

Хмельницький національний університет
 Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
 Кафедра: Технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти магістра на тему:

«Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі шток АВ 404 із застосуванням поверхневого пластичного обкочування»

Назва теми

Рівень вищої освіти: другий (магістр)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація: Технології машинобудування

Назва

Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 22406

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-22-1

Шифр


Підпис

Вадим МУДЯР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник д.т.н., професор

Науковий ступінь, звання


Підпис

Анатолій ГОРДСЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
 Завідувач кафедри технології
 машинобудування

Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата 20.12.2023

Хмельницький 2023

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Віталію ТКАЧУКУ
здобувача вищої освіти
Вадима МУЛЯРА,
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, 2 курсу гр. ПМТм-22-1

здобувача вищої освіти (студента)
ПІБ, факультет, «курс», «група»

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

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

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

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
Назва кваліфікаційної роботи : «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі шток АВ 404 із застосуванням поверхневого пластичного обкочування»

Автор: Вадим МУЛЯР
Освітня програма: 131. Прикладна механіка
Спеціальність: Технології машинобудування
Науковий керівник: Анатолій ГОРДЕЄВ

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Передається на розгляд Експертної ради кафедри

Підтвердження:

.....

.....

.....

.....

Дата

Завідувач кафедри

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Підпис

Віталій ТКАЧУК

Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Підпис

Анатолій ГОРДЕЄВ

Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Муляр Вадим Олександрович на захист дипломного проекту (роботи)
(ПРИМІТКА: ім'я по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Шток АВ 404» із застосуванням поверхневого пластичного обточування

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

[Підпис]
(ІМ'Я, ПРІЗВИЩО)

**ВІКТОР
ОЛЕКСАНДРОВИЧ**
(ІМ'Я, ПРІЗВИЩО)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Муляр В. О. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2022 по 2022 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 50,00 %, задовільно 50,00 %.
 шкалою ЄКТС: А 0,00 %, В 9,09 %, С 36,36 %, D 18,18 %, E 36,36 %.

Методист факультету

[Підпис]
(ІМ'Я, ПРІЗВИЩО)

(ІМ'Я, ПРІЗВИЩО)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Муляр В. О. виконав дипломний проєкт (роботу) самостійно та виконав її у необхідній терміни. За період роботи над проєктом показав добрі технічні знання

Оцінка дипломного проєкту (роботи) добре

Керівник дипломного проєкту

[Підпис]
(ІМ'Я, ПРІЗВИЩО)

В. Гордєєв
(ІМ'Я, ПРІЗВИЩО)

21.12 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Муляр В. О. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

(ІМ'Я)

2023 р.

(ІМ'Я, ПРІЗВИЩО)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Муляра О. В. «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі шток АВ 404 із застосуванням поверхневого пластичного обкочування»

Тема магістерської роботи Муляра О. В. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі шток АВ 404 із застосуванням поверхневого пластичного обкочування.

В загальному розділі виконано аналіз стану питання і постановка задачі досліджень. В другому розділі розроблено вдосконалену технологію процесу виготовлення деталі шток АВ 404. В третьому розділі розглянуто поверхневе пластичне деформування як засіб покращення експлуатаційних властивостей деталей машин та побудовано математичну модель процесу чистового точіння та одночасного обкочування з якої визначено режими роботи обладнання. В четвертому розділі спроектовано обладнання на операцію чистового точіння та одночасного обкочування та проведено проектування верстатного пристрою для свердлування отвору перпендикулярному осі деталі.

Графічна частина виконана на доброму рівні з використанням комп'ютерного просторового проектування і дає повне уявлення про предмет розробки. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

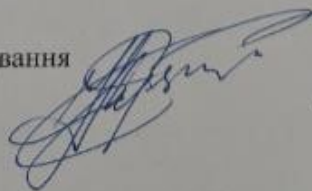
За матеріалами досліджень опубліковані тези.

По роботі є зауваження:

1. Бажано було би навести данні про величину витоку мастильно - охолоджуючих технологічних засобів для обробки та метод їх збирання.

Виходячи з результатів, які містяться в магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, який відповідає вимогам до магістерських праць, робота рекомендується до захисту, а здобувач Муляр О. В. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Доцент каф. галузевого машинобудування
та агроінженерії, к.т.н., доцент



Лук'янюк М. В.

Хмельницький національний університет
факультет Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціалізація Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
технології машинобудування
_____._____. 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Муляру В. О.

Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі шток АВ 404 із застосуванням поверхневого пластичного обкочування»

керівник проекту (роботи) Гордєєв А.І., д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 20__ р. № _____

2 Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.12.2023 р

3 Вихідні дані до проекту (роботи): Обзор літературних джерел. Креслення деталі.

4 Зміст пояснювальної записки: Вступ. Загальний розділ. Технологічний розділ. Дослідницький розділ. Конструкторський розділ. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу: 1 Креслення деталі – 1 лист А1; 2 Креслення заготовки - 1 лист А1; 3. Карта наладки верстата – 1 лист А1; 4. Верстатний пристрій для точіння та обкочування - 3 листа А1; 5. Пристрій для свердлування - 1 лист А1; 6. Дослідницькі листи 3 листа – А1.

6 Дата видачі завдання 10.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2023	
Розділ II	30.10.2023	
Розділ III	30.11.2023	
Розділ IV	05.12.2023	

Студент _____
Підпис

Вадим МУЛЯР
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи) _____
Підпис

Анатолій ГОРДЄЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Анотація

Тема проекту: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі шток АВ 404 із застосуванням поверхневого пластичного обкочування»

Автор В. О. Муляр

Керівник проекту: А. І. Гордєєв

Об'єм пояснювальної записки 85 стор. Графічна частина 10 листів А1.

Актуальність роботи. Отримання у поверхневому шарі оброблених ППД деталей залишкових напруг стиску, підвищення міцності та твердості цього шару і забезпечення утворення на обробленій поверхні регулярного чи частково-регулярного мікрорельєфу суттєво зростає втомна міцність матеріалу деталей та зносостійкість. Суттєве значення при роботі штока у гідроциліндрі виконує зовнішня циліндрична поверхня, яка повинна мати значну зносостійкість, низьку шорсткість (щоби знизити зношування ущільнюючих манжет). Для підвищення її параметрів запропоновано замінити операцію шліфування (після якого у металі можуть залишатися дорновані зерна абразиву) на операцію обкочування. Для цього потрібно вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі, застосувавши верстати з ЧПК.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «шток АВ 404» заміною операції шліфування відповідальної поверхні операцією тонкого точіння з одночасним обкочуванням та створенням конструкції обкочувального пристрою для токарного верстата.

Предмет дослідження – технологічний процес одночасного тонкого точіння та обкочування поверхні заготовки.

Об'єкт дослідження – пружні статичні лінії і динамічні коливання осі деталі для операції точінням та обробкою ППД за обраною схемою, спеціальний токарний верстатний пристрій.

