\max} = 50 + 202 + 13500 + 14269 = 28021 \text{ мкм};$$

$$2Z_{0.\min} = 62 + 299 + 13480 + 14159 = 28000 \text{ мкм}.$$

Тобто розрахунки виконано вірно.

$$d_{\text{загном}} = 28 \text{ мм}.$$

На всі інші розміри деталі припуски призначені табличним методом.

Схема розташування полів допусків і припусків на обробку поверхні $\text{Ø}28\text{H}7$ показана на рис.3.3.

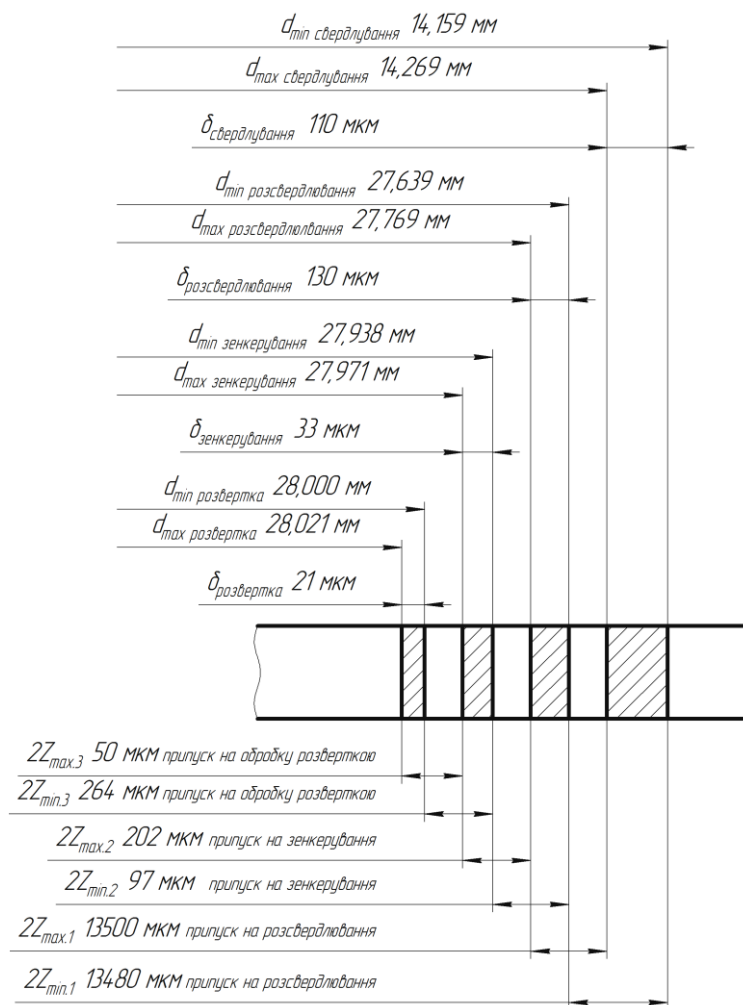


Рисунок 3.3 - Схема розташування полів допусків і припусків

Таблиця 3.4 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічних переходах на обробку отвору $\text{Ø}28\text{H}7^{(+0,021)}$ мм

Технологічні переходи оброблення поверхні	Елементи припуску (мкм)			Розр. припуск $2Z_{\text{max}}$, (мкм)	Розр. розмір d_p , (мм)	Допуск δ (мкм)	Граничний розмір (мм)		Граничне значення припусків (мкм)	
	R_z	h	ρ				d_{min}	d_{max}	$2Z_{\text{min}}^{\text{np.}}$	$2Z_{\text{max}}^{\text{np.}}$
Свердлування	50	50	15	2·5750	28,021	21	28	28,02	14159	14269
Розсвердлювання	50	50	1	2·6750	27,971	33	27,94	27,97	13480	13500
Зенкерування	10	15	-	2·101	27,769	130	27,64	27,77	299	202
Розвертка	5	5	-	2·25	14,269	110	14,16	14,27	62	50
									28000	28021

3.9 Розрахунок та вибір режимів різання

На фрезерному верстаті 6Р13 проводиться чорнове фрезерування заготовки з розміру 45 ± 1 до $43_{-0,5}$ мм на площині розмірами 355x680 мм. Параметр шорсткості обробленої поверхні – Ra6,3. Заготовка – листовий гарячекатаний прокат, матеріал – Ст3пс5 ГОСТ 380-2005, $\sigma_s = 420$ МПа (≈ 42 кГс/мм²). Спосіб закріплення заготовки – у верстатному пристрої. Система верстат-пристрій-інструмент-заготовка недостатньо жорстка.

Вибираємо фрезу і встановлюємо її геометричні елементи. Тип фрези – торцева фреза з механічним кріпленням пластинок. Матеріал робочої частини – твердий сплав Т15К6, діаметр робочої частини $D = 100$ мм, кількість зубів фрези – 10 шт.

Призначаємо режими різання

1. Встановлюємо глибину різання.

Припуск знімається за один робочий хід. Отже $t = h = 2$ мм.

2. Назначаємо подачу на зуб фрези.

Для твердого сплаву Т15К6: $S_z = 0,09 - 0,18$ мм/зуб. Приймаємо $S_z = 0,18$ мм/зуб.

3. Назначаємо період стійкості фрези.

Для торцевої фрези з пластинами з твердого сплаву період стійкості $T = 240$ хв.

Допустимий знос зубів фрези по задній поверхні $h_3 = 0,8$ мм.

3. Визначаємо швидкість головного руху різання.

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v, \quad (3.35)$$

Випишемо з табл.39 [10, Т.2, с.286] коефіцієнти і показники степеня для сталі, торцевої фрези, матеріалу ріжучої частини Т15К6: $C_v = 332$; $q = 0,2$; $x = 0,1$; $y = 0,4$; $u = 0,2$; $p = 0$; $m = 0,2$. Поправочні коефіцієнти: за [10, Т.2, табл.1, с.261]

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{N_v}, \quad (3.36)$$

де $N_v = 1$; $K_r = 1$ для фрезерування сталі фрезами із твердого сплаву [10, Т.2, табл.2, с.262].

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{420} \right)^1 = 1,79.$$

За [10, Т.2, табл.5 і 6, с.263] $K_{IV} = 0,9$; $K_{IV} = 1$.

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,18^{0,4} \cdot 72^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 1,79 \cdot 0,9 \cdot 1 = 356,37 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання шпинделя, яка відповідає визначеній швидкості головного руху різання.

$$n = \frac{1000V_n}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 356,37}{3,14 \cdot 100} = 1140 \text{ об/хв.} \quad (3.37)$$

Нормуємо частоту обертання шпинделя по даним верстата і встановлюємо дійсну частоту обертання $n_o = 1000 \text{ хв}^{-1}$.

6. Дійсна швидкість головного руху різання.

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1000}{1000} = 314 \text{ м/хв.} \quad (3.38)$$

7. Визначаємо швидкість руху подачі.

$$V_s = S_m = S_z \cdot z \cdot n_o = 0,18 \cdot 10 \cdot 314 = 565 \text{ мм/хв.} \quad (3.39)$$

Корегуємо цю величину по даним верстата і встановлюємо дійсну швидкість подачі $V_s = 500 \text{ мм/хв.}$

8. Визначаємо силу різання.

$$P_Z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} K_{MP}, \quad (3.40)$$

Випишуємо з [10, Т.2, табл.41, с.291] коефіцієнти і показники степенів формули для сталі і торцевих фрез: $C_p = 825$; $x = 1$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$.

Враховуємо поправочний коефіцієнт K_{MP} [10, Т.2, табл.9, с.264]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n, \quad (3.41)$$

де $n = 0,3$.

$$K_{MP} = \left(\frac{420}{750} \right)^{0,3} = 0,84.$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 72^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 1140^{0,2}} \cdot 0,84 = 2676 \text{ Н.}$$

9. Визначаємо потужність, затрачену на різання.

$$N_{PIZ} = \frac{P_Z \cdot V_o}{60 \cdot 1020} = \frac{2676 \cdot 314}{60 \cdot 1020} = 13,72 \text{ кВт.} \quad (3.42)$$

10. Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата.

Необхідно виконати умову $N_{PI3} \leq N_{III}$. Потужність на шпинделі верстата $N_{III} = 11 \cdot \eta = 11 \cdot 0,8 = 8,8$ кВт. Отже, обробка не можлива ($13,72 > 8,8$).

Обробка не можлива із за великої сили різання. Для її зменшення зменшуємо подачу вдвічі $S_z = 0,09$ мм/зуб, тобто фрезерування буде виконуватись повільніше.

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2^1 \cdot 0,09^{0,75} \cdot 72^{1,1} \cdot 10}{100^{1,3} \cdot 1140^{0,2}} \cdot 0,84 = 1576 \text{ Н},$$

$$N_{PI3} = \frac{P_z \cdot V_o}{60 \cdot 1020} = \frac{1576 \cdot 314}{60 \cdot 1020} = 8,09 \text{ кВт}.$$

Тепер необхідна умова виконується $8,09 \text{ кВт} < 8,8 \text{ кВт}$.

11. Основний час на обробку.

$$T_0 = \frac{L}{V_s}, \quad (3.43)$$

$$L = \frac{b}{B} \cdot (l + \Delta), \quad (3.44)$$

де $l = 680$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$b = 355$ мм – ширина оброблюваної поверхні;

$B = 72$ мм – ширина оброблення фрезою за один прохід;

$\Delta = 10...12$ мм – відстань від оброблюваної поверхні до інструменту;

$$L = \frac{355}{72} \cdot (680 + 10) = 3450 \text{ мм}.$$

$$T_0 = \frac{3450}{280} = 12,3 \text{ хв}.$$

Режими різання на всі інші операції розраховано і зведено в табл.3.5.

Таблиця 3.5 - Режими різання техпроцесу механічного оброблення деталі «плита»

S_z	мм/зб	V	м/хв.	n	об/хв.	T_0	хв.
	0,09	314		1000		27,00	
	0,09	314		1000		12,3	
	0,09	502,4		1600		2,4	
						8,47	
-	-	37,68		3000		0,108	
-	-	104,7		2900		0,496	
-	-	47,1		600		0,834	
-	-	26,1		300		0,952	
-	-	14		160		1,47	
-	-	55,3		1500		0,38	
-	-	18,9		500		0,67	
-	-	28,3		450		3,56	
0,15						3,36	
		79,1		700		3,36	
						0,75	
-	-	51,25		1600		0,325	
-	-	51,25		1600		0,05	
-	-	51,25		1600		0,325	
-	-	51,25		1600		0,05	

№ п/п	Назва операції, переходу	D, B мм	t мм	L мм	i шт.	S	
						S _{XB} мм/XB	S ₀ мм/об
	015 Фрезерна						
1	1. Фрезерування площини начорно	Ø100	2	3450	1	280	-
2	2. Фрезерування площини начорно	Ø100	2	3450	1	280	-
3	3. Фрезерування площини начисто	Ø100	1	3450	1	1440	-
	020 Фрезерна з ЧПК						
5	1. Свердлування 4-х центр. отв.	Ø4	2	12	4	450	0,15
6	2. Свердлування 4-х отворів	Ø11,5	5,75	90	4	725	0,25
7	3. Розсвердлювання 2-х отворів	Ø25	6,75	100	2	240	0,4
8	4. Зенкування 2-х отворів	Ø27,7	1,35	100	2	210	0,7
9	5. Обробка розверткою 2-х отворів	Ø28	0,15	100	2	136	0,85
10	6. Зенкування 2-х отворів	Ø11,5	0,125	100	2	525	0,35
11	7. Обробка розверткою 2-х отворів	Ø12	0,125	100	2	300	0,6
12	8. Свердлування з зенкуванням 8 отв.	Ø13/Ø20	6,5/3,5	100	8	225	0,5
	025 Фрезерна з ЧПК					630	
	1. Фрезерування по контуру	40	2,5	2115	1		
	030 Свердлувальна						
13	1. Свердлування 2-х отворів	Ø10,2	5,1	65	2	400	0,25
14	2. Зенкування 2-х отворів	Ø20	1,5	10	2	400	0,25
15	3. Свердлування 2-х отворів	Ø10,2	5,1	65	2	400	0,25
16	4. Зенкування 2-х отворів	Ø20	1,5	10	2	400	0,25

3.10 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Розрахунок норм часу буде проведено на операцію 015 (фрезерна).

