

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»
на тему:

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу
«Кронштейн 15.05»
08-26.МКР.017.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Пойта М.В. _____

Керівник: к.т.н., доц. каф. ТАМ

Сердюк О.В. _____

«___» _____ 20__ р.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. АТМ

«___» _____ 20__ р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л.Г.

«05» жовтня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пойта Максим Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05»

керівник МКР Сердюк Ольга Валентинівна, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року №214.

2. Строк подання студентом МКР: 10 грудня 2020

3. Вихідні дані до МКР: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): _____

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Доц. Сердюк О.В.		
Економічна частина	Проф. Лесько О.Й.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Доц. Віштак І.В.		

7. Дата видачі завдання «05» жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	15.10	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	30.10	
4	Розв'язання поставлених задач	20.11	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	22.11	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	25.11	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	25.11	
8	Попередній захист МКР	27.11	
9	Перевірка роботи на плагіат	20.11	
10	Нормоконтроль МКР	4.12	
11	Рецензування МКР	10.12	
12	Захист МКР		

Студент _____

Пойга М.В.

Керівник МКР _____

Сердюк О.В.

АНОТАЦІЯ

Пойта М.В. Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05». – Вінниця: ВНТУ, кафедра ТАМ, 2020 - 138с. РПЗ, 10 аркушів формату А1.

В даній роботі було виконано модернізацію технологічного процесу механічної обробки з використанням технологічного переходу розкочування отвору, проведено аналіз конструкції і технологічності деталі, вибрано спосіб виготовлення заготовки, спроектовано модернізований маршрут механічної обробки деталі на верстатах з ЧПК з розробкою змісту операцій, здійснено розмірний аналіз технологічного процесу та встановлені технологічні розміри, розміри припусків та заготовки, визначено режими різання з урахуванням оптимізації, спроектована дільниця механічної обробки; розроблена програма для верстата з ЧПУ; розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на дільниці механічної обробки. Розроблена графічна частина.

ABSTRACT

Pivtorak VV Technological preparation for the production of parts "Building 11.2" using CALS-technologies. - Vinnytsia: VNTU, department THERE, 2020 - 120p. RPZ, 10 sheets of A1 format.

In this work the modernization of the technological process of machining was performed and the optimal machining modes for cast iron were calculated, namely: the analysis of construction and manufacturability of the part was carried out, the method of workpiece manufacturing the analysis of technological process and the established technological sizes, the sizes of allowances and preparations, the modes of cutting taking into account optimization are defined, the section of machining is designed; developed a program for a CNC machine; developed measures for labor protection and safety in emergencies at the site of machining. Developed graphic part.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКОЧУВАННЯ ОТВОРІВ	11
1.1 Аналіз сучасного стану застосування методів поверхневого пластичного деформування	11
1.2 Обкочування деталей кульками	19
1.3 Параметри зміцнюючого шару, обкатаного кульками	
1.4 Вплив режимів обкочування кульками на зміцнення сталей	
1.5 Висновки	22
2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	23
2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	26
2.2 Аналіз конструкції і технологічності деталі	
2.3 Вибір способу виготовлення заготовки	
2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва	
2.4 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні	
2.5 Вибір чистових і чорнових технологічних баз	
2.6 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів	
2.7 Розмірний аналіз технологічного процесу	57
2.8 Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні	62
2.9 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів	67
2.10 Визначення технічних норм часу для всіх операцій	70
2.11 Проектування ділянки механічної обробки	72

2.12 Висновки	80
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	81
3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки.....	81
3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення.....	84
3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування.....	86
3.4 Виявлення основних конкурентів.....	88
3.5 Обрання методу ціноутворення.....	90
3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення.....	94
3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення.....	96
3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи.....	98
3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	100
3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.....	102
3.11 Висновки.....	103
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	104
4.1 Аналіз умов праці.....	104
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	108
4.2 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	110
4.4 Дослідження стійкості роботи обладнання дільниці механічної обробки в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій...	112
4.5 Висновки.....	114
ВИСНОВКИ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ	
ДЖЕРЕЛ.....	120
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність. Машинобудування – є важливою галуззю промисловості України. З його розвитком підвищується якість машин, приладів, механізмів, скорочуються строки виготовлення. Це все залежить від досконалості технологій. Ефективність машинобудування розвивається з вдосконаленням сучасних технологій, і спрямоване на підвищення швидкості обробки та скорочення основного та допоміжного часу на обробку.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської кваліфікаційної роботи – удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05» шляхом застосування прогресивних технологічних процесів з використанням високопродуктивного обладнання, сучасного підходу до вибору верстатів, інструментів, оснащення, що забезпечить необхідну якість деталей при скороченні часу обробки, зменшенні необхідної кількості обладнання, працюючих, площ, енерговитрат, собівартості виробу.

Для досягнення поставленої мети повинні бути виконані такі **завдання**:

- провести огляд технології виготовлення деталі типу «Кронштейн»;
- на основі робочого креслення деталі виконати якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- встановити тип виробництва та форму організації роботи;
- вибрати метод та оптимальний спосіб виготовлення заготовки, виконавши відповідне техніко-економічне обґрунтування;
- вибрати методи обробки поверхонь деталі «Кронштейн 15.05»;
- обґрунтувати вибір чистових та чорнових технологічних баз;
- розробити удосконалені варіанти маршруту механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05»;
- вибрати кращий з розроблених маршрутів механічної обробки за мінімумом приведених витрат;
- розрахувати режими різання, обрати оптимальні режими для обробки корпусу, з урахуванням матеріалу деталі;
- виконати нормування операцій технологічного процесу;
- встановити приведену програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та працюючих, що необхідні для забезпечення механічної обробки деталі;

- провести розрахунок економічної доцільності впровадження удосконаленого ТП;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталей типу «Кронштейн».

Предмет дослідження – удосконалений технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05».

Методи дослідження. Метод теорії розмірних ланцюгів, який дозволив виконати розмірно-точносне моделювання технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05»; метод кінцевих елементів, що дозволив дослідити процес обкочування кулькою.

Наукова новизна одержаних результатів. Дістала подальший розвиток методика визначення точності обробки на прикладі розкочування головного отвору в заготовці деталі на багатоцільовому свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05» на базі використання сучасних підходів до побудови технологічних процесів механічної обробки, впровадження прогресивного автоматизованого обладнання, що дозволяє підвищити якість оброблених деталей, зменшити їх собівартість, суттєво скоротити при цьому виробничі площі.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися й обговорювалися на конференції:

- Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2021)». – Режим доступу <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021> (м. Вінниця, ВНТУ, 01-14 травня 2021 р.)

Публікації. Оpubліковано тезу доповіді:

- Вплив технологологічних факторів на шорсткість поверхні після обкочування роликком із гвинтовою робочою поверхнею [Електронний ресурс] / Сердюк О.В, Гаврилук В.В., Пойта М.В. // Тези доповідей XLIX Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту (2020, м. Вінниця <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9923>. –

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКОЧУВАННЯ ОТВОРІВ

1.1 Аналіз сучасного стану застосування методів поверхневого пластичного деформування

Найважливішою проблемою сучасного машинобудівного виробництва є проблема управління якістю деталей машин. Під якістю деталей розуміють сукупність їх властивостей, що обумовлюють придатність деталей відповідати своєму функціональному призначенню в заданому діапазоні зміни умов експлуатації. До числа таких властивостей, званих експлуатаційними, відносять надійність, довговічність, зносостійкість, корозійну стійкість, жорсткість і т.д. Ці властивості у відповідності з призначенням деталей кількісно оцінюють за допомогою відповідних показників: межі витривалості, інтенсивності (або швидкості) зношування, корозійних втрат, податливості та ін.

Багато в чому проблема управління якістю деталей машин може бути вирішена шляхом конструкторсько-технологічного забезпечення їх експлуатаційних показників через так звані функціональні параметри якості поверхневих шарів. Першою передумовою цього є наявність функціонального зв'язку між експлуатаційними показниками і параметрами якості поверхневих шарів деталей, що дозволяє не тільки обґрунтовувати розрахунковим шляхом вимоги до параметрів якості, але і визначати напрямки технологічного впливу на поверхневі шари з метою забезпечення номінальних значень і допустимих відхилень їх фізично обґрунтованих параметрів. Другою передумовою вирішення даної проблеми є наявність функціонального зв'язку між параметрами якості та технологічними чинниками (метод обробки, жорсткість обладнання, конструкція і параметри інструменту, режими обробки і т.д.), що дозволяє обґрунтовано підійти до вибору факторів, під впливом яких формуються задані рівні якості деталей.

В останні роки в технології металообробки широке поширення одержали динамічні методи оздоблювально-зміцнюючої обробки поверхонь пластичним

деформуванням (ППД), серед яких важливе місце займає оздоблювально-зміцнююча обробка деталей обкочуванням кульками.

Розрізняють статичне, ударне, вібраційне та ультразвукове поверхнєве пластичне деформування. В якості робочого середовища використовують рідину (гідравлічне ППД) або стиснене повітря (пневматичне ППД); в якості робочих тіл - ролики, кульки, дріб і т. д. ППД може виконуватися одночасно кількома методами обробки (суміщене ППД) або послідовно також декількома методами (комбіноване ППД).

Обробка деталей машин поверхневим пластичним деформуванням є одним з найбільш простих і ефективних методів зміцнення. Поверхнєве пластичне деформування підвищує втомну міцність, контактну витривалість і зносостійкість деталей і тим самим збільшує довговічність машин і устаткування. В результаті поверхневого деформування змінюються мікроструктура і фізико-механічні властивості верхнього шару металу: підвищується його твердість і міцність, виникають сприятливі стискаючі залишкові напруження. Шорсткість поверхні стає меншою.

Особливо ефективним, є локальне (місцеве) зміцнення ППД ділянок концентраторів напружень, яке значно продуктивнішими і дешевше, ніж повсюдне.

Унікальність обробки кульками поверхонь деталей машин полягає в тому, що створюється реальна можливість отримання поверхневого шару з змінними показниками якості. В результаті стане можливим реальне управління експлуатаційними показниками якості поверхневого шару деталей в залежності від переважаючого експлуатаційного фактора, а також зовнішніх і внутрішніх впливів, що, безумовно, призведе до підвищення їх працездатності і надійності.

Активний розвиток машинобудування свідчить про гостру необхідність розробки в сучасному машинобудуванні принципів і шляхів здійснення різних видів локальної обробки поверхонь деталей машин і, перш за все, обкочування кульками.

1.2 Обробка методом поверхневого пластичного деформування

Пластичне деформування поверхневих шарів здійснюється за допомогою різних методів, які умовно можна розділити на дві групи. До першої слід віднести такі способи, які передбачають створення деформаційного зусилля від інструменту шляхом безперервного контакту з деталлю, до другої - способи, при яких проводиться ударне дію на деталь робочих тіл або інструменту. Незважаючи на відмінність методів ППД їх об'єднує спільність основних процесів і впливів на стан металу і оброблюваної поверхні.

Одним з найбільш важливих результатів ППД є виникнення в поверхневому шарі металу залишкових напружень стиску. Причина їх виникнення полягає в тому, що при пластичній деформації поверхневі шари металу збільшуються в обсязі, однак цьому перешкоджають нижчі верстви. У результаті перші виявляються під впливом залишкових напружень стиску, а другі - під впливом залишкових розтягуючих напруг. ППД також змінює мікрорельєф поверхні і покращує фізико-механічні властивості поверхневого шару за рахунок підвищення твердості, межі текучості і опору відриву.

Існує класифікація методів обробки деталей ППД [5].

Формотворчі методи: накочення зовнішніх різьбових поверхонь, викочування внутрішньої різьби, накочення зубів зубчастих коліс, накочення шліців.

Калібрувальні методи: дорнування циліндричних отворів, дорнування фасонних отворів.

Згладжуючі методи: вигладжування поверхонь, обробка металевими щітками.

Зміцнюючі методи: пневмодробоструминна обробка, дробометна обробка, гідродробеструминна обробка, пневмодинамічна обробка, ударно-барабанна обробка, ударно-імпульсна обробка, вібраційна ударна обробка, відцентрово-кулькова обробка вібраційними ексцентриковими та ультразвуковими зміцнювачами, зміцнююче карбування.

Обкочування і розкочування поверхонь заготовок. Обкочування і розкочуванням обробляють і зміцнюють циліндричні, конічні, плоскі і фасонні зовнішні та внутрішні поверхні [9].

Сутність цих методів полягає в тому, що в результаті тиску поверхневі шари металу, контактуючи з інструментом високої твердості, опиняються в стані всебічного стиснення і пластично деформуються. Інструментом є ролики та кульки, що переміщуються щодо заготовки. Мікронерівності оброблюваної поверхні згладжуються шляхом зминання мікроступів і заповнення мікробугорків.

Обкатують, як правило, зовнішні поверхні, а розкочують внутрішні циліндричні і фасонні поверхні. При обкатуванні роликami основними параметрами режиму зміцнення є тиск в зоні контакту з роликом, число його проходів, подача і швидкість обкочування, глибина деформованого шару

На рис. 1.1 показані схеми обкатки і розкочування поверхонь роликami і кульками. Зі схем випливає, що обробка обкочування і розкочуванням застосовна для циліндричних, фасонних і плоских поверхонь, галтелей, поперечних і поздовжніх канавок.

Калібрування отворів. Така обробка здійснюється без зняття стружки із заготовки. Пластичне деформування поверхонь виконується із заданою точністю і шорсткістю. Основними найпоширенішими процесами пластичного деформування є калібрування, обкочування і розкочування, алмазне вигладжування, наклепування інструментами відцентрово-ударної дії.

Калібруванням обробляють переважно отвори різної форми в заготовках за допомогою оправок, що калібрують (дорнів) або кульок, які проштовхуються (на пресах) через оброблюваний отвір із установленим натягом. При великій довжині отвору обробку поверхнево-пластичним деформуванням можна виконувати за допомогою каліброчних протяжок на протяжних верстатах. Основним параметром оцінки процесу є натяг, який створюється перевищенням розміру, що калібрує інструмента над розміром отвору, що підлягає калібруванню [10].

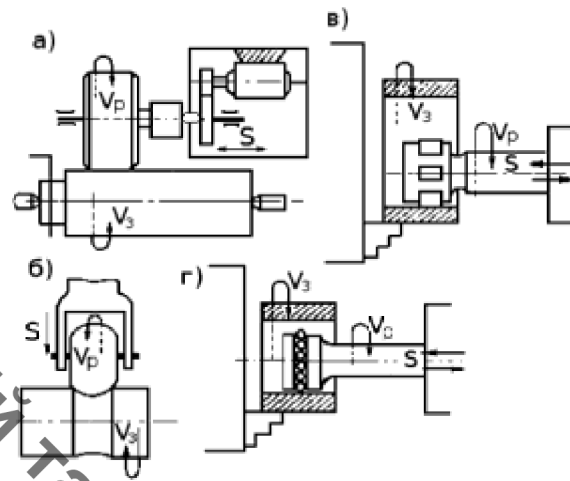


Рисунок 1.1 Обкочування і розкочування поверхонь: а обкочування циліндричної поверхні; б — обкочування фасонної поверхні; в, г — розкочування отворів роликami і кульками

При калібруванні з'являються в металі пружні й залишкові деформації. У результаті дорнування діаметр обробленого отвору збільшується проти вихідного за рахунок залишкової деформації, але все-таки стає менше, чим діаметр інструмента, що калібрує, за рахунок дії пружної деформації.

Вібронакатування. Вібронакатування — це універсальний метод обробки металу шляхом холодної пластичної деформації з метою утворення регулярних мікрорельєфів [13]. Для підвищення зносостійкості деталей машин на поверхнях тертя доцільно видавлювати слабо примітні, що прилягають друг до друга канавки. В канавках накопичується мастильний матеріал і дрібні частки, що утворювалися в процесі зношування. Канавки утворюються вібронакатуванням. Зміцнюючому елементу — кулі або алмазу, установленому в різцетримачі токарного верстата, крім руху D_{sp} (рис. 1.3) спеціальним пристроєм надають додаткові рухи алмазу D_a з відносно малою амплітудою. Змінюючи D_{zag} , $D_{пр}$, амплітуду і частоту коливань, можна на оброблюваній поверхні одержати необхідний рисунок. Найбільше поширення одержали рисунки з непересічними канавками, з не повністю пересічними і з канавками, що зливаються. Можливо також вібронакатування внутрішніх і плоских поверхонь. Найважливішою характеристикою такої поверхні є загальна площа канавок (у відсотках від

номінальної площі оброблюваної поверхні). Наклепування інструментами відцентрово-ударної дії. Наклепування використовують для поверхневого зміцнення деталей, при цьому шорсткість обробленої поверхні знижується на 1-2 класу, твердість підвищується на 30...80% з утвором на поверхні напружень стиску 400...800 МПа.

Сутність процесу полягає в тому, що кульки або ролики, поміщені в радіальні пази швидкообертового диска, наносять численні удари по оброблюваній поверхні і тим самим деформують її на певну глибину. Кульки можуть зміщатися в радіальному напрямку і після нанесення удару відскакують від поверхні заготовки.

Таким способом обробляють поверхні обертання, плоскі і фасонні поверхні деталей із чорних і кольорових металів і їх сплавів, попередньо оброблених шліфуванням, чистовим гострінням і іншими методами із шорсткістю Ra 5 - 0,63 мкм. При наклепуванні в якості ЗОР застосовують суміш газу й машинного масла.

1.2 Обкочування деталей кульками

Оздоблювальна обробка на токарних верстатах проводиться в основному в тих випадках, коли необхідно знизити шорсткість обробленої поверхні при невисоких вимогах до точності. Частіше це досягається тонкою пластичною деформацією поверхні деталі [6,11,12,13]. При цьому згладжуються гребінці мікронерівностей і утворюється наклепаний шар металу глибиною до 3 мм, який забезпечує підвищення твердості поверхні деталі приблизно на 30%. Тонка пластична деформація поверхневого шару металу може бути отримана обкочуванням обертовими роликками або кульками, а також вигладжуванням інструментом із твердих або надтвердих матеріалів. Для досягнення високої точності розмірів деталі й зниження шорсткості поверхні застосовується метод притирання (доведення).

Оздоблювальну і зміцнюючу обробку зовнішніх поверхонь деталей здійснюють обкочуванням, а внутрішніх - розкочуванням. Обидва ці методи

принципово не відрізняються друг від друга, однак інструменти для обкочування й розкочування мають конструктивні особливості. Обкочування забезпечує шорсткість обробленої поверхні $Ra = 0,4-0,05$ мкм (11-го класів), при цьому шорсткість поверхні деталі до обкочування повинна бути на два класи нижче, тобто 9-го класів. Інструмент для обкочування, представлений на рис. 1.4, установлюють у різцетримач хвостовиком 12.

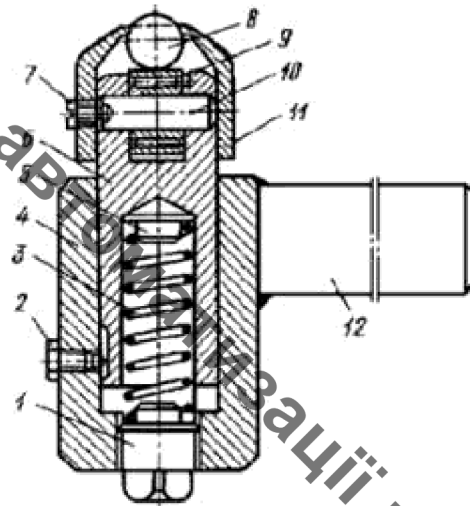


Рисунок 1.2 - Пристрій для обкочування кульками

Обкочування оброблюваної поверхні проводиться кулькою 8, який упирається в зовнішню обойму підшипника 9, насадженого на вісь 10, і втримується від випадання ковпачком 11 зі стопором 7. Під дією зусилля обкочування кулька 8 віджимається й переміщає піноль 6 у розточенні корпусу 4, яка стискає пружину 3. Остання, з одного боку, упирається в підп'ятник 5, а з іншого — в пробку 1, за допомогою якої регулюється сила стиску пружини. Піноль 6 утримується від розвороту в корпусі 8 болтом 2. Для обробки обкочуванням різцетримач із обкатаним інструментом підводять до зіткнення кульки з поверхнею деталі, попередньо обробленої, як зазначено вище. Потім гвинтом поперечної подачі супорта дають натяг 0,5—0,8 мм, роблячи відлік по лімбу. Установлюють частоту обертання шпинделя 1200-1500 об/хв і позовжню подачу 0,3-1,5 мм/об, включають верстат і роблять 2—3 позовжніх проходу вправо і вліво. У якості ЗОР використовують веретенне масло.

Поряд з викладеними вище способами широко застосовують відцентрове (інерційне) зміцнення. При цьому користується відцентрова сила кульок (роликів), що вільно сидять у радіальних отворах швидкообертового диска. Схема відцентрової обробки поверхні кульками показана на рис. 1.4.

Кульки 2 при обертанні диска 3 зміщаються в радіальному напрямку, наносячи численні удари по заготовці 1 і пластично деформуючи поверхню. Для одержання поверхонь із мінімальним параметром шорсткості й зміцненим шаром невеликої глибини застосовують алмазне вигладжування.

Оправка для розточування і вигладжування внутрішніх циліндричних поверхонь зображена на рис. 1.5, яка виконана у вигляді борштанги 1, з лівого торця якого виконано два радіальні наскрізні отвори, перпендикулярно один до одного, на не великій відстані між ними. В першій наскрізній перпендикулярний отвір 2 з торця циліндра, встановлено радіальні розточні різці 3, які з неробочого кінця виконані пів конусними 4, які у взаємодії з конічним кінцем 5 регульованого гвинта 6, який загвинчений з лівого торця по центру борштанги 1 і який регулює положення розточних різців на оправці. У другий наскрізній перпендикулярний отвір 7 встановлені вигладжувальні інструменти 8 з роликівими вигладжувальними елементами 9, які для кращого осьового переміщення виконані з двох сторін у вигляді конусів. Розточні різці жорстко закріплені до борштанги 1 гвинтами 10, які є у взаємодії з кінцем другого регульовального гвинта 13, який загвинчено перпендикулярно до осі в тіло борштанги 1 між вигладжувальними інструментами 9. Виставлення розточних і вигладжувальних різців здійснюється поза верстатом з використанням спеціального пристрою або скоби. Циліндрична заготовка 14 встановлюється в спеціальній пристрій, або трьох кулачковий патрон (на кресленні не показано, показано тільки елементи базування).