Наукова новизна. Побудовано аналітичну модель процесу обкочування, з якої визначено режими роботи обладнання.

Результати: 1. Розроблено новий технологічний процес виготовлення деталі шток з одночасним чистовим точінням та обкочуванням.

3. Побудовано аналітичну модель процесу обкочування, з якої визначено режими роботи обладнання.

3. Створено нову конструкцію обладнання для одночасного чистового точіння та обкочування зовнішньої поверхні деталі шток.

Ключеві слова: процес обкочування, аналітична модель, пристрій для обкочування.

Автор проекту: В. О. Муляр

2023 р.

/Підпис/

/Дата/

Abstract

Topic of the project: "Improvement of the manufacturing process of AB 404 rod parts using surface plastic rolling"

Author V. O. Mulyar Project manager: A. I. Gordeev

The volume of the explanatory note is 79 pages. Graphic part of 10 A1 sheets.

Relevance of work. Obtaining residual compressive stresses in the surface layer of treated PPD parts, increasing the strength and hardness of this layer and ensuring the formation of a regular or partially regular microrelief on the treated surface significantly increases the fatigue strength and wear resistance of the material of the parts. The external cylindrical surface, which must have significant wear resistance and low roughness (to reduce the wear of the sealing sleeves), plays a significant role in the operation of the rod in the hydraulic cylinder. In order to increase its parameters, it is proposed to replace the grinding operation (after which the abrasive grains may remain in the metal) with the rolling operation. For this, it is necessary to improve the technological process of manufacturing the part by using CNC machines.

The purpose of the work is to improve the technological process of mechanical processing of the long-dimension part "AB 404 rod" by replacing the grinding operation of the responsible surface with a fine turning operation with simultaneous rolling and creating a design of a rolling device for a lathe.

The subject of research is the technological process of simultaneous fine turning and rolling of the surface of the workpiece.

The object of the research is elastic static lines and dynamic oscillations of the axis of the part for the operation of turning and processing of PPD according to the selected scheme, a special turning device.

Scientific novelty. An analytical model of the running-in process was built, from which the operating modes of the equipment were determined.

Results:

1. A new technological process for manufacturing rod parts with simultaneous fine turning and rolling was developed.

3. An analytical model of the running-in process was built, from which the operating modes of the equipment were determined.

3. A new equipment design was created for simultaneous finishing turning and rolling of the outer surface of the rod part.

Key words: rolling process, analytical model, rolling device.

Author of the project: V. O. Mulyar

/Signature/

2023
/Date/

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ФІТА.23.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка	85	
5	A1	ДРМ.ФІТА.23.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	A1	ДРМ.ФІТА.23.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	A1	ДРМ.ФІТА.23.02.04.00.00	Карта наладки	1	
8	A1	ДРМ.ФІТА.23.04.01.00.00СК	Пристрій для точіння та обкочування	3	
9	A1	ДРМ.ФІТА.23.04.02.00.00СК	Пристрій для свердлування	1	
9	A1	ДРМ.ФІТА.23.03.01.00.00	Дослідницький лист 1	1	
10	A1	ДРМ.ФІТА.23.03.02.00.00	Дослідницький лист 2	1	
11	A1	ДРМ.ФІТА.23.03.03.00.00	Дослідницький лист 3	1	
12					
13					

					ДРМ.ФІТА.23.00.00ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.	Муляр				Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Гордєєв						
Н. Контр.	Бись				Відомість роботи ХНУ-ПІМТ _М -22-1		
Затвердив	Ткачук						

ЗМІСТ

	арк.
Зміст	5
Вступ	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	13
1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи.....	13
1.2 Аналіз об'єкта виробництва.....	13
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	14
1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва.....	15
1.5 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень.....	19
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	20
2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу	20
2.2 Вибір заготовки та техніко-економічне обґрунтування методу її отримання.....	23
2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки.....	23
2.2.2 Розрахунок собівартості заготовки на ЕОМ.....	25
2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення.....	26
2.3.1. Вибір технологічних баз.....	26
2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі.....	27
2.3.3. Встановлення структури та послідовності виконання переходів.....	28
2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі.....	30
2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків.....	30
2.5 Розрахунок режимів різання.....	34
2.5.1 Розрахунок режимів різання при свердлуванні отвору $\varnothing 3$ мм.....	34
2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання.....	36
2.6 Визначення норм часу на обробку деталі.....	38
2.7 Висновки до розділу 2.....	39

РОЗДІЛ 3. НАУКОВИЙ.....	41
3.1 Поверхнєве пластичне деформування як засіб покращення експлуатаційних властивостей деталей машин.....	41
3.2 Способи здійснення ППД.....	45
3.3 Особливості метода обкочування та аналіз конструкцій обладнання.....	53
3.4 Види мастильно-охолоджуючих технологічних засобів та їх характеристики.....	62
3.5 Побудова математичної моделі процесу чистового точіння та одночасного обкочування.....	65
3.6 Висновки до розділу 3.....	68
РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	69
4.1 Проектування обладнання на операцію чистового точіння та одночасного обкочування.....	69
4.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	69
4.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі.....	69
4.1.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	72
4.1.4 Розробка технічних умов на пристрій та опис його роботи	73
4.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору перпендикулярному осі деталі.....	75
4.2.1 Схема базування та вибір установочних елементів.....	75
4.2.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою.....	75
4.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	78
4.2.4 Розрахунок пристрою на точність.....	79
4.2.5 Опис роботи пристрою для свердлування.....	81
4.2.6 Висновки до розділу 4.....	81
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
ДОДАТКИ.....	85

Вступ

В умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку поряд із високими вимогами до якості, функціонального призначення та точності продукції машинобудування приділяється значення щодо надійності та довговічності як виробів в цілому, так і обумовлюючій їх надійності і довговічності окремих вузлів і деталей. Це важливо для нового покоління машин і оснащення сучасного машинобудування, покликаних забезпечити впровадження прогресивних технологій, багаторазово підвищити продуктивність праці і фондівіддачу при зменшенні матеріаловмістимості та суттєвому зростанні потужностей машин, збільшенні навантажень та швидкостей відносних рухів їх виконавчих органів. У вирішенні цієї проблеми поряд з вдосконаленням конструкцій машин та оснащення, раціональним виробом матеріалів для їх деталей вагоме місце відведено розробленню нових технологічних процесів формоутворення деталей і забезпеченню необхідних фізико-механічних властивостей їх матеріалу.

Здавалось би найпростіший шлях вирішення проблеми забезпечення міцності, надійності і довговічності деталей за рахунок застосування для їх виготовлення високоміцних матеріалів на практиці не завжди є сприйнятливим хоч би і в силу різкого зростання їх вартості. Крім того, збільшення статичної міцності деталей за рахунок застосування для їх виготовлення високоміцних матеріалів та конструктивних заходів не завжди гарантує підвищення їх довговічності, оскільки із зростанням межі міцності матеріалу збільшується імовірність втомного та крихкого руйнування деталей. До того ж використання високоміцних матеріалів обмежується їх чутливістю до концентрації напружень, до різноманітних дефектів поверхні. Тому при виготовленні деталей, що повинні володіти високими зносостійкістю та опірністю змінним і динамічним навантаженнями, корозійною стійкістю під навантаженням, особливого значення набуває комплексне вирішення як конструктивної будови

деталей, так і пошук технологічних способів їх зміцнення, які враховували б явища спадковості.