Вихідні дані:

Деталь – плита нижня (вага – 72,88 кг).

Заготовка – листовий гарячекатаний прокат, матеріал – Ст3пс5.

- 1) розмір заготовки – 45 мм,
- 2) припуск на обробку: максимальний – 2 мм, мінімальний – 1 мм.

Зміст переходів операції, устаткування, ріжучий та вимірювальний інструмент визначено в п.3.8.1.

Основний час T_o по операції 015 визначено в п.3.10 (див. табл.3.5).

$$T_o = 27,00 \text{ хв.}$$

Розрахунок допоміжного часу.

Допоміжний час на встановлення заготовки вагою 85 кг і зняття її з верстату, а також на іншу роботу по закріпленню, складає 4,30 хв. [15, с.133, табл.72].

$$t_{\text{д.вст}} = 4,30 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, пов'язаний з переходами.

Для фрезерної обробки за три проходи [15, с.134, табл.73]:

$$t_{\text{д.пер}} = 0,82 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, пов'язаний з фіксацією заготовки [16, с.97]:

$$t_{\text{д.доо}} = 0,15 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час на операцію:

$$T_{\text{д}} = t_{\text{д.вст.}} + t_{\text{д.пер.}} + t_{\text{д.доо.}} = 4,30 + 0,82 + 0,15 = 5,27 \text{ хв.} \quad (3.45)$$

Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_o + T_{\text{д}} = 27 + 5,27 = 32,27 \text{ хв.} \quad (3.46)$$

Час на обслуговування робочого місця береться в співвідношенні 5% від оперативного часу.

$$T_{\text{обсл}} = 0,05 \cdot T_{\text{оп.}} = 0,05 \cdot 32,27 = 1,62 \text{ хв.} \quad (3.47)$$

Час на відпочинок та особисті потреби – 6% від оперативного часу.

$$T_{\text{відп}} = 0,06 \cdot T_{\text{оп.}} = 0,06 \cdot 32,27 = 1,94 \text{ хв.} \quad (3.48)$$

Штучний час знаходять як суму часу основного, допоміжного, обслуговування та відпочинку:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{д.}} + T_{\text{обсл.}} + T_{\text{відп.}} = 27 + 5,27 + 1,62 + 1,94 = 35,83 \text{ хв.} \quad (3.49)$$

Час підготовчо-заклучний:

$$T_{\text{п.з.}} = T_{\text{нал}} + T_{\text{доо}} = 20 + 6 = 26 \text{ хв.} \quad (3.50)$$

де $T_{\text{нал}} = 16...23$ хв. - налагодження верстата, інструмента, пристроїв [17, с.156],

$T_{\text{доо}} = 4...7$ хв. - додатковий час на обслуговування [17, с.156].

$$\text{Виробіток за зміну: } H_{\text{г}} = \frac{T_{\text{зм.}} - T_{\text{п.з.}}}{T_{\text{шт}}} = \frac{456 - 26}{35,83} = 12 \text{ шт.}$$

Час штучно-калькуляційний:

$$T_{ш.к.} = \frac{T_{п.з.}}{n} + T_{ш} = \frac{26}{20} + 35,83 = 36,48 \text{ хв. (} n \text{ - кількість деталей в партії)}.$$

Норми часу на всі інші операції технологічного процесу розраховано табличним методом і зведено в табл.3.6.

Таблиця 3.6 - Розрахунок норм часу по операціях, хв.

№ операції	Назва операції	Основний час, T_o	Допоміжний час			Оперативний час	Час на обслуговування, $T_{обсл.}$	Час на відпочинок, $T_{відп.}$	Штучний час, $T_{шт.}$	Підготовчо-заключний час, $T_{п.з.}$	Вирібок за зміну, шт.	Штучно-калькуляційний час, $T_{ш.к.}$
			Встановлення і зняття деталі, $T_{д.вст}$	Управління верстатом, $T_{д.пер}$	Додатковий час, $T_{д.дод}$							
00	Заготівельна	11,	2,3	0,4	0,2	14,	0,7	0,8	15,7	20	28	16,
01	Фрезерна	27,	4,3	0,8	0,1	32,	1,6	1,9	35,8	26	12	36,
02 0	Фрезерна з ЧПК	3,3 6	2,1 5	0,5 6	0,1	6,1 7	0,3 1	0,3 7	6,85	26	63	8,1 5
02 5	Фрезерна з ЧПК	8,4 7	1,8 4	1,5 6	0,3 5	12, 2	0,6	0,7 3	13,5 3	25	32	14, 8
03	Свердлувальн	0,7	1,7	1,2	0,3	4,1	0,2	0,2	4,58	24	94	5,7
03	Слюсарна	8,5	1,1	4,2	1	14,	0,7	0,7	16,3	10	27	16,
04	Контрольна	15	1,1	2,3	0,3	18,	0,9	0,9	20,6	10	22	21,

3.11 Розробка РТК для операції з ЧПК

Задача проектування операції полягає в деталізації як процесу оброблення, так і засобів технологічного оснащення для оброблення деталі та встановленню кінцевих параметрів операції (режимів різання, норм часу) і складанню керуючої програми [8,9].

Спочатку вибирають вихідну точку інструментів, вказуючи достатню відстань від різальних кромки інструменту до заготовки для забезпечення зручності установки

і зняття заготовки.

При виборі типорозміру інструменту враховують особливості його кріплення на верстаті (тип хвостовика та номер конуса Морзе мірних РІ тощо). Для підготовки керуючої програми послідовно розробляють операційний ескіз, розрахунково-технологічну карту (РТК) та карту налагодження на операцію.

Операційний ескіз оформлюють у вигляді карти ескізів і включають в комплект технологічної документації. Деталь на ескізі зображують в тому положенні, яке вона займає при обробці на верстаті. Оброблені поверхні обводять суцільною лінією за ГОСТ 2.303-68.

Зображують схему установки деталі у верстатному пристрої (з вказуванням опор та затисків за ГОСТ 3.1107-81. Вибирають початок W та осі (X , Y , Z) декартової системи координат деталі (СКД). Початок W СКД сполучають з точкою перетину комплексу технологічних баз деталі (рідше - з точкою, відносно якої проставлено більшість розмірів, за умови, що траєкторія руху інструменту описується додатними координатами.

Напрямки осей координат деталі поєднують з напрямками осей координат верстата з ЧПК (останні вибираються згідно правила правої руки).

Розраховують координати опорних точок контуру деталі та проставляють відповідні налагоджувальні технологічні розміри (рис.3.4).

Для розрахунку координат опорних точок складного контуру деталі користуються рівняннями, які описують окремі геометричні елементи контуру деталі, та співвідношеннями у трикутниках. На операційний ескіз наносять налагоджувальні технологічні розміри з граничними відхиленнями, параметри шорсткості оброблюваних поверхонь та інші технічні вимоги (вимоги до взаємного розташування оброблених поверхонь та точності до їх форми).

На основі операційного ескізу розробляють розрахунково-технологічну карту (РТК), яка служить для підготовки УП. В РТК приводять повну інформацію про виконувану операцію:

- 1) ескізи з контурами деталі (чистої обробки), заготовки та контурами проміжної обробки;
- 2) осі координат деталі та розташування вихідної точки ("нуля програми");
- 3) інструмент та його траєкторію з координатами всіх опорних точок;

4) кількісні значення подач, швидкостей різання та чисел обертів.

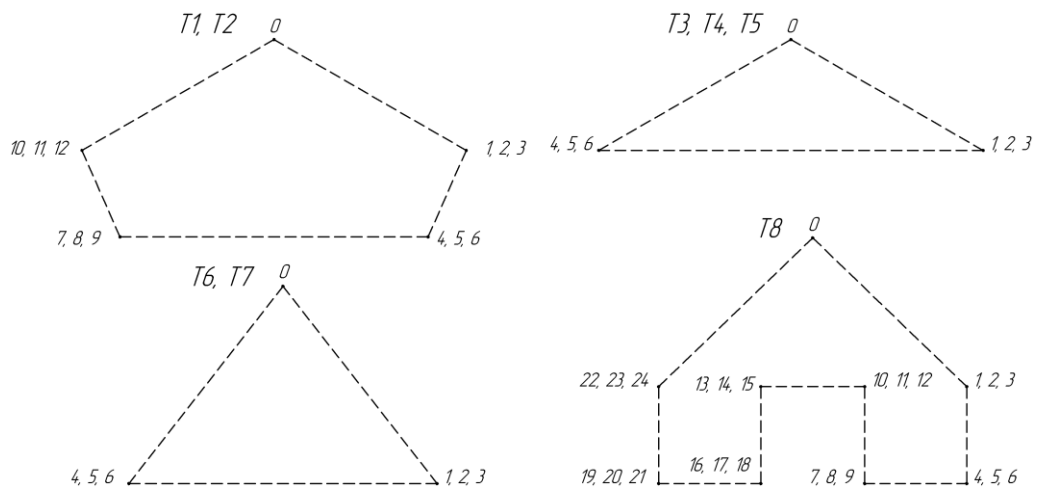


Рис.3.4 - Контури оброблення і опорні точки деталі

При багатоінструментній обробці для кожного інструменту розробляють окремий ескіз. Розраховані координати опорних точок та режими оброблення для кожного інструменту заносять в таблицю, яку розміщують над основним написом креслення. Карта налагодження являє собою графічне зображення взаємного розташування оброблюваної заготовки, різальних і допоміжних інструментів із зазначенням їх позначень та вильотів. За картою налагоджування підготовляють комплект інструментів і встановлюють його в інструментальний магазин по гніздах. Інструментальні блоки та різальні інструменти показують в послідовності їх застосування. На карті налагодження також вказують системи координат верстата і деталі та вихідне положення («нуль програми») усіх використовуваних інструментів.

Результатом розробки даної операції з ЧПК є РТК, яка приведена в графічній частині (ДРМ.ФІТА.22.03.03.00).

3.12 Проєктування верстатного пристрою для фрезерування деталі «плита»

Інтенсифікація виробництва в машинобудуванні пов'язана з модернізацією засобів виробництва на базі застосування новітніх досягнень науки і техніки. Технічне переозброєння, підготовка виробництва нових видів продукції машинобудування й модернізація засобів виробництва неодмінно охоплюють

процеси проектування засобів технологічного оснащення та їхнього виготовлення [18-21].

Обробка деталей на металорізальному верстаті передбачає їх надійне закріплення. Процес обробки буде залежати від жорсткості системи ВПД. Для забезпечення процесу фрезерування на верстаті необхідно спроектувати устаткування яке буде повністю відповідати вимогам жорсткості, та точності, а також буде володіти необхідними силовими характеристиками затиску. В якості такого верстатного устаткування можуть використовуватись машинні лещата.

Механізація та автоматизація процесу закріплення заготовок поряд зі зростанням продуктивності обробки забезпечує: підвищення точності завдяки стабільності сили закріплення; зниження похибки закріплення; скорочення частки ручної праці; зниження фізичного навантаження робітників; можливість багатостанкового обслуговування, оскільки робітник звільняється від необхідності тривалої присутності біля одного верстата; регламентацію циклу обробки, що є передумовою для автоматизації процесу загалом.

Силові характеристики лещат повинні забезпечувати протидію силам і моментам різання, які виникають при обробленні. Заготовка зберігає своє положення в просторі, за рахунок сил тертя, що виникають між губками лещат і затискуваними поверхнями. При поганому закріпленні заготовки в процесі її оброблення під дією сил різання може відбутися її зрив. Це може спричинити поломку інструменту, а також пошкодити саму заготовку або пристосування. Якщо сила затиску деталі буде дуже великою, то може бути пошкоджено її зовнішню поверхню. Тобто сила затиску повинна бути усередненою, забезпечувати надійне закріплення заготовки, або іншими словами бути мінімально необхідною.