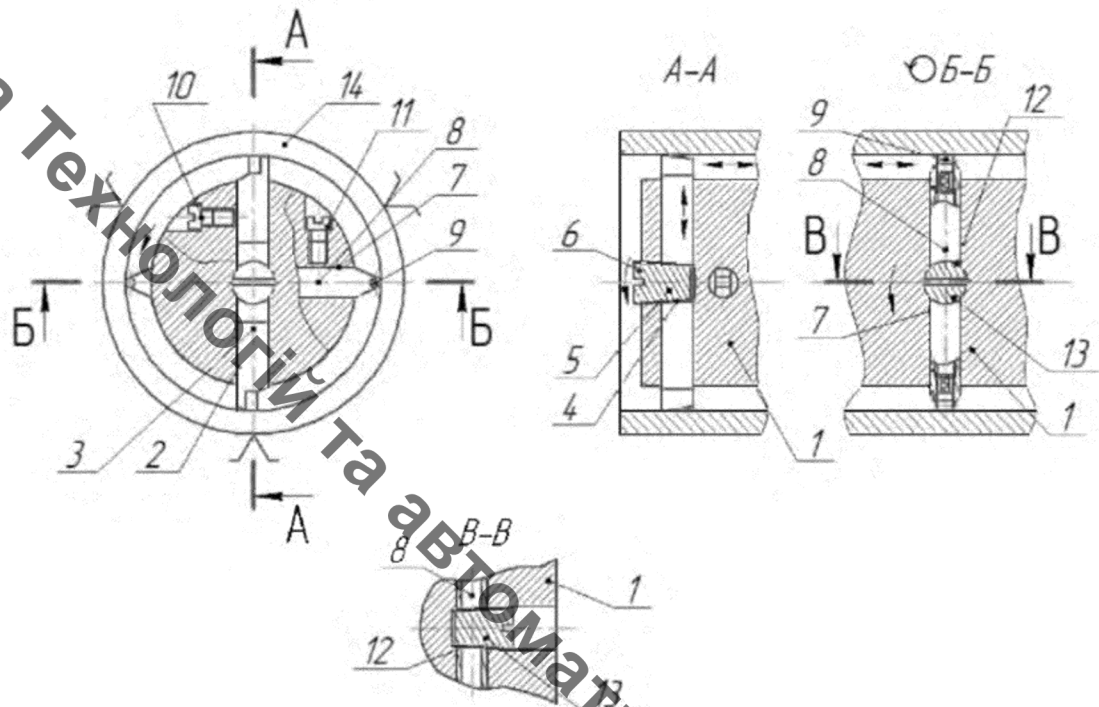


Рисунок 1.3 - Оправка для розточування і вигладжування внутрішніх циліндричних поверхонь

Робота оправки здійснюється наступним чином. Поза межами верстату різці 3 і 8 виставляють на необхідний діаметр. Після чого їх жорстко встановлюють в шпиндель верстату в спеціальний пристрій чи кулачки верстату (на кресленні не показано). Встановлюють заготовку 14. Включають верстат і при обертанні оправки здійснюють колові рухи і здійснюють одночасне сумісне розточування і вигладжування циліндричних поверхонь.

До переваг оправки відноситься підвищення якості оброблення внутрішніх, циліндричних поверхонь і підвищення продуктивності праці за рахунок суміщення двох операцій розточування і вигладжування.

Розточна головка шарнірного типу зображена на рис. 1.6, яка складається з хвостовика 1, з конусною частиною, якою вона кріпиться до шпинделя верстату. На нижній частині хвостовика з можливістю осьового переміщення, встановлена втулка 2, яка верхнім торцем контактує з пружиною стискування 3. Остання зверху контактує з гайкою і контргайкою 4, які нагвинчені на верхній кінець циліндричної частини втулки. На різьбову частину втулки 2 нагвинчені дві гайки 5 між якими

встановлена втулка 6. В останню вкручені рівномірно по колу три пальці 7, положення яких в пазах 8 втулки 2 у гвинтовій канавці хвостовика 1 визначає величину переміщення різців 10, які розміщені в нижній частині втулки 2

в радіальних пазах 11 і виконана гвинтова канавка 9. До неробочих кінців різців 10 прикріплені робочі пластини 12 за допомогою шарнірів 13 з можливістю приєднання до кінця хвостовика 1, який має прямокутну форму, причому товщина стінки, до якої кріпляться робочі пластини, рівна товщині тіла різця, а робочі пластини жорстко кріпляться до різців 10 і нижньої частини хвостовика 1 за допомогою шарнірів 13.

Таке конструктивне виконання механізму відведення різців 10 у вихідне положення після розточування за допомогою робочих пластин 12 і шарнірів 13 забезпечує надійність виконання технологічного процесу розточування кільцевих канавок в корпусних і інших деталях.

Точне центрування оправки відносно отвору корпусу 14 здійснюється центрувальним корпусом пристрою 15, а місце розміщення розточної канавки в корпусі визначається регулювальними шайбами 16.

Робота шарнірно розточної головки здійснюється наступним чином. В зоні над розточними різцями 10 у втулці 2 виконані фасонні виїмки 20 для розміщення стружки. У нижньому кінці хвостовика 1 на циліндричній виточці виконана шліцьова поверхня і 7, яка є у взаємодії з внутрішнім шліцьовим отвором змінної втулки 18, нижня основа якої виконана з поперечним пазом 19, який є у взаємодії з середньою робочою пластинкою 12 з можливістю його прокручування. Змінну втулку можна змінювати в процесі її зношення при взаємодії з планками 12.

Пристрій встановлюється в шпindelь вертикально-свердлильного або горизонтально-фрезерного верстату, Після підготовчих робіт включають верстат і опускають хвостовик в низ, стискаючи пружину 3, при цьому він діє на робочі пластини 12, які розтискаються і розтискують розточні різці 10, які в свою чергу розточують кільцеву канавку в корпусі 14. Глибина розточування регулюється величиною опускання хвостовика 1. Величина ходу останнього регулюється

величиною відносного ходу хвостовика і втулки за допомогою гайок 5 і пазами 8 і 9;

До переваг пристрою відноситься підвищення надійності виконання технологічного процесу за рахунок усунення можливих випадків засідання різців в кільцевих канавках корпусів 14 і використання 3-х пластин 12 і забезпечення збільшення глибини розточування кільцевих канавок.

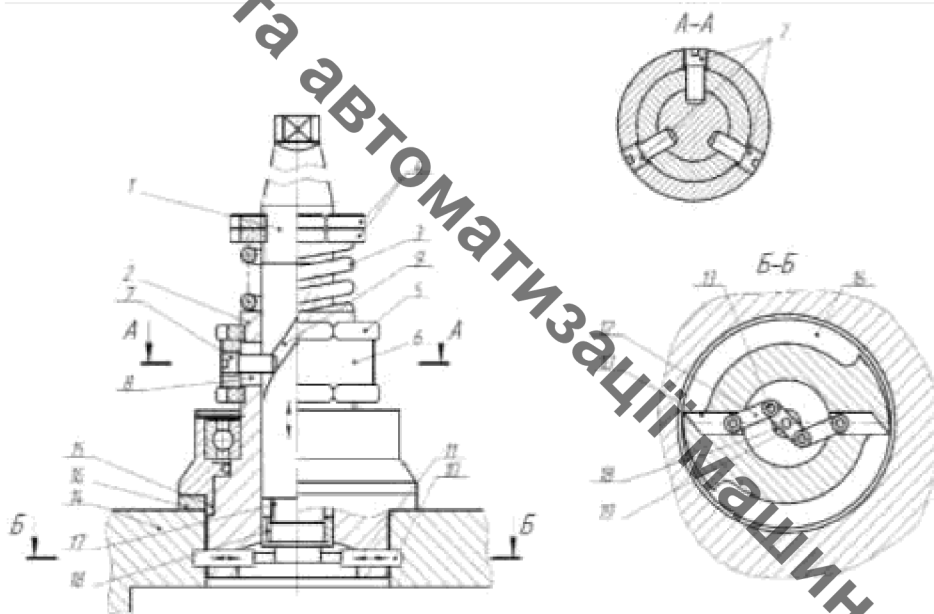


Рисунок 1.4 - Розточна головка шарнірного типу

1.3 Параметри зміцнюючого шару, обкатаного кульками

Кульковий інструмент застосовують для обкочування спеціальних або складних профільних поверхонь: сфер, галтельних переходів, ринв підшипників. Кулі, які використовують для ППД виготовляють із підшипникових сталей ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ, 18ХГТ, в особливих випадках можна застосовувати корозійно-стійкі сталі 11Х18М, 95Х18 [3].

Особливості кульових пристроїв - використання стандартних куль із високими точністю обробки і якістю поверхні, незначні сили обробки, пов'язані із крапковим (умовно) контактом інструмента і оброблюваної поверхні, низька подача і продуктивність [6].

Параметри шорсткості оброблюваної поверхні $Ra\ 0,2...0,8\ \mu\text{m}$ практично досягаються при вихідних значеннях цих параметрів $0,8...6,3\ \mu\text{m}$. Ступінь зменшення шорсткості поверхні залежить від матеріалу, робочого зусилля або натягу, подачі, вихідної шорсткості, конструкції інструмента і т.д. Величина сили, що забезпечує одержання необхідних напружень у зоні деформації, залежить від їхніх значень і розмірів контактної площі. При обробці з поздовжньою подачею рівнодіюча всіх сил розкладається на три складові сили (по трьом координатним осям). Відповідно до цього розрізняють сили - нормальну, дотичну і силу подачі (рис. 1.6).

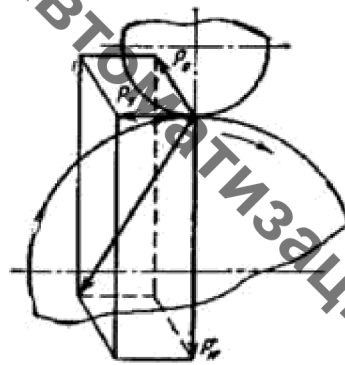


Рисунок 1.5 - Схема сил, що діють при обкатуванні кулькою поверхонь деталі

Основною силою, що створює необхідний тиск у контакті деформуючого інструмента й деталі, є нормальна складова P . Визначення дотичної сили необхідно для розрахунків потреб потужності головного руху й розрахунків на міцність деяких деталей верстата. Визначення осьової сили (сили подачі) необхідно для розрахунків потужності, що вимагається на подачу й для розрахунків на міцність механізму подачі.

Враховуючи наведене співвідношення, величину рівнодіючої сили виразимо через силу P , тобто

$$R = \sqrt{P_n^2 + [(0,07 - 0,12)3, J^2 + [(0,05 - 0,1)3, J^2 = (1,004 - 1,012) P, \quad (1.3)}$$

Рівнодіюча сила R відрізняється від величини нормальної сили не більше ніж на 0,4-1,2%.

При алмазному вигладжуванні різних матеріалів:

$$\frac{P_r}{P} = 0,03 \div 0,12$$

тобто співвідношення сил майже таке ж, як і при обкатуванні кулею.

Наявні експериментальні дані про зв'язки зміцнення з тонкою кристалічною структурою металів і сплавів [13, 16] дають можливість зробити висновки про те, що необхідним і найбільш важливим кристалоструктурним фактором зміцнення металів і сплавів є роздроблення зерна на фрагменти і утворення усередині фрагментів субмікроскопічної блокової структури.

Аналіз результатів виконаних досліджень дає підставу зробити висновок про те, що зі збільшенням тривалості обробки розміри блоків зменшуються, а щільність дислокацій і величина внутрішніх напружень збільшуються. Однак при цьому зростає мікротвердість матеріалу поверхневого шару й виникає небезпека в його перенаклепу і відшаровування.

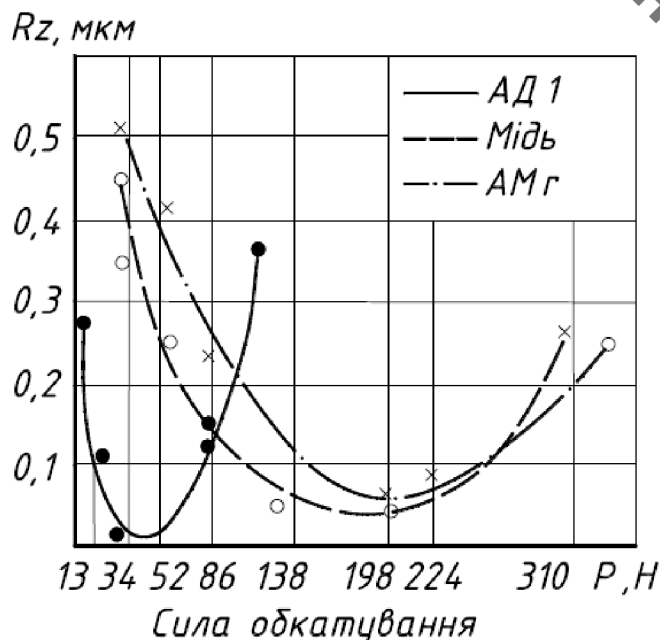


Рисунок 1.6 - Залежність шорсткості обкатоної поверхні від сили обкочування кулею великого діаметра

При відпрацюванні режиму обкочування особливо ретельно слід установити силу обкочування, тому що збільшення сили до значення більшого, ніж критичне, для даного матеріалу призводить до перенаклепу, руйнування поверхневого шару металу і, як наслідок, - до збільшення параметра шорсткості поверхні (рис. 1.6).

На рис. 1.8 показано вплив технологічних факторів, властивостей матеріалу та вихідної шорсткості на шорсткість оброблених поверхонь. Обкатка проводилася кулькою діаметром 10 мм. Із збільшенням питомої тиску нерівності знижуються. Особливо різке зниження відбувається при тисках до 1000-1400 МПа.

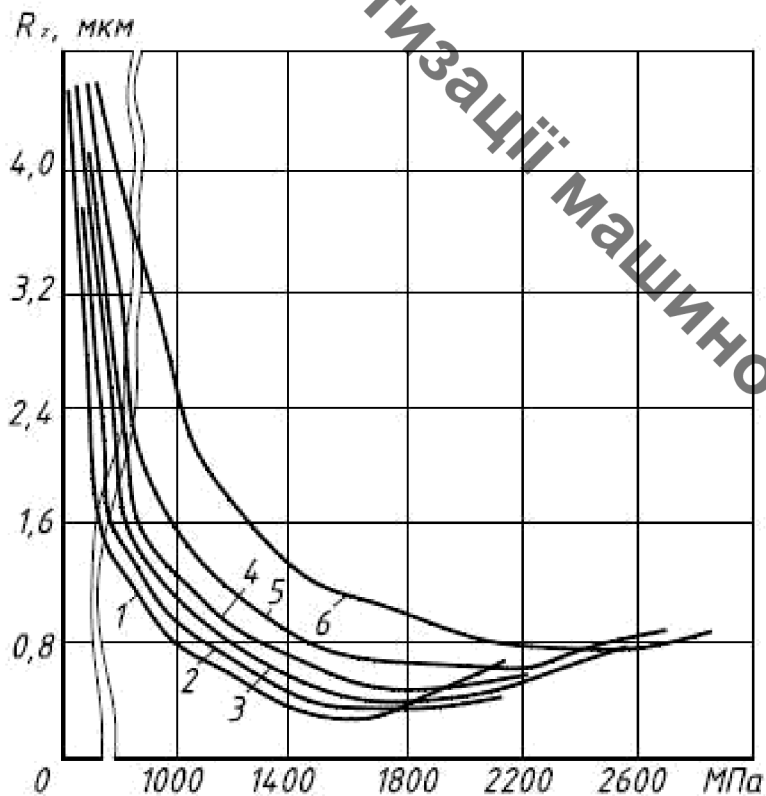


Рисунок 1.8 - Залежність шорсткості від тиску при обкатці і матеріалу заготовки: 1 - сталь 20; 2 - сталь ШХ15; 3 - сталь 45; 4 - сталь 20ХН3А; 5 - сталь У8; 6 - сталь 18ХГТ

Великою перевагою обкатки кулькою є можливість отримання простим і економічним способом високого класу чистоти оброблених поверхонь. Таким чином, зменшення шорсткості відбувається в розглянутих випадках на чотири-п'ять класів.

Зміна подачі і розмірів деформуючого інструменту може в значній мірі зменшити або збільшити шорсткість обробленої поверхні. Отже, зміною зазначених параметрів можна регулювати шорсткість поверхні.

1.4 Вплив режимів обкочування кульками на зміцнення сталей

При обкатці необхідне зміцнення при заданому контактному тиску, мабуть, досягається при певному числі повторних деформацій. Якщо число деформацій менше необхідного, то для отримання такого ж приросту твердості необхідно знизити подачу або застосувати додаткові проходи. У тих випадках, коли змінювати подачу і число проходів недоцільно, має бути підвищений тиск. Сказане підтверджується даними П.С. Дяченко та З.П. Грозінській [20]. У їх дослідях одна і та ж поверхнева твердість (HV 310) у зразків зі сталі 45 була досягнута при обкатці кулькою з силою 2200 Н при подачі 0,06 мм/об і з силою 3000 Н при подачі 0,24 мм/об. Таким чином, повторними проходами може бути вище на ступінь зміцнення, але не глибина. Ретельно проведені експерименти дозволили встановити, що повторні проходи з постійною силою $P_n = 2000$ Н не змінили глибини наклепаного шару (див. рис. 1.9).

На підставі розглянутих даних слід рекомендувати обкатку в один прохід. Тільки при тисках значно нижче оптимальних доцільно застосовувати два-три проходи. У ряді випадків для отримання необхідного ступеня зміцнення за один прохід необхідно зменшувати подачу.

Зміна швидкості обкатки від низьких значень до 200 м/хв не робить істотного впливу на збільшення поверхневої твердості. Тому поширена думка, що ефективність зміцнення не залежить від швидкості. Експерименти автора підтвердили, що при збільшенні швидкості з 12 до 180 м/хв приріст твердості у

сталі 45, обкатаною кулькою діаметром 10 мм з тиском 2250 МПа, виявився незначним (рис. 2.5). Тим не менше слід все ж відзначити тенденцію до її зростання при одночасному, то ж не так значному, зниженні глибини зміцненого

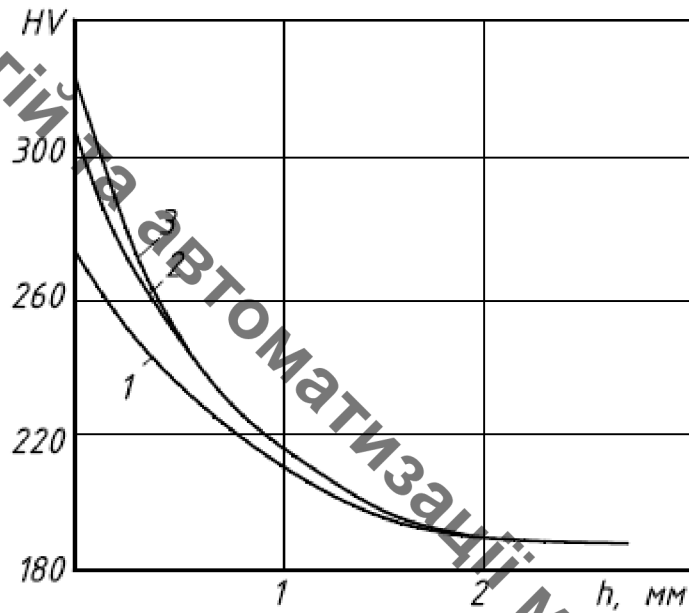


Рисунок 1.9 - Вплив числа проходів на глибину наклепа: 1 - один прохід; 2 - три проходи; 3 - шість проходів; h - відстань від поверхні

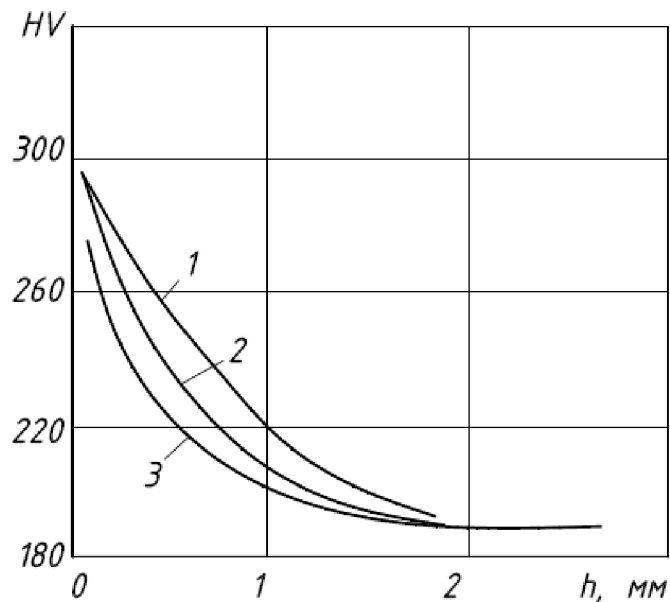


Рисунок 1.9 - Вплив швидкості на зміцнення при обкатці зразків зі сталі 45: 1 - $u = 12$ м/хв; 2 - $u = 50$ м/хв; 3 - $u = 180$ м/хв; h - відстань від поверхні

Зміна поверхневої твердості в результаті обкатки загартованих сталей добре виявляється і методом вдавлювання алмазного конуса (випробування за Роквеллом). Наприклад, після обкатки зразків зі сталі 14X2H3MA їх твердість зросла з HRC 57-60 до HRC 61-64.

При обкатці загартованих сталей кулькою діаметром 5-10 мм зміна подачі від 0,06 до 0,12 мм/об практично не впливає на поверхневій твердості. Однак подальше збільшення подачі знижує твердість і тим більше, чим менше тиск (рис. 1.10). Особливо різко знизилася твердість при подачі $s = 0,3$ мм/об. Подібна картина відзначена для всіх досліджених загартованих сталей. Обробка з великими подачами, крім того, викликає розкид твердості більш значний, ніж у незагартованих сталей. Зі збільшенням діаметра кульки до 15-25 мм і незмінному контактному тиску обкатку можна проводити з подачею 0,15-0,20 мм/об, не побоюючись помітного зниження поверхн

евої твердості, так як в цьому випадку збільшується обсяг осередку деформації.

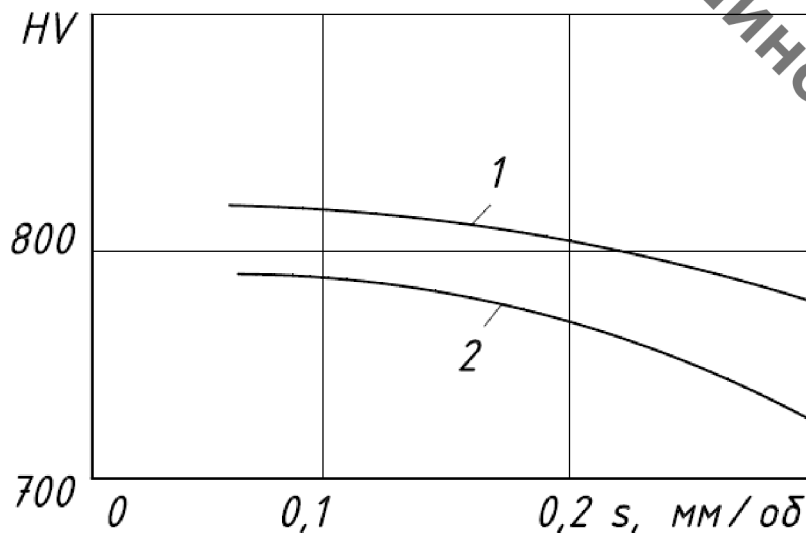


Рисунок 1.11 - Вплив подачі на поверхневу твердість зразків із загартованої сталі ШХ15, оброблених при тиску: 2800 МПа (крива 1) і 2200 МПа (крива 2)

Експериментальні дані приводять до висновку про більш сильному впливі подачі при обкатці загартованих сталей в порівнянні з м'якими. Пояснюється це

їх різними фізико-механічними властивостями. Природно, що зі зменшенням осередку деформації вплив подачі проявляється більш різко.