Як правило, руйнування деталей в умовах експлуатації починається з їх поверхні особливо при наявності на ній ділянок дії концентраторів напруг. При цьому на ресурс деталей впливають вид зовнішнього силового навантаження, фізико-механічні властивості їх матеріалу, температура експлуатації та навколишнє середовище, геометрія деталі і стан поверхневого її шару, величина та характер залишкових напруг і деякі інші фактори. В залежності від характеру зовнішнього навантаження деталі умовно можна поділити на три групи. Першу групу складають деталі, що працюють при тривалих статичних або повторно-статичних навантаженнях (балки, болти, вісі, шкворні тощо). Відмови деталей цієї групи пов'язані з наклепом або пластичною деформацією, корозією чи руйнуванням. До другої групи належать важелі, вісі, колінчасті вали, болти та інші деталі, що експлуатуються при динамічних циклічних навантаженнях. Їх пошкодження обумовлені головним чином втомними руйнуваннями. Третю групу складають деталі, що працюють в умовах зношування при порівняно незначних навантаженнях (циліндри, плунжери тощо), відмови у роботі яких викликані пошкодженнями ущільнень, тріщинами, корозією, підвищеним зношуванням тощо.

Критерієм оцінки якості деталей кожної з цих груп є не тільки точність розмірів, які витримуються та шорсткість виконавчих поверхонь, а і фізико-механічні властивості поверхневого шару матеріалу деталі: залишкові напруження (знак і величина), наклеп (ступінь і товщина), рельєф мікрогеометрії (радіус впадини або виступу надрізу - сліду від інструмента, кількість та орієнтованість надрізів), які у більшості мають першочергове значення для забезпечення надійності та довговічності як самої деталі, так і виробу в цілому. В силу цього, чи не головними завданнями технології на сучасному етапі, поряд із безперервним вдосконаленням процесів, що забезпечують точність розмірів та форми деталей, є створення нових та

вдосконалення існуючих технологій по корекції та наданню поверхневому шару матеріалу деталей необхідних фізико-механічних властивостей.

Сучасне машинобудування володіє декількома основними різновидами технологічних методів зміцнення деталей, які поділяються на термічні (загартовування), хімічні (нанесення захисних та зносостійких покриттів), фізичні, механічні та комбіновані. Кожен з цих методів має окреслене коло доцільності і ефективності його застосування, свої переваги та недоліки, та кожен з них не в стані охопити всю багатогранну гаму деталей машинобудування, потіснивши всі інші. Тому науковці та інженери світу продовжують роботу над вдосконаленням відомих методів зміцнення і їх різновидів, над створенням нових більш ефективних та прогресивних.

Серед різновидів технологічних методів зміцнення деталей в силу широкого практичного застосування, високої ефективності та простоти реалізації одне із чільних посідають методи механічного зміцнення. Сучасний арсенал способів механічного зміцнення налічує до 10 напрямів та 120 різновидів застосувань оздоблювально-зміцнювальних операцій, об'єднаних спільною назвою «поверхнєве пластичне деформування - (ППД)», які дозволяють не тільки покращити мікрорельєф поверхні, а і змінити будову та властивості поверхневих шарів металу в необхідному напрямі, створити прошарки матеріалу з наперед заданими фізико-механічними властивостями і оптимальним мікрорельєфом.

Раціональний вибір способів механічного зміцнення і впровадження їх у практику машинобудування дозволяє в широких межах змінювати зносостійкість, втомну міцність, корозійну стійкість та інші експлуатаційні властивості деталей машин.

Так в результаті зміцнення поверхневим пластичним деформуванням деталей пар тертя внаслідок утворення регулярного мікрорельєфу на їх поверхнях із забезпеченням заданих форми і радіусів заокруглень вершин мікронерівностей суттєво зростає зносостійкість деталей, під якою розуміють здатність поверхонь деталей чинити опір руйнуванню при терті ковзання і

кочення, а також при мікропереміщеннях, обумовлених дією вібрацій. При цьому, впливаючи на фактичну опорну поверхню деталей, яка визначається відносною опорною довжиною профілю, радіусом заокруглення вершин, кроком та кутом нахилу бокових сторін мікронерівностей, у широких межах піддається корегуванню контактна жорсткість поверхонь деталей, яка характеризується здатністю контактуючих поверхонь чинити опір дії деформуючих сил.

Позитивно впливає зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням і на їх корозійну стійкість, під якою розуміють здатність поверхні деталей чинити опір руйнуванню під дією навколишнього середовища (повітря, рідин, газів та інших корозійних середовищ).

Особливо ефективно зміцнення ППД для деталей, що мають на своїй поверхні так звані конструктивні концентратори напружень у вигляді отворів, радіусних переходів, галтелей, рівчаків, лисок, шліців та різей тощо. Наявність цих елементів суттєво зменшує межу циклічної втоми матеріалу деталі в зоні концентратора у порівнянні з гладкою поверхнею. Це зменшення циклічної втоми матеріалу оцінюється коефіцієнтом концентрації напружень, рівним відношенню фактичного ресурсу ділянки деталі з гладкою поверхнею до ресурсу зони дії концентратора напружень. Так от, зміцнення ППД, наприклад, отворів та галтелі на поверхні деталі зменшує коефіцієнт концентрації напружень в 2 - 4 рази, забезпечуючи, у деяких випадках, вирівнювання довговічності деталі по всіх її ділянках.

Випускна робота на здобуття кваліфікації магістра це самостійна закінчена праця на завершальному етапі навчання у вищому навчальному закладі, в якій на основі критичних оцінок відомих досягнень дається строго аргументоване прийнятне рішення певної наукової, науково-методичної чи інженерної задачі.

Актуальність роботи. Суттєве значення при роботі штока у гідроциліндрі виконує зовнішня циліндрична поверхня, яка повинна мати значну зносостійкість, низьку шорсткість (щоби знизити зношування ущільнюючих

манжет). Для підвищення її параметрів запропоновано замінити операцію шліфування (після якого у металі можуть залишатися дорновані зерна абразиву) на операцію обкочування. Для цього потрібно вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі, застосувавши верстати з ЧПК.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення довгомірної деталі «шток АВ 404» заміною операції шліфування відповідальної поверхні операцією тонкого точіння з одночасним обкочуванням та створенням конструкції обкочувального пристрою для токарного верстата.

Предмет дослідження – технологічний процес одночасного тонкого точіння та обкочування поверхні заготовки.