Застосування машинних лещат дозволяє усунути розмітку заготовок перед обробкою, підвищити точність, збільшити продуктивність праці, полегшити умови роботи, розширити технологічні можливості устаткування, дозволяє знизити припуски на наступні операції. До затискних пристосувань, та машинних лещат зокрема, пред'являються наступні вимоги [18-21]:

- 1) при затиску не повинно порушуватися положення об'єкта затиску, тобто вимога по точності положення об'єкта затиску по трьох координатах осей у статиці і сталості сили затиску;

2) затиск не повинен викликати деформації і псування об'єкта затиску, змінання його поверхонь, тобто необхідна методика розрахунку сил закріплення, виходячи з пружних характеристик елементів і контактної жорсткості в стиках;

3) Сила затиску повинна бути мінімальною, але достатньою для надійного закріплення, що виключає зсув, обертання та вирив об'єкта затиску від сил різання;

4) затиск–розтиск об'єкта закріплення повинен здійснюватися при мінімальних витратах часу й енергії як механічної, так і енергії людини тобто пристосування повинно простим у конструкції, зручним в обслуговуванні, бути міцним, довговічним, компактним, технологічним, а також мати достатній коефіцієнт підсилення при використанні ручного затиску.

Для створення конкурентоздатної продукції затискні механізми повинні відповідати і ряду додаткових вимог: швидкозмінність і швидкопереналагоджуваність, легкість регулювання, малі габарити, широта діапазону, захищеність, ремонтпридатність, можливість автоматичного регулювання параметрів затиску, безшумність, безпека, економність, взаємозамінність тощо. Таким чином, основні і додаткові вимоги до пристосувань (машинних лещат) впливають із вимог, запропонованих до верстатів і технологічних процесів.

Інженерний аналіз конструкцій лещат показує, що всі вони, як правило, мають дві губки, одна з яких виконується рухомою, а друга – нерухомою. В лещатах для створення затискного зусилля можуть використовуватись різні типи приводів, зокрема, ручний, електромеханічний, гідравлічний, пневматичний, пневмогідравлічний або їх комбінація.

Сила затиску в лещатах створюється за рахунок використання передавально-підсилювальних ланок різного типу. Найбільш поширеними є конструкції з використанням гвинтових, важільних, ексцентрикових та клино-плунжерних ланок. Також зустрічаються конструкції з зубчастими, черв'ячними механізмами, та в яких реалізовані комбінації з перерахованих вище.

При проектуванні верстатного пристрою для фрезерування деталі «плита» потрібно врахувати такі вимоги:

1) зовнішні елементи конструкцій пристрою не повинні мати гострих кромок, кутів. Вони повинні бути закруглені або мати фаски;

- 2) елементи пристрою при встановленні на столі верстата на повинні виходити за габарити столу, щоб не заважати роботі верстата і доступу к органам керування;
- 3) з'єднання пристрою зі столом верстата повинно виключати можливість послаблення його кріплення і можливості зсуву у процесі роботи.
- 4) повинна забезпечуватись безпека встановлення і зняття заготовок, щоб вони не падали при цьому.
- 5) при гвинтовому (різьбовому) механізмі затиску він повинен забезпечувати самогальмування, щоб у процесі обробки не було послаблення затиску.
- б) пристосування масою більше 16 кг повинні мати цапфи або рим болти для встановлення їх на стіл верстат вантаж підйомними механізмами.

3.12.1 Вибір установочних елементів, схеми базування і закріплення деталі

Схему базування деталі «плита» у верстатному пристрої показана на рис.3.5.

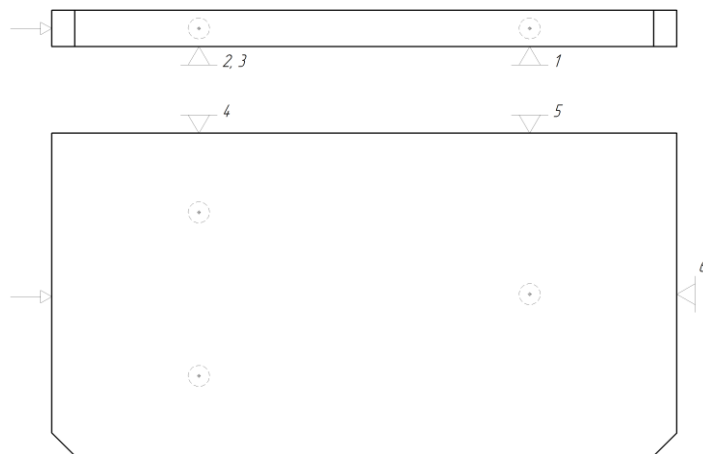


Рисунок 3.5 - Схема базування деталі «плита»

Спеціальний пристрій призначений для закріплення деталі при обробці на вертикально-фрезерному верстаті 6P13. Пристрій встановлюється на столі верстату. Базування деталі проводиться в затисках по торцевим поверхням, і по площині деталі, через опору і пластинку. Закріплення деталі проводиться затисками з рифленими площинами, що запобігає зміщенню заготовки під час механічної обробки.

Пристрій складається з двох пневмоциліндрів, рухомої губки і нерухомої. Два циліндри встановлено для більш рівномірної передачі зусилля, а також для

зменшення висоти пристрою. До столу верстата пристрій кріпиться за допомогою болтів (ДРМ.ФІТА.22.03.05.00.00 СК).

Таке компонування дає змогу точного настроювання за всіма параметрами, зокрема, площинність і перпендикулярність площині стола верстату.

3.12.2 Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо похибку установки деталі в пристрої

$$\varepsilon_Y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_{ЗАК}^2 + \varepsilon_{ПП}^2}, \quad (3.51)$$

де ε_B - похибка базування, $\varepsilon_B = 0$ мм;

$\varepsilon_{ЗАК}$ - похибка закріплення, $\varepsilon_{ЗАК} = 10$ мкм;

$\varepsilon_{ПП}$ - похибка пристрою.

$$\varepsilon_{ПП} = \sqrt{\varepsilon_{II}^2 + \varepsilon_C^2 + \varepsilon_{YC}^2}, \quad (3.52)$$

де ε_{II} - знос установочних елементів:

$$\varepsilon_{II} = \beta \cdot N = 0,01 \cdot 200 = 2 \text{ мкм},$$

де β - коефіцієнт зносу, елементів затиску $\beta = 0,05$;

N - кількість деталей в партії, $N = 200$ шт.;

ε_C - точність виготовлення пристрою, $\varepsilon_C = 5$ мкм;

ε_{YC} - точність встановлення пристрою на верстаті, $\varepsilon_{YC} = 10$ мкм.

$$\varepsilon_{ПП} = \sqrt{2^2 + 5^2 + 10^2} = 11,35 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_Y = \sqrt{11,35^2 + 10^2} = 15 \text{ мкм}.$$

Перевіряємо виконання умови:

$$\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_Y, \quad 50 \geq 15 \text{ мкм}.$$

Точність обробки в пристрої витримана.

3.12.3 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі та приводу пристрою

Для розрахунку сил закріплення потрібно знати умови оброблення, що проектується: величину, місце і напрямок прикладання сил, що зрушують заготовку, а також схему її установки і закріплення. Схема установки і закріплення деталі

показана в додатку В, а також у вищенаведеному .

Для знаходження сили P_h яка хоче зрушити деталь з місця використовуємо залежність, яка наведена в [18]:

$$\frac{M_h}{M_{кр}} = 1,2, \quad (3.53)$$

де $M_{кр}$ - момент кручення, який виникає в наслідок дії сили різання, Н · м.

Тоді

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2676 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 1338 \text{ Н.} \quad (3.54)$$

$$M_h = M_{кр} \cdot 1,2 = 1338 \cdot 1,2 = 1606 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Для забезпечення надійності закріплення необхідно прикласти рівнодіючий момент направлений в протилежному напрямку. Згідно схеми базування і закріплення рівняння матиме наступний вигляд:

$$KM_h = 2P \cdot f_1,$$

де K - коефіцієнт надійності, при чорновій обробці $K = 3$;

P - сила затиску, яка діє з боку затискачів;

f_1 - коефіцієнт тертя на затискній поверхні, в даному випадку $f_1 = 1$;

Звідси отримуємо рівняння:

$$P = \frac{KM_h}{2 \cdot f_1} = \frac{3 \cdot 1606}{2 \cdot 1} = 2409 \text{ Н.} \quad (3.55)$$

Сила Q , яка діє на шток поршня, виходячи із конструкції пристрою дорівнює P .

Визначаємо діаметр пневмоциліндра, виходячи з того, що $Q = 2409$ Н:

$$D = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}}, \quad (3.56)$$

де Q - зусилля на штоку пневмоциліндра, Н;

ρ - тиск в пневмережі, $\rho = 4$ кгс/см²;

η - к.к.д. пристрою, $\eta = 0,8$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2409}{3,14 \cdot 4 \cdot 0,8}} = 31 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр $D = 50$ мм, для забезпечення більшої надійності, та можливості застосовувати даного пристрою на інших операціях механічного оброблення.

3.12.4 Опис роботи верстатного пристрою

Даний верстатний пристрій призначений для базування і закріплення заготовки з листового прокату під час фрезерування площини.

Пристрій складається 2-х пневмоциліндрів 1 (див. ДРМ.ФІТА.22.00.00.), які закріплені на несучій плиті 2, прикрученої гвинтами 18 до плити 4, а також підсиленої ребрами 3. Ребра 3 кріпляться до плит за допомогою гвинтів 15.

На плиті 4 змонтовано нерухому губку 11 за допомогою гвинтів 19 і штифтів 23, а також опору 20 і пластину 21 через допоміжні пластини 9 і 10. Дані елементи використовуються для безпосереднього базування заготовки у верстатному пристрої.

Зусилля затискання від пневмоциліндрів 1 передається рухомій губці 5 через центрувальні втулки 6. У вертикальній площині губка 5 обмежена у русі за допомогою напрямних 7, які закріплені на плиті 4 штифтами 23 і гвинтами 19.

На обох губках встановлені накладки з рифленою поверхнею. Вони фіксуються гвинтами 16.

Затискання здійснюється пересуванням рухомої губки 5 під дією пневмоциліндрів 1. Вони спрацьовують при подачі стиснутого повітря.

3.13 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

Контрольні пристрої, призначені для контролю й виміру точності деталей чи складальних одиниць. Розрізняють контрольні засоби і контрольні пристрої [21].

Контрольні засоби – калібри, шаблони, щупи і т.д. дозволяють розсортувати деталі на придатні і браковані.

Контрольні пристрої мають шкальні вимірювачі – індикатори, мікрокатори, датчики з вимірювальними шкалами, пневматичні вимірювальні пристрої, світлосигнальні прилади та ін., що можуть вимірювати як абсолютні так і відносні значення вимірюваної величини.

Проектування контрольного пристрою починається з вибору схеми виміру. Відхилення форми й розташування поверхонь задаються на кресленнях щодо основних поверхонь, що є конструкторськими базами. Точність контролю буде найбільша, якщо при вимірі дотримується правило єдності баз, тобто ті самі поверхні служать конструкторськими й вимірювальними базами. Тому деталь у пристрої повинна бути встановлена на конструкторські бази, зазначені на кресленні.

При розробці технологічного процесу механічної обробки деталі «плита» вибрано контрольно-вимірювальний пристрій для визначення площинності робочих поверхонь (ДРМ.ФІТА.22.03.05.00.00 СК).

За допомогою контрольно-вимірювального пристрою контролюється одна з технічних умов на задану деталь – площинність верхньої частини плити не повинна перевищувати 0,05 мм, і метою даного розділу є перевірити точність пристрою в порівнянні з контрольованим параметром.