При оптимальному тиску повторні проходи незначно підвищують поверхневу твердість. Тому обкатку в два-три проходи доцільно проводити при тисках нижче оптимального, так як тільки в цьому випадку відбувається помітний приріст твердості. Наприклад, якщо при обкатці зразків із сталі ШХ15 (HRC 62) при тиску 2800 МПа другий прохід дуже мало вплинув на зміцнення (рис. 2.7, крива 1), то при тиску 1900 МПа в результаті другого і третього проходів твердість істотно підвищилася (крива 2).

Результати дослідження твердості в поверхневому шарі загартованих і обкатаних зразків показують, що товщина наклепа і в цьому випадку визначається тиском і розмірами площі контакту, а також структурою властивостями матеріалу.

При обкатці кулькою зразків із сталі ШХ15 (HRC 62) зміна тиску від 1500 до 3000 МПа збільшило товщину зміцненого шару з 0,3 до 1,3 мм (рис. 2.8). У зразках зі сталі 14X2H3MA (HRC 59) глибина проникнення пластичної деформації виявилася дещо більше, ніж у попередньому випадку. При тиску 1500 МПа вона становила 0,5 мм, а при тиску 2800 МПа - 1,3 мм, тобто виявилася рівною товщині наклепу, повчання в сталі ШХ15 при тиску 3000 МПа.

1.5 Висновки

Проведено аналіз сучасного стану застосування методів поверхневого пластичного деформування та обґрунтовано існуючі способи обкочування кульками деталей, такі як обкочування і розкочування поверхонь заготовок, калібрування отворів, вібронакатування і наклепування інструментами відцентрово-ударної дії.

Зазначені основні параметри зміцнюючого шару обкатаного кульками показали, що обкочування кульками є перспективним способом підвищення надійності і довговічності деталей сільськогосподарської техніки.

В експериментальних частині роботи досліджено шорсткість поверхневого шару після обкочування кульками. Виявлено, що якість поверхневого шару залежить від сила обкочування, так як збільшення сили до значення більшого, ніж критичне, для даного матеріалу призводить до перенаклепу, руйнування поверхневого шару металу і, як наслідок, - до збільшення параметра шорсткості поверхні.

Досліджено вплив режимів обкочування кульками на зміцнення сталей. Визначено, що обкочування слід проводити в один прохід. Тільки при тисках значно нижче оптимальних доцільно застосовувати два-три проходи. У ряді випадків для отримання необхідного ступеня зміцнення за один прохід необхідно зменшувати подачу.

Результати дослідження твердості в поверхневому шарі загартованих і обкатаних зразків показують, що товщина наклепу визначається тиском і розмірами площі контакту, а також структурою і властивостями матеріалу.

2 РОЗРОБКА МАРШРУТУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

2.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

Тип виробництва згідно ГОСТ 3.1121-84 визначається за коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

де $\sum O_i$ – кількість операцій, які виконуються на дільниці;

$\sum P_i$ – кількість робочих місць на дільниці.

Прийняті такі коефіцієнти закріплення операцій:

$K_{з.о.} = 1$ – масове виробництво;

$1 < K_{з.о.} \leq 10$ – великосерійне виробництво;

$10 < K_{з.о.} \leq 20$ – середньосерійне виробництво;

$20 < K_{з.о.} \leq 40$ – дрібносерійне виробництво.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Згідно креслення деталі встановлені найбільш характерні переходи механічної обробки деталі “Кронштейн 15.05” і занесені до таблиці 1.1, це:

- фрезерування торців
- розточування попереднє і остаточне отвору $\varnothing 358$
- свердління отворів $\varnothing 20$
- фрезерування платиків
- свердління отворів під різь M16.

Для записаних в таблиці 1.1 переходів механічної обробки наближено визначено основний час механічної обробки $T_{очн}$, наприклад для розточування отворів $\varnothing 38H8$:

$$T_{\text{осн}}=0,21 \cdot 28 \cdot 100 \cdot 0,001 \cdot 2=1,38 \text{ (хв)}$$

Згідно рекомендацій, враховуючи масу деталі та програму випуску, наближено визначено тип виробництва, як серійний.

Штучно-калькуляційний час визначається $T_{\text{шт-к}}$, як добуток основного часу і коефіцієнта φ_K :

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{осн}} \cdot \varphi_K \text{ [хв]} \quad (2.2)$$

Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{шт-к}}=1,38 \cdot 1,98=2,2 \text{ (хв)}$$

Для кожного переходу механічної обробки необхідна кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_{Pi} = \frac{N \cdot T_{\text{шт.к.}}}{60 F_d \cdot \eta_{з.н.}}, \quad (2.3)$$

де $N = 4200$ шт. – річна програма випуску деталі “Кронштейн 10.15”;

$T_{\text{шт.к.}}$ – штучно-калькуляційний час, хв;

F_d – дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 3890$ год);

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання ($\eta_{з.н.} = 0,75$).

Відповідно, наприклад для розточування отворів $\varnothing 38H8$ необхідна кількість верстатів складає:

$$C_{p1}=4200 \cdot 2,2/60 \cdot 3890 \cdot 0,75=0,161$$

Одержану розрахункову кількість верстатів заокруглено до найближчого більшого числа і одержано прийняту кількість верстатів P , в даному випадкові 1 верстат.

Фактичний коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{C_{pi}}{P_i}, \quad (2.4)$$

де C_{pi} – необхідна кількість верстатів для виконання даної операції;

P_i – кількість робочих місць для виконання даної операції.

При розточування отворів $\varnothing 38H8$ він рівен 0,161.

Кількість операцій, які виконуються на i -му місці можна визначити за формулою:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.i}} \quad (2.5)$$

де $\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{з.ф.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

Наприклад, при обробці отворів отримаємо:

$$O_1 = 0,75 / 0,161 = 4,66$$

Аналогічно виконано розрахунки для інших типових переходів механічної обробки. Сумарна кількість операцій, що можуть бути виконані на всіх робочих місцях $\sum O_i$

$$\sum O_i = 4,66 + 15,66 + 35,8 + 9,14 + 27,76 = 93,02$$

Сумарна кількість прийнятих верстатів $\sum P = 5$

Коефіцієнт закріплення $K_{з.о.}$ відповідно складатиме:

$$K_{3.0}=93,02/5=18,6$$

Таблиця 2.1 – Визначення типу виробництва

№ п/п	Зміст технологічних операцій	T _{ос} , хв	φк	Тшт.к., хв	N	C _p	P	h з.ф.	O
1.	Розточування отворів Ø38H8	3,38	1,98	6,7	4200	0,16	1	0,16	4,66
2.	розточування попереднє і остаточне отвору Ø358	1,01	1,98	2,0	4200	0,05	1	0,05	15,66
3.	свердління отворів Ø20	0,44	1,98	0,87	4200	0,02	1	0,02	35,8
4	фрезерування платиків	1,72	1,98	3,42	4200	0,08	1	0,08	9,14
5	свердління отворів під різь M16	0,57	1,98	1,13	4200	0,03	1	0,03	27,76
	Всього			14,12			5		93,02

Отже тип виробництва –серійне. Всі розрахункові дані занесені до таблиці 2.1.

Доцільність вибору групової чи потокової форми організації роботи визначається шляхом порівняння потрібного добового випуску виробів N_d і розрахункової добової продуктивності лінії Q_d . Якщо $N_d < Q_d$, то потокову лінію використовувати недоцільно. Добовий випуск виробів і добову продуктивність лінії розраховують за формулами:

$$N_d = \frac{N}{254}, \quad (2.6)$$

де 254 кількість робочих днів в року;

$$Q_d = \frac{F_d}{T_{шт-к_{сер}} \cdot \eta_z}, \quad (2.7)$$

де $T_{шт-к_{сер}}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів, хв.; η_z – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії.

$$T_{шт-к_{сер}} = \frac{\sum T_{шт-к_i}}{\sum n_i}, \quad [\text{хв}] \quad (2.8)$$

де $T_{шт-к_i}$ – штучно-калькуляційний час виконання i -го переходу, хв.; $\sum n_i$ – сумарна кількість виконуваних переходів.

Відповідно середній штучно-калькуляційний час виконуваних переходів становитиме:

$$T_{шт-к_i} = (6,7 + 2,0 + 0,87 + 3,42 + 1,13) / 5 = 2,82 \text{ (хв)}$$

Отже добова продуктивність лінії становитиме:

$$Q_d = \frac{952}{2,82 \cdot 0,8} = 270$$

Потрібний добовий випуск виробів:

$$N_0 = \frac{4200}{254} = 16,54$$

Оскільки потрібний добовий випуск виробів значно менший добової продуктивності лінії то відповідно обираємо групову форму організації роботи.

При груповій формі організації роботи визначається кількість деталей в партії для одночасного запуску

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.9)$$

де a – періодичність запуску деталей на обробку, в днях (6 днів).

$$n = \frac{4200 \cdot 6}{254} = 99,21$$

Розрахункове число змін на обробку всієї партії деталей на основних робочих місцях визначається за формулою:

$$c = \frac{T_{\text{ум-к.сп}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} \quad (2.10)$$

$$c = \frac{2,82 \cdot 99}{476 \cdot 0,75} = 0,74$$

Визначаємо кількість деталей у партії, які необхідні для завантаження обладнання на основних операціях протягом цілого числа змін

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot c_{\text{пр}}}{T_{\text{ум-к.сп}}} \quad (2.11)$$

$$n_{np} = \frac{476 \cdot 0,75 \cdot 1}{2,82} = 135 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість деталей у партії 135 шт.

Отже тип виробництва –серійне, форма організації роботи – групова, при цьому кількість деталей в партії для одночасного запуску складає 135 шт.

2.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь "Кронштейн 15.05" є однією із кінематичних ланок механізмів приводів, пристосувань і іншого обладнання. Кронштейн є однією з головних деталей складального вузла, що визначає підвищені вимоги до його поверхонь. Посадочними поверхнями деталі є бокові поверхні з шпоночним пазом 12D10 і поверхні R72. Одним з найвідповідальніших в кронштейні є 2 отвори $\varnothing 38H8$ і 2 отвори $\varnothing 20H8$ і шорсткість їх не повинна перевищувати $R_z1,6$. Різбові отвори M16-7H і M10x1-7H є кріпильними. Для більш детальної характеристики необхідне складальне креслення вузла.

Конфігурація зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь не викликає значних труднощів при їх отриманні. Отвори під різьбу M16-7H і M10x1-7H та отвори $\varnothing 20H8$ не ллються, вони є напуском. Ці елементи не технологічні, але визначається конструктивними міркуваннями і змінити їх важко.

Деталь досить відповідальна і від якості її обробки залежить надійність роботи всього вузла. При розробці маршруту механічної обробки доцільно орієнтуватися на типові технологічні процеси обробки подібних деталей, що прискорює процес проектування і покращує якість проекту.

Робоче креслення деталі має всі необхідні відомості, які дають повну уяву про деталь, тобто всі проекції, розрізи і перерізи, чітко і однозначно пояснюючи її конфігурацію. На кресленні проставлені всі розміри з необхідними відхиленнями, потрібна шорсткість поверхонь, але його потрібно доробити згідно ЕСКД і вимог

технологічності. На кресленні недостатньо визначені допустимі відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємне розміщення поверхонь.

Деталь має не досить зручні базові поверхні для початкових операцій. Досить жорсткі технічні вимоги і висока точність механічної обробки деяких поверхонь обумовлені службовим призначенням. В іншому деталь достатньо технологічна, допускає застосування високопродуктивних режимів обробки і досить проста по конструкції. Деталь має уніфіковані елементи: отвори, радіуси і ін., що дає змогу застосувати стандартний різучий інструмент. Вимоги точності і шорсткості до інших оброблюваних поверхонь невеликі, що дозволяє використати одноразову обробку. Контроль шорсткості та параметрів точності можливо здійснити з використанням простих схем вимірювання та стандартних вимірювальних інструментів.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою:

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (2.12)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

Розміри				Шорсткість	
Лінійні		Кутові			
P_l	$P_{l,y}$	P	P_y	Ш	Ш _y
21	16	2	2	5	5
$Q_{ye}=23$ $Q_e=28$				$K_y = \frac{23}{28} = 0.692$	

Коефіцієнт точності обробки згідно ГОСТ 18831-73

$$K = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.13)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \text{ [мкм]} \quad (2.14)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі, n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітета.

$$T_{cp} = \frac{256}{20} = 12.8 \text{ (мкм)}$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{12.8} = 0.925$$

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
7	1	7·1=7
8	6	8·6=48
10	1	10·1=10
14	15	14·15=210
Всього	20	256

Коефіцієнт шорсткості поверхні згідно ГОСТ 18831-73

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}, \quad (2.15)$$

де $Ш_{cp}$ – середня шорсткість поверхні.

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_K \cdot n_K}{\sum n_K}, [\text{мкм}] \quad (2.16)$$

де $Ш_K$ – шорсткість оброблених поверхонь даної деталі; n_K – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному числовому значенню R_a , мкм.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт шорсткості поверхні

Шорсткість R_a , мкм	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	3	4,8
6,3	2	12,6
12,5	15	187,5
$Ш_{cp} = \frac{204.9}{20} = 10.245$		204,9

$$K_{ш} = \frac{1}{10.245} = 0.097$$

Отже виконуються умови:

$$K_y > 0,6, K_T > 0,8, K_{ш} < 0,32$$

2.3 Вибір способу виготовлення заготовки

Оскільки матеріал деталі Сталь 40ХЛ в якій ливарні властивості відносно погані, то заготовка може бути виготовлена литтям.

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно одержати методом литтям, так як чавун Сталь 40ХЛ має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в облицьований кокіль, лиття в оболонкові форми.

Лиття в піщано-глинисті форми – самий розповсюджений спосіб лиття. В

машинобудуванні, цим способом виготовляють 75-80 % виливків (по масі). В залежності від розмірів вилівка і типу виробництва застосовують ручне або машинне формування. В піщано-глинистих формах можна одержати виливки самої складної конфігурації і масою від декількох грамів до сотень тон.

Заготовки, що виливаються цим способом характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості і великими припусками на механічну обробку. В загальному випадку литтям в піщано-глинисті форми можна одержати виливки з шорсткістю поверхонь $Rz = 320-40$ мкм і з точністю, що відповідає 14-17 квалітетам і грубіше.

Вартість виготовлення виливків мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, чим заготовок, одержаних іншими способами лиття. Лиття в піщано-глинисті форми вимагає найбільших затрат матеріалу, причому 45-30 % маси вилівка перетворюється в стружку при механічній обробці, на що витрачається близько 25 % виробляємої електричної енергії. Перехід до спеціальних способів лиття дає можливість знизити припуски на механічну обробку і кількість стружки до 5-7 %.

Переваги спеціальних способів лиття полягають не тільки в зниженні об'єму механічної обробки, але й в зменшенні маси ливникової системи і різкому зниженні витрат формувальних матеріалів.

Лиття в кокіль – найбільш дешевий серед спеціальних способів лиття. Його головна особливість полягає в багатократному використанні металевої форми – кокіля. Стійкість чавунних кокілей складає при виготовленні сталюого лиття 50...500 виливків, чавунного – 400...8000 виливків, лиття з кольорових сплавів – тисячі і десятки тисяч виливків.

Кокілі дозволяють одержати виливки з точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати $Rz = 20$ мкм. В зв'язку з високою теплопровідністю матеріалу форми, швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості вилівка (за рахунок одержання дрібнозернистої структури) на 10-15 %, але в той час погіршується можливість виготовлення

випливають з тонкими стінками. Кокілям практично не властива податливість і газопроникність, що необхідно враховувати при конструюванні виливків.

При переході з лиття в піщані форми на кокільні витрати матеріалу зменшуються на 10-20 % за рахунок зменшення ливникової системи. Трудомісткість механічної обробки за рахунок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5-2 рази.

Одночасно потрібно враховувати те, що самі кокілі коштують досить дорого, що в них можна виготовляти виливки порівняно простої конфігурації і що можливе їх жолоблення із-за значних усадочних і термічних напружень.

Кокільне лиття доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при одержанні з кожної форми не менше 300-500 дрібних або 50-200 середніх виливків в рік, а також для виготовлення виливків простої конфігурації із мідних, алюмінієвих і магнієвих сплавів, а також із сталі і чавуну.

Заміна лиття в піщані форми на кокільне при досить великій програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30 % і підвищує продуктивність праці в 4-6 разів.

Витрати на організацію дільниці кокільного лиття і дільниці виливків при цьому окупаються за 2-3 місяці.

Враховуючи, що матеріал виливків СЧ-20 кокіль повинен бути облицьованим, тобто із захисним покриттям його стінок. Це вимагає додаткових економічних витрат.

Лиття в оболонкові форми заключається в тому, що разову ливарну форму виготовляють у вигляді оболонки, використовуючи для формувальної суміші в якості зв'язуючого матеріалу фенольні термореактивні смоли, що міцно цементують дрібний кварцовий пісок, який використовується як наповнювач. Виготовлення оболонкової форми виключає необхідність в опоках, які використовуються при литті в піщано-глинисті форми. При литті в оболонкові форми різко знижуються витрати формувальної суміші, процес легко механізувати і автоматизувати. Використання формувальної суміші, яка

складається із 92-95 % дрібного кварцевого, магнезійового або цирконієвого піску і 4-6 % термореактивної фенолформальдегідної смоли, забезпечує малу шорсткість поверхні і більш високу точність виливків (12-15 квалітети), ніж при литті в піщано-глинисті форми (14-17 квалітети), так як оболонка твердіє на моделі та зберігає її розміри. Коефіцієнт використання матеріалу при литті в оболонкові форми 0,85-0,9, що значно вище ніж при литті в піщано-глинисті форми 0,55-0,7 та в кокілі - 0,71-0,75. Це призводить до зменшення об'єму механічної обробки, а відповідно до зниження її собівартості.

Структура металу при литті в оболонкові форми дрібнозерниста, якісна.

Враховуючи, що при литті сірого чавуну в кокілі на поверхні заготовки утворюється відбілений шар, структура металу має пористості та внутрішні дефекти внаслідок різкого охолодження металу (металева форма – це хороший провідник теплоти) прийнято до розгляду варіанти одержання заготовки – лиття в піщано-глинисті форми та лиття в оболонкові форми

а) клас розмірної точності виливка.

Тип сплаву – чорні, найбільший габаритний розмір в діапазоні „від 250 до 630”. Отже, клас розмірної точності виливка знаходиться в межах 8-13т для першого способу лиття і в межах від 9т до 13 для лиття в оболонкові форми, відповідно приймаємо 1т1 та 10 клас розмірної точності.

б) ступінь жолоблення елементів виливка.

Відношення мінімального розміру елемента виливка до максимального: $9/560=0,016$; виливок виготовляється в разових формах, він нетермооброблюваний, отже, ступінь жолоблення в межах 6-9. Для серійного виробництва приймаємо 8;

в) ступінь точності поверхонь виливка. Визначаємо по аналогії з класом розмірної точності виливка. Отримана ступінь точності в межах від 11 до 18 для лиття в піщано-глинисті форми і від 9 до 15 для лиття в оболонкові форми. Відповідно приймаємо 15 та 12 ступінь точності поверхонь виливка.

г) шорсткість поверхонь вилівка. Для ступіню точності вилівка 15 – 50 мкм, для ступеню точності вилівка 12 -шорсткість $Ra=25$ мкм;

д) клас точності маси вилівка. Маса даної деталі в межах до 10 кг. Отже, клас точності маси: 6-13 та 6-13 відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми, приймаємо 10 та 9т клас точності маси відповідно;

є) ряд припусків. В залежності від ступеня точності поверхні, маємо ряд припусків 6-9 та 4-7, приймаємо 8 та 5 ряд припусків відповідно для лиття в піщано-глинисті та оболонкові форми.

Вибір допусків заготовки.

а) допуск розмірів [2]. Визначаємо для кожного розміру, що буде виліватися, в залежності від класу точності;

б) форми чи розміщення поверхонь;

в) допуск маси. В залежності від номінальної маси (8,5 кг) і класу точності маси вилівка, приймаємо допуск маси 12 % та 8% відповідно для першого та другого способів лиття;

г) допуск нерівностей. Для ступіню точності поверхонь вилівка 15 та 12, допуск нерівностей дорівнює 1,2 та 0,64 відповідно;

д) загальний допуск. Визначається для кожного розміру, що виливається з урахуванням допуску розміру від поверхні до бази і допуску форми і розміщення поверхні.

Вибір припусків заготовки.

а) мінімальний ливарний припуск на сторону. Для рядів припусків 8 та 5 дорівнює 1 та 0,5 відповідно;

б) Кількість переходів механічної обробки в залежній від необхідної точності розмірів оброблюваної деталі: [2]. Визначається співвідношення між допусками розміру деталі і вилівка, за допомогою допуску розміру вилівка визначають кількість переходів;

в) Кількість переходів механічної обробки в залежній від необхідної точності форми, розміщення поверхонь оброблюваної деталі.

Остаточно кількість переходів механічної обробки встановлюється за більшим значенням, які будуть отримані в двох попередніх пунктах.

г) загальний припуск на сторону. Визначається в залежності від загального допуску, від виду кінцевої механічної обробки та від ряду припуску вилівка.

Розрахунок розмірів заготовки.