Об'єкт дослідження – пружні статичні лінії і динамічні коливання осі деталі для операції точінням та обробкою ППД за обраною схемою, спеціальний токарний верстатний пристрій.

Методи дослідження. Використано аналітичні та експериментальні методи дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів.

Побудовано аналітичну модель процесу обкочування, з якої визначено режими роботи обладнання.

Практичне значення

1. Розроблено новий технологічний процес виготовлення деталі шток з одночасним чистовим точінням та обкочуванням.

2. Створено нову конструкцію обладнання для одночасного чистового точіння та обкочування зовнішньої поверхні деталі шток.

Публікації. Оpubліковано тези.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан питання та постановка задач магістерської роботи

Задача магістерської роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу механічної обробки виготовлення деталі «шток АВ 404» з розробленням спеціального устаткування для обкочування. Для цього потрібно вдосконалити технологічний процес виготовлення деталі застосувавши верстати з ЧПК. Доцільно обґрунтовано вибрати обладнання для нового технологічного процесу.

Окрім розробки технологічного процесу у магістерській роботі необхідно спроектувати спеціальний пристрій для обробки обкочуванням поверхні з метою підвищення її зносостійкості, провести розрахунок елементів пристрою на міцність, розробити технічні умови на спроектований пристрій.

Окрім технологічного та конструкторського розділу необхідно розробити дослідницький розділ, у якому потрібно представити огляд прогресивних технологій обкочування та результати досліджень з метою використання оптимальних їх значень у магістерській роботі.

1.2 Аналіз об'єкта виробництва

Конфігурація деталі допускає застосування високопродуктивних режимів різання, достатньо жорстка поверхня дозволяє одержати високу точність обробки.

Конструкція деталі дозволяє поєднувати технологічні і вимірювальні бази.

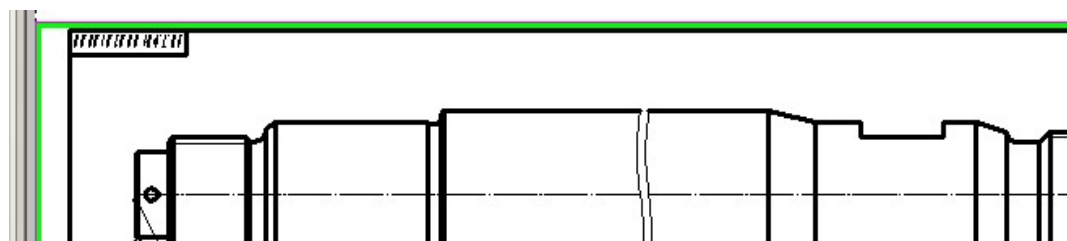


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд деталі шток АВ 404

За базові поверхні на чорнових операціях використовуються поверхні 2,3 (див. рис. 1.1), які дозволяють вести обробку на підвищених режимах, володіють достатньою жорсткістю, точністю, шорсткістю, при обробці забезпечується технологічне ув'язування розмірів. Необхідності створення штучних баз немає. На послідуєчих операціях точіння, різьбо нарізання, фрезерування та свердлування використовуються бази 1,2,3.

Досягнення заданих допусків і параметрів шорсткості не потребує високоточних операцій, є можливість прямого визначення розмірів, заданих кресленням, деталь володіє достатньою жорсткістю, що дає змогу вести обробку методом концентрації переходів.

Отже, по якісним показникам деталь шток являється технологічна.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

Коефіцієнт точності.

$$K_{Tч} = 1 - \frac{1}{T_{CP}}, \quad T_{CP} = \frac{\sum T \cdot n_I}{\sum n_I} = \frac{375}{34} = 11, \quad K_{Tч.} = 1 - \frac{1}{11} = 0,9.$$

де T – клас точності обробки; n_I – кількість розмірів відповідного класу точності.

Деталь по коефіцієнту точності є досить технологічною, так як $K_{Tч.} \approx 1$.

Коефіцієнт шорсткості.

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}}, \quad Ш_{CP.} = \frac{\sum Ш \cdot n_{IM}}{\sum n_{IM}} = \frac{148.5}{34} = 4.4, \quad K_{Ш} = \frac{1}{4.4} = 0,22.$$

де III – клас шорсткості поверхні; n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

Так як K_{III} низький то можна сказати, що деталь по K_{III} є технологічна.

Виходячи якісного та кількісного аналізу, робимо висновок про те, що деталь «шток АВ 404» є технологічною.

Матеріалом для виготовлення деталі являється конструкційна Сталь 45 ДСТУ 7809:2015, яка є широкодоступним конструкційним матеріалом, і здатна задовольнити вимоги до деталі.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад та механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015.

C , %	Si , %	Mn , %	Не більше		Ni , %	Cr , %
			S , %	P , %		
0.4 ...0.5	0.17...0.37	0.5...0.8	0.04 5	0.045	0.3	0.3
σ_T , МПа	$\sigma_{TИМ}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСИ, Дж/см ²	НВ Гаряч.	Не більше Відпал
не менше						
360	610	16	40	50	241	197

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

«Для визначення типу виробництва, який характеризується коефіцієнтом закріплення операцій. Коефіцієнт закріплення операцій для планового періоду рівному одному місяцю визначаємо за формулою:

$$K_{30} = \frac{\sum n_{oi}}{(\sum P_i)} , \quad (1.5)$$

де $\sum n_{oi}$ - сумарне кількість різних операцій за місяць по дільниці з розрахунку на одного змінного майстра.

$\sum P_i$ - явочна кількість робітників дільниці виконуючих різноманітні операції при роботі в одну зміну» [1].

«У розрахунку рекомендується визначати умовну кількість операцій виконаних на одному верстаті на протязі одного місяця при роботі в одну зміну за формулою:

$$n_{oi} = \frac{\eta_m}{\eta_3}, \quad (1.6)$$

де η_3 - коефіцієнт завантаження верстата на операцією, яка проектується

η - планує мий нормативний коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним одностипними операціями : прийнятий ; для багато серійного – 0,75; для середньо серійного – 0,8; та для дрібносерійного виробництва – 0,9.

$$\eta = T_{ш.к} N_M / (60 F_M k_B) \quad (1.7)$$

де $T_{ш.к}$ - штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.

N_M – місячна програма випуску заданої деталі при роботі в дві зміни, шт.»[1].

$$N_M = N_p / 24, \quad (1.8)$$

де $N_p = 1500$ - річна програма випуску заданої деталі.

$N_M = 1500 / 24 = 63$ шт.

F_M – місячний фонд часу роботи обладнання в одну зміну, год.

$F_M = 4055 / (2 * 12) = 169$ год.

K_B – коефіцієнт виконання норм, приймаємо рівним 1,3.