3.13.1 Розробка схеми вимірювання

Вимірювання відбувається безпосередньо на верстаті після оброблення. Таким чином ми забезпечимо співпадіння технологічної бази оброблення і вимірювання. Для цього у шпindelь верстата встановлюється оправка з закріпленим на ній індикатором. Увімкнувши подачу верстата можна зчитувати покази з індикатора під час руху деталі, і визначати максимальну величину відхилення по всій довжині. Вимірювання слід проводити у кількох перерізах для отримання більш точних результатів. Графічно схема вимірювання представлена на рис.3.13.

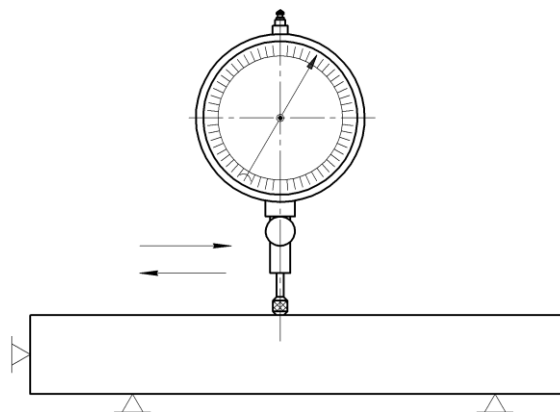


Рисунок 3.6 - Схема вимірювання

3.13.2 Розрахунок пристрою на точність

Допустима похибка вимірювання:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3T, \quad (3.57)$$

де T – допуск на контрольований розмір, $T = 50$ мкм.

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,3 \cdot 0,05 = 0,015 \text{ мм.}$$

Фактична похибка вимірювання:

$$\varepsilon_{\phi} = \varepsilon_y + \varepsilon_{\text{инд}} = \sqrt{\varepsilon_{\bar{\sigma}}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2} + \varepsilon_{\text{инд}}, \quad (3.58)$$

де $\varepsilon_{\bar{\sigma}} = 0$ [8, с.75,76] – похибка базування при суміщенні установочних і вимірювальних баз;

$\varepsilon_z = 10$ мкм – закріплення проводиться у верстатному пристрої;

$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,005$ мм – похибка виготовлення пристрою;

$\varepsilon_{\text{инд}} = 0,001$ [19, с.51] – похибка вимірювального приладу. $\varepsilon_{\text{инд}} \cong C$ – ціна поділки шкали приладу.

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0,010^2 + 0,005^2} + 0,001 = 0,016 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,015 \geq \varepsilon_{\phi} = 0,016 \text{ мм.} \quad (3.59)$$

Таким чином, умова майже виконується, що можна вважати прийнятним. Точність вимірювального пристрою відповідає точності контрольованого параметру.

Складальне креслення спроектованого пристрою представлено в графічній частині дипломної роботи (ДРМ.ФІТА.22.03.05.00.00 СК).

3.13.3 Опис конструкції і роботи контрольного пристрою

Контрольний пристрій призначений для вимірювання і контролю паралельності протилежних площин. Пристрій складається із індикатора 1, який закріплено на стійці 4, за допомогою універсального вимірювального пристрою 2 і зажима 3. Стійка 4 фіксується у оправці 5 по різьбовій поверхні М20, а оправка вставляється у шпindelь вертикально-фрезерного верстата.

Вимірювання відбувається індикатором 1 безпосередньо. При вимірюванні голівку індикатора виставляють на поверхні деталі, і показчик індикатора

виставляють на нуль. Потім вмикають подачу стола верстата і зчитують заді з індикатора. Різниця показів і буде відхиленням.

Даний контрольно-вимірювальний пристрій є досить уніфікованим, і може використовуватись для визначення відхилення різних поверхонь будь-яких деталей, які обробляються на фрезерних верстатах.

3.14 Проектування різального інструменту

Фрезерування найчастіше здійснюється за допомогою торцевих або кінцевих фрез [14]. Фрези виготовляють цільної та збірної конструкцій (рис.3.7, рис.3.8). Матеріал ріжучої частини цільних фрез - швидкорізальні сталі, тверді сплави, збірних фрез - швидкорізальні сталі, тверді сплави, мінералокераміка, надтверді синтетичні матеріали.



Рисунок 3.7 - Цільні кінцеві фрези

Збірні фрези оснащуються цільними ножами зі швидкорізальних сталей або напайними з твердосплавними пластинами, напайними з ріжучими елементами з надтвердих матеріалів, з'єднаних з державками, з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин з твердого сплаву, мінералокераміки і надтвердих матеріалів.

Щоб домогтися відмінної продуктивності, прекрасної якості оброблення деталей, кожен різальний інструмент для фрезерних верстатів обов'язково повинен відповідати певним вимогам.



Рисунок 3.8 - Збірні торцеві і кінцеві фрези

Таким чином, наведені приклади наочно показують, що застосування сучасного встаткування й збірних твердосплавних інструментів відкриває нові технологічні можливості в інтенсифікації процесів механічної обробки відповідальних деталей, виготовлених із важкооброблюваних матеріалів. У результаті досягається багаторазове збільшення продуктивності й зниження собівартості обробки при забезпеченні високих вимог за точністю та якістю оброблених поверхонь.

Інженерний аналіз показує, що для оброблення деталі «плита» на фрезерному верстаті, доцільно використовувати торцеву фрезу. Цей інструмент має безліч варіантів, але одним із найкращих для оброблення деталі «плита» є торцева фреза зі змінними непереточуваними пластинками з твердого сплаву Т15К6 (ДРМ.ФІТА.22.03.06.00.00). Це високопродуктивний і достатньо простий і надійний інструмент.

Зовнішній діаметр фрези визначаємо за співвідношенням.

$$D = (1,2...1,5)B, \quad (3.86)$$

де B - ширина оброблюваної поверхні, $B = 72$ мм (визначена в п.3.10).

Таким чином $D = 100$ мм.

Кількість зубців приймаємо $z = 10$, виходячи із необхідності використання даної фрези як для чорнової, так і чистової обробки.

Марка твердого сплаву – Т15К6, оскільки обробляється конструкційна сталь і даний матеріал є рекомендований для цього типу механічного обробленням.

Режими різання для даної фрези попередньо були визначені в п.3.10.

Відповідно до рекомендацій [22] приймаємо головний кут в плані $\varphi = 60^\circ$, а допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 5^\circ$.

Визначимо кількість граней пластинки:

$$n = \frac{360}{\varphi + \varphi_1} = \frac{360}{60 + 5} = 5. \quad (3.60)$$

Для торцевої фрези загального призначення $n = 4..6$.

Для прийнятої кількості граней кут при вершині пластини:

$$\varepsilon = 180 \cdot (n - 2) / n = \frac{180 \cdot (5 - 2)}{5} = 108^\circ. \quad (3.61)$$

Таким чином, кінцеве значення кута в плані:

$$\varphi = 180^\circ - \varepsilon - \varphi_1 = 180 - 108 - 5 = 67^\circ. \quad (3.62)$$

Форма та розміри твердосплавних пластинок визначаються за ГОСТ 19065-80.

Позначаються твердосплавні пластинки згідно ГОСТ 19042-80.

Вибираємо пластинку п'ятигранної форми класу допуску U з отвором та стружколомаючими канавками для торцевих фрез, з довжиною ріжучої кромки $l = 11,5$ мм; товщиною пластинки $s = 4,76$ мм; радіусом при вершині $r = 1$ мм.

Позначення пластини 10114-110408 ГОСТ 19065-80. Літерне позначення – PNUM. Серійний номер – 0391.

Приймаємо задній кут $\alpha = 15^\circ$, і $\gamma = 5^\circ$, згідно рекомендацій [24].

Клас допуску пластини встановлюємо – U (або 1).

Розраховуємо також головний інструментальний кут φ_i і допоміжний $\varphi_{i,1}$:

$$\sin \varphi_i = \frac{\sin \varphi \cdot \cos \lambda}{\cos \omega}, \quad (3.90)$$

$$\sin \varphi_i = \frac{\sin 67^\circ \cdot \cos 12^\circ}{0,95} = 0,948.$$

$$\varphi_{i,1} = 180^\circ - \varphi_i - \varepsilon = 180 - 67 - 108 = 5^\circ. \quad (3.91)$$

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Теоретичні й експериментальні дослідження в галузі розділових операцій листових заготівок

Холодне листове штампування є одним із поширених видів обробки металів тиском. Найбільший ефект від застосування холодного листового штампування може бути забезпечений при комплексному вирішенні технічних питань на всіх стадіях підготовки виробництва. Зокрема, в даний час велика увага приділяється проблемі стійкості роздільних штампів холодного листового штампування, від якого багато в чому залежить якість продукції, зниження матеріало-та енерговитрат та підвищення продуктивності [1,2].

Проведено комплексний аналіз штампувального виробництва на підприємстві ТОВ «ЗАВОД „АТОНМАШ“» (м. Красилів). Об'єктом дослідження були розділові операції листового штампування. При дослідженні автоматичної лінії розкрою металу координатно-пробивними пресами з ЧПУ (марки FINN-POWER) було виявлена низка недоліків, а саме:

- 1) недосконалість форми та конструкції пуансонів;
- 2) недовговічність пуансонів;
- 3) значна ціна інструменту (пуансонів). На ринку монопольне становище займає фірма МАТЕ(США) вартість пуансонів якої сягає десятків тисяч гривень. В Україні відсутні виробники даного інструменту (пуансонів).

Це зумовило необхідність проведення пошукових робіт з метою розробки відповідних технічних рішень щодо їх усунення [23-27].

Процеси листового штампування набули широкого застосування в багатьох галузях промисловості, завдяки високій продуктивності й економічній ефективності. Однією з перспективних задач удосконалювання розділових процесів механічної обробки, у тому числі пробивання-вирубки - є розробка й дослідження нових ефективних схем чистової вирубки й пробивання, що забезпечують зниження втрат металу й витрат на обладнання, інструмент і технологічне оснащення.

У зарубіжній літературі велика увага приділяється операціям чистової вирубки (пробивання) і штампування. Відомо, що при вирубці й пробиванні деталей з

листового матеріалу завдяки наявності зазору між матрицею й пуансонам утворюється нерівна поверхня зрізу, що неприпустимо при виготовленні точних деталей. Найбільш економічним способом, що забезпечує одержання чистої й гладкої поверхні зрізу по всій висоті деталі (отвору), є зачищення шляхом зняття припуску, чистова вирубка й пробивання.

Зачищення деталей на штампах з гострими ріжучими кромками докладно викладені у вітчизняній літературі; становлять інтерес дані, отримані за рубежом по зачищенню із притупленими (заваленими) кромками, а також по чистовій вирубці й пробиванню. В графічній частині дипломної роботи (ДРМ.ФІТА.22.04.01.00) представлені прогресивні схеми чистового пробивання й вирубки листових заготовок.

У деяких країнах (Франція, Бельгія, Швейцарія) зачищення дрібних деталей роблять на спеціальних пресах з віброповзуном. На повзуні преса зазначеного типу убудований другий двигун, що забезпечує коливальний рух пуансона, закріпленого на цьому повзуні. Деталь, що лежить на зачистній матриці, піддається 700-1000 коротким ударами у хвилину при подачі 0,05мм за один хід преса.

Однією з перспективних задач удосконалювання розділових процесів, у тому числі пробивання-вирубки - є розробка й дослідження нових ефективних схем чистової вирубки й пробивання, що забезпечують зниження втрат металу й витрат на обладнання, інструмент і технологічне оснащення.

4.2 Аналіз процесу різання листового металу в штампах

Комплексне вдосконалювання процесів й устаткування для розділових операцій листового й об'ємного штампування нерозривно пов'язане з розвитком загальної теорії розділових процесів [23] і встановленням способів й умов активного керування пластичною формозміною заготовки, що розрізається, і формоутворенням поверхні розділу на етапах руйнування й пластичному етапі. Саме на основі теоретичних досліджень повинні вирішуватися прикладні завдання подальшого розвитку й удосконалювання розділових процесів й операцій.