Таблиця 2.5-Розрахунок розмірів заготовки вилитої в піщано-глинисті форми

Вхідні дані		Згідно ГОСТ 26645-8555			Прийнято	
Клас розмірної точності		8-13т			11т	
Ступінь жолоблення		6-98			8	
Ступінь точності поверхонь		11-18			15	
Шорсткість поверхонь вилівка		Ra = 50 мкм			Ra = 50мкм	
Клас точності маси		6-13			10	
Ряд припусків		6-9			8	
Розрахункові розміри, мм						
Допуски:	Ø38	100	560	56	140	
розмірів	2,8	3,6	5,6	3,2	4	
форми розміщ.	0,64					
Зміщен. по пл	1,2	1,2	-	-	1,2	
маси	12					
Нерівностей	1,2					
загальний	3,2	4	8	3,2	4	
Мінім. припуск	1					
Загал. припуск	5,3	3,4	5,5	4,3	5,8	
Кількість переходів механічної обробки						
за точністю	4	1	1	2	4	
за відхилен.	-	-	-	-	-	
К-сть переходів	4	1	1	2	4	
Розмір заготовки	27,4	106,8	571	64,3	128,4	

Таблиця 2.6-Розрахунок розмірів литої заготовки (оболонкові форми)

Вхідні дані		Згідно ГОСТ 26645-8555			Прийнято	
Клас розмірної точності		9Т-13			10	
Ступінь жолоблення		4-7			8	
Ступінь точності поверхонь		6-9			12	
Шорсткість поверхонь виливка		Ra =25 мкм			Ra = 25мкм	
Клас точності маси		6-13			9Т	
Ряд припусків		4-7			5	
Розрахункові розміри, мм						
Допуски:	Ø38	560	56	140	100	
розмірів	2,2	4,4	2,4	3,2	2,8	
форми чи розміщ.	0,64					
Зміщен. по площ	1,1	-	-	1,1	1,1	
маси	8					
Нерівностей	0,64					
загальний	2,4	6,4	2,4	3,2	3,2	
Мінім. Припуск	0,5					
Загал. припуск	3,4	4,1	2	3,4	2,4	
Кількість переходів механічної обробки						
за точністю	4	1	1	2	1	
за відхилен.	-	-	-	-		
К-сть переходів	4	1	1	2	1	
Розмір заготовки	31,2	568,2	60	133,2	104,8	

При розрахунку зовнішніх діаметральних розмірів заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і додається до розміру готової деталі, а при розрахунку внутрішніх діаметральних заготовки вибраний загальний припуск подвоюється і віднімається від розміру готової деталі.

Вибір конструктивних елементів заготовки

а) товщина стінок .

Зведений габарит заготовки:

$$N = (2l + b + h)/3, \quad (2.17)$$

де l , b , h – відповідно довжина, ширина і висота деталі,

$$N = (2 \cdot 560 + 100 + 200)/3 = 473 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо мінімальну товщину стінок 5 мм;

б) радіуси заокруглень. Приймаємо радіуси заокруглень 5 мм при литті в піщано-глинисті форми та 3 мм при литті в оболонковій формі;

в) нахили приймаємо $3^\circ 03'$;

г) мінімальний діаметр отвору, що виливається:

$$d_{\min} = d_0 + 0.1S, \quad (2.18)$$

d_0 – для чавуну рівен 8 мм,

$$d_{\min} = 8 + 0,1 \cdot 30 = 11 \text{ (мм)}.$$

Отже, мінімальний діаметр, що виливається 11 мм.

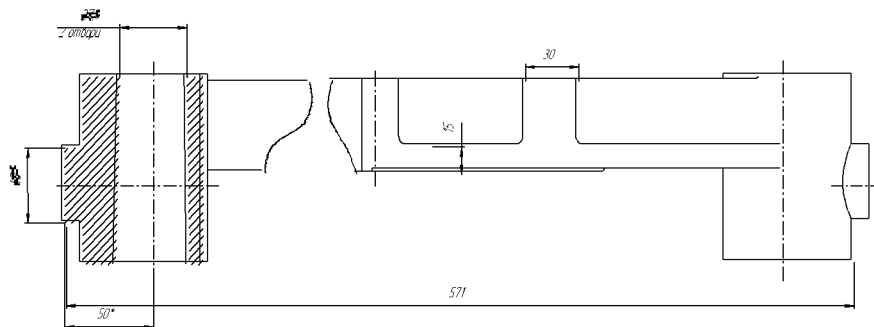


Рисунок 2.1 – Виливок в піщано-глинисті форми

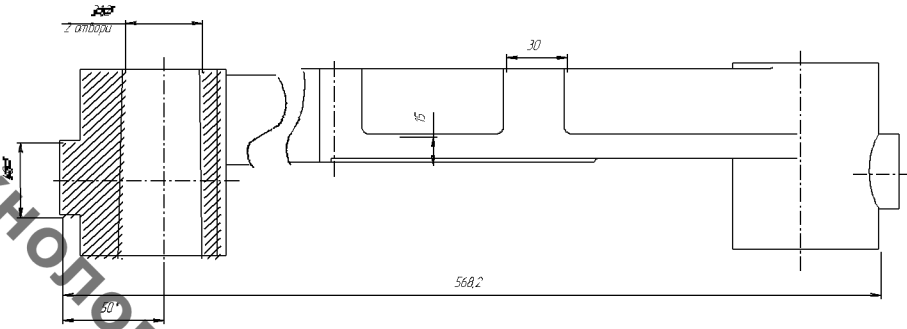


Рисунок 2.2 – Виливок в оболонкові форми

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$J = Q_{\text{дет}} / Q_{\text{заг}} = 8,5 / 10,436 = 0,8144$$

Значення коефіцієнта використання матеріалу є допустимим, так як заготовка виготовлена литтям в оболонкові форми.

Собівартість заготовок розраховується за формулою:

$$C_{\text{заг}} = \frac{S_i}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_n - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \quad (2.19)$$

де S – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.; K_T , K_C , K_B , K_M , K_n – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок; $S_{\text{відх}}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн..

При литті в піщано-глинисті форми

$$C_{\text{заг}} = \left(\frac{48600}{1000} \cdot 11,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 0,84 \right) - (11,6 - 8,5) \frac{5000}{1000} = 1870,63 (\text{грн})$$

При литті в оболонкові форми

$$C_{заг2} = \left(\frac{58340}{1000} \cdot 1043 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 0,78 \right) - (10,43 - 853) \frac{5000}{1000} = 1890,45 (\text{грн})$$

Загальний економічний ефект може залежати ще і від витрат на механічну обробку, але так як кількість переходів механічної обробки при литті в оболонкові форми та при литті в піщано-глинисті форми однакова то економічно доцільніше використовувати лиття в піщано-глинисті форми.

2.4 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

Деталі типу „Кронштейн” широко використовуються в якості опорних елементів у виробках машинобудівного виробництва. Ці деталі мають велику різноманітність за конструкцією яка залежить від типу виробництва, умов експлуатації, конструкційних особливостей агрегату до якого кріпиться даний виріб та складових частин які кріпляться в самій „Кришці”.

„Кронштейн ” відноситься до деталей конструкції середньої складності, які мають дві або три основних базові поверхні, частіш за все це: циліндрична поверхня для базування ущільнень та зв'язана з нею площина кріплення самого „Кришки” до агрегатів чи станини. Кріпильна площина або площини як правило розташовуються паралельно до вісі основного базового отвору. В залежності від цього будуть формуватися особливості конструкції виробу та вимоги до допусків форми та розміщення.

В якості основних технологічних баз використовуються конструкторські бази. За рахунок цього в процесі обробки відбувається забезпечення принципу зв'язку обробленої поверхні з необробленою, а у випадку диференціації операцій принцип постійності баз, що дає можливість мінімізувати похибку базування. При

механічній обробці не використовуються штучні технологічні бази, що дозволяє зменшити час обробки деталі і її собівартість.

Таблиця 2.7 – Типовий технологічний маршрут механічної обробки кронштейна

№ операції	Зміст або найменування операції	Станок обладнання	Оснащення
005	Лиття	–	–
010	Обробка та очищення виливка	–	–
015	Малярна	–	–
020	Точити торець $\varnothing 62_{js7}$ / $\varnothing 54$ та $\varnothing 96$ / $\varnothing 62_{js7}$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62_{js7}$ під шліфування, проточити канавку $B = 3$ та фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий пневматичний патрон
025	Точити торець $\varnothing 96$ та поверхню $\varnothing 96$ (технологічно)	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трикулачковий патрон
030	Свердлити та зенкерувати чотири отвори $\varnothing 9/\varnothing 14$, фрезерувати дві лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно фрезерний 21105Н7Ф4	Налагодження УСНО
035	Чистити заусенці та гострі кромки	Верстак механізований	
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62_{js7}$ з шліфуванням торця $\varnothing 96_{js7}$ остаточно	Універсально шліфувальний 3У131ВМ	– Трикулачковий патрон
045	Помити деталь	Мийна машина	
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

2.5 Вибір способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні

Отвір $\varnothing 38H8$ отримується обробкою на двох операціях (попередня та чистова обробка).

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на третьому (останньому) переході

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \dots = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} = \frac{620}{39} = 15,897.$$

Таблиця 2.8 – Кількість ступенів механічної обробки

Розмір деталі	Стадія обробки	Отримуваний квалітет
$\varnothing 20H8$	Свердлити	11
	Зенкерувати	
	Розвернути	9
M16	Свердлити	11
	Нарізати різь	9
100	Фрезерування попереднє	12
	Фрезерування остаточне	10

Визначимо розрахункові значення допусків технологічних розмірів

$$\varepsilon = 4,2 \cdot 3 \cdot 1,26 = 15,876$$

$$T_1 = \frac{620}{4,2} = 148 \text{ мкм } (\approx IT11)$$

$$T_2 = \frac{148}{3} = 50 \text{ мкм } (\approx IT9)$$

$$T_3 = \frac{50}{1,26} = 39 \text{ мкм } (\approx IT8)$$

Остаточно приймаємо наступні ступені механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 38H8$:

- розточування однократне;
- зенкерування однократне;
- розвертування однократне.

2.6 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

Чистові бази – бази, які використовуються на всіх операціях механічної обробки, окрім першої. Для даної деталі – кронштейна, за чистові технологічні бази прийнято площину і два отвори $\varnothing 38H8$. Базування проводиться на площину і два пальці (циліндричний і зрізаний). Вибрані базові поверхні забезпечують жорсткість установки заг., вони не деформуються під дією сил різання, закріплення і гравітаційних сил, мають досить високу точність розмірів і геометричних форм. При використанні цих баз виконується принцип суміщення баз, що виключає або зводить до мінімуму похибки базування. Виконується принцип постійності баз, тобто на всіх операціях механічної обробки використовуються одні і ті ж комплекти баз. Крім того, вибрані бази забезпечують просту конструкцію пристосування, зручну установку і знімання оброблюємої деталі.

Чорнові бази – поверхні заготовки, які використовуються на першій операції під час обробки чистових баз. Вибрані чорнові бази повинні забезпечити правильність взаємного розміщення системи оброблених поверхонь деталі відносно необроблених, зняття рівномірного припуску з певних поверхонь на послідуєчих операціях.

На операції 005 проходить підготовка чистових базових поверхонь, які використовуються в подальшому на наступних операціях – установ IV операції 005, операція 010 – 020. Вибрані чистові і чорнові бази забезпечують всі вимоги поставлені до них. Аналіз похибок базування, що виникають на кожній з операцій наведений нижче.

На операціях 010 – 015 базування проводиться на площину і два пальці – один циліндричний, другий – зрізаний. Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок перекосу заготовки в горизонтальній площині при установці її на пальці пристосування. Перекос виникає при цьому із-за наявності зазорів між найбільшим діаметром установчих отворів і найменшим діаметром пальців.

Найбільший зазор між отворами і пальцями

$$S_{\max} = \sigma_D + \sigma_d + S_{\min}, \quad [\text{мм}] \quad (4.1)$$

де σ_D – допуск на отвір,

σ_d – допуск на діаметр пальця,

S_{\min} – мінімальний зазор між діаметрами пальця і отвору.

Отвір - $\varnothing 38\text{H}8^{+0,039}$

Палець - $\varnothing 38\text{f}8^{-0,025}_{-0,064}$

Тоді

$$S_{\max} = 0,039 + 0,025 + 0,064 = 0,128 \text{ (мм)}$$

Таким чином, найбільший кут повороту заготовки на пальцях може бути знайдений з відношення найбільшого зазору при повертні в одну сторону від середнього положення до відстані між базовими отворами:

$$\text{tg}\alpha = \frac{S_{\max}}{L} = \frac{0,128}{460} = 0,000278.$$

Перекос заготовки незначний, коли $\alpha < 0^{\circ}20'$

$\text{arctg}\alpha = \text{arctg}0,000278 = 0,02^{\circ} < 0^{\circ}20'$ - умова виконується

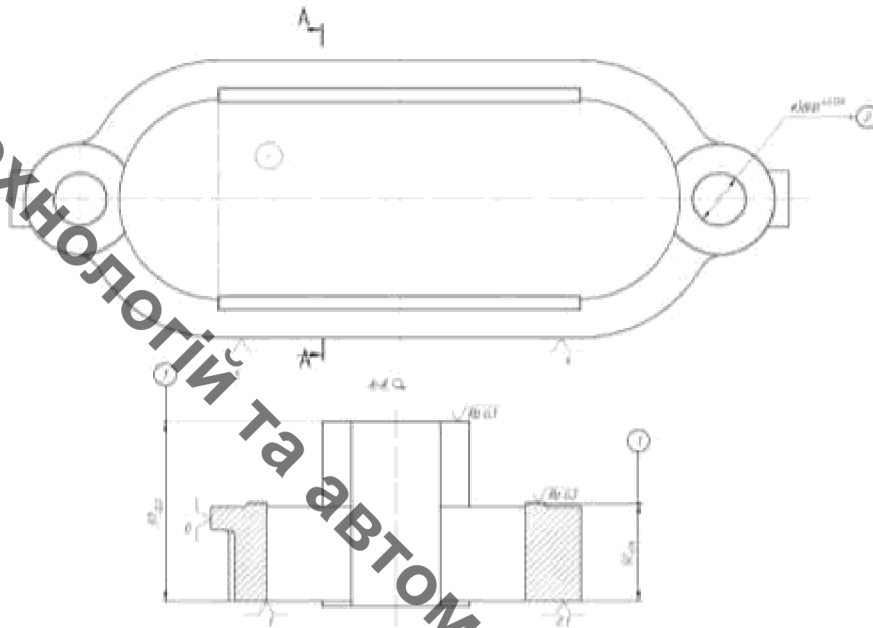


Рисунок 2.3 – Схема базування на операції 005

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{\delta_{50}} &= 0 \\ \varepsilon_{\delta_{50}} &= 0 \\ \varepsilon_{\delta_{58}} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

- співпадає технологічна і вимірювальна бази;

$\varepsilon_{\delta_{\varnothing 20}} = 0$ - діаметральний розмір (виконується мірним інструментом).

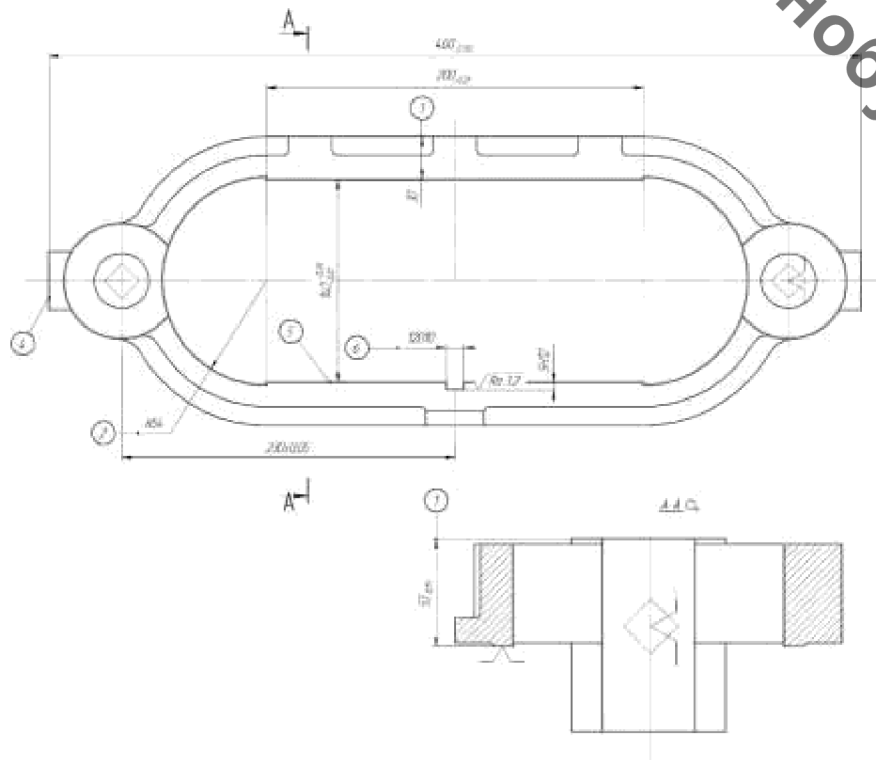


Рисунок 2.4 – Схема базування на операції 010

$\varepsilon_{\delta_{70}} = 0$ - співпадає технологічна база з вимірювальною

$$\varepsilon_{\delta_{30}} = \sigma(A_{\Sigma}) = T_{70} - \sigma_C = 0,05 + 0 = 0,05 \text{ мм} < T_{30} = 0,52 \text{ мм}$$

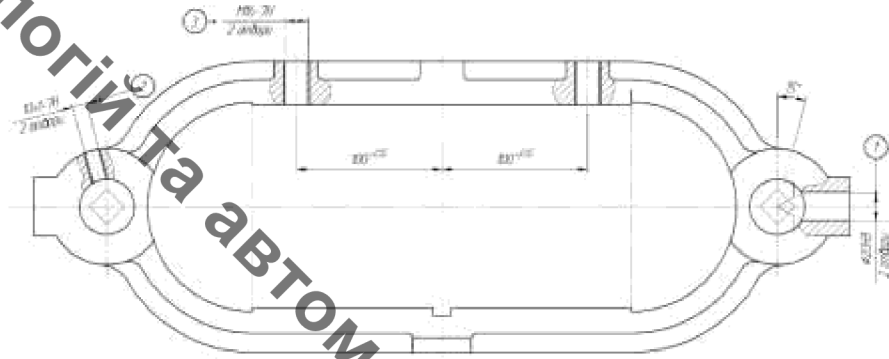


Рисунок 2.5 – Схема базування на операції 015

$\varepsilon_{\delta_{230}} = 0$ - співпадає технологічна і вимірювальна бази;

$\varepsilon_{\delta_{12}} = 0$ - виконується мірним інструментом.

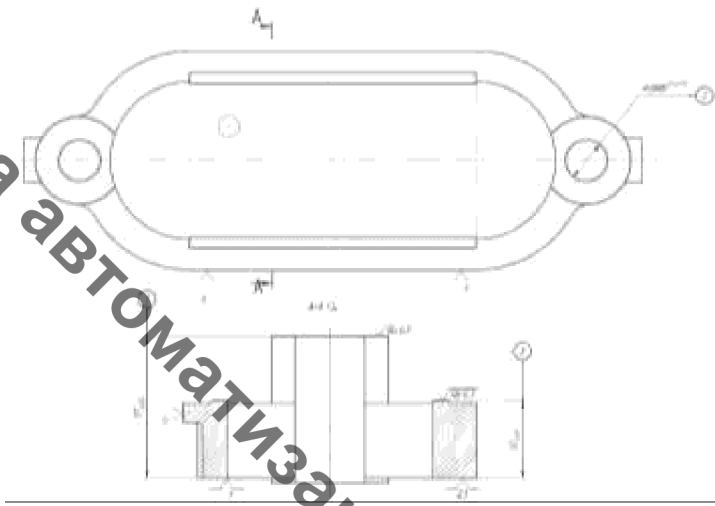
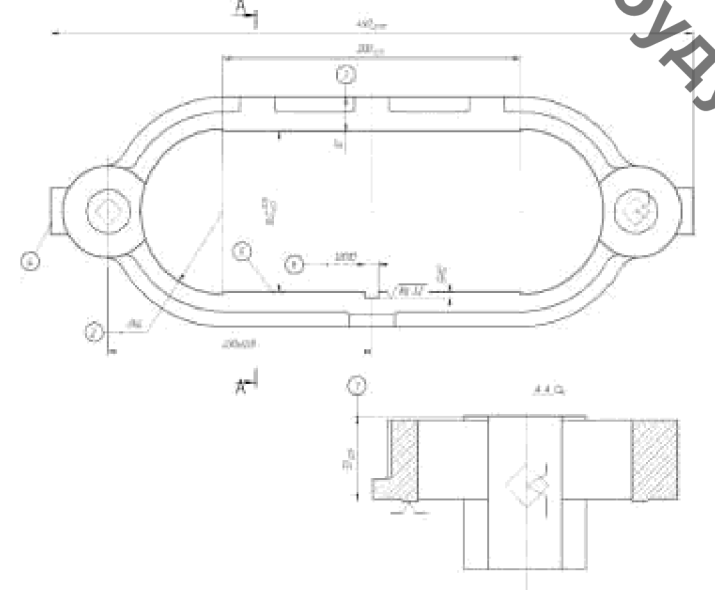
$\left. \begin{array}{l} \varepsilon_{\delta_{10}} = 0 \\ \varepsilon_{\delta_{16}} = 0 \end{array} \right\} \text{-- виконується мірним інструментом}$

$\varepsilon_{\delta_{100}} = 0$.

2.7 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних методів обробки. Їх вибирають з врахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

Таблиця 2.9 -Маршрут механічної обробки

№ операцій	Зміст операцій та переходів	Схема базування	Модель верстата
1	2	3	4
005	<p>Багатоцільова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати 2 площини бобишок 1 однократно. 3. Розсвердлити послідовно 2 отвори 2 4. Зенкерувати 2 отвори 2 5. Розвернути послідовно 2 отвори 2 6. Фрезерувати 2 площини платиків 3 однократно 7. Зняти заготовку. 		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6520МФ3
010	<p>Вертикально-фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установити і закріпити заготовку. 2. Фрезерувати 2 площини бобишок 1 однократно 3. Фрезерувати 2 радіуси 2 однократно 4. Фрезерувати площину 3 однократно 5. Фрезерувати 2 площини бобишок 4 однократно 6. Фрезерувати 2 		Вертикально-фрезерний з ЧПК 6520МФ3

1	2	3	4
	<p>площини платиків</p> <p>7 Фрезерувати паз</p> <p>6</p> <p>8. Зняти заготовку</p>		
015	<p>Свердлильна з ЧПУ</p> <p>1. Встановити і закріпити заготовку.</p> <p>2. Центрувати отвір 1</p> <p>3 Свердлити отвір 1</p> <p>4 Зенкерувати отвір 1</p> <p>5 Розвернути отвір 1</p> <p>6 Повернути заготовку на 75</p> <p>7 Центрувати отвір 2</p> <p>8 Свердлити отвір 2</p> <p>9 Нарізати різь в отворі 2</p> <p>10 Центрувати 2 отвори 3</p> <p>11 Свердлити 2 отвори 3</p> <p>12 Нарізати різь в 2 отворах 3</p> <p>13. Повернути заготовку на 15</p> <p>14 Центрувати отвір 2</p> <p>14 Свердлити отвір 2</p> <p>15 Нарізати різь в отворі 2</p> <p>16. Повернути заготовку на 75</p>		Фрезерний з ЧПК ЛТ260МФ3

Продовження таблиці 2.9

	2	3	4
015	17 Центрувати отвір 1 18 Свердлити отвір 1 19 Зенкерувати отвір 1 20 Розвернути отвір 1 в розмір згідно ескізу 21 Розвернути другий отвір 3 однократно. 21 няти деталь		

2.8 Розмірний аналіз технологічного процесу

Технологічні розміри доцільно розмішувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. В таких випадках немає потреби проводити додаткові розрахунки для визначення технологічних розмірів. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

В решті випадків технологічні розміри необхідно проставляти від технологічних баз і при побудові розмірних ланцюгів, ці розміри будуть складовими ланками. Розмір, що буде отримуватись в ході виконання операції буде замикаючою ланкою. Замикаючими ланками для даної деталі є конструкторські розміри та величини припусків.