Підставивши в формулу (1.7) значення F_M та k_B отримаємо такий вираз:

$$\eta_3 = \frac{T_{ш.к} N_M}{13182} \quad (1.9)$$

Після підстановки виразу (1.9) у формулу (1.6) отримаємо залежність для визначення кількості однотипних операцій, які виконується на одному верстаті протягом місяця.

$$n_{oi} = \frac{13182\eta_H}{T_{ш.к}N_M} \quad (1.10)$$

$$n_{o1} = 13182 * 0.8 / 16.67 * 4 = 5.0$$

$$n_{o2} = 13182 * 0.8 / 2.0 * 4 = 42.2$$

$$n_{o3} = 13182 * 0.8 / 9.35 * 4 = 9.0$$

$$n_{o4} = 13182 * 0.8 / 21.5 * 4 = 3.9$$

$$n_{o5} = 13182 * 0.8 / 30.9 * 4 = 2.73$$

Таблиця 1.2 – Визначення сумарної кількості різних операцій за місяць

Операції	$T_{шт.}$	P	$\eta_{з.ф.}$
1. Фрезерно-центрувальна	1,359	0,77	5
2. Токарна – ЧПК	20,84	0,77	42,2
3. Токарна – ЧПК	19	0,77	39
4. Токарна	2	0,77	3,6
5. Вертикально–свердлувальна	9.96	0,77	9
6. Фрезерна	2,557	0,77	3,9
7. Кругло – шліфувальна	0,364	0,77	2,73
8. Токарна	4	0,77	7,4

Загальну кількість операцій, які виконуються на дільниці на протязі одного місяця визначаємо за формулою;

$$\sum n_{oi} = n_{o1} + n_{o2} + \dots + n_{on} \quad (1.11)$$

$$\sum n_{oi} = 42.2 + 5.0 + 9.0 + 3.9 + 2.37 + 7.4 + 39 + 3.6 = 112.47$$

Необхідна кількість робітників для обслуговування протягом однієї зміни одного верстата завантаженого по плановому нормативному коефіцієнту.

$$P_i = \frac{N_i t_i}{60 k_o \Phi} = \frac{n_{oi} N_m T_{ш.к}}{60 k_o \Phi} \quad (1.12)$$

де N_i – приведений місячний об'єм випуску деталей, шт., при завантаженні верстата до прийнятого значення η_n : $N_i = n_{oi} N_m$;

t_i - штучно-калькуляційний час на виконання операції, хв.

Φ – місячний фонд часу робочого, зайнятого протягом 22 робочих днів в місяць, год. $\Phi = 22 * 8 = 176$ год.

Після підстановки в формулу (1.8) значень k_b , Φ та n_{oi} отримаємо залежність для визначення необхідної кількості працівників для обслуговування одного верстата.

$$P_i = 0.96 \eta_n \quad (1.13)$$

$$P_i = 0.96 * 0.8 = 0.77$$

Кількість робітників, що обслуговують один верстат приймаємо однаковою тобто 0,77.

Явочну кількість робітників дільниці визначаємо сумуванням значень P_i ;

$$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n \quad (1.14)$$

$$\sum P_i = 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 + 0.77 = 6.16$$

Отже:

$$K_{30} = 112,47 / 6,16 = 18,3$$

По розрахованому коефіцієнту закріплення операції приймаємо тип виробництва – середньо серійне.

«Заготовки під час обробки зберігають біля верстата, потім транспортують цілою партією. В серійному виробництві застосовують також змінно – потокову форму організації робіт. Тут обладнання розташовують по ходу технологічного процесу. Обробку виконують партіями, причому заготовки кожної партії можуть відрізнятися розмірами і конфігурацією, але допускають обробку на одному і тому ж обладнанні.

При серійному виробництві застосовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металообробні верстати» [1].

1.5 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень

Аналіз технологічності конструкції деталі шток показав, що деталь є технологічною для її виготовлення та її конструктивні параметри дозволяють проводити поверхневе зміцнення методом обкочування.

Базуючись на типовому технологічному техпроцесі необхідно:

1. Розробити вдосконалений технологічний процес виготовлення деталі шток із застосуванням верстатів з ЧПК.
2. Проаналізувати існуючі схеми та обладнання обкочування поверхонь.
3. Побудувати аналітичну модель процесу точіння та обкочування.
4. Розробити конструкцію пристрою для одночасного чистового точіння та обкочування зовнішньої поверхні деталі.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз існуючого технологічного процесу

Аналіз існуючого технологічного процесу механічної обробки штока будемо проводити з точки зору забезпечення якості продукції, зниження собівартості її виготовлення, підвищення продуктивності праці.

В базовому технологічному процесі деталь отримується із круглого прокату, що не раціонально, так як багато металу йде у відходи. Пропонуємо замінити спосіб отримання заготовки на штамповку. Це зменшить масу заготовки, що зменшує її собівартість, також будуть зміни і в технологічному процесі – пропадуть декілька операцій і переходів зокрема в токарних операціях. Також пропонується замінити деякі верстати, так наприклад токарно - гвинторізний мод. 1К62 на токарно-гвинторізний з ЧПК 16К20Ф3, а також вертикально консольно-фрезерний верстат 6Р13К на горизонтально-фрезерний 6Р82Г, ці заміни зменшать штучно-калькуляційний час за рахунок зменшення кількості переходів.

Існуючий технологічний процес виготовлення деталі шток

005 Фрезерно – центрувальна

Фрезерно - центрувальний верстат мод. МР-73

1. Фрезерувати торець в розмір 650мм
2. Центрувати торці

010 Токарна

Токарний верстат мод. 16К20

1. (встановити закріпити за $\varnothing 43$), точити $\varnothing 41$ на $l = 380$ мм;
2. Точити $\varnothing 35,6$ на $l = 72$ мм;
3. Переустановити деталь ;

4. (закріпити за $\varnothing 41$);
5. Піджати центром;
6. Точити $\varnothing 41$ на $l = 68$ мм;
7. Точити $\varnothing 35,2$ на $l = 129$ мм;
8. Точити $\varnothing 34$ на $l = 130$ мм;
9. Проточити поверхню під кутом 15^0 ;
10. Точити $\varnothing 29,84$ (M30) на $l = 84$ мм;
11. Точити канавку III;
12. Точити фаски;
13. Точити M30;

015 Токарна

Токарний верстат мод. 16K20

1. Переустановити деталь, закріпити за $\varnothing 41$;
2. Піджати центром;
3. Точити $\varnothing 34,6_{-0,2}$;
4. Точити канавку II, видержуючи розмір $72_{-0,2}$ (73) від торця;
5. Точити $\varnothing 26,88$ (M27 \times 1,5);
6. Точити канавку I;
7. Точити $\varnothing 20$;
8. Точити фаски;
9. Проточити поверхню під кутом 30^0 ;
10. Точити різьбу M27 \times 1,5;

020 Токарна

Токарний верстат мод. 16K20

1. Точити в центрах $\varnothing 40,1_{-0,2}$ ($\varnothing 40f7$);

025 Свердлильна

Радіально – свердлильний верстат мод. 2Н55

1. Свердлити отвір $\varnothing 3$;