Визначення енергії деформації й руйнування листових заготовок важливо з погляду вибору ресурсозберігаючих технологій і менш енергоємного обладнання для розділових операцій листового штампування. Механізми деформації при розділенні

листового металу в штампах глибоко і детально описаний в роботі В.І.Залесського. Якісна картина деформації листа при розділенні включає деформації: викривлення (вигин), стискування, утягування, продавливання, руйнування. Кількісна відмінність процесів полягає в співвідношенні видів деформації.

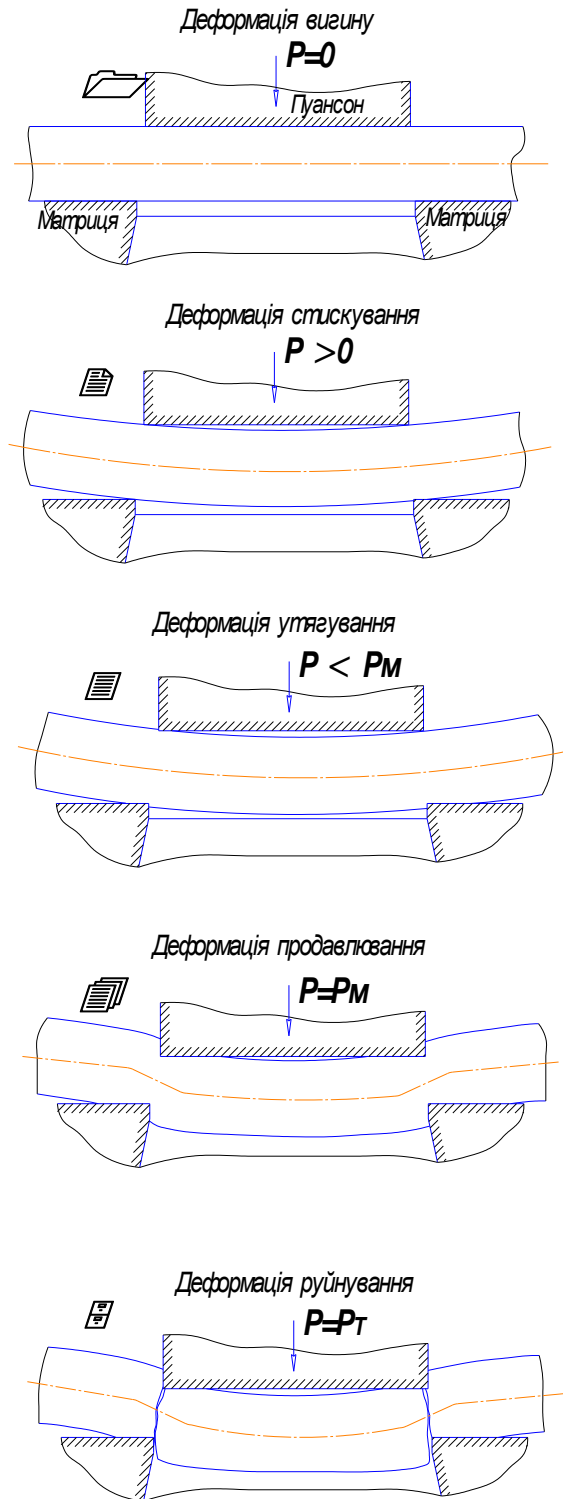


Рисунок 4.1 – Етапи деформації заготовки

На початковій стадії розділення заготовка при натисканні на неї пуансоном частково згинається під ним і частково за його межами. Вигин відбувається внаслідок виникнення згинаючого моменту, від дії зусилля пуансона і сили реакції з боку матриці (I етап). Додаткове викривлення заготовки (II етап) в тому ж напрямі також відбувається, починаючи з моменту появи деформацій стискування і утягування.

III етап – деформація утягування. Ця деформація пов'язана з місцевою деформацією листової заготовки, тобто, з локальною втратою стійкості.

IV етап – деформація продавлювання. На етапі продавлювання утворюється чиста блискуча поверхня відділення, яка називається блискучим поясочком. Тобто, відбувається руйнування (порушення суцільності матеріалу) і до роботи деформації слід додати роботу руйнування на площі блискучого поясочка.

V етап - деформація руйнування. Процес вирубування (пробивання) завершується деформацією руйнування. Поверхня руйнування утворюється в результаті зустрічних випереджаючих тріщин, спрямованих на ріжучі кромки пуансона в товщу металу, що розрізається.

4.3 Активне керування пружною-пластичною формозміною заготовки

Робота, що витрачається на процес механічного розділення металу, включає: роботу, що витрачається на пластичну деформацію шару, що зрізається; роботу, на пружну деформацію; на тертя і диспергування – утворення нових поверхонь. Основна робота при розділенні металів витрачається на роботу пластичної деформації [24-27].

Одним з ефективних шляхів інтенсифікації процесів металооброблення є використання вібрацій. Переривчастий характер деформування при вібрації інструмента або оброблюваної заготовки приводить до зменшення сил контактної тертя, зниженню опору деформації, ефективного значення деформуючої сили й роботи деформації. Це створює передумови для вдосконалювання, підвищення економічності й розширення технологічних можливостей процесів обробки тиском і різання.

Зниження роботи пластичної деформації при розділових операціях може бути досягнуте при використанні вібропластичного ефекту і регулювання процесу

відділення матеріалу. Встановлено, що при використанні резонансних явищ в процесах формозмінення або розділення листових заготовок відбувається значне скорочення деформуючих зусиль, і як наслідок – зниження роботи пластичної деформації.

Запропонована корисна модель, яка належить до обробки металів тиском [28]. Відомі пуансони круглі з пояском, посилені з керном [див. ДОСТ 16624-71] недоліком цього пуансона є низька стійкість і значні зусилля пробивання.

В основу нової моделі пуансона поставлене завдання зниження зусиль пробивання й підвищення стійкості пуансона, шляхом виконання в поверхневому шарі керна послідовно розташованих канавок; ширина такої канавки рівняється ширині виступу й становить:

$$b = \frac{V}{f}, \quad (4.1)$$

де V - швидкість руху пуансона;

f - власна частота коливань заготівлі.

$$f = k \frac{h}{d^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (4.2)$$

де h - товщина;

d - діаметр;

E, ρ - модуль пружності й щільність.

Пробивний пуансон складається з державки 1, стрижня 2, керна 3 з канавками 4 і ріжучими кромками 5 (рис.4.2).

Робота пробивного пуансона здійснюється в такий спосіб: kern 3, проникаючи в заготівку 6, пробиває в ній отвір і вигинає заготівку на ділянці пластичних деформацій у міру влучення матеріалу заготівки 6 у канавку 4 керни 3, остання пружинить і повертається у вихідне положення. У заготівки 6 виникають автоколивання.

При проникненні ріжучих кромки 5 у заготівку 6, у ріжучих кромках 5 зароджуються тріщини, які розвиваються в товщину заготівки. Автоколивання заготівки інтенсифікують процес руйнування при вирубці - пробиванні. Зусилля пробивання - вирубки знижується в 1,5-2 рази.

Суть корисної моделі пояснює кресленнями (рис. 4 і рис.4). Пробивний пуансон складається з державки 1, стрижня 2, керна 3 з канавками 4 та різальними кромками 5. Робота пуансону, що пробиває, здійснюється таким чином. Пробивний пуансон спочатку проникає в заготовку 6 керном 3. Керн 3, проникаючи в заготовку 6, пробиває у ній отвір і вигинає заготовку на ділянці пластичних деформацій у міру потрапляння матеріалу заготовки 6 в канавку 4 керна 3, остання пружинить і повертається у вихідні положення. У заготовці 6 виникають автоколювання. При проникненні різальних кромок 5 у заготовку 6 у різальних кромках 5 зароджується тріщини, що розвиваються в товщину заготовки. Автоколювання заготовки інтенсифікують процес руйнування при вирубуванні. Зусилля вирубування знижується в 1,5-2 рази.

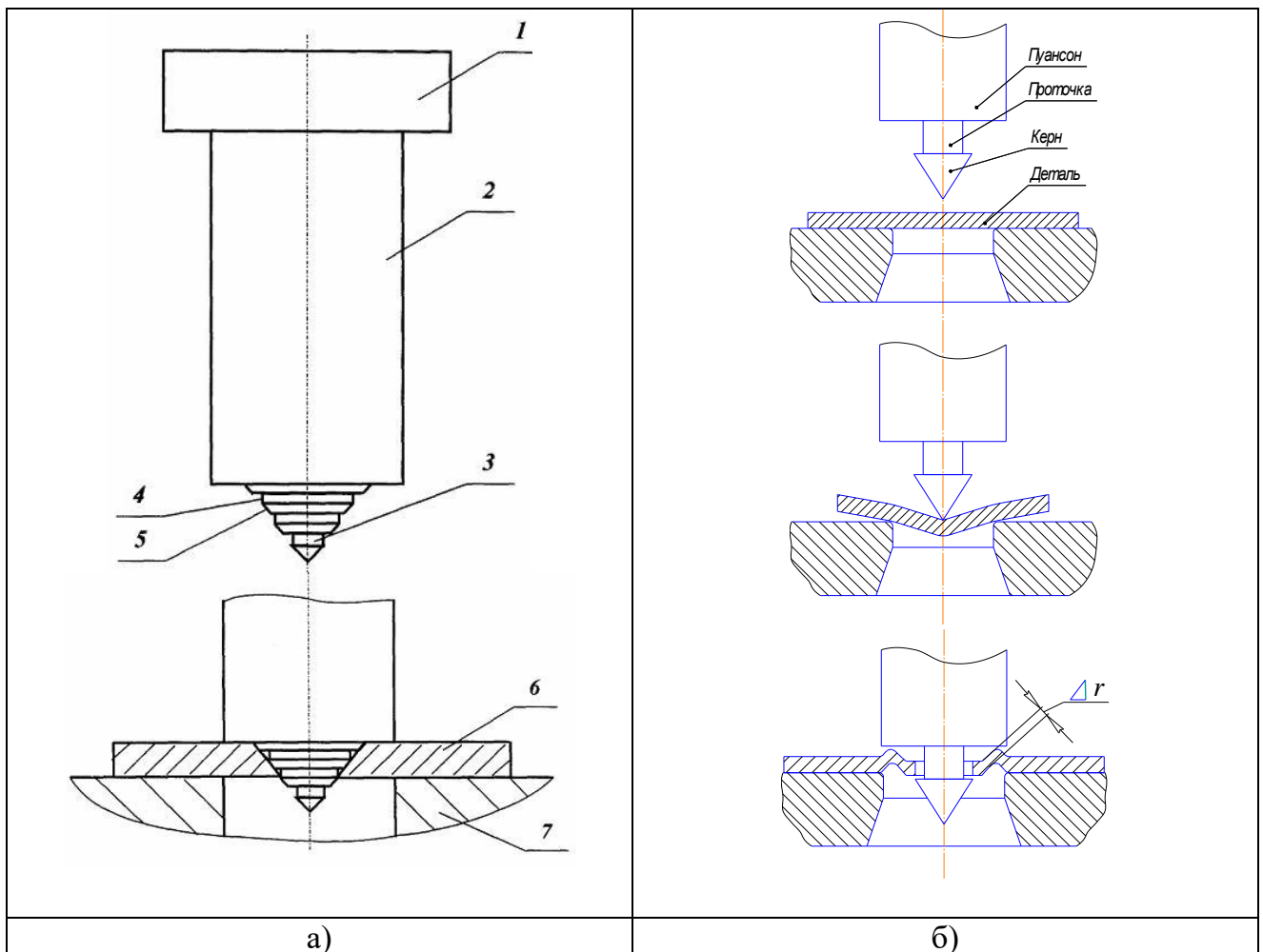


Рис.4.2 - Схема пробивання пуансоном з керном:

а) пуансон с керном; б) пуансон с керном у вигляді парасольки

При проектуванні розділювальних штампів основною задачею залишається зменшення терміну проектування, а також підвищення стійкості компонентів штампа (матриці, пуансона). Стійкість штампів можна значно підвищити технологічними методами. Стійкість пуансонів та матриць до 1,5-2 разів можна підвищити комплексними методами, які включають технологічні методи поверхневого зміцнення матеріалу.