Співставляючи розташування технологічних розмірів з кресленням деталі, можна побачити, що деякі технологічні розміри співпадають з конструкторськими, тому мають однакові допуски.

$$T(B_2)=T(100)=0,87 \text{ мм (IT14);}$$

$$T(B_3)=T(53)=0,74 \text{ мм (IT14);}$$

$$T(B_4)=T(58)=0,74 \text{ мм (IT14).}$$

Допуск на технологічний розмір B_1 призначаємо по 12 квалітету точності:

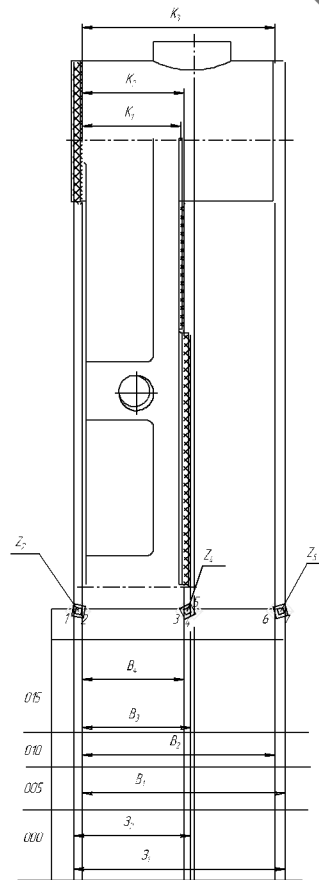
$$T(B_1) = T(101,5) = 0,35 \text{ мм (IT12)}.$$

Допуски на розміри заготовки призначаємо по 14 квалітету точності:

$$T(Z_1) = T(103) = 0,87 \text{ мм (IT14)};$$

$$T(Z_2) = T(56) = 0,74 \text{ мм (IT14)}$$

Одним із перших етапів розмірного аналізу є побудова розмірної схеми технологічного процесу та виявлення технологічних розмірних ланцюгів (рисунок 4.5). На розмірній схемі вказуються конструкторські розміри, припуски та технологічні розміри.



Рисунки 2.6 – Розмірна схема першого технологічного процесу

Деталь у процесі її виготовлення доцільно розглядати як геометричну структуру, яка складається з багатьох поверхонь та зв'язків (розмірів) між ними. Тому таку структуру доцільно вивчати за допомогою графів.

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом). Вершинами усіх трьох графів є площини або осі циліндричних поверхонь заготовки і деталі. Ребрами вихідного графа-дерева є конструкторські розміри і припуски.

Ребрами похідного графа-дерева є розміри, які визначаються в результаті виконання розмірного аналізу, а саме технологічні розміри і розміри вихідної заготовки.

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

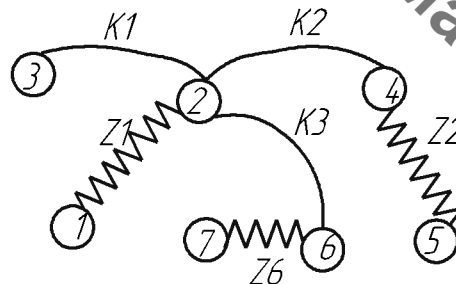


Рисунок 2.7 – Вихідний граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $B_1B_2\dots$ і розмірів заготовки $Z_1Z_2\dots$ називається похідним графом.

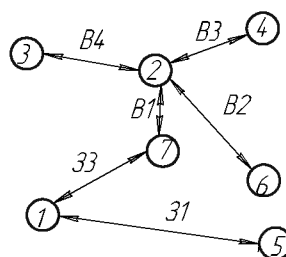


Рисунок 2.8 – Похідний граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

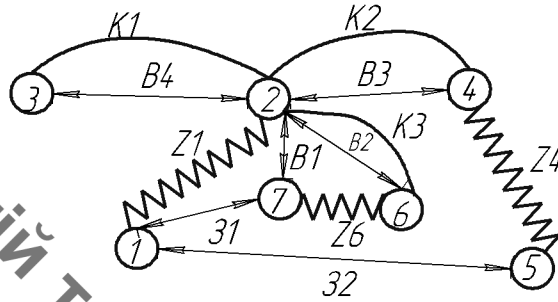


Рисунок 2.9 – Суміщений граф-дерево

$$Z_{\min 2} = Z_{\min 4} = Z_{\min 6} = 1,5 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.10 – Рівняння розрахунку розмірних технологічних ланцюгів

№	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідома ланка
1	$-K_2 + B_3 = 0$	$K_2 = B_3$	B_3
2	$-K_2 + B_2 = 0$	$K_3 = B_2$	B_2
3	$-K_1 + B_4 = 0$	$K_1 = B_4$	B_4
4	$-Z_6 - B_2 + B_1 = 0$	$Z_6 = B_1 - B_2$	B_1
5	$-Z_2 + 3_1 - B_1 = 0$	$Z_2 = 3_1 - B_1$	3_1
6	$-Z_4 - B_3 + B_1 - 3_1 + 3_2 = 0$	$Z_4 = B_1 - B_3 + 3_2 - 3_1$	3_2

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цого межі:

$$1. K_2 = B_3;$$

$$B_3 = 53_{-0,74} \text{ (мм)}.$$

$$2. K_3 = B_2;$$

$$B_2 = 100_{-0,87} \text{ (мм)}.$$

$$3. K_1 = B_4;$$

$$B_4 = 58_{-0,74} \text{ (мм)}.$$

$$4. Z_{6\min} = B_{1\max} - B_{2\max};$$

$$B_{1\min} = B_{2\min} + Z_{6\min} = 99,13 + 1,5 = 100,63 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 100,63 + 0,35 = 100,98 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{6\max} = B_{1\max} - B_{2\min} = 100,98 - 99,13 = 1,85 \text{ (мм)}.$$

$$5. Z_{2\min} = 3_{1\min} - B_{1\max};$$

$$3_{1\min} = B_{1\min} + Z_{2\min} = 100,63 + 1,5 = 102,13 \text{ (мм)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 102,13 + 0,87 = 103 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{1\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 103 - 100,63 = 2,37 \text{ (мм)}.$$

$$6. Z_{4\min} = B_{1\min} - B_{3\max} + 3_{2\min} - 3_{1\max};$$

$$3_{2\min} = B_{3\min} - B_{1\max} + 3_{1\min} + Z_{4\min} = 52,26 - 100,98 + 102,13 + 1,5 = 54,91 \text{ (мм)}.$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2) = 54,91 + 0,74 = 55,65 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{4\max} = B_{1\max} - B_{3\min} + 3_{2\max} - 3_{1\min} = 100,98 - 52,26 + 55,65 - 102,13 = 2,24 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.11 _припуски на механічну обробку

Позначення розміру	Мінімальний розмір	Максимальний розмір
Z_2	1,5	2,37
Z_1	1,5	2,24
Z_3	1,5	1,85

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів, розмірів заготовки та їх допуски

Позначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на креслені вихідної заготовки
	Мінімальний розмір	Максимальний розмір				
1	2	3	4	5	6	7
Z ₁	102,13	103	0,87	103		103 _{-0,87}
Z ₄	54,91	55,65	0,74	55,65		55,65 _{-0,74}
B ₁	100,63	100,98	0,35	100,98	100,98 _{-0,35}	
B ₂	99,13	100	0,87	100	100 _{-0,87}	
B ₃	52,26	53	0,74	53	53 _{-0,74}	
B ₄	57,26	58	0,74	58	58 _{-0,74}	

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

Розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Таблиця розрахованих припусків на обробку і проміжних граничних розмірів по технологічним переходам для внутрішньої циліндричної поверхні кронштейна Ø38H8.

Значення Rz і T, які характеризують якість поверхні литої заготовки визначається згідно [2], вони складають відповідно 40:260 мкм.

Після першого технологічного переходу значення T для деталей з чавуна знаходиться з розрахунків, тому для процесів зенкерування і розвертування знаходимо тільки значення Rz [2] і записуємо їх в розрахункову таблицю.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки визначається за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{жсол}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \text{ [мкм]} \quad (2.20)$$

Короблення отвору слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому перерізі, тому

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta k l)^2 + (\Delta k d)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 100)^2 + (0,7 \cdot 38)^2} = 75 \text{ (мкм)};$$

де $d = 38$ – діаметр оброблюваного отвору;

l – довжина оброблюваного отвору;

Δk – обирається за таблицею 4.8, приймається в межах $0,7 \dots 1$, приймаємо $0,7$.

При визначенні $\rho_{\text{см}}$ в даному випадку слід брати до уваги точність розміщення базових поверхонь, які використовуються при даній схемі установки і отриманих операціях, відносно оброблюваної в даній установці поверхні.

В даному випадку $\rho_{\text{см}} = 0,6$ мм – похибка зміщення форми роз'єму.

Отже,

$$\rho_s = \sqrt{75^2 + 600^2} = 605 \text{ (мкм)}.$$

Остаточні просторові відхилення:

- після розточування

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 605 = 36 \text{ (мкм)};$$

- після зенкерування

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 605 = 24 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$\xi_1 = \sqrt{\xi_6^2 + \xi_3^2}; \text{ [мкм]} \quad (2.21)$$

ξ_6 – похибка базування;

ξ_3 - похибка закріплення.

Похибка базування при вибраній схемі базування $\xi_6 = 0$. Похибку закріплення заготовки [2] приймаємо рівною 120 мкм. Тоді похибка установки при розточуванні $\xi_1 = 120$ мкм.

Остаточні похибки установки при зенкеруванні

$$\xi_2 = 0,06 \cdot \xi_1 = 0,06 \cdot 120 = 7 \text{ (мкм)};$$

- при розвертуванні

$$\xi_3 = 0,04 \cdot \xi_1 = 0,04 \cdot 120 = 5 \text{ (мкм)};$$

На основі записаних в таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, використовуючи наступну формулу:

$$2Z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1} + \xi_{i-1}^2}) \text{ [мкм]} \quad (2.22)$$

Мінімальний припуск:

$$2Z_{\min} = 2(40 + \sqrt{605^2 + 120^2}) = 2 \cdot 917 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\min} = 2(30 + \sqrt{36^2 + 7^2}) = 2 \cdot 67 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min} = 2(20 + 25) = 2 \cdot 45 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий діаметр отримаємо починаючи з кінцевого (креслярського) розміру послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_{p2}=38,039-0,110=37,929 \text{ (мм)};$$

$$d_{p1}=37,929-0,134=37,795 \approx 37,8 \text{ (мм)};$$

$$d_{p3}=37,8-1,834=35,966 \approx 36 \text{ (мм)}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаємо у відповідності до якості того чи іншого виду обробки.

Найбільші граничні розміри d_{\max} для кожного технологічного переходу отримаємо округляючи розрахункові розміри до точності допуску відповідного переходу. Визначаємо найменші граничні розміри:

$$d_{\min3} = 38,039-0,039=38 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min2} = 37,929-0,062=37,867 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min1} = 37,8-0,160=37,64 \text{ (мм)};$$

$$d_{\min3ar} = 36-0,620=35,38 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків Z_{\min}^{TP} визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів, а Z_{\max}^{TP} – відповідно як різницю найменших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів:

$$2 Z_{\min3}^{TP} = 38,039-37,923=0,11 \text{ мм} = 110 \text{ (мкм)};$$

$$2 Z_{\min2}^{TP} = 37,929-37,8=0,129 \text{ мм} = 129 \text{ (мкм)};$$

$$2 Z_{\min1}^{TP} = 37,8-36=1,8 \text{ мм} = 1800 \text{ (мкм)};$$

$$2 Z_{\max3}^{TP} = 38-37,867=0,133 \text{ мм} = 133 \text{ (мкм)};$$

$$2 Z_{\max2}^{TP} = 37,867-37,64=0,227 \text{ мм} = 227 \text{ (мкм)};$$

$$2 Z_{\max1}^{TP} = 37,64-35,38=2,26 \text{ мм} = 2260 \text{ (мкм)}.$$

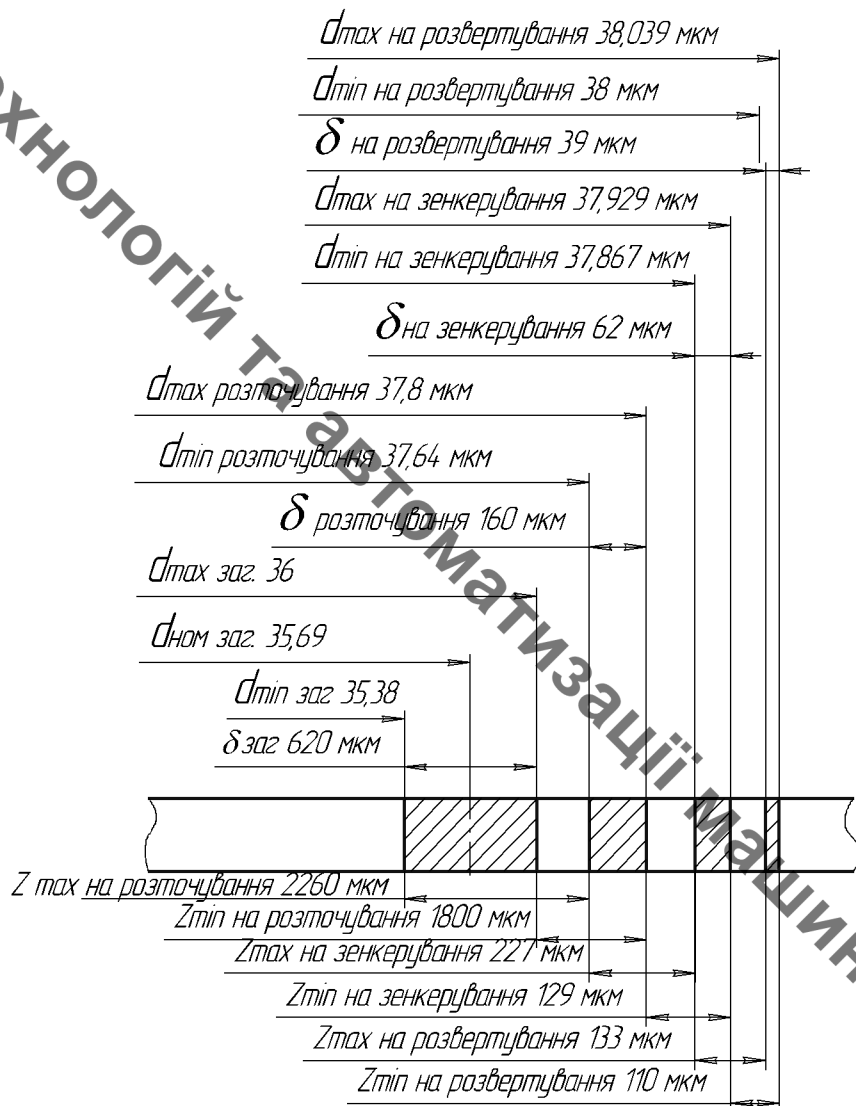


Рисунок 2.10 – Схема розміщення припусків та допусків

Загальний найменший припуск і розмір:

$$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\text{мін}} + B_3 - B_d = 2039 + 310 - 39 = 2310 \text{ (мкм)}$$

$$d_{0\text{ном}} = d_{\text{дном}} - Z_{0\text{ном}} = 38 - 2,31 = 35,69 \text{ (мм)}.$$

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$Z_{\max 3}^{\text{ГР}} - Z_{\min 3}^{\text{ГР}} = 133 - 110 = 23 \text{ (мкм)}$$

Таблиця 2.13 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам

Технологічні переходи обробки поверхні Ø70	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R _z	T	ρ				ε	d _{min}		d _{max}
Заготовка	40		260	605	-	36	620	35,38	36	-
Розсвердлювання	30	-	36		2·917	160	37,64	37,8	1800	2260
Зенкерування однократне	30	-	24	7	2·67	62	37,867	37,929	129	227
Розвертування однократне	10	-	-	5	2·55	39	38	38,039	110	133
Всього									2039	2620

Кафедра Технологічного Автоматизації машинобудування

$$Z_{\max 2}^{\Gamma P} - Z_{\min 2}^{\Gamma P} = 227 - 129 = 98 \text{ (мкм)};$$

$$Z_{\max 1}^{\Gamma P} - Z_{\min 1}^{\Gamma P} = 2260 - 1800 = 460 \text{ (мкм)};$$

$$\sigma_2 - \sigma_3 = 62 - 39 = 23 \text{ (мкм)};$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 160 - 62 = 98 \text{ (мкм)};$$

$$\sigma_{\text{заг}} - \sigma_1 = 620 - 160 = 460 \text{ (мкм)}.$$

Отже всі проведені розрахунки є правильними і не потребують уточнення

Визначення оптимальних припусків на обробку тісно пов'язане із встановленням проміжних та початкових розмірів заготовки. Ці розміри необхідні для конструювання штампів, спеціального різального та вимірювального інструменту, а також для настроювання металорізальних верстатів та іншого технологічного обладнання. На основі визначених припусків можна обґрунтовано визначити масу початкових заготовок, режими різання, а також норми часу на виконання операцій механічної обробки.

В машинобудування використовують дослідно - статичний та розрахунково – аналітичний методи встановлення припусків на обробку. В попередньому розділі використано розрахунково-аналітичний метод, що базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу обробки.

Згідно з дослідно- статичним методом загальні та проміжні припуски визначаються за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничі дані передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, визначаються без урахування конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Дослідно- статичні припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови обробки, коли для уникнення браку припуск повинен бути максимальним. Дослідно- статичний метод простий, однак змушує технолога приймати рішення догматично, не аналізуючи умов виконання операцій та не шукаючи шляхів економії металу.

Використовуючи даний метод визначимо припуски на циліндричні поверхні валу, а результати заносимо до таблиці 2.14

Таблиця 2.14- Припуски на циліндричні поверхні

Розмір деталі	Стадія обробки	Припуск на перехід	Отримуваний розмір
Ø20H8	Свердлити	9,5	Ø19
	Зенкерувати	0,4	Ø19,8
	Розвернути	0,1	Ø20
M10	Свердлити	4,5	Ø9
	Нарізати різь	0,5	M10
M16	Свердлити	7,5	Ø15
	Нарізати різь	0,5	M16

2.10 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отворів.

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору розпочинається із визначення глибини різання, яка рівна половині діаметру отвору, який свердлиється і в даному випадку складає 4,5 мм.

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,36 до 0,57 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,5 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v \text{ [м/хв]} \quad (2.23)$$

де T - стійкість інструменту, 60 хв;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання. Згідно з [13] вони рівні:

$$C_v=34,2; x_v=0; y_v=0,3; m=0,2, q_v=0.45.$$

K_v – загальний поправочний коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v=K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} \quad (2.24)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 1;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 0,83 (P18);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиться, 0,85.

Отже загальний поправочний коефіцієнт:

$$K=1 \cdot 0,83 \cdot 0,85=0,7055$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{34,2 \cdot 18^{0,45}}{60^{0,2} 9^{0,5} 0,5^{0,3}} \cdot 0,7055 = 48,15 \text{ (м/хв.)}$$

Круний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M=C_m D^{q_m} S^{y_m} K_p \quad [\text{H}] \quad (2.25)$$

де C_m, q_m, x_m, y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні. Вони рівні:

$$C_m=0,012; q_m=2,2; x_m=0; y_m=0,8.$$

Коефіцієнт K_p рівен коефіцієнтові K_{mp} і рівен одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M = 0,012 \cdot 18^{2,2} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 1 = 3,95 \text{ (Н·м)}$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p \text{ (Н)} \quad (2.26)$$

де C_m, q_m, x_m, y_m – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні. Вони рівні:

$$C_p = 42; q_p = 1,2; x_p = 0; y_p = 0,75.$$

З урахуванням цього осьова сила:

$$P_o = 42 \cdot 18^{1,2} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 1 = 801,3 \text{ (Н)}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M \cdot n / 975 \quad (2.27)$$

де n – число обертів інструмента, що становить:

$$n = 1000 \cdot 48,15 / 3,14 \cdot 18 = 852 \text{ (об/хв.)}$$

Потужність:

$$N = 852 \cdot 3,951 / 975 = 3,45 \text{ (кВт)}$$

Таблиця 2.15 - Режими різання

Перехід		Глибина, мм	Таблична подача, мм/об	Прийнята подача, мм/об	Таблична швидкість різання	Прийнята швидкість різання	Частота обертання шпинделя, об/хв	Потужність різання	Хвилинна подача,
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	2	1	0,055	0,06	46	46,2	830	1,1	49,8
	3	-	0,08	0,08	25,4	24,4	137	0,19	11
	4	0,5	0,018	0,02	25	24,8	900	0,45	18
	5	-	0,4	0,4	158	76,3	173,6	1,56	6,94
	6	-	0,08	0,08	25,4	24,4	137	0,19	11
	7	-	0,09	0,09	27,3	26,7	149	0,19	15
	8	0,25	0,11	0,12	9,1	9	900	0,3	
	9	0,05	0,31	0,3	15,4	16	650	0,4	
	10	-	0,08	0,08	25,4	24,4	137	0,19	11
	11	-	0,09	0,09	27,3	26,7	149	0,19	11
	12	0,25	0,11	0,12	9,1	9	900	0,3	
	13	0,05	0,31	0,3	15,4	16	650	0,4	
	010	2	1	0,055	0,06	46	46,2	830	1,1
3		0,5	0,018	0,02	25	24,8	900	0,45	18
4		-	0,09	0,09	27,3	26,7	149	0,19	15
5		-	0,4	0,4	158	76,3	173,6	1,56	6,94
6		-	0,09	0,09	27,3	26,7	149	0,19	15

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	2	0,234	0,8	0,57	172	165	932	8,9	531
	3	1	0,6	0,46	185	146	825	8,2	380
	4	0,2	0,5	0,29	228	203	1147	5,7	332
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	5	0,23	0,8	0,57	172	165	932	8,9	531
	6	0,23	0,8	0,57	172	165	932	8,9	531
	7	0,15	0,5	0,29	228	203	1147	5,7	332

2.11 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Нормування в машинобудуванні – це встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічних процесів здійснюють для кожної операції. Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва.

Приведемо приклад розрахунку на операції 005.

Норма штучного часу згідно [23] визначається за формулою:

$$T_{\text{шт}} = (T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{в}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}}}{100}\right) [\text{хв}] \quad (2.28)$$

де $T_{\text{ц.а.}}$ – час на цикл роботи за програмою, складається із двох складових:

$$T_{\text{ц.а.}} = T_{\text{o}} + T_{\text{мд}} [\text{хв}] \quad (2.29)$$

T_{o} – основний час роботи верстата за програмою, $T_{\text{мд}}$ – машинно-допоміжний час.