030 Фрезерна

Вертикально консольно-фрезерний верстат мод. 6Р13К

1. Фрезерувати лиски $B = 20$;

035 Термічна

040 Рихтувальна

045 Шліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3М151

Шліфувати $\varnothing 40_{-0,142}^{-0,122}$

050 Шліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3М151

Шліфувати $\varnothing 34h6$ з шліфовкою торця

055 Шліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3М151

Шліфувати $\varnothing 40f7$

060 Токарна

Токарний верстат мод. 16К20

Полірувати $\varnothing 40f7 Ra 0,32$; фаски і R2 - Ra 1,25

Для зменшення кількості шліфувальних операцій та зменшення похибки геометричного викривлення осі деталі після операції термічного оброблення запропоновано у новому технологічному процесі застосувати для чистового оброблення поверхні $\varnothing 40$ мм одночасне чистове точіння та пластичне деформування зовнішньої поверхні обкочуванням. Це дасть зменшення основного та штучного часу на обробку, підвищення міцності поверхневого

шару деталі. Дана зміна базового технологічного процесу приведе до зниження собівартості виробу внаслідок зменшення часу на виготовлення виробу та економії металу.

2.2 Вибір заготовки деталі та технологічне обумовлення способу її одержання

Вірний вибір заготовки здійснює безпосередній вплив на можливість раціональної побудови технологічного процесу виробництва як окремих деталей, так і вибору в цілому; сприяє зниженню питомої металоємкості машин та зменшенню кількості відходів. Спосіб отримання заготовки визначаємо на основі креслення деталі, результатів аналізу її призначення та технічних вимог. Виходячи з конструкції деталі та матеріалу, з якого вона виготовляється, обираємо отримання заготовки методом штампування.

2.2.1 Техніко-економічне порівняння двох варіантів вибору заготовки

Порівнюємо метод одержання заготовки різанням з круглого прокату та методом штампування.

Для порівняння двох варіантів вибору заготовки використовуємо програму «Вартість», попередньо ввівши основні данні.

Вартість заготовки методом штамповки визначається за формулою:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \times Q \times K_m \times K_c \times K_v \times K_m \times K_n \right)^{(Q-q)} \frac{S_{від}}{1000}. \quad (2.1)$$

Вихідні данні:

C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн.;

Q – маса заготовки, кг;

$S_{від}$ – ціна 1 т відходів, грн.;

q – маса готової деталі, кг.

$C_i = 7700$ грн.; $Q = 8,54$ кг; $q = 6,1$ кг; $S_{\text{від}} = 145$ грн.;

Собівартість заготовок з прокату визначається за формулою:

$$S_{\text{заг}} = M + \sum C_{\text{о.з.}} \quad (2.2)$$

Вихідні данні:

Q – маса заготовки, кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн.;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{\text{від}}$ – ціна 1 т відходів, грн.

$Q = 10,86$ кг; $q = 6,1$ кг; $S = 6$ грн. ; $S_{\text{від}} = 145$ грн.

Розрахунки програми дали наступні данні:

Результат розрахунку заготовок

Перший варіант	Другий варіант
Вид отримання заготовки	Вид отримання заготовки
<input checked="" type="radio"/> прокат	<input type="radio"/> прокат
<input type="radio"/> литво в землю і кокіль	<input type="radio"/> литво в землю і кокіль
<input type="radio"/> литво по випалюваних моделях	<input type="radio"/> литво по випалюваних моделях
<input type="radio"/> литво по випалюваних моделях	<input type="radio"/> литво по випалюваних моделях
<input type="radio"/> литво по газифікованих моделях	<input type="radio"/> литво по газифікованих моделях
<input type="radio"/> литво під тиском	<input type="radio"/> литво під тиском
<input type="radio"/> литво в оболонковій формі	<input type="radio"/> литво в оболонковій формі
<input type="radio"/> штампування	<input checked="" type="radio"/> штампування
Маса заготовки, кг	Маса заготовки, кг
10,86	
Маса деталі, кг	Маса деталі, кг
6,1	
Програма випуску, шт	Програма випуску, шт
1500	
Вартість 1-ї тони відходів, грн	Вартість 1-ї тони відходів, грн
145	
Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн	Базова вартість 1-ї тони заготовок, грн
6000	
Матеріал	Матеріал
сталь	сталь
Група складності	Група складності
<input type="checkbox"/> Точність штампування	<input type="checkbox"/> Точність штампування

← Назад Порівняти

Перший варіант: Спосіб отримання заготовки: прокат

Другий варіант: Спосіб отримання заготовки: штампування

Рисунок 2.1 – Результати розрахунків

Отже економічно більш вигідним є метод штамповки, тому і вибираємо цей метод.

Коефіцієнт використання металу методом штампування:

$$K_{и.м} = \frac{q}{Q} \times 100 = \frac{6,1}{8,54} \times 100 = 71,4\% . \quad (2.3)$$

2.2.2 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки

Для визначення припусків та допусків використовуємо програму «Поковка»:

Студент - Браїлко		Деталь -		
Группа - ТМ-03-1		Вариант		
Результаты расчет				
1. Точность изготовления поковки - Т2				
2. Группа стали - М2				
3. Степень сложности поковки - С4				
4. Поверхность разъема - симметрично изс				
5. Расчетная масса поковки - 8,54 кг				
6. Исходный индекс - 12				
7,8. Размеры поверхностей детали, припуски и с				
№	Тип размера	Разм	Характер размера	Ra
1	Наружный	34	Длина, диаметр	от 1,6 до 10
2	Наружный	73	Длина, диаметр	от 1,6 до 10
3	Наружный	40	Длина, диаметр	1,25
4	Наружный	34	Длина, диаметр	от 1,6 до 10
5	Наружный	130	Длина, диаметр	от 1,6 до 10

Рисунок 2.2 – Результати розрахунків

2.3 Вибір технологічного маршруту обробки деталі та шляхи його вдосконалення

2.3.1. Вибір технологічних баз

«Вибір технологічних баз - відповідальний етап проектування технологічного процесу. Основні принципи вибору баз:

- принцип сумісності баз;
- принцип постійності баз;
- бази повинні забезпечувати непогану стійкість і надійність установки

заготовки.

Порядок вибору баз:

- вибір баз для завершуючої операції;
- вибір чорнової бази;
- вибір проміжної бази.

Чистові бази повинні мати найбільшу точність розмірів і геометричної форми, найменшу шорсткість поверхні, забезпечувати просте і надійне кріплення деталі.

Основні вимоги до чорнових баз:

1. Як технологічні чорнові бази вибираються поверхні, які не оброблюються чи поверхні з найменшими припусками.

2. Чорнова база повинна забезпечувати при закріпленні стійке положення деталі без деформації.

Бази на проміжні операції повинні вибиратися з наступних міркувань:

1. Як технологічні бази приймаються ті поверхні, які зв'язані з оброблюємою поверхнею найкоротшим розмірним ланцюгом.