Використання технології поверхневого зміцнення в плазмі газового антикрихкіст-ного середовища дозволяє вирішити питання підвищення зносостійкості пуансонів. Ця технологія азотування розроблена у Хмельницькому національному університеті і призначена для зміцнення деталей машин, інструменту і оснастки, що працює в різних умовах експлуатації. Вона відрізняється високою економічністю і ефективністю, забезпечує якісне утворення на робочих поверхнях дифузійних шарів, які мають високу твердість та зносостійкість. Промислові випробування зміцнених за запропонованою технологією пуансонів показали збільшення їх зносостійкості в 2.5 рази.

4.4 Висновки по розділу

1. У результаті аналізу науково-технічної інформації встановлено, що на сьогодні розроблені основи загальної теорії розділових процесів і на базі використання аналітичних і чисельних методів й узагальнення результатів експериментальних досліджень; отримані обґрунтовані дані про напружено-деформований стан і силові параметри розділових процесів, запропоновані класифікації способів і схем різання.

2. В результаті оцінки енергетичних витрат і аналізу існуючих методів інтенсифікації процесу розділення металу встановлено, що найбільше зниження деформуючих зусиль досягається в умовах вібронавантаження на власних частотах заготовки і вібропластичного ефекту.

3. Створення виброколивань при розділенні матеріалу заготовки забезпечує підвищення пластичності матеріалу в зоні відсутності руйнувань (пружно-пластичний етап) і збільшенню крихкості матеріалу в зоні розділення на етапі руйнування, шляхом накладення додаткових коливань і динамічних деформацій при вібродії.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів листоштампувальних дільниць та цехів

На дільницях та в цехах холодного листового штампування можуть виникати такі небезпечні та шкідливі фактори для здоров'я людей [29-31]:

- 1) виробничий шум та вібрація;
- 2) небезпека ураження електричним струмом;
- 3) забруднення технічними рідинами;
- 4) небезпека виникнення пожежі;
- 5) недостатня освітленість;
- 6) можливість травматизму;
- 7) несприятливий клімат.

Пресові цехи відносяться до типу виробництва, де рівні шуму досить високі. У листоштампувальному виробництві основними джерелами шуму пресів і механізмів є зубчасті передачі, підшипники, металорізальні предмети, що співударяються тощо. Також шумові ефекти дільниці створює сам процес різання металу, тобто. вклинювання різальних кромek штампу в метал.

Шум шкідливо впливає на весь організм і в першу чергу на центральну нервову систему, серцево-судинну систему та органи слуху людини. Тривалий його вплив може призвести до погіршення слуху, а в окремих випадках і до глухоти.

Шум на виробництві несприятливо впливає на працівників: послаблює увагу людини, збільшує витрати енергії при однаковому навантаженні, уповільнює швидкість психічних реакцій, знижує продуктивність праці. Захист робітників від шуму може здійснюватися як колективними засобами та методами, так і індивідуальними засобами. Боротьба з шумом у виробничому приміщенні спрямовано на його зниження до нормативного рівня. Зниження шуму в приміщенні на робочому місці ведеться за трьома напрямками; зменшення шуму у джерелі; використання засобів звукоізоляції; використання засобів індивідуального захисту.

У першу чергу треба використовувати колективні засоби, що знижують шум на шляху його поширення від джерела до об'єкта, що захищається. Найбільш

ефективними є заходи, що ведуть до зниження шуму в джерелі його виникнення. Для цього робочий простір преса закривається спеціальним кожухом. Підлога цеху холодного листового штампування має звукопоглинаюче покриття, що зменшує його звукопровідність. На клапанах пневмосистеми встановлюються глушники. Повітроводи вентиляційних систем звукоізолюються. Для зниження вібрації, що виникає під час роботи, прес встановлюється на фундамент з вібродемпфуючими прокладками. У приводах допоміжних пристроїв також передбачені елементи віброгасіння. Параметри шуму та вібрації на робочих місцях регламентуються відповідними нормативами.

Необхідна освітленість робочих місць забезпечується природним та штучним освітленням. Періодично перевіряється співробітниками заводської лабораторії. Проводиться планове очищення та заміна світильників та скла.

Мікроклімат у листоштампувальному цеху (дільниці), а саме допустиму температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря та його чистоту забезпечує система опалення та система вентиляції. Допустимі параметри повітряного середовища в цеху (дільниці) представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Оптимальні норми мікроклімату

Період року	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху (повітря не більше),с
Холодний та перехідний	18-20	60-40	0,2
Теплий	21-23	60-40	0,3

Забруднення технічними рідинами (мастило і т.д.) у запропонованому технологічному процесі холодного листового штампування зведено до мінімуму. У запропонованому для застосування сучасному пресі, система мастила організована так, що масло не потрапляє в навколишнє середовище. Відпрацьоване мастило легко замінюється на нове, без будь-яких викидів. Змащування заготовок перед штампуванням здійснюється в робочій зоні преса автоматично та мінімально необхідною мірою. Готові деталі укладаються у спеціальну тару, не допускаючи

таким чином забруднення мастилом робочого місця та дільниці.

Враховуючи надзвичайно великі зусилля в зоні штампування і високі швидкості переміщення рухомих частин штампувального устаткування, ставляться високі вимоги до техніки безпеки при роботі на штампувальному обладнанні. Серед них дворуке ввімкнення робочого руху штампа, захисні щити і екрани навколо робочої зони, спеціальні затискачі і пінцети для введення і виведення поштучних заготовок у зону обробки, шумоізолюючі навушники для обслуговуючого персоналу та ін. Однак найбільший ефект у плані безпечних умов праці дає автоматизація штампувального процесу. Як правило, це здійснюють шляхом автоматичної подачі заготовки у вигляді стрічки з рулона або поштучне встановлення заготовок програмованим маніпулятором. У такому разі прес працює повністю в автоматичному режимі й обслуговується одним налагоджувальником на 10...15 одиниць обладнання (штампувальна дільниця).

На дільниці холодного листового штампування встановлено кілька споживачів електроенергії. Електроустаткування цих споживачів, з метою недопущення ураження людини електричним струмом, має відповідати «Правилам установки електроустановок», чинним стандартам а його експлуатація «Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів». Крім цього, необхідно виконувати вказівки щодо експлуатації відповідних установок, що є в інструкціях заводів-виробників. Підключення та від'єднання від електричної мережі, а також спостереження за станом електроустановок у процесі їх експлуатації повинно проводитись електротехнічним персоналом цеху. Увімкнення обладнання в мережу повинно проводитись лише при заземленні корпусу. Ізоляція всіх дротів має бути захищена від механічних пошкоджень. Для швидкої зупинки всіх механізмів на пульті управління необхідно передбачити відповідні кнопки управління в легко доступному місці.

5.2 Захист від ураження електричним струмом

Широке використання електроенергії у всіх галузях народного господарства зумовлює розширення кола осіб, котрі експлуатують електрообладнання. Тому проблема електробезпеки при експлуатації електрообладнання набуває особливого

значення [29, 31] .

Обладнання, що використовується у виробництві штампів, також має елементи, що використовують електричний струм, зокрема двигуни головного руху і подачі, та інші електричні системи. Тому необхідно розробити заходи для забезпечення захисту оператора верстата від ураження електричним струмом.

Захистом від напруги, яка виникає на металічних корпусах електроустановок внаслідок пошкодження ізоляції, служить захисне заземлення, занулення, і захисне відключення.

Захисне заземлення являє собою спеціально електричне з'єднання з землею, або її еквівалентом металевих неструмонесучих частин, але які можуть бути під напругою. Заземлення використовується в мережах напругою до 1000 В і більше. Захисне заземлення зменшує напругу на корпусі відносно землі до безпечного значення, відповідно, зменшується і струм, який проходить через тіло людини. Заземлюючий пристрій складається з вироблених заземлювачів: металічних труб і контурної шини, які розміщені обов'язково в землі, за допомогою яких здійснюється надійне з'єднання з землею і утворюється малий опір проходження струму. Корпуса електроустановок приєднуються паралельно до магістральної шини, яка об'єднується з контурною шиною.

В якості заземлення можна використовувати металічні конструкції будинків, водопровідні труби, свинцеві кабелі і т.д., які контактують із землею. Не дозволяється використовувати трубопроводи для горючих речовин, вибухонебезпечних газів і трубопроводи, покриті ізоляцією. Опір заземлюючого пристрою є основним показником, для якості захисного пристрою.

В електроустановках напругою до 1000 В, опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом, а при потужності блока живлення (генераторів, трансформаторів) не більше $100 \text{ кВ} \cdot \text{А} - 10 \text{ Ом}$.

Контроль захисного заземлення здійснюється як перед вводом в експлуатацію, так і періодично щороку (при найбільших підсиханнях і промерзаннях землі). Вимірювання опору проводиться приладами, які вимірюють опір заземлення МС-416; МС-1103 та іншими.

Занулення – спеціальне з'єднання корпусів електроустановок з нульовим проводом від заземленого наглухо нейтрально блока живлення. Занулення

встановлюється в мережах з заземленою нейтралю напругою до 1000 В, оскільки захисне заземлення не забезпечує достатньо надійний і повноцінний захист.

Принцип дії занулення полягає в тому, що перетворюється замикання на корпус в однофазне коротке замикання, при якому спрацьовує захист (запобіжники, автомати) і електроустановка відключається. Заземлення нейтралі блоків живлення і повторні заземлення нульового проводу, який встановлюється на стовпах через 200 м, нормуються по значенню опору в залежності від значення напруги блока (табл.5.2).

Таблиця 5.2 - Допустимі значення опору при зануленні (Ом)

Лінійне напруження струму, В		Нейтралі генератора (трансформатора) або однофазного струму, R		Повторного заземлення, Rп	
трьохфазного	однофазного	Вид заземлення		загального	заземлення кожного
		інші	штучне		
660	380	2	15	5	15
380	220	4	30	10	30
220	127	8	60	20	60

Повторне заземлення нульового проводу в період замикання фази на корпус знижує напругу на корпусі відносно землі, і у випадку обриву нульового проводу. При обриві нульового проводу і замикання на корпус призводить до того, що напруга на обірваній частині нульового проводу і всіх підключених до нього корпусів, і корпусів робочих установок, будуть під фазовою напругою. Але повторне заземлення не може повністю ліквідувати безпеку ураження електричним струмом. У зв'язку з цим потрібна прокладка нульового проводу, щоб запобігти можливість його обриву.

Захисне відключення - це автоматичне відключення всіх фаз мережі, що забезпечує безпеку для людини співвідношення струму і часу його проходження при замиканнях на корпус, або зниження рівня ізоляції нижче відповідного значення. В залежності від принципу дії приладу захисного відключення, воно може захищати від ураження при однофазному доторканні, або тільки при доторканні до заземлених частин, які опинилися під напругою.

В залежності від того, що являється вхідним сигналом, на змінення якого

електрифікованого інструмента, переносних світильників і місцевого освітлення на верстатах, в цілях зменшення небезпеки ураження електричним струмом. Електричне розділення мережі призводить до зниження небезпеки ураження електричним струмом за рахунок зменшення ємнісної і активної провідності між споживачем і роздільником. В якості роздільника в основному застосовують трансформатори.

5.3 Розрахунок системи захисного заземлення цеху

Заземлювальний пристрій, призначений для захисного заземлення обладнання, що живиться від електричної мережі напругою 380 В, виконується у вигляді вертикальних електродів довжиною $l = 2,75$ м, заглиблених у землю і з'єднаних між собою сталеву штабою шириною $B = 0,05$ м (рисунок 5.2).