При свердлінні, зенкеруванні довжина робочого ходу визначається за формулою:

$$T_0 = (l_0 + l_1 + l_2 + l_3) / S_m \text{ [хв]}, \quad (2.30)$$

де l_0 - довжина оброблюваної поверхні; l_1 - довжина підводу; l_2 - довжина врізання; l_3 - довжина перебігу; S_m - хвилинна подача. Відповідні значення та результати розрахунку для всіх переходів механічної обробки отворів $\varnothing 9$ під різь М10 наведено в таблиці 4.12.

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів на дані переходи визначають величину швидкого підводу інструмента від вихідної точки (100 мм), величину корекції для розверток, зенкерів - 10 мм. Величина підводу інструмента в вихідну точку для кожного переходу складається із цих двох величин та довжини холостого ходу, що рівна величині робочого ходу. Відповідно отримаємо:

$$T_{\text{мвх1}} = (2 \cdot 100 + 64) / 6000 = 0,04 \text{ (хв.)};$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну зміну інструменту складатиме 0,9 хв.

Відповідно час автоматичної роботи верстата по програмі для операції 010 складатиме:

$$T_{\text{ц.а.}} = (0,21 + 0,16) + (0,1 + 0,3 + 0,2 + 0,2) = 1,17 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час T_B складається із:

$$T_B = T_{\text{вуст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{ввим}} \text{ [хв]} \quad (2.31)$$

$T_{\text{вуст}}$ - допоміжний час на установку і зняття деталі, згідно довідника для даної операції складає 0,42хв;

$T_{\text{воп}}$ - допоміжний час пов'язаний із операцією, включає в себе час на:

встановлення заданого взаємного розташування деталі і інструмента по координатам – 0,48 хв;

- перевірку приходу інструмента в задану точку після обробки – 0,4 хв.

$$T_{\text{воп}} = 0,18 + 0,1 = 0,28 \text{ (хв.)};$$

$T_{\text{ввим}}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання, що складається в даному випадкові із семи заміру штангенциркулем, вісьмох замірів пробкою.

В сумі час затрачений на вимірювальні операції складає:

$$T_{\text{ввим}} = 0,23 \cdot 2 = 0,46 \text{ (хв.)}.$$

Відповідно допоміжний час складатиме:

$$T_{\text{в}} = 0,2 + 0,23 + 0,21 = 0,64 \text{ (хв.)}.$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби приводяться в відсотках від оперативного часу і складають:

$$a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{від}} = 9\% \quad (2.32)$$

Отже норма штучного часу складатиме:

$$T_{\text{шт}} = (2,64 + 0,64)(1 + 9/100) = 2,75 \text{ (хв.)}$$

Для інших операцій розрахунки проводяться аналогічно, а норми часу занесено до таблиці 4.14.

Таблиця 2.16 – Норми часу

№ операцій	Основний час t_0 , хв	Штучний час $t_{шт}$, хв
005	2,29	2,75
010	3,25	4,37
015	3,5	4,23

2.12 Розробка елементів дільниці механічної обробки

Таблиця 2.17 – Приведена програма виробництва

Найменування деталі	Маса, кг	Програм випуску, шт	Коефіцієнт приведення по			Коефіцієнт приведення	К·N
			масі	точності	серійності		
1	2	5	6	7	8	9	10
Кронштейн	8,5	4200	1	1	1	1	4200
Корпус 12.78	6,8	3200	0,86	0,74	1,04	0,66	2126
Фланець	7,2	3600	0,895	0,8	1,023	0,73	2639
Фланець А56. 4	6,4	3800	0,827	0,95	1,015	0,798	3033
Корпус 54В2	8,2	3500	0,97	0,97	1,027	0,91	3407
Всього						15405	

Отже при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься дві подібні деталі.

Кількість верстатів визначається за формулою:

$$C_p = T_{\text{пр}} / (\Phi_d \cdot m) \quad (2.34)$$

де $T_{\text{пр}}$ – сумарна трудомісткість деталей, год;

Φ_d – ефективний річний фонд часу роботи верстата при роботі в одну зміну, год;

m – кількість робочих змін

На операції 005-010 кількість верстатів 6520МФ3 складає:

$$C_p = \frac{(2,75 + 4,37) \cdot 15405}{60 \cdot 2040} = 0,8961$$

Верстатів ЛТ260МФ3:

$$C_p = \frac{4,23 \cdot 15405}{60 \cdot 2040} = 0,5324$$

Отримані результати занесемо до таблиці 5.2

Таблиця 2.18 - Розрахунок кількості обладнання.

$N_{\text{оп}}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження по основному часові.
005	Фрезерна з ЧПК	0,8961	1	0,8961	0,7142	0,8961
- 010						
015	Багатоцільова з ЧПК	0,5324	1	0,5324		0,7781

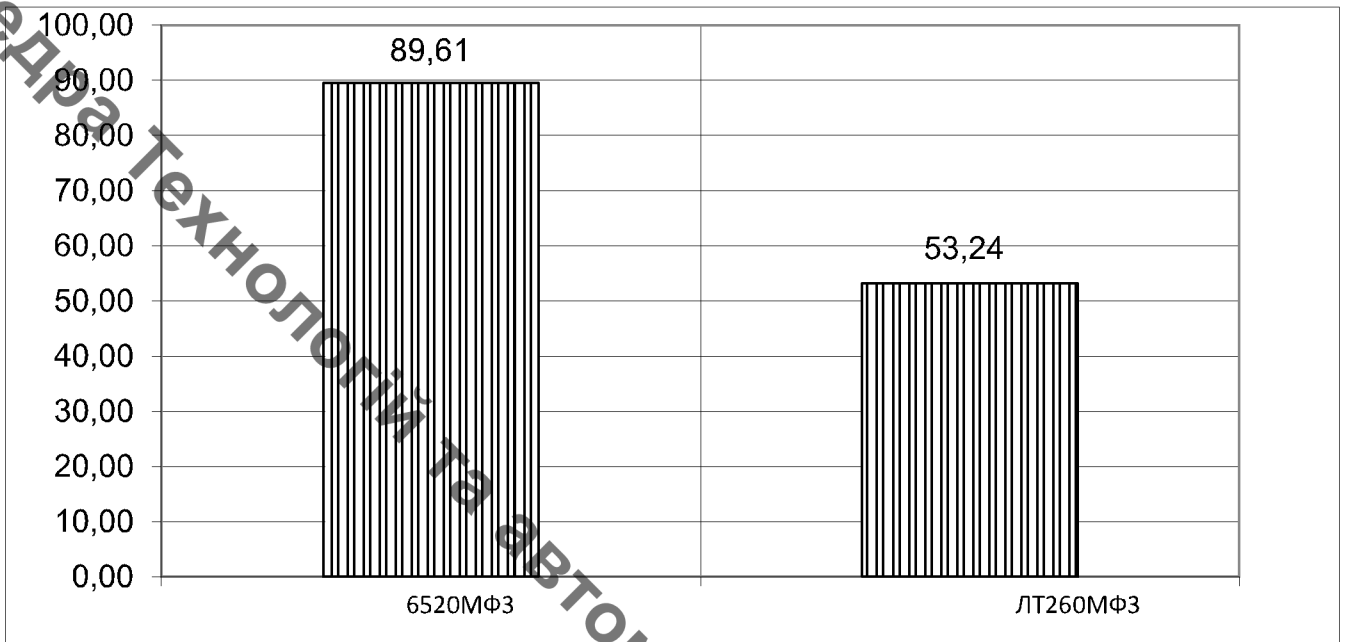


Рисунок 2.11 – Графік завантаження обладнання

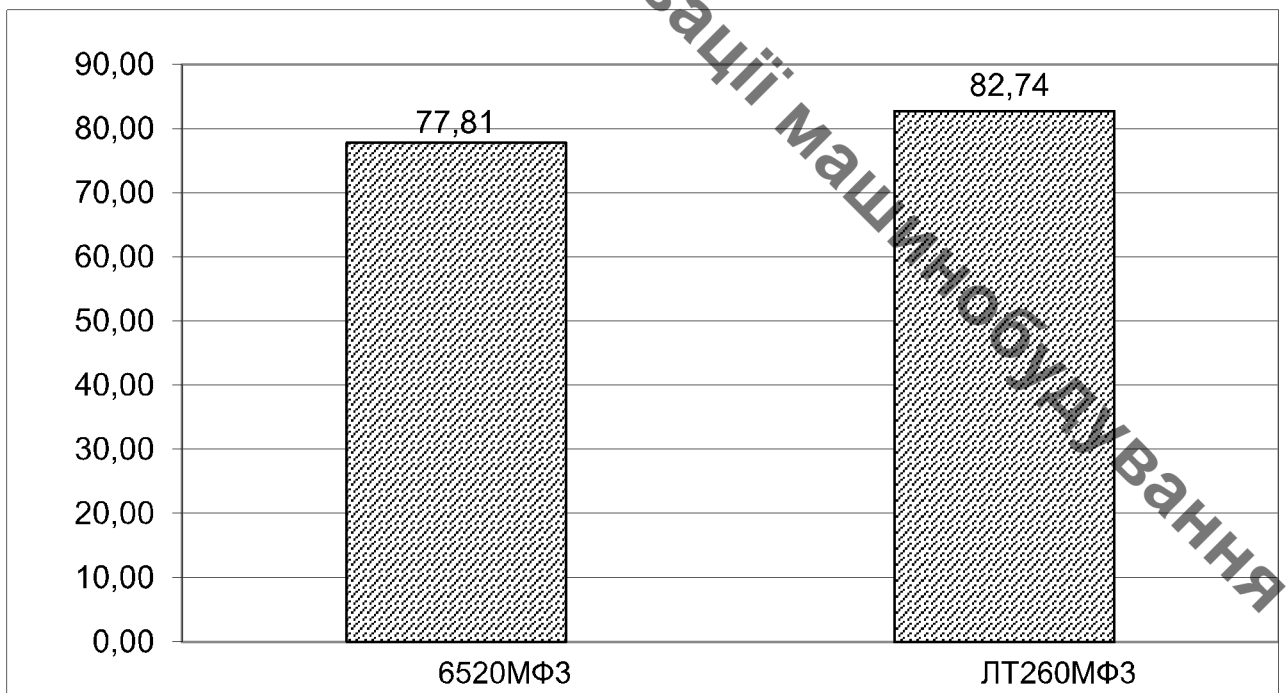


Рисунок 2.12 – Графік використання обладнання за основним часом

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою

$$P = C_{\text{пр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з}} / \Phi_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}} \quad (2.35)$$

де $C_{пр}$ – прийнята кількість верстатів, шт; Φ_v – ефективний річний фонд роботи верстатника, год; K_m – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

Наприклад для роботи на багатоцільовому верстаті необхідно:

$$P=1 \cdot 2040 \cdot 0,8961 / 1 \cdot 1840 = 0,99$$

При розрахунку ефективний фонд роботи верстатника прийнятий рівним 1840 год (тривалість робочої неділі – 41 год, основної відпустки – 18 днів).

Отже для виконання заданого обсягу роботи необхідний 1 робітник.

Аналогічно поводимо розрахунки для інших операцій, а результати записуємо до таблиці 2.19.

Оскільки вважаємо, що верстатні мають довантажуватися іншими деталями, то приймаємо по одному робітнику на кожну операцію.

Згідно таблиці 5.3 сума всіх основних робочих - 2 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості верстатників, відповідно:

$$P_{др} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 2 = 0,4 \dots 0,5$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

Таблиця 2.19 – Кількість робітників –верстатників

Назви верстатів	Прийнята кількість верстатів, $C_{пр}$	Φ_d , год	K_z	K_m	P , чол	$P_{пр}$, чол
Фрезерний з ЧПК	1		0,8961	1	0,99	1
Багатоцільовий з ЧПК	1		0,5324	1	0,54	1

При дрібносерійному виробництві кількість ІТР складає 21-15% від кількості верстатів, тобто:

$$P_{\text{ІТР}}=(0,18\dots0,24)\cdot 2=0,36\dots0,48$$

Приймаємо 1 чол ІТР.

Кількість службовців при серійному виробництві, та при чисельності основних робітників менше 75 чол., складає 2,2% від кількості основних робітників верстатників, отримаємо:

$$P_{\text{СКП}}=0,022\cdot 2=0,044$$

Приймаємо 1 чол.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу складає 2% від кількості усіх працівників, тобто:

$$P_{\text{МОП}}=0,02\cdot (2+1+1+1)=0,1$$

Приймаємо 1 чол молодшого обслуговуючого персоналу. Отримані дані занесемо до таблиці

Таблиця 2.20– Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники		2
Допоміжні робітники	20...25%	1 (0,5 ставки)
ІТР	18...24%	1 (0,4 ставки)
СКП	2,2%	1 (0,05 ставки)
МОП	2%	1 (0,1 ставки)

Отже на дільниці механічної обробки для виготовлення деталі по запропонованому маршруту механічної обробки, має бути розміщено 2 металорізальних верстати, які обслуговуються 2 основними робітниками. Крім того для забезпечення нормальної роботи дільниці необхідно ще 4 робітника. Але як показали розрахунки використання

даного технологічного процесу забезпечить отримання деталі з відповідними кресленню показниками точності.

2.13 Висновки

В результаті виконаного проектування технологічного процесу механічної обробки деталі типу «кренштейн 15.05» визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним. При цьому заготовку доцільно отримувати литтям в піщано-глинисті орми. Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 3 операцій. Для всіх операцій визначено технологічні розміри. Розраховано режими різання та норми часу. З врахуванням того, що дільниця механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на дільниці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження 71,42%;

3. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Для проведення технологічного аудиту залучено 3-х незалежних експертів які оцінили комерційний потенціал розробки за 12-ю критеріями.

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки зведено в таблицю за зразком таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Бали, виставлені експертами:		
	1	2	3
1	1	2	2
2	1	2	1
3	3	3	3
4	2	3	3
5	4	4	3
6	1	2	2
7	2	3	3
8	2	4	3
9	1	2	2
10	2	3	3
11	3	3	4
12	3	4	4
Сума балів	СБ ₁ =25	СБ ₂ =35	СБ ₃ =33
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{25 + 35 + 33}{3} = 31$		

Дана розробка має рівень комерційного потенціалу вище середнього.

3.2 Прогноз попиту на інноваційне рішення

Деталь «Кронштейн», для якої розробляється маршрут механічної обробки в магістерській кваліфікаційній роботі, може використовуватися для ремонту пневматичних систем. При цьому на дільниці планується виготовляти декілька типорозмірів деталей, для цього підбирається обладнання і пристосування, які можуть переналагоджуватися на інші типорозміри. Це дозволить випускати продукцію, в якій будуть зацікавлені цілий ряд користувачів пневмосистемами і відповідно величина попиту на ринкові України складатиме близько 86 000.

З метою прогнозування попиту визначимо ємність ринку обладнання. Для цього опрацювавши статистичні дані, приймемо:

- Середня кількість споживачів, які використовують товари аналогічні розроблюваному 86 000 шт;
- Середній відсоток споживачів, які зацікавлені придбанням інноваційного продукту $P_n=80\%$;
- Середній термін заміни інноваційного продукту - 4 роки;
- Середній відсоток споживачів, що захочуть придбати розроблений товар повторно $C_n=80\%$.

Посилаючись на прогнозовані дані, розраховуємо наступні показники:

Потребу в інноваційному продукті:

$$P_i = P \cdot P_n / 100 [\text{шт}] \quad (3.1)$$

$$P_i = 86000 \cdot 80 / 100 = 68800 \text{ (шт.)}$$

Оптимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$OP = P_i / T [\text{шт}] \quad (3.2)$$

$$OP = 68800 / 4 = 17200 \text{ (шт.)}$$

Песимістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$ПП = ОП \cdot C_n / 100 \text{ [шт]} \quad (3.3)$$

$$ПП = 17200 \cdot 0,8 = 13760 \text{ (шт.)}$$

Реалістичний прогноз попиту на інноваційне рішення:

$$РП = (ОП + ПП) / 2 \text{ [шт]} \quad (3.4)$$

$$РП = (17200 + 13760) / 2 = 15480 \text{ (шт.)}$$

Попит на продукцію буде постійний, оскільки пневматичні системи широко розповсюджені в нашій країні. Крім того можна налагодити випуск подібних виробів (а обладнання дозволить це зробити), що значно підвищить попит продукцію, що може виготовлятися.

3.3 Вибір каналів збуту та після продажного обслуговування

Канали розподілу (збуту) – це сукупність фірм чи окремих осіб, які виконують посередницькі функції щодо фізичного переміщення товарів і перебирають на себе або сприяють передаванню права власності на товари на шляху їх просування від виробника до споживача. Зважаючи, що інноваційний продукт є товаром кінцевого споживання і його цільовим сегментом є машинобудівні підприємства та невеликі майстерні, оптимальними каналами збуту можуть бути:

- канал нульового рівня, що передбачає реалізацію пристосування, безпосередньо від виробника;

Канал першого рівня може використовуватись у випадках встановлення постійного представництва виробника у регіонах (оптового дилера).

При цьому виробник передбачає надання послуг з гарантійного сервісного обслуговування протягом 6 місяців та навчання персоналу роботі із пристосування, і надання рекомендованих режимів роботи.

3.4 Виявлення основних конкурентів

На сьогоднішній день в Україні використовуються шатуни (а відповідно кришки шатуна), в яких отвір не має поверхнево зміцненого шару. Тобто ця поверхня значно зношується і деталь або замінюють або ставлять втулки, що дає можливість ще деякий час експлуатувати машину. Але це вимагає додаткових затрат часу та коштів.

Нова розробка є кращою ніж аналог.

3.5 Обрання методу ціноутворення

Метод ціноутворення – це конкретний спосіб, прийом, сукупність послідовних дій щодо визначення та обґрунтування ціни конкретного товару. Розділення методів на групи є досить умовним і залежить від того, який чинник домінує при визначенні ціни і з якого починається її обґрунтування.

При обранні методу ціноутворення на пристрій для суміщеного обкочування слід урахувати конкуренцію на ринку. Конкуренцію даному пристрою можуть скласти лише закордонні аналоги.

Зважаючи на кращі параметри деталі ніж у аналога, пропонується продавати деталь за ціною дещо вищою, але зважаючи на кращі технічні параметри вона залишиться конкурентоспроможною на ринку нашої країни та дозволить подальше завоювання лідерства за показниками обсягів продажу.

3.6 Оцінка рівня якості інноваційного рішення

Оцінка рівня інноваційного рішення проводиться з метою порівняльного аналізу і визначення найбільш ефективного в технічному відношенні варіанта інженерного рішення. Визначимо абсолютний та відносний рівні якості розроблюваного пристрою.

Визначимо абсолютний рівень інноваційного рішення за формулою:

$$K_{ap} = \sum_{i=1}^n P_{Hi} \cdot \alpha_i$$

Де P_{Hi} - числове значення i -го параметру інноваційного рішення;

n - кількість параметрів інноваційного рішення, що прийняті для оцінки;

α_i

- коефіцієнт вагомості відповідного параметра.

$$K_{ap} = 9 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,3 + 6 \cdot 0,2 + 8 \cdot 0,3 = 8,1$$

Таблиця 3.5 – Основні техніко-економічні показники нової розробки

Показник	Абсолютне значення параметра			Коефіцієнт вагомості параметра
	краще	середнє	гірше	
Твердість поверхневого шару отвору	9			20%
Циклічна довговічність	9			30%
Витрати часу на обробку			6	20%
Шорсткість поверхонь контакту		8		30%

Далі визначаємо рівень якості окремих параметрів інноваційного рішення, порівнюючи його показники з абсолютними показниками якості найліпших вітчизняних та зарубіжних аналогів, основних товарів конкурентів.

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру та занесемо їх у таблицю 4.6, для цього скористаємося формулами:

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}}$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}}$$

P_{Hi}, P_{Bi} - - числові значення і-го параметра відповідно нового і базового виробів.

Таблиця 3.6 – Основні технічні параметри інноваційного рішення та товару - конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий	новий		
Твердість поверхневого шару отвору	220НВ	260НВ	1,18	20%
Циклічна довговічність	6 млн. циклів	7 млн. циклів	1,17	30%
Витрати часу на обробку	5,1 год	5,28год	1,04	20%
Шорсткість поверхонь контакту	1,6 мкм	0,8 км	2,00	30%

$$q_1 = 260/220 = 1.18$$

$$q_2 = 7/6 = 1.17$$

$$q_3 = 5,28/5,1 = 1.04$$

$$q_4 = 1,6/0,8 = 2,0$$

Відносний рівень якості інноваційного рішення визначаємо за формулою:

$$K_{яв} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i$$

$$K_{яв} = 1,18 \cdot 0,2 + 1,17 \cdot 0,3 + 1,04 \cdot 0,2 + 2,0 \cdot 0,3 = 1.395$$

Відносний коефіцієнт показника якості інноваційного рішення більший одиниці, це означає, що інноваційний продукт якісніший базового товару конкурента на 39,5%.

3.7 Оцінка конкурентоспроможності інноваційного рішення

Конкурентоспроможність продукції — це комплексна багатоаспектна характеристика товару, що визначає його переваги на ринку порівняно з аналогічними товарами-конкурентами як за ступенем відповідності конкретній потребі, так і за витратами на їх задоволення.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби покупця. Такими характеристиками для нашого пристосування є технічні параметри, а також ціна придбання та експлуатаційні витрати при використанні пристрою.

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення з урахуванням вищевказаних груп показників можна визначити за формулою:

$$K = I_{тп} / I_{еп}$$

Де $I_{тп}$ - індекс технічних параметрів (відносний рівень якості інноваційного рішення);

$I_{еп}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс економічних параметрів визначається за формулою:

$$I_{en} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{nei}}{\sum_{i=1}^n P_{bei}}$$

P_{bei} P_{nei} - економічні параметри відповідно базового та нового товарів.

$$I_{en} = 2400/4000 = 0,6$$

$$K = 1,395/0,6 = 2,32$$

Оскільки показник конкурентоспроможності більший 1, то наш інноваційний продукт є більш конкурентоспроможним, ніж товар конкурент.

3.8 Прогнозування витрат на виконання роботи

Розрахунок основної заробітної плати розробників.

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою :

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.],} \quad (3.5)$$

де: M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.