2. Не міняють без основи бази. При зміні баз переходять від менш точної до більш точної бази» [1].

Основною базою деталі являється її вісь, яка використовується і при кінцевій обробці. Проміжними базами є торець поверхні $d = 20$, і торець поверхні $M 30 - 8g$.

2.3.2 Вибір технологічного маршруту обробки деталі

Перш, ніж прийняти рішення про методи та послідовність обробки окремих поверхонь деталі та скласти технологічний маршрут виготовлення всієї деталі, необхідно провести розрахунки економічної ефективності окремих варіантів та вибрати з них найбільш раціональний для даних умов виробництва.

Критерієм оптимальності є мінімум приведених витрат на одиницю продукції. Під час вибору технологічного маршруту, приведені витрати можуть бути визначені у вигляді питомих величин на 1 годину роботи обладнання.

Обираємо для порівняння два варіанти, в яких відмінними операції технологічного процесу являються:

1-й варіант: заготовка з круглого прокату $d=50\text{мм}$, чорнова токарна обробка зовнішніх поверхонь на токарному верстаті мод. 16К20.

Розрахунок виконуємо в програмі «Вартість»:

2-й варіант: одержання заготовки штамповкою на ГKM, чорнове обточування зовнішніх поверхонь деталі на токарному верстаті з ЧПК мод. 16К20Ф3;

зовнішніх поверхонь деталі на токарному верстаті з ЧПК мод

Рисунок 2.3 – Ввід даних для розрахунку

Результат розрахунку операцій	
Перший варіант	Другий варіант
Основна і дод. зарплатня, коп/год	Основна і дод. з
78,34	
Годинні затрати на експлуатацію РМ, коп/год	Годинні затрати
81,44	
Кап. вкладення у верстат, коп/год	Кап. вкладення
1365,91	
Кап. вкладення у будівлю, коп/год	Кап. вкладення
204,94	
Годинні приведені затрати, коп/год	Годинні приведе
395,4	
Технологічна собівартість операцій, коп/год	Технологічна со
145,93	

Рисунок 2.4 – Результати розрахунків

По розрахунку програми видно, що використання другого варіанту обробки штока дає річний економічний ефект в 1222 грн., при цьому економиться 3480 кг. металу. Отже віддати перевагу необхідно цьому варіанту і прийняти його до подальшої розробки.

2.3.3. Встановлення структури та послідовності виконання переходів

Співставлення декількох варіантів технологічного процесу з різним ступенем концентрації переходів по продуктивності дозволяє зробити вибір кінцевого варіанту механічної обробки деталі «Шток».

005 Фрезерно – центрувальна

Фрезерно - центрувальний верстат мод. МР-73

1. Фрезерувати торець в розмір 650мм

2. Центрувати торець

010 Токарна з ЧПК

Токарний верстат з ЧПК мод. 16К20Ф3

1. Встановити деталь, закріпити за $\varnothing 43$, точити $\varnothing 41$ на $l = 380$ мм;

2. Точити $\varnothing 35,6$ на $l = 72$ мм;

3.Переустановити деталь ;

4.(закріпити за $\varnothing 41$);

5. Піджати центром;
6. Точити $\varnothing 41$ на $l = 68\text{мм}$;
7. Точити $\varnothing 35,2$ на $l = 129\text{мм}$;
8. Точити $\varnothing 34$ на $l = 130\text{мм}$;
9. Проточити поверхню під кутом 15° ;
10. Точити $\varnothing 29,84$ (M30) на $l = 84\text{мм}$;
11. Точити канавку III;
12. Точити фаски;
13. Точити M30;

015 Токарна з ЧПК

Токарний верстат з ЧПК мод. 16K20Ф3

1. Встановити деталь, закріпити за $\varnothing 41$;
2. Піджати центром;
3. Точити $\varnothing 34,6_{-0,2}$;
4. Точити канавку II, видержуючи розмір $72_{-0,2}$ (73) від торця;
5. Точити $\varnothing 26,88$ (M27 \times 1,5);
6. Точити канавку I;
7. Точити $\varnothing 20$;
8. Точити фаски;
9. Проточити поверхню під кутом 30° ;
10. Точити різьбу M27 \times 1,5;

020 Токарна

Токарний верстат мод. 16K20

1. Точити в центрах начорно $\varnothing 40,1_{-0,2}$ ($\varnothing 40f7$);

025 Свердлильна

Радіально – свердлильний верстат мод. 2Н55

1. Свердлити отвір $\varnothing 3$;

030 Фрезерна

Горизонтально – фрезерний верстат мод. 6P82Г

1. Фрезерувати лиски $B = 20$;

035 Шліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3М151

1. Шліфувати $\varnothing 34h6$ з підшліфовкою торця

040 Токарна

Токарний верстат мод. 1М63

1.Тонке точіння $\varnothing 40,1_{-0,2}$ ($\varnothing 40f7$) з одночасним обкочуванням;

045 Токарна

Токарний верстат мод. 16К20

1. Полірувати $\varnothing 40f7$ Ra 0,32; фаски і R2 - Ra 1,25

2.4. Визначення припусків на механічну обробку деталі

2.4.1 Аналітичний розрахунок припусків

«Під час обробки поверхонь обертання величина мінімального припуску визначається за формулою:

$$2Z_{i_{min}} = 2 \left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \quad (2.4)$$

де Rz_{i-1} - середня висота поверхневих мікронерівностей, що отримані на попередньому переході;

T_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару, що отриманий на попередньому переході;

ρ_{i-1} - векторна сума просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь заготовки, що обробляється, отримана на попередньому переході» [1].

За цим методом виконуємо розрахунок припусків (загальних та між операційних) для поверхні $\varnothing 34h7$ мм.

План обробки поверхні $\varnothing 34h7$ мм у відповідності з вимогами креслення складається з чорнового, чистового точіння та шліфування.

Значення R_z і T вибираємо по [2] для штамповки, після механічної обробки і заносимо в табл.2.1.

Сумарні відхилення розміщення поверхні знаходимо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (2.5)$$

де $\rho_{кор}$ – загальна кривизна заготовки, яка розраховується за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta_k l = 0,8 \cdot 650 = 520 \text{ мкм} = 0,52 \text{ мм}$$

Δ_k – кривизна стержня на 1мм довжини;

l – довжина заготовки.

$\rho_{см}$ – зміщення осі, $\rho_{см} = 0,9$ мм

Тоді: $\rho = \sqrt{0,52^2 + 0,9^2} = 1,1$ мм.

Залишкова похибка після виконання переходу знаходиться за формулою:

$$\rho_{ост. i} = K_{yi} \cdot \rho, \quad (2.6)$$

де K_{yi} – коефіцієнт уточнення [2];

$K_{y1} = 0,06$ – для чорнового точіння;

$K_{y2} = 0,04$ – для чистового точіння;

Тоді:

$$\rho_{ост1} = 0,06 \cdot 1100 = 66 \text{ мкм};$$

$$\rho_{ост2} = 0,04 \cdot 1100 = 44 \text{ мкм};$$

Ці значення заносимо в табл. 2.1.