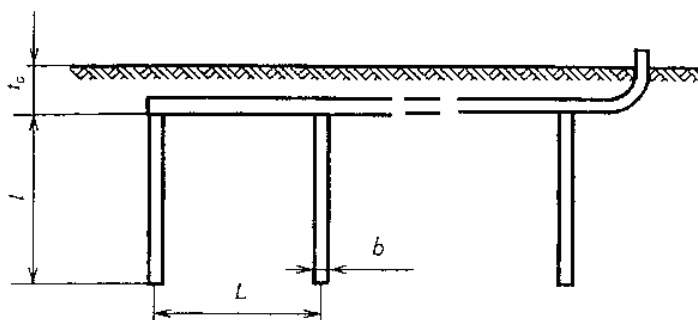


Рис.5.2 - Схема заземлювального пристрою

Для вертикальних електродів використані сталеві труби діаметром $d = 0,04$ м. Ґрунт – супісок (питомий опір $\rho = 300$ Ом·м), відстань від поверхні землі до верхнього краю вертикального електрода $t_0 = 0,6$ м, відношення відстані між вертикальними електродами до їх довжини $K = 2$. Прийнято розміщення вертикальних електродів в ряд.

Для розв'язання даної задачі необхідно встановити допустиме значення опору заземлювального пристрою $R_{\text{дон}} = 4$ Ом (для установок напругою до 1000 В) [29].

Опір розтікання струму одиночного вертикального електрода:

$$R_e = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + l}{4t - l} \right), \quad (5.1)$$

де $l = 2,75$ м – довжина вертикального електрода;

$\rho = 300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ - питомий опір ґрунту [25];

$d = 0,04 \text{ м}$ – діаметр труби;

$$t = \frac{l}{2} + t_0, \quad (5.2)$$

де t - відстань від поверхні до середини вертикального електроду,

$t_0 = 0,6 \text{ м}$ - відстань від поверхні землі до верхнього краю вертикального електроду

$$t = \frac{2,75}{2} + 0,6 = 1,975 \text{ м.}$$

$$R_e = 0,366 \cdot \frac{300}{2,75} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2,75}{0,04} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,975 + 2,75}{4 \cdot 1,975 - 2,75} \right) = 91,68 \text{ Ом.}$$

Попередньо приймаємо кількість електродів $n = 23$.

Довжина з'єднувальної штаби:

$$L_n = 1,05 \cdot K \cdot l \cdot n = 1,05 \cdot 2 \cdot 2,75 \cdot 23 = 132,8 \text{ м.} \quad (5.3)$$

Опір розтікання струму з'єднувальної штаби:

$$R_{uu} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{L_n} \lg \frac{2 \cdot L_n^2}{t_0 \cdot B}, \quad (5.4)$$

де L_n м – довжина з'єднувальної штаби;

$B = 0,05 \text{ м}$ – ширина штаби;

$t_0 = 0,6 \text{ м}$ - відстань від поверхні землі до верхнього краю вертикального електроду

$$R_{uu} = \frac{0,366 \cdot 300}{132,8} \cdot \lg \frac{2 \cdot 132,8^2}{0,6 \cdot 0,05} = 5,02 \text{ Ом.}$$

Опір розтікання струму всього заземлювального пристрою:

$$R = \frac{R_e \cdot R_{uu}}{R_e \cdot \eta_{uu} + R_{uu} \cdot n \cdot \eta_e}, \quad (5.5)$$

де $\eta_e = 0,81$ – коефіцієнт використання вертикальних електродів,

$\eta_{uu} = 0,82$ – коефіцієнт використання з'єднувальної штаби.

$$R = \frac{91,68 \cdot 5,02}{91,68 \cdot 0,82 + 5,02 \cdot 23 \cdot 0,81} = 2,73 \text{ Ом;}$$

$$R = 2,73 \text{ Ом} < R_{don} = 4 \text{ Ом} - \text{ умова виконується.} \quad (5.6)$$

Отже, кількість вертикальних електродів заземлювального пристрою остаточно приймаємо $n = 23$, що забезпечують необхідну електробезпеку на ділянці.

5.4 Забезпечення пожежної безпеки дільниці

Більше 63% пожеж у промисловості обумовлено помилками людей або їх некомпетентністю. Пожежа – неконтрольоване горіння, що розповсюджується з часом у просторі. Для виникнення горіння необхідні три складові [29, 30]:

- 1) горюча речовина;
- 2) окисник;
- 3) джерело запалювання.

За швидкістю поширення процес горіння ділиться на наступні групи:

- 1) дефлаграційне – горіння з швидкістю кілька м/с;
- 2) вибухове – швидке хімічне перетворення, що супроводжується виділенням енергії і утворення стиснених газів. Швидкість кількисот м/с;
- 3) детонаційне – горіння, що поширюється з надзвуковою швидкістю (тис. м/с).

Виникнення детонації пояснюється стисненням, нагріванням та переміщенням незгорілої суміші перед фронтом полум'я. Це призводить до прискорення поширення полум'я, виникнення ударної хвилі, завдяки якій здійснюється передача теплоти суміші.

За походженням розрізняють форми горіння:

- 1) спалах – швидке загорання горючої суміші без утворення стиснених газів, яке не переходить у горіння;
- 2) займання – горіння, яке виникає під впливом джерела загорання.
- 3) спалахування – займання, що супроводжується появою полум'я.
- 4) самозаймання – горіння, яке починається без впливу окремого джерела запалювання.
- 5) тління – горіння без випромінювання світла.
- 6) самоспалахування – самозаймання, що супроводжується утворенням полум'я.

Залежно від агрегатного стану і особливості горіння різних горючих речовин всі пожежі поділяються на п'ять класів:

- А – горіння твердих матеріалів;
- В – горіння рідин;
- С – горіння газів;
- Д – горіння металів;

Е – горіння електроустановок під напругою.

Основою для встановлення нормативних вимог щодо конструктивних та планувальних рішень на промислових об'єктах, а також інших питань забезпечення їхньої вибухопожежобезпеки є визначення категорії приміщень та будівель виробничого, складського та невиробничого призначення за вибухопожежною та пожежною небезпекою (НАПБ Б.07.005-86).

Категорія пожежної небезпеки приміщення (будівлі, споруди) – це класифікаційна характеристика пожежної небезпеки об'єкта, що визначається кількістю і пожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, які знаходяться (обертаються) в них з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених в них виробництв.

Приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяють на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д). Якісним критерієм вибухопожежної небезпеки приміщень (будівель) є наявність в них речовин з певними показниками вибухопожежної небезпеки. Якісним критерієм визначання категорії є надлишковий тиск (Р), який може розвинутися при вибуховому загорянні максимально можливого скупчення (завантаження) вибухонебезпечних речовин у приміщенні.

Категорія А (вибухопожежонебезпечна). Приміщення, в яких застосовуються горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при спалахуванні котрих розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа. Речовини та матеріали, здатні вибухати та горіти при взаємодії з водою, киснем повітрям або одне з одним в такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5кПа.

Категорія Б (вибухопожежонебезпечна). Приміщення, в яких застосовуються вибухонебезпечний пил і волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C та горючі рідини за температурних умов і в такій кількості, що можуть утворюватися вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, при спалахуванні котрих розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5кПа.

Категорія В (пожежонебезпечна). Приміщення, в яких знаходяться горючі рідини, тверді горючі та важкогорючі речовини, горючий пил та волокна, матеріали

здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або одне з одним лише горіти за умов, що приміщення, в яких вони знаходяться або використовуються, не відносяться до категорій А та Б.

Категорія Г. Приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, або процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум'я. Приміщення, в яких горючі газы, горючі рідини, тверді речовини спалюються або утилізуються як паливо.

Категорія Д. Приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в холодному стані.

Пожежна безпека передбачає такий стан об'єкта, при якому виключалося б виникнення пожежі, а у разі її виникнення запобігався б вплив на людей небезпечних факторів пожежі, та забезпечувався захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека забезпечується системами запобігання пожежі та пожежному захисту, що включають комплекс організаційних заходів та технічних засобів.

Дільниця холодного листового штампування має відповідати вимогам чинних стандартів, санітарних правил та протипожежних інструкцій, а також СН та П.

За категорією виробництва дільницю (цех) холодного листового штампування можна віднести до категорії "В".

Попередження утворення горючого середовища може забезпечуватись наступними основними заходами або їх комбінаціями:

- 1) максимально можливе використання негорючих та важкогорючих матеріалів замість горючих, в тому числі заміна легкозаймистих та горючих рідин як миючих засобів на пожежобезпечні;
- 2) максимально можливе за умови технології та будівництва обмеження маси та об'єму горючих речовин, матеріалів та найбільш безпечні способи їх розміщення;
- 3) ізоляція горючого середовища (використання ізольованих відсіків, камер, кабін, тощо);
- 4) підтримання безпечної концентрації середовища відповідно до норм і правил безпеки;
- 5) достатня концентрація флегматизатора в повітрі захищеного об'єму (його складової частини);

- 6) підтримання відповідних значень температур та тиску середовища, за яких поширення полум'я виключається;
- 7) максимальна механізація та автоматизація технологічних процесів, пов'язаних з обертанням та використанням горючих речовин;
- 8) установка та розміщення пожежонебезпечного устаткування в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;
- 9) застосування пристроїв захисту устаткування з горючими речовинами від пошкоджень та аварій, встановлення пристроїв, що відключають, відсікають, тощо;
- 10) видалення пожежонебезпечних відходів виробництва.

Найбільш радикальним заходом попередження утворення горючого середовища є заміна горючих речовин і матеріалів, що використовуються, на негорючі та важкогорючі.

До основних груп джерел запалювання відносять: відкритий вогонь, розжарені продукти горіння та нагріті ними поверхні, тепловий прояв хімічної реакції, електричної, механічної енергії тощо.

Попередження утворення в горючому середовищі джерел запалювання може забезпечуватись наступними засобами або їх комбінаціями:

- 1) використанням машин, механізмів, устаткування, пристроїв, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- 2) використанням технологічних процесів і устаткування, що задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки;
- 3) використанням інструменту, робочого одягу і взуття, які не викликають іскроутворення при виконанні робіт;
- 4) виконанням вимог чинних стандартів, норм та правил пожежної безпеки;
- 5) використанням електроустаткування, що відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним та вибухонебезпечним зонам, групам та категоріям вибухонебезпечних сумішей, тощо.

Вогнестійкість - здатність будівельних конструктивних елементів будівлі виконувати несучі та огорожувальні функції в умовах пожежі протягом певного часу. Межі вогнестійкості конструкцій об'єкта повинні бути такими, щоб конструкції

зберігали несучі та огорожувальні функції протягом усієї тривалості евакуації людей або перебування їх у місцях колективного захисту.

Ступінь вогнестійкості листоштампувальної дільниці (цеху) - 1. При ступені вогнестійкості будівлі 1, мінімальні межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій, наступні:

- 1) несучі стіни, колони, сходові прольоти – 2,5 години;
- 2) зовнішні стіни у навісних панелей – 0,5 години;
- 3) внутрішні стіни – 0,5 години;
- 4) міжповерхові перекриття – 1 год.

З метою припинення поширення вогню, важливою є швидка ліквідація вогнищ загоряння силами робочих дільниці (цеху). Для цього використовуються підручні протипожежні засоби: вогнегасники, пожежні помпи, пісок та ін. З метою успішного гасіння можливої пожежі, передбачено виконання наступних заходів:

- 1) встановлення пожежної сигналізації та зв'язку;
- 2) протидимний захист;
- 3) пожежне водопостачання;
- 4) встановлення пожежного щита.

Крім загальної системи пожежогасіння, необхідно мати на дільниці первинні засоби пожежогасіння, до яких належать вогнегасники, ящики з піском, ломи, лопати тощо.