T_p – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t – число днів роботи розробника.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = 18000/22 \cdot 20 = 16363,64 \text{ (грн)}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників. При цьому необхідно врахувати, що найбільшу частину роботи виконує інженер-технолог. Результати розрахунків зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	Керівник проекту	18000	818,18	20	16363,64
2	Інженер-технолог	11000	500	20	10000,00
Всього					26363,64

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]}, \quad (3.6)$$

де: t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;
 n – число робіт по видах та розрядах, K_c – коефіцієнт співвідношень, який установленний в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками. $K_c=1 \div 5$. Приймаємо $K_c = 1,37$ C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год. C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot T_{zm}} \left[\frac{\text{грн.}}{\text{ГОД}} \right], \quad (3.7)$$

де: M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн. $M_m = 5000$ грн. K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії, K_c – мінімальний коефіцієнт

співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств машинобудування до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати. $K_c=1,37 T_p$ – число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 23$, $T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

Таблиця 3.7 - Витрати на основну заробітну плату для виготовлення однієї деталі

Обладнання	Трудомі- сткість годин	Погодина тарифна ставка	Велечина оплати,грн
6520МФ3	0,1187	122,32	14,52
ЛТ260МФ3	0,0705	122,32	8,62
Всього			23,14

Для всіх деталей складатимуть:

$$Z_p = 15480 \cdot 23,14 = 358189,66 \text{ (грн.)}$$

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 – 12 % від основної заробітної плати розробників:

$$Z_d = 0,11 \cdot (26363,64 + 358189,66) = 42300,86 \text{ (грн.)}$$

Нарахування на заробітну плату склали 22 % від суми основної та допоміжної заробітної плати:

$$(26363,64 + 358189,66 + 42300,86) \cdot 0,22 = 93907,914 \text{ (грн.)}$$

3.9 Амортизація обладнання, які використовуються під час виготовлення пристосування

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{н.в.}} \cdot \frac{T_{ф.в.}}{12}$$

Де Ц – загальна балансова вартість обладнання, грн;

$T_{фн}$ – строк корисного використання обладнання,

Для багатоцільового верстата складає 0,211 год для однієї деталі, відповідно (з врахуванням 8-годинного робочого дня і в середньому 30 днів у місяці):

$$0,1187 \cdot 15480 / (8 \cdot 30) = 34 \text{ місяців}$$

$T_{нв}$ – нормативний термін використання обладнання, 12 років

Таблиця 3.4 – Амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Термін корисного використання, років	Термін використання обладнання місяців	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
6520МФ3	650000	12	34,01778	153552,47
ЛТ260МФ3	850000	12	20,21	119295,14
Всього				272847,61

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [20]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v \quad [\text{грн.}], \quad (3.8)$$

де: H_i – витрати матеріалу i -го найменування, 10,44 кг, C_i – вартість матеріалу i -го найменування, 14 грн./кг., K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$. V_i – маса

Відходів і-го найменування, 1,94 кг, C_v – ціна відходів і-го найменування, 3,5 грн./кг.
 n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 3.5 - Витрати на матеріал

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг., грн.	Витрачено, кг.	Величина відходів, кг	Ціна відходів грн./кг.	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Сталь 40X	14	10,44	1,94	3,5	153,98
Всього					2383703,28

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує один вид матеріалу Сталь40X і відповідно отримаємо:

$$M = 14 \cdot 10,44 \cdot 1,1 - 1,94 \cdot 3,5 = 153,98 \text{ (грн.)}$$

А для всієї партії:

$$153,98 \cdot 15480 = 2383703,28 \text{ (грн.)}$$

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_n \text{ [грн.]},$$

де: V – вартість 1 кВт-години електроенергії. У січні 2020 року $V = 3,2$ грн./кВт.

P – установлена потужність обладнання, 10 кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій, в результаті чого виготовляється один виріб;

K_n – коефіцієнт використання потужності. $K_n < 1$, приймаємо 0,8.

Таблиця 3.6 – Таблиця витрат на силову електроенергію

Обладнання	Встановлена потужність, кВт	Фактична кількість годин роботи	Сума, грн
6520МФ3	10	0,1187	3,04
ЛТ260МФ3	10	0,0705	1,8
Всього			4,84

А для всієї партії:

$$4,84 \cdot 15480 = 74964,48 \text{ (грн.)}$$

Інші витрати можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану роботу:

$$V_{ін} = (1...3) (Z_o + Z_p) \quad (3.10)$$

$$V_{ін} = 2 \cdot (26363,64 + 358189,66) = 769106,6 \text{ (грн.)}$$

Усі витрати складають:

$$B = 26363,64 + 358189,66 + 42300,86 + 93907,91 + 272847,61 + 2383703,28 + 74964,48 + 769106,6 = 4021384,02 \text{ (грн)}$$

3.8 Розрахунок загальних витрат виконання даної роботи всіма виконавцями

Загальна вартість даної роботи визначається за $B_{заг}$ формулою:

$$B_{заг} = \frac{B}{\alpha} \quad (3.11)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,95$.

Тоді

$$B_{\text{заг}} = 4021384,02 / 0,95 = 4233035,81 \text{ (грн.)}$$

передбачає прогнозування загальних витрат на розробку та впровадження результатів виконаної роботи. Прогнозування загальних витрат здійснюється за формулою:

$$ЗВ = B_{\text{заг}} / \beta \quad (3.12)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,8-0,9$.

Для нашого випадку $\beta \approx 0,5$.

Тоді:

$$ЗВ = 4233035,81 / 0,9 = 4703373,12 \text{ (грн.)}$$

Тобто прогнозовані витрати на розробку технологічного процесу і отримання кронштейна з використанням методів поверхневої пластичної деформації складають 4 703 тис грн.

3.9 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

Комерційний ефект розробленого способу суміщеної обробки пояснюється

досягненням кращих характеристик обробленої деталі. Це дозволяє реалізовувати нашу розробку на ринку дорожче, ніж аналогічні або подібні за функціями розробки.

Аналіз місткості ринку даної продукції показує, що в даний час в Україні кількість потенційних користувачів подібних способів для зміцнення поверхонь деталей складає щороку приблизно 15480 шт. Реалізуємо наші деталі приблизно на (10...20%) дешевше, тобто за 700 грн. При цьому повинен збільшуватися і попит на нашу розробку.

Припустимо, що наша розробка буде користуватися підвищеним попитом на ринку протягом 4-х років після впровадження. Після цього високою є ймовірність, що іншими фахівцями будуть розроблені ще більш ефективні способи зміцнення поверхневого шару.

За нашими розрахунками, результати нашої розробки можуть бути впроваджені з 1 лютого 2020 року, а її результати будуть виявлятися протягом 2020-го, 2021-го, 2022-го та 2023-го років.

Прогноз зростання попиту на нашу розробку складає по роках:

1-й рік після впровадження (2020 р.) – приблизно 15480 шт.;

2-й рік після впровадження (2021 р.) – приблизно 14000 шт.;

3-й рік після впровадження (2022 р.) – приблизно 13000 шт.;

4-й рік після впровадження (2023 р.) – приблизно 12000 шт.

У 2024 р. ми не плануємо отримання прибутків для потенційних інвесторів, оскільки високою є ймовірність, що з'являться нові, більш якісні розробки.

Розрахуємо очікуване збільшення прибутку Π_i , що його можна отримати потенційний інвестор від впровадження результатів нашої розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n \Delta C_0 \cdot N + C_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot (1 - \vartheta / 100) \quad (3.13)$$

де C_0 – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником є збільшення ціни нової розробки, грн.; ми домовилися, що $C_0 = 1600$ грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки;

C_0 – основний оціночний показник, який визначає обсяг діяльності у даному році після впровадження результатів розробки, грн.; $C_0 = 4000$ грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2020 році ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати $\rho = 0,2 \dots 0,3$; візьмемо $\rho = 0,25$;

ϑ – ставка податку на прибуток. У 2018 році $\vartheta = 18\%$.

Тоді, збільшення чистого прибутку для потенційного інвестора Π_1 протягом першого року від реалізації нашої розробки складе:

$$\Delta\Pi_1 = (700 \cdot 15480) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 1851075,95 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_2 = (700 \cdot 14000) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 1674099,7 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_3 = (700 \cdot 13000) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 1554521,15 \text{ (грн.)}$$

$$\Delta\Pi_4 = (700 \cdot 12000) \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot (1 - 18/100) = 1434942,6 \text{ (грн.)}$$

3.10 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розраховуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - \text{PV}, \quad (3.14)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків від реалізації результатів розробки, грн.;

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t} \quad (3.15)$$

де Π_i – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн.;

τ – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої наукової роботи, роки;

t – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні.

Для України приймемо, що $t = 0,10$ (або 10%);

t – період часу (в роках) від моменту отримання прибутків до точки „0”.

Тоді приведена вартість всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від реалізації результатів нашої розробки, складе:

$$ПП = \frac{1851075,95}{(1+0.1)^2} + \frac{11674099,7}{(1+0.1)^3} + \frac{15545211,5}{(1+0.1)^4} + \frac{1434942,6}{(1+0.1)^5} = 4740336,04 \text{ (грн.)}$$

Абсолютна ефективність нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) складе:

$$E_{\text{абс}} = 4740,336 - 4703,373 = 36,962 \text{ (тис. грн.)}$$

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$, то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів нашої розробки може бути доцільним.

Але це ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлене у фінансуванні даного проекту. Він буде зацікавлений це роботи тільки тоді, коли ефективність вкладених інвестицій буде перевищувати певний критичний рівень.

Для цього розрахуємо відносну ефективність E_B вкладених у розробку коштів. Для цього скористаємося формулою:

$$E_B = \sqrt[T_{ж}]{1 + E_{abc} / PV} - 1 \quad (3.16)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, PV – теперішня вартість інвестицій;

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Для нашого випадку:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + 36,962 / 4703,373} - 1 = 0,41 = 41\%$$

У загальному вигляді мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування τ мін визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (3.17)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні $d = (0,20...0,27)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,2)$, але може бути і значно більше. Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau \text{ мін} = 0,25 + 0,10 = 0,35 \text{ або } \tau \text{ мін} = 35\%$$

Оскільки величина $E_B = 41\% > \tau \text{ мін} = 35\%$, то інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні нашої розробки.

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій розраховується за формулою:

$$T_{ок} = 1/E_B$$

$$T_{ок} = 1/0,41 = 2,39$$

Тобто у інвестора, на нашу думку, може виникнути зацікавленість вкладати гроші в дану розробку, оскільки він може отримати більші доходи, ніж якщо просто покладе свої гроші на депозит у комерційному банку

3.11 Висновок

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на автоматизацію ділянки механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,39 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз умов праці

Деталь типу «Кришка насоса НШ32.У» виготовляється в механічному цеху, тому аналізуються умови, в яких вона виготовляється. При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів..

Фізичні небезпечні чинники: рухомі частини виробничого устаткування, що пересуваються, вироби і заготовки; стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електромережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку.

При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при фрезеруванні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне нагрівання внаслідок чого з змащувально-охолоджуючої речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових масел, що входять до складу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

4.2. Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

В проєктованому приміщенні механічної дільниці виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал/год (232-293 Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в позі стоячи призводить до швидкої втоми.

4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат у виробничих приміщеннях визначається наступними параметрами: температура повітря t , °С; відносною вологістю ϕ , %; швидкістю руху повітря на робочому місці v , м/с; атмосферним тиском p , мм.рт.ст.

Згідно з метеорологічними умовами визначаються для робочої зони на висоті 2 м над рівнем підлоги. Людина почуває себе гарно, якщо температура навколишнього повітря $t = 18...22$ °С; відносна вологість $\phi = 40...60\%$; швидкість руху повітря на робочому місці $v = 0,1...0,2$ м/с.

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		оптим.	доп.	оптим.	доп.	оптим.	доп.
Холодний	П6	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	П6	20-22	16-27	40-60	70-25	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинна перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами.

В приміщенні механічного цеху повинна бути встановлена система опалення на

холодний період року, а саме: водяне опалення.

В виробничому цеху для нормального повітрообміну використовують вентиляцію механічного і природного типу.

4.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення на ділянці є верхнє з боковим.

Природне освітлення нормується:

- характеристика зорової роботи: робота дуже високої точності;
- найменший розмір об'єкту розрізнення: від 0,15 до 0,3 мм;
- розряд зорової роботи: II б;
- вид природного освітлення: бокове;
- КПОн = 2,5% (для суміщеного освітлення КПОн = 1,5%);
- пояс світлового клімату – 4 (північніше 50° широти), коефіцієнт світового

клімату $m = 0,9$;

- так як вікна орієнтовані на північ і південь, то азимут 90, звідки коефіцієнт сонячності $c = 0,75$;

- нормоване значення КПО для даного поясу світлового клімату – 1,0125%.

Штучного освітлення - освітленість при загальному освітленні повинна дорівнювати 750 лк, при комбінованому 3000 лк.

На верстатах використовуємо для місцевого освітлення лампи розжарювання.

4.2.3 Виробничий шум

Шум має великий вплив на працездатність людини. Джерелами шуму на розглядає мій ділянці є працююче обладнання, шум з сусідніх ділянок та шум автотранспорту.

Для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях і території підприємства допустимі рівні звукового тиску наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньо герметичними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	82	82	78	75	73	71	69	80

Для зниження шуму у виробничих приміщеннях застосовують різні методи: зменшення рівня шуму в джерелі його виникнення; звукопоглинання і звукоізоляція; установка глушників шуму; раціональне розміщення обладнання; застосування засобів індивідуального захисту.

4.2.4 Виробничі вібрації

В механічному цеху має місце локальна вібрація, яка передається через руки робітнику, що працює за верстатом.

По часовій характеристиці – вібрація непостійна. По направленню дії вібрація відноситься до направленої вздовж осі передпліччя. Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстату вказані в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора верстата

Категорія вібрацій по санітарним нормам і критерії оцінки	Характеристика умов праці	Джерела вібрації
3 тип «а»	Технологічні вібрації діючі на операторів стаціонарного обладнання або що передаються на робочі місця, які не мають джерел вібрації	Металорізальні верстати

Таблиця 4.4 – Санітарні норми однотипних показників вібраційного навантаження на оператора

Вид вібрації	Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні і кореговані по частоті та еквівалентні кореговані значення			
			Вібраційне прискорення		Віброшвидкість	
			м/с ²	рівень дБ	м/с	рівень дБ
Локальна	3 тип "а"	Z ₀ , X ₀ ,	2,0	126	2,0	112
Загальна		Y ₀	0,1	100	0,2	92

Заходи щодо захисту від вібрацій поділяються на технічні, організаційно-технічні, лікувально-профілактичні.

Технічні заходи полягають у зниженні вібрації в джерелі її виникнення та зменшенні вібрації на шляхах її поширення від джерела.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Так, вібрація послаблюється при заміні кулачкових та кривошипних механізмів на механізми, що обертаються з рівномірною швидкістю, механічних приводів – на гідравлічні та ін. Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела змушувальної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

4.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

4.3.1 Техніка безпеки

Для забезпечення безпеки повинні встановлюватися пристрої, що виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону; захисні екрани для верстатів; переносні огорожі, блокуючі пристрої; пристрої сигналізації у верстатах; застосовуватись особливі конструкції кнопок керування, що роблять неможливим попадання робітника у небезпечну зону.

Робітники дільниці при обробці різанням повинні мати засоби індивідуального захисту: спецодяг, взуття.

З метою захисту працівника від можливого отримання травм, пов'язаних з виділенням металічних частинок (стружки, осколків інструмента при його поломці), а також з розбризкуванням змащувально-охолоджувальної рідини при роботі на верстаті, передбачається індивідуальний захист працюючого – наявність захисного екрану, захисних окулярів. Робоче місце верстатника повинно бути закрито екраном для запобігання вилітання частинок стружки і уламків інструменту.

4.3.2 Електробезпека

Експлуатація більшості машин в механічному цеху пов'язана з використанням електричної енергії.

По степеню ураження електричним струмом механічний цех належить до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом тому що підлога бетонна, тобто струмоведуча.

В цілях захисту робочих проводять організаційні міри, такі як проведення інструктажів по техніці безпеки (ввідного, первинного, при необхідності повторного – позапланового, цільового), нанесення символів і інших запобіжних надписів на електроустановках. Верстат підключений до трифазного чотирьохпровідного джерела з заземленою нейтраллю змінного струму напругою 220/380 В, тому необхідно використовувати занулення.

4.4 Пожежна безпека

Дільниця по небезпеці виникнення пожежі відноситься до категорії «Д» - виробництво, яке пов'язане з обробкою незгораємих речовин і матеріалів у холодному стані.

Ступінь вогнестійкості будівлі – III – будівля з несучими і відгороджуючи ми конструкціями з природних та штучних матеріалів, несучі конструкції важкозгораємі.

Мінімальні межі вогнестійкості (в чисельнику) та максимальні межі розповсюдження вогню (в знаменнику) див. таблицю 5.5.

Таблиця 4.5 – Мінімальні межі розповсюдження та максимальні межі розповсюдження вогню

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Драбинні площадки	Плити, настили, інш.	Плити, Балки, настили, ферми	
	несучі	Само-несучі	Зовні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили	Балки, ферми
III	2	1	0,25...0,5	0,25	2	1	0,75	0,25	н.н.
	0	0	0...40	40	0	0	0	н.н.	н.н.

Примітка: н.н. – не нормується.

Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку.

Таблиця 4.6 – Ступінь вогнестійкості, допустиме число поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку

Категорія виробництва	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа в межах пожежного відсіку, м ²		
			Одноповерхові	Багатоповерхові	
				2 повери	3 і більше
Д	3	III	7800	6500	4500

Таблиця 4.7 – Типи пожежних перешкод

Ступінь вогнестійкості будівлі	Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод	Мінімальні межі вогнестійкості перешкод, год
III	Протипожежні стіни	1	0,25
	Протипожежні перешкоди	2	0,25
	Протипожежні перекриття	2	1

На випадок виникнення пожежі повинна бути передбачена евакуація людей. Кількість евакоходів – не менше 2.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакоходу для виробництва категорії Д не нормується.

Заходи проти виникнення пожежі, застосовані на ділянці: зберігання промаслених ганчірок, стружки у спеціально встановлених скриньках і захист провідників від короткого замикання та перевантаження – плавкі запобіжники.

Засоби пожежогасіння: протипожежний щит з ящиком з піском та лопатою; пінний вогнегасник ОВП-5; порошковий вогнегасник ОП-5; багри; лом; сокири; пожежні відра; пожежні крани.

4.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Розрахунок режимів радіаційного захисту об'єкта господарювання.

4.5.1 Дія іонізуючих випромінювань на людей

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгенівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що

складається з космічного випромінювання, випромінювання природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини.

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою – в організм людини. При вивченні дії випромінювання на організм людини встановлено такі особливості:

- навіть незначна кількість поглиненої енергії випромінювання спричинює глибокі біологічні зміни в організмі;
- наявність прихованого (інкубаційного) періоду дії іонізуючого випромінювання;
- випромінювання має генетичний ефект;
- органи живого організму мають різну чутливість до випромінювання;
- окремі організми неоднаково реагують на опромінювання;
- опромінювання залежить від частоти, одноразове опромінювання у великій дозі спричинює більш глибокі зміни.

Радіоактивні речовини потрапляють в організм людини при вдиханні зараженого повітря, із зараженою їжею чи водою, крізь шкіру, відкриті рани. Проникненню радіоактивних забруднень крізь шкіру і рани можна запобігти, дотримуючись певних заходів захисту.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

4.5.2 Розрахунок режимів радіаційного захисту

Визначимо можливу дозу опромінення в заданих умовах радіаційного

забруднення, які будуть працювати у звичайному режимі (2 зміни по 12 год.)

$$D_m = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})}{K_{\text{noc}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - 1)}{8} = 1,16 \text{ мР},$$

де $t_n=1$ год. – час початку роботи після радіоактивного забруднення;

$t_k=1+12=13$ год. – час завершення роботи першої робочої зміни після радіоактивного забруднення;

$p_{1\max}=1,25$ мР/год. – рівень радіації через одну годину після радіоактивного забруднення;

$K_{\text{noc}}=8$ – коефіцієнт послаблення радіації виробничим приміщенням.

Визначимо граничне значення рівня радіації, при якому можлива робота в звичайному режимі

$$p_{\text{гр}} = \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{t_k^3} - \sqrt[4]{t_n^3})} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot (\sqrt[4]{13^3} - \sqrt[4]{1^3})} = 0,77 \text{ мР/год.}$$

Можлива доза опромінення $D_m > D_{\text{доп}}$ ($1,16 > 0,75$) та рівень радіоактивного забруднення $p_{1\max} > p_{\text{гр}}$ ($1,2 > 0,77$) перевищують допустимі норми. Для продовження виробничої діяльності об'єкта необхідно введення в дію режимів радіаційного захисту.

Розрахунок режимів радіаційного захисту проведемо в такій послідовності.

Визначаємо час початку роботи першої зміни, для цього знаходимо коефіцієнт

α :

$$\alpha = \frac{D_{\text{дон}} \cdot K_{\text{noc}}}{1,33 \cdot p_{1\max}} = \frac{0,75 \cdot 8}{1,33 \cdot 1,25} = 3,75.$$

Згідно довідникових даних час початку роботи першої скороченої зміни $t_n=1$ год.

Для 1-ї скороченої зміни: $t_{n1} = 1$ год.

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k1} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n1}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{1^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 7,96 \approx 7,5 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p1} = t_{k1} - t_{п1} = 7,5 - 1 = 6,5$ год.

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M1} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{k1}^3} - \sqrt[4]{t_{n1}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{7,5^3} - \sqrt[4]{1^3})}{8} = 0,72 \text{ мР.}$$

Для 2-ї зміни: $t_{п2} = t_{п1} + t_{p1} = 1 + 6,5 = 7,5$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k2} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n2}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{7,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 16,6 \approx 16,5 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p2} = t_{k2} - t_{п2} = 16,5 - 7,5 = 9$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{M2} = \frac{1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot (\sqrt[4]{t_{k2}^3} - \sqrt[4]{t_{п2}^3})}{K_{\text{носл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{16,5^3} - \sqrt[4]{7,5^3})}{8} = 0,72 \text{ мР.}$$

Для 3-ї зміни: $t_{п3} = t_{п2} + t_{p2} = 7,5 + 9 = 16,5$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k3} = \left(\frac{D_{\text{доп}} \cdot K_{\text{нос}} + 1,33 \cdot p_{1\text{max}} \cdot \sqrt[4]{t_{n3}^3}}{1,33 \cdot p_{1\text{max}}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{16,5^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 27,05 \approx 27 \text{ год.}$$

Тривалість роботи зміни $t_{p3} = t_{k3} - t_{п3} = 27 - 16,5 = 10,5$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{.m3} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{k3}^3} - \sqrt[4]{t_{n3}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{27^3} - \sqrt[4]{16,5^3})}{8} = 0,746 \text{ мР}.$$

Для 4-ї зміни: $t_{п4} = t_{п3} + t_{р3} = 16,5 + 10,5 = 27$ (год.)

Час закінчення роботи зміни

$$t_{k4} = \left(\frac{D_{\text{дол}} \cdot K_{\text{пос}} + 1,33 \cdot p_{1\max} \cdot \sqrt[4]{t_{п4}^3}}{1,33 \cdot p_{1\max}} \right)^{\frac{4}{3}} = \left(\frac{0,75 \cdot 8 + 1,33 \cdot 1,25 \cdot \sqrt[4]{27^3}}{1,33 \cdot 1,25} \right)^{\frac{4}{3}} = 38,93 \approx 39 \text{ год}.$$

Тривалість роботи зміни $t_{р4} = t_{к4} - t_{п4} = 39 - 27 = 12$ (год.)

Можлива доза опромінення зміни

$$D_{.m4} = \frac{1,33 \cdot p_{1\max} \cdot (\sqrt[4]{t_{к4}^3} - \sqrt[4]{t_{п4}^3})}{K_{\text{посл}}} = \frac{1,33 \cdot 1,25 \cdot (\sqrt[4]{39^3} - \sqrt[4]{27^3})}{8} = 0,76 \text{ мР}.$$

Роботу в дві зміни на підприємстві можна буде розпочинати через 16,5 год. після радіоактивного забруднення. Для захисту працівників в таких умовах роботи доцільно вжити таких заходів: незайнятих на виробництві працівників евакуювати; забезпечити працівників засобами індивідуального захисту; систематично проводити прибирання у виробничих приміщеннях; провести герметизацію виробничого приміщення та встановити протипилові фільтри у вентиляційну систему; провести йодну профілактику персоналу; максимально обмежити пересування працівників по відкритій місцевості.

4.6 Висновки

В розділі проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз сучасного стану застосування методів поверхневого пластичного деформування та обґрунтовано існуючі способи обкочування кульками деталей, такі як обкочування і розкочування поверхонь заготовок, калібрування отворів, вібронакатування і наклепування інструментами відцентрово-ударної дії.

Зазначені основні параметри зміцнюючого шару обкатаного кульками показали, що обкочування кульками є перспективним способом підвищення надійності і довговічності деталей сільськогосподарської техніки.

В експериментальних частині роботи досліджено шорсткість поверхневого шару після обкочування кульками. Виявлено, що якість поверхневого шару залежить від сила обкочування, так як збільшення сили до значення більшого, ніж критичне, для даного матеріалу призводить до перенаклепу, руйнування поверхневого шару металу і, як наслідок, до збільшення параметра шорсткості поверхні.

Досліджено вплив режимів обкочування кульками на зміцнення сталей. Визначено, що обкочування слід проводити в один прохід. Тільки при тисках значно нижче оптимальних доцільно застосовувати два-три проходи. У ряді випадків для отримання необхідного ступеня зміцнення за один прохід необхідно зменшувати подачу.

Результати дослідження твердості в поверхневому шарі загартованих і обкатаних зразків показують, що товщина наклепу визначається тиском і розмірами площі контакту, а також структурою і властивостями матеріалу

Розроблені рекомендації з обкочування використано при проектуванні технологічного процесу механічної обробки деталі типу «кронштейн 15.05» визначено, що при даній програмі випуску виробництво буде серійним. При цьому заготовку доцільно отримувати литтям в піщано-глинисті орми. Відповідно до типу виробництва та форми і точності заготовки розроблено маршрут механічної обробки, який складається з 3 операцій. Для всіх операцій визначено технологічні

розміри. Розраховано режими різання та норми часу. З врахуванням того, що дільниця механічної обробки буде довантажуватися іншими подібними деталями виконано розрахунок елементів дільниці механічної обробки, визначено кількість верстатів та їх коефіцієнти завантаження, розрахована кількість працюючих – на дільниці має бути розміщено 2 металорізальних верстати із середнім коефіцієнтом завантаження 71,42%;

При оцінці економічної ефективності наукового дослідження було визначено комерційний потенціал дослідження та розраховано кошторис капітальних витрат на автоматизацію дільниці механічної обробки, а також оцінено економічну ефективність інноваційного рішення.

В розрахунку економічної ефективності було виконано прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів наукової-дослідної роботи, спрогнозовано комерційний ефект від реалізації результатів розробки та ефективність вкладених інвестицій і періоду їх окупності (2,39 роки). За результатами всіх розрахунків було виявлено доцільність проведення даної наукової-дослідної роботи оскільки вона є економічно виправданою

В розділі проаналізовано умови праці на дільниці механічної обробки заготовки деталі типу «Кронштейн 15.05», проаналізовано умови праці на дільниці, розглянуто організаційно-технічні рішення з гігієни праці, виробничої санітарії, забезпечення безпечної роботи та розраховано режими радіаційного захисту об'єкта господарювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение. 1989.
2. . Оптимизация и управление процессом резания: / О.С. Кроль, Г.Л. Хмеловский. – К.: УМК ВО, 1991. – 140с.
3. . Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справ./ Под ред. Н.В. Новикова. - К.: Техніка. 1988.-108с.
4. . Зантур Сахби, Богуславский В.А., Ивченко Т.Г. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.77-84.
5. Т.Г.Ивченко, Е.Е. Шальская. Повышение эффективности применения сверхтвердых инструментальных материалов за счет оптимизации режимов резания. Известия ТТИ ЮФУ – ДонНТУ. Материалы одиннадцатого научно-практического семинара “Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы”: - Таганрог: ТТИ ЮФУ. Кн.3. 2010.№10. – С. 158-163.
6. Ивченко Т.Г., Шальская Е.Е. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения:– Донецк: ДонНТУ, 2010. Вып. 39. – С.91-97.
7. Підвищення надійності деталей машин поверхневим пластичним деформуванням: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „металорізальні верстати та системи”/ І.С. Афтаназів, А.П. Гавриш, П.О. Китичок і ін. – Житомир:ЖІТІ, 2001 – 516 с.
8. Браславский В. М. Технологія обкатування великих деталей роликками. М., «Машинобудування», 1975. 159 с. з іл.
9. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием, - М.: Машиностроение, 2002. – 300 с.

10. Алиев И.С., Сивак Р.И. Оценка пластичности при поверхностной пластической деформации// Известия ТулГУ. Сер «Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением». – Тула: ТулГУ. – 2004. – С. 150-156

11. Сухоруков С. И. Влияние параметров разбиения конечно-элементной модели на точность результатов моделирования процесса поперечно-клиновой прокатки / С. И. Сухорков, И. О. Сивак, Е. И. Коцюбовская // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. - №3 (32). – С. 35 – 39. ISSN 2076 – 2151.

12. Смелянский Вадим Михайлович. Механіка упрочнення деталей поверхневим пластичним деформуванням: монографія / В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение, 2002. – 300 с. – ISBN 5-217-03065-8.

13. Сердюк О. В. Моделирование процесса деформирования поверхностного слоя при обкатке цилиндрическим роликом // Обработка материалов давлением. – 2012. – № 3 (32).

14. Огородников В. А. Напружений стан на кінцевій стадії видавлювання різевих канавок на внутрішній поверхні / В.А. Огородников, В. Г. Нагайчук, М. В. Любін // Вісник вінницького політехнічного інституту, 1996. - №4. – С. 53-55.

15. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні. Методика і особливості виконання курсової роботи: навчальний посібник / В.В.Кавецький, В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2013.-100 с.

16. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «САПР технологічної підготовки машинобудівного виробництва» / Укладачі: О. В. Петров, Л. Г. Козлов, Д. О. Лозінський. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 60с.

17. Дусанюк Ж.П. Посібник до практичних занять з дисципліни " Механоскладальні дільниць та цехи в машинобудуванні"/ Ж.П. Дусанюк, С.В. Дусанюк, С.В Репінський, О.В. Сердюк – Вінниця: ВНТУ, 2011 – 142 с.

18. Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку : ГОСТ 26645-85. — [Чинний від 1987-07-01]. — М. : Изд-во стандартов, 1987. — 53 с.
19. Дусанюк Ж. П. Проекування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навчальний посібник / [Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В. та ін.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 199 с.
20. Руденко П.А. Проектирование и производство заготовок в машиностроении / П.А. Руденко, Ю.А. Харламов, В.М. Плескач,- Киев «Выща школа». 1999.—247 с.
21. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабука В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев А. И.] ; Под ред. В. В. Бабука Минск : Вышэйшая школа, 1987.— 255 с.
22. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проєкування / Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П, Пурдик В. П. — Вінниця, 2012. — 122 с.
23. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 2. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1985.— 496с.
24. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 2, Москва 1990.
25. “Режимы резания металлов”, справочник, под. ред. Ю.В.Барановского, Москва 1972.
26. “Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство”, Москва 1984.

27. “Общестроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым управлением”, часть 1, Москва 1990.
28. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении / П. А. Руденко — К. : Вища школа, 1985. — 255 с.
29. Антонюк В.Е. Конструктору станочных приспособлений: Справ. Пособие— Мн: Беларусь, 1991
30. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроения, 1971.
31. Вардашкин Б.Н. Станочные приспособления: Справочник в 2-х томах. Т1/ Б.Н. Вардашкин, А.А.Шатилов. М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
32. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 276с.
33. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Изд. 3-е переработ. Том 1. [Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова]. М., «Машиностроение», 1972.— 694с.
34. Козловський В. О. Методичні вказівки до виконання студентами - магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / В.О.Козловський - Вінниця: ВНТУ, 2012.- 22 с.
35. Закон України «Про оплату праці» від 24.03.1995, № 108/95-ВР. [сайт]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/108/95-Вр>. Назва з екрану.
36. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті /Уклад. Г. Л. Лисенко, А. Г. Буда, Р. Р. Обертюх, - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 60 с.
37. Терещенко О. П. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях” в дипломних проектах і магістерських роботах студентів машинобудівельних спеціальностей. / О.П. Терещенко, О.В. Кобилянський – Вінниця: ВНТУ, 2014.- 45 с.

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Додатки

Додаток А

Технічне завдання

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри ТАМ

д.т.н., проф. Л.Г.Козлов

_____ (підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Удосконалення технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу
«Кронштейн 15.05»
08-26.МКР.017.00.000 ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доц. каф. ТАМ
Сердюк О.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Виконавець: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Пойта М.В. _____

« ____ » _____ 20__ р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи

а) потреба в зниженні собівартості виконання операцій механічної обробки заготовки деталі «Кронштейн 15.05» за рахунок використання сучасного варіанту виготовлення заготовки та металорізального обладнання, інструменту, оснащення, оптимізації режимів обробки;

б) наказ про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) модернізація технологічного процесу механічної обробки для зниження технологічної собівартості завдяки застосуванню сучасних технологій і нових методів обробки заготовок;

б) розробка призначена для застосування на машинобудівних підприємствах України.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Робоче креслення деталі «Кронштейн 15.05».

Необхідність розгляду альтернативних варіантів ріжучого інструменту та режимів обробки та вибір найбільш оптимального.

4. Вимоги до виконання МКР

МКР повинно використовувати математичні моделі, схеми та рішення, адекватність яких підтверджена попередніми дослідженнями, обґрунтованими висновками, експериментальними даними.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Основні теоретичні та практичні дослідження проведені попередниками	1.10	15.10	Формування задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
2	Методика теоретичних (експериментальних) досліджень об'єкту вивчення	15.10	20.11	Об'єкт дослідження, розділ 2
3	Математичне моделювання та аналіз результатів дослідження	15.10	30.11	розділ 3, публікація результатів
4	Підготовка економічної частини	1.11	25.11	розділ 4, апробація
5	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	1.11	25.11	розділ 5
6	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	1.10	27.11	пояснювальна записка

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив рецензента, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів науково-дослідницької частини МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Представлення МКР на захист відбувається після проходження попереднього захисту на засіданні кафедральної комісії та її позитивного висновку. Готова робота, з усіма необхідними компонентами і підписами подається на кафедри за два дні до захисту. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8. Вимоги до оформлення МКР

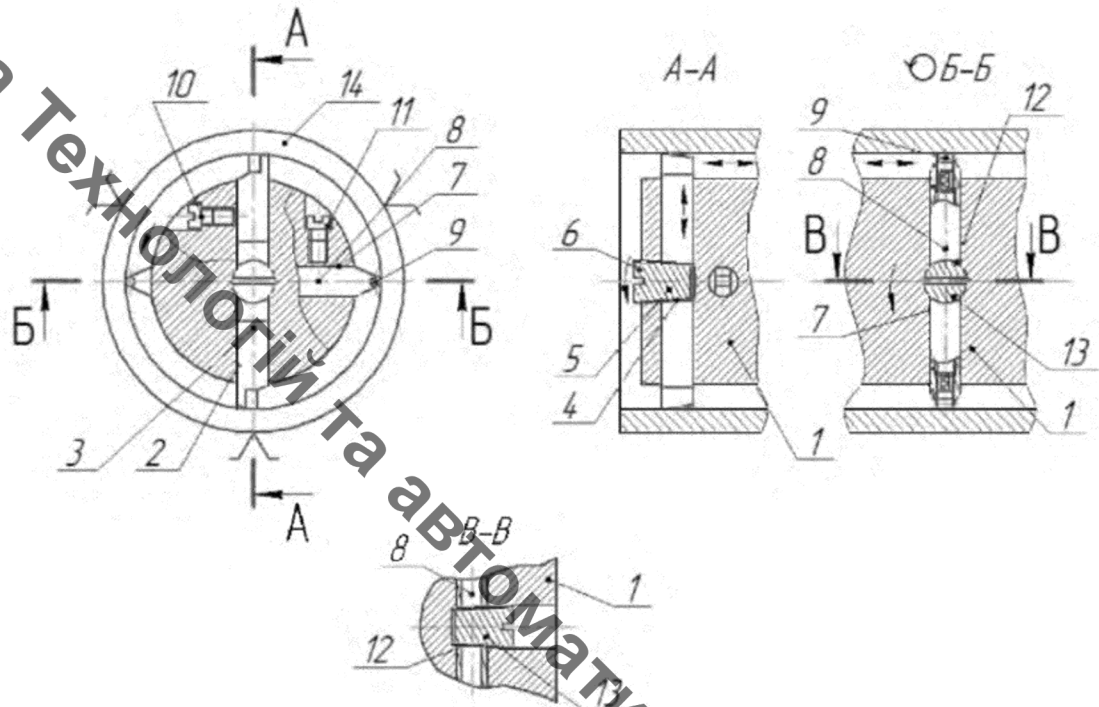
Вимоги викладені в «Положенні про порядок підготовки магістрів у Вінницькому національному технічному університеті» з урахуванням змін, що подані у бюлетені ВАК України № 9-10, 2011р. та на основі ДСТУ 3008:2015.

9. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом Відсутні.

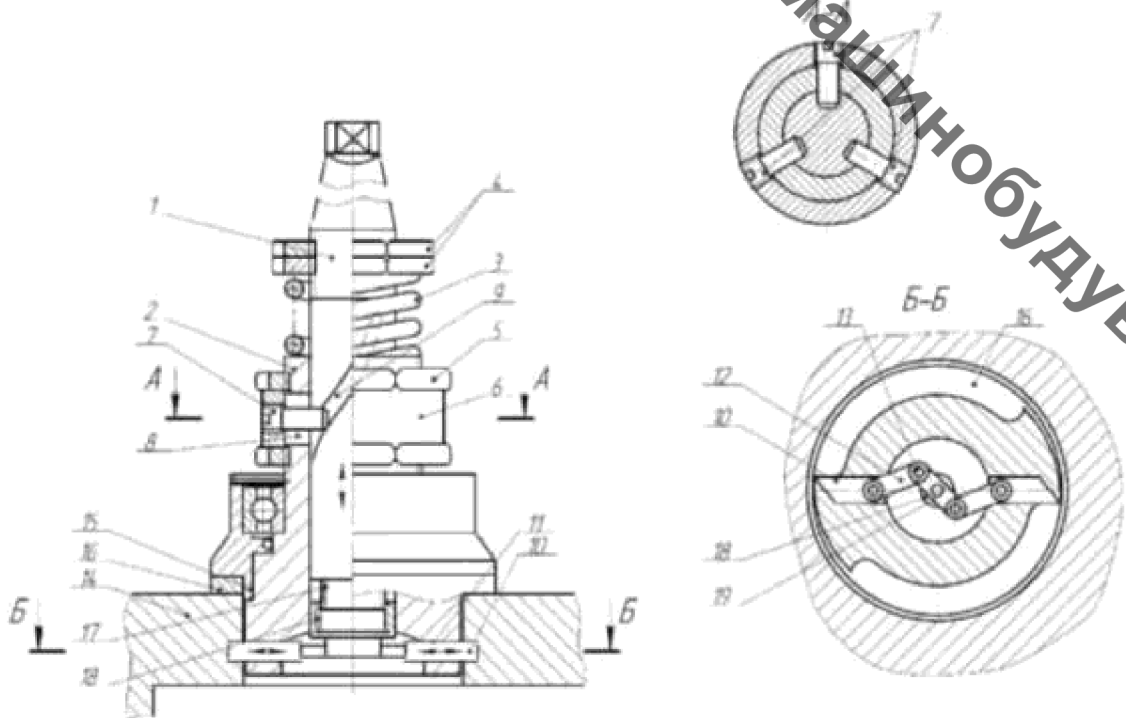
Додаток Б

Графічна частина

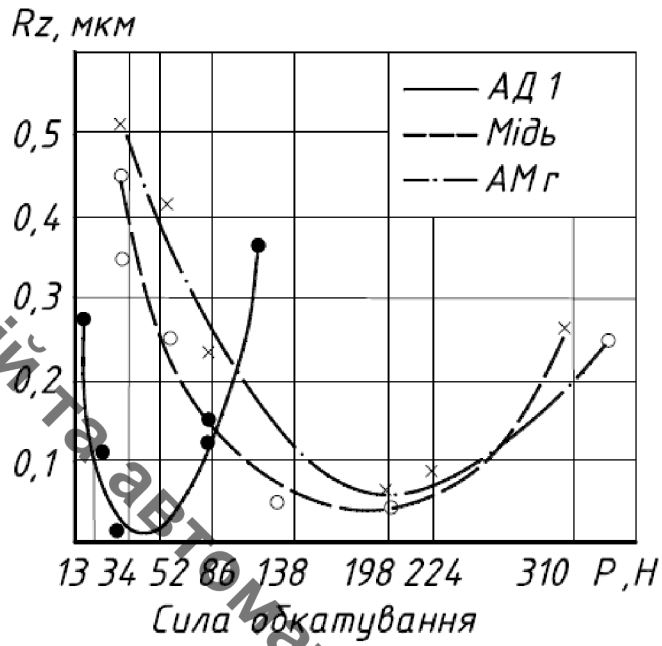
Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування



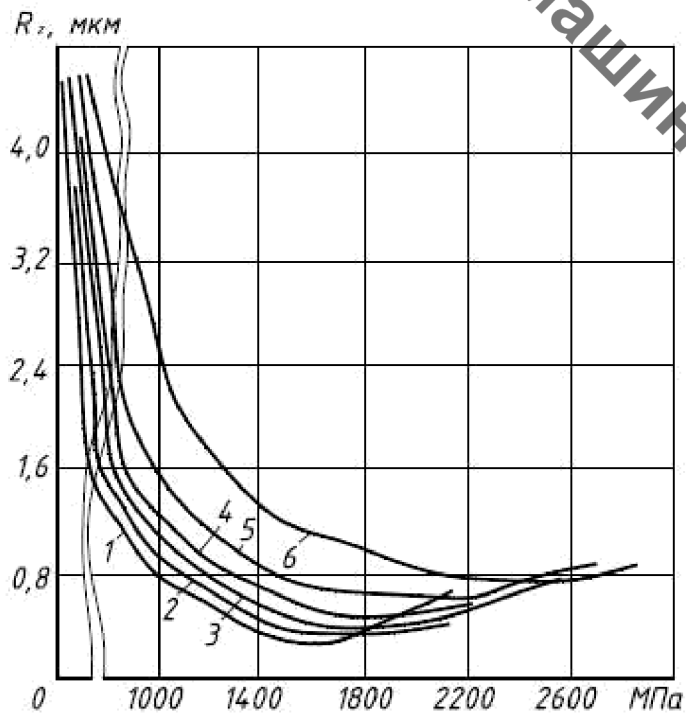
Оправка для розточування і вигладжування внутрішніх циліндричних поверхонь



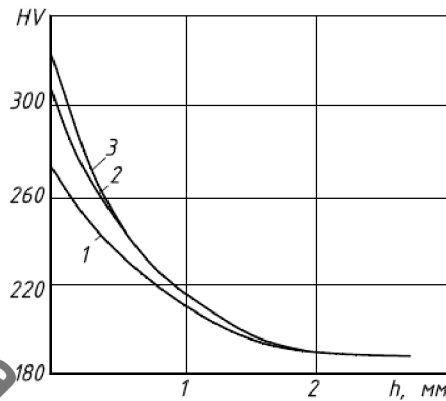
Розточна головка шарнірного типу



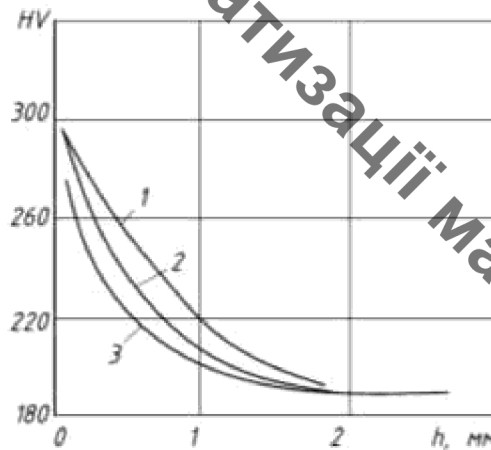
- Залежність шорсткості обкатаної поверхні від сили обкочування кулею великого діаметра



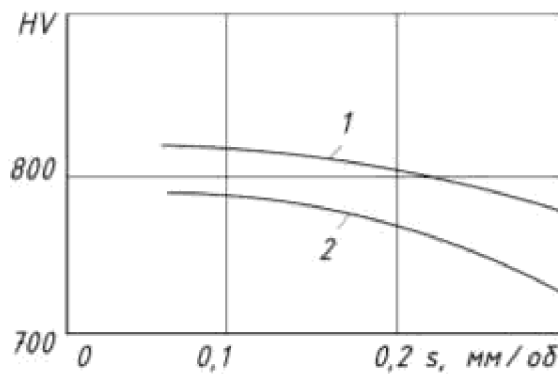
Залежність шорсткості від тиску при обкатці і матеріалу заготовки: 1 - сталь 20; 2 - сталь ШХ15; 3 - сталь 45; 4 - сталь 20ХН3А; 5 - сталь У8; 6 - сталь 18ХГТ



Вплив числа проходів на глибину наклепа: 1 - один прохід; 2 - три проходи; 3 - шість проходів; h - відстань від поверхні



Вплив швидкості на зміцнення при обкатці зразків зі сталі 45: 1 - $u = 12$ м/хв; 2 - $u = 50$ м/хв; 3 - $u = 180$ м/хв; h - відстань від поверхні



- Вплив подачі на поверхневу твердість зразків із загартованої сталі ШХ15, оброблених при тиску: 2800 МПа (крива 1) і 2200 МПа (крива 2)

Кафедра Технологій та автоматизації машинобудування