Для того, щоб запобігти впливу на людей небезпечних факторів пожежі, необхідно забезпечити їх безпечну евакуацію, можливість швидко покинути будівлю. Необхідний час евакуації людей із приміщень виробничих будівель залежно від категорії виробництва щодо пожежної безпеки та обсягу приміщення.

5.5 Захист від підвищеної запиленості і загазованості повітря

Шкідливі й небезпечні фактори на виробництві виникають при відхиленні від нормованих параметрів мікроклімату, а також при перевищенні припустимих значень запиленості й загазованості повітря. Тривалий вплив запиленості й загазованості, що перевищують припустимі значення, може привести до професійних захворювань, а значне перевищення припустимих значень приводить і до гострих отруєнь [29, 31].

Вдихання пилу окислів металів може привести до гнійничкових захворювань шкірного покриву. Фарби, клеї, смоли, барвники синтетичного походження при тривалому впливі приводять до нервових розладів. Ряд шкідливих речовин осідає в легенях, що викликає професійні захворювання. Шкідливий вплив пилу, пари і газів підсилюється при впливі інших зовнішніх факторів і фізичного навантаження. При високій температурі повітря небезпека отруєння підвищується.

Для шкідливих речовин санітарними нормами встановлені гранично припустимі концентрації (ГПК) у мг/м³.

ГПК шкідливих речовин у повітрі робочої зони - концентрація, яка при щоденній, (крім вихідних днів) роботі в межах 8 годин або іншої тривалості, але не більш 40 годин на тиждень протягом усього робочого стажу, не може викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, що виявляються сучасними методами дослідження, у процесі роботи або у віддалений термін життя сьогодення й наступних поколінь.

При одночасному вмісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованого дії сума відносин фактичної їхньої концентрації в повітрі приміщень до ГПК кожного з них не повинна перевищувати одиниці.

Запиленість повітря можна визначити масовим, рахунковим, електричним, фотоелектричним і радіаційним методами. Масовий метод полягає у зважуванні спеціального фільтра до й після пропущення через нього деякого обсягу запиленого повітря, а потім підрахунку маси пилу (мг/м³).

Концентрацію газів визначають різноманітними стандартними методами, заснованими на хімічних, дифузійних і електричних принципах.

У випадках, коли концентрація шкідливих домішок перевищує припустимі норми, необхідне проведення спеціальних заходів щодо очищення повітря робочої зони. Якщо за рахунок вибору технологічних процесів забезпечити дотримання припустимих норм не вдається, то використовують різні системи вентиляції й кондиціонування повітря.

Вентиляція й кондиціонування повітря на підприємствах створює повітряне середовище, яке відповідає нормам гігієни праці. Розрізняють природню й штучну вентиляцію.

Природня вентиляція забезпечує повітрообмін у приміщеннях у результаті дії

вітрового й теплового напорів, одержуваних через різну щільність повітря зовні й усередині приміщень. Природня вентиляція підрозділяється на організовану й неорганізовану.

Неорганізована вентиляція здійснюється через нещільності конструкцій (вікон, дверей, пори в стінах). Вона викликається різницею температур повітря в приміщенні й зовні, а також переміщенням повітря при вітрі.

Організована природня вентиляція здійснюється аерацією або дефлекторами. При природній вентиляції циркуляція повітря відбувається через вентиляційні канали, розташовані в стінах, ліхтарі й спеціальні повітропроводи. Аерація передбачає безканалний обмін повітря через вікна, кватирки, фрамуги й т.п., дефлекторна вентиляція - через канали й повітропроводи, що мають спеціальні насадки.

Штучна вентиляція (механічна) досягається за рахунок роботи вентиляторів або ежекторів. Вона може бути приточною, витяжною і приточно-витяжною.

При приточній вентиляції подачу повітря здійснює вентиляційний агрегат, а видалення повітря - ліхтарі або дефлектори. Вона застосовується, як правило, у приміщеннях, у яких спостерігається надлишок тепла й мала концентрація шкідливих речовин. Витяжна вентиляція робить відкачку повітря із приміщень за допомогою вентиляційного агрегату. Вона використовується для вентиляції приміщень, що мають у повітрі більшу концентрацію шкідливих речовин, а також вологи й тепла. Приточно-витяжна система вентиляції здійснюється за допомогою окремих вентиляційних систем, які повинні забезпечити однакову кількість повітря, що подається і, що й віддаляється із приміщень. У приміщеннях, де постійно виділяються шкідливі речовини, витяжна вентиляція повинна перевищувати нагнітаючу приблизно на 20%. У цих випадках витяжка проводиться з місць скупчення шкідливих речовин, а подача чистого повітря - на робочі місця.

За призначенням розрізняють загальнообмінну і місцеву вентиляцію. Загальнообмінна вентиляція забезпечує обмін повітря всього приміщення, а місцева вентиляція - окремих робочих місць.

Кондиціонування повітря - це створення й підтримка в закритих приміщеннях постійних або мінливих за певною програмою параметрів повітряного середовища: температури, вологості, чистоти, швидкості руху й тиску повітря. Кондиціонування повітря досягається системою технічних засобів (калорифери, холодильні установки,

фільтри, зволожувачі, терморегулятори та інші установки), службовців для готування, переміщення й розподілу повітря, а також автоматичного регулювання його параметрів. Установки для кондиціювання повітря підрозділяються на місцеві (для окремих приміщень) і центральні (для всіх приміщень будинку).

У випадках, коли засоби вентиляції неефективні або при роботі, де не можна застосувати вентиляційні установки, а концентрація шкідливих речовин перевищує ГПК, використовують засоби індивідуального захисту органів дихання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В загальному розділі пояснювальної записки розглянуто стан питання та постановка задачі дипломного проектування, приведена класифікація способів різання листового матеріалу, розглянуті загальні положення з розробки технологічних процесів листового штампування, приведений аналіз об'єкту виробництва.

В конструкторському розділі розглянуті питання проектування штампу для відборткування бокових стінок газового котла. Проведені необхідні розрахунки, визначені зусилля штампування, підібране обладнання для виконання даної операції.

В технологічному розділі розроблено технологічний процес механічного оброблення деталі «плита». Проведені розрахунки заготовки, режимів різання, припусків та технологічного часу. Розроблено верстатний пристрій для виконання операції фрезерування даної деталі. Запропоновано контрольно-вимірвальний пристрій для визначенні точності відповідальних поверхонь, а також спроектовано спеціальний ріжучий інструмент – торцеву фрезу.

В дослідницькому розділі проведено аналіз сучасних методів застосування розділових операцій. Описані найбільш перспективні із них. В результаті оцінки енергетичних витрат і аналізу існуючих методів інтенсифікації процесу розділення металу встановлено, що найбільше зниження деформуючих зусиль досягається в умовах вібровантаження на власних частотах заготовки і вібропластичного ефекту. Запропоновано технічне рішення для удосконалення конструкції пробивних пуансонів, які використовуються в револьверному пресі з ЧПУ Finn-Power.

В розділі «Охорона праці» розроблені заходи для забезпечення безпечних умов праці, електробезпеки, пожежної безпеки та мікроклімату в листоштампувальних цехах і дільницях. Виконано розрахунок системи захисного заземлення цеху.

В додатках приведено креслення та специфікації і карти технологічного процесу виготовлення деталі «плита».

ЛІТЕРАТУРА

1. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: підручник /Л. І. Боженко. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
2. Боков, В. М. Технологія холодного штампування. Курсове проектування. Листове штампування : навч. посіб. – Кіровоград : Імекс– ЛТД, 2010. – 249 с.
3. Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. Основи творення машин / За редакцією О.В. Горика. – Харків : Вид– во «НТМТ», 2017. – 448 с.
4. Стеблюк В. И. и др. Технология листовой штамповки. Курсовое проектирование. Учебное пособие для студентов вузов – К.: Высшая школа, 1995.
5. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/ Под общ. ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.
6. Скворцов Г. Д. Основы конструирования штампов для холодной листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1972.
7. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3– х томах. – М.: Машиностроение, 1980.
8. Горбацевич А. Ф., Шкред. В. А. «Курсовое проектирование по технологии машиностроения». – М.: Минск, 1983.
9. Григурко І. О. та ін. Технологія машинобудування. Дипломне проектування: Навч. посібник для ВНЗ / Григурко І.О., Брендюля М.Ф., Доценко С.М. – Львів: Новий Світ – 2008.– 767 с.
10. Косилова А. Г. Справочник технолога– машиностроителя. В 2– х томах. – М.: Машиностроение, 1986.
11. Северилов В.С., Полонський Н.Г., Клименко С.А. Теоретичні основи технології механічної обробки. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 272 с.
12. Сторож Б.Д., Мазур М.П., Карпик Р.Т., Каразей В.Д. Технологічні основи машинобудування. Навчальний посібник. Хмельницький, ТУП, 2003.– 153 с.
13. Гордєєв А.І. Технологія машинобудування та металорізальні верстати. Курсове та дипломне проектування /Гордєєв А.І.,Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігель В.Г.– Хмельницький, 2005. –300 с.
14. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, В.Л. Доброскок, В.О. Залого, Ю.К.

Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазура. – Львів: Новий світ– 2000, 2010. – 422 с.

15. Миллер Э. Э. Техническое нормирование труда в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1972.

16. Силантьева Н. А. Техническое нормирование труда в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1990.

17. Махнорылов В. П. Нормирование труда на производственном участке машиностроительного предприятия», –К.: Техника, 1975.

18. Гордеев А.І. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник / А.І. Гордеев, Є.А. Урбанюк, Р.С.Сілін – Хмельницький: ХНУ 2013. – 159 с.

19. Сторож Б.Д. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва / За ред. Р.Т. Карпика, Івано– Франківськ / Б.Д. Сторож, Р.Т. Карпик, А.І. Гордеев. – Хмельницький, 2004. – 253 с.

20. Комп'ютерне проектування технологічного оснащення. Курсове проектування: навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 125 с.

21. Гевко Б.М., Дичковський М.Г., Матвійчук А.В. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої. Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2009. – 220 с.

22. В. А. Аршинов. «Резание металлов и режущий инструмент». – М.: Машиностроение, 1975.

23. Соловцев С.С. Состояние и перспективы развития разделительных процессов обработки металлов давлением // Кузнечно– штамповочное производство, 1981, №8, с. 34– 35.

24. Морозенко В.М., Кузнецов Е.В. Резонансный вибропластический эффект / Металлы. – 2000. №3. – с. 104 – 107.

25. Дидык Р.П., Кузнецов Е.В., Балакин В.Ф. Резонансный вибропластический эффект в обработке металлов давлением. Наукові вісті. Том 5. Пластична деформація металів. Дніпропетровськ: „Системні технології”, 2002р.– с. 365 – 369.

26. Драгобецкий В.В., Марцинюк О.Б. Новые методы снижения работы пластической деформации в операциях пробивки и вырубки. //Вісник КДПУ, Випуск 1(30), Кременчуг, 2005. – с.67– 69.

27. Марцинюк О.Б., Драгобецкий В.В., Маркевич А.Г. Виброобработка деформирующим инструментом при разделительных операциях листовой штамповки // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського, Випуск №1(54) частина 1, Кременчуг, 2009. – с. 31– 34.

28. Патент 29624 UA. Пробивний пуансон з керном / Пирогов Д.Л., Троцько О.В., Марцинюк О.Б., Драгобецкий В.В. Опубліковано: 25.01.2008

29. Охорона праці та безпека життєдіяльності: Лабораторний практикум. Навчальний посібник / В.А. Кирилков, А.А. Нестер, І.І. Ковтун, В.В. Мисліборський. – Хмельницький: ХНУ, 2011. – 137 с.

30. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. Навчальний посібник – Харків, 2004. – 407 с.

31. Основи охорони праці: підручник / М. С. Одарченко, А. М. Одарченко, В. І. Степанов, Я. М. Черненко. – Х.: Стиль– Издат, 2017. – 334 с.