Похибка установки заготовки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\delta}^2}, \quad (2.7)$$

де ε_3 – похибка закріплення заготовки при установці в радіальному напрямі, $\varepsilon_3 = 100$ мкм [2];

ε_{δ} – похибка базування деталі $\varepsilon_{\delta} = 0$.

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} = 100 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка після виконання переходу знаходиться за формулою:

$$\varepsilon_{ост. i} = K_{yi} \cdot \varepsilon_y, \quad (2.8)$$

де K_{yi} – коефіцієнт уточнення [2];

$K_{y1} = 0,06$ – для чорнового точіння;

$K_{y2} = 0,04$ – для чистового точіння;

Тоді

$$\varepsilon_{ocm1} = 0,06 \cdot 100 = 6 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_{ocm2} = 0,05 \cdot 100 = 4 \text{ мкм.}$$

Ці значення заносимо в табл. 2.1.

Розрахунок мінімальних значень припусків при обробці деталі в центрах ведуть за формулою:

$$2Zi_{min} = 2(Rz_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (2.9)$$

Так як обробка ведеться в центрах, погрішність установки в радіальному напрямі = 0.

Сумарні відхилення розміщення поверхні знаходимо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{к.о}^2 + \rho_{ц}^2}, \quad (2.10)$$

де $\rho_{к.о}$ – загальна кривизна заготовки, яка розраховується за формулою:

$$\rho_{к.о} = \Delta_R l = 0,8 \cdot 650 = 520 \text{ мкм} = 0,52 \text{ мм.}$$

$\rho_{ц}$ – погрішність зацентровки, визначається за формулою:

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{2,4^2 + 1} = 0,65 \text{ мм.}$$

δ – допуск на діаметр базової поверхні заготовки, який використовують при центруванні $\delta = 2,4$.

Тоді:

$$\rho = \sqrt{0,52^2 + 0,65^2} = 0,83 \text{ мм.}$$

Залишкова похибка після виконання переходу знаходиться за формулою:

$$\rho_{ocm.i} = K_{yi} \cdot \rho, \quad (2.11)$$

де K_{yi} – коефіцієнт уточнення [2];

$K_{y1} = 0,02$ – для шліфування.

Тоді:

$$\rho_{ocm1} = 0,02 \cdot 830 = 166 \text{ мкм.}$$

Ці значення заносимо в табл. 2.1.

Розрахунок міжопераційних припусків та граничних розмірів ведемо шляхом ведення табл.2.1.

Загальні припуски розраховуємо додаванням проміжних, мкм:

$$2Z_{0\max} = 5890 \text{ мкм}; \quad 2Z_{0\min} = 3506 \text{ мкм}.$$

Правильність проведених розрахунків перевіряємо за формулою:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = T_3 - T_d;$$

$$5890 - 3506 = 2400 - 16;$$

$$2384 = 2384.$$

Розраховуємо номінальний припуск (загальний) на поверхню, яка оброблюється і номінальний розмір заготовки, мм:

$$2Z_{0\text{ном}} = 2Z_{0\min} + EI_3 + EI_d = 3,506 + 0,016 - 1,3 = 2,222 \text{ мм}$$

$$D_{з.ном} = D_{д.ном} - 2 \cdot Z_{0.ном} = 34 + 2,222 = 36,222 \approx 37 \text{ мм}$$

Таблиця 2.1 - Розрахунок припусків на $\varnothing 34h6_{(-0,016)}$

Технологічні переходи	Елементи приписки, мкм				Розрах. мінім. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. розмір D , мм	До-пуск δ , мкм	Граничні розміри		Гран. значення припусків, мкм	
	Rz	T	ρ	ϵ				D_{\max}	D_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
заготовка	50	50	100		-	37,494	2400	39,9	37,49	-	-
Токарна: Чорнова	50	50	66		$2 \cdot 1500$	34,494	340	34,83	34,49	5060	3000
Чистова	25	20	44		$2 \cdot 166$	34,162	100	34,26	34,16	570	330
Шліфувальна Чистова					$2 \cdot 89$	33,984	16	34	33,984	260	176
Всього:										5890	3506

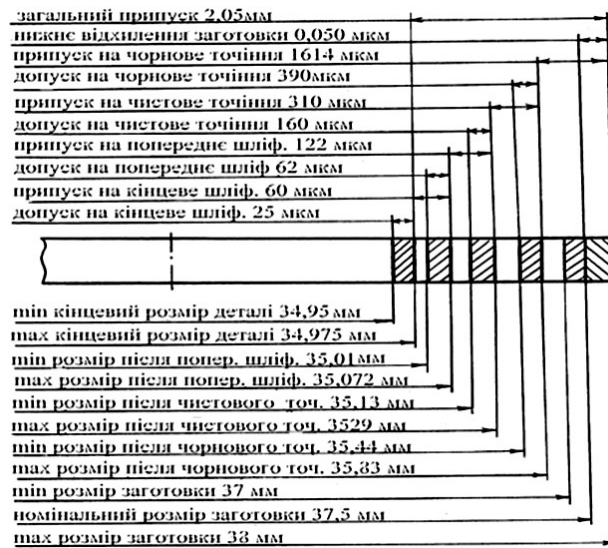


Рисунок 2.5 - Схема припусків і допусків на обробку

2.5 Розрахунок режимів різання

2.5.1 Розрахунок режимів різання при свердлуванні отвору Ø3 мм

Глибина різання:

$$t = 0,5 \cdot D, \quad (2.12)$$

де D – діаметр свердла

$$t = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ мм.}$$

Подача: $S = 0,1 \text{ мм/об [2].}$

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} K_v, \quad (2.13)$$

де C_v – сталий коефіцієнт; $C_v=7,0$; [2];

q, m, y – показники степені; $q=0,4$; $y=0,7$; $m=0,2$ [2];

T – стійкість інструмента, $T = 15 \text{ хв. [2].}$

K_v – поправочний коефіцієнт, який впливає на швидкість різання;

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{lv}, [2] \quad (2.14)$$

K_{Mv} , K_{Iv} , K_{lv} - поправочні коефіцієнти, які впливають на швидкість різання, залежать відповідно від матеріалу, від стану заготовки, матеріалу різального інструменту:

$$K_{Mv} = Kr \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.15)$$

σ_B – межа міцності, $\sigma_B = 780$ МПа; $Kr = 0,85$; $n_v = 0,9$ [2]

$$K_{Mv} = 0,85 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,67.$$

$K_{Iv} = 1$; $K_{lv} = 0,7$ [2].

Тоді

$$K_v = 0,67 \cdot 0,7 = 0,469.$$

Отже

$$V = \frac{7 \cdot 3^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,469 = 14,85 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 14,85}{3,14 \cdot 3} = 1576 \text{ об/хв.} \quad (2.16)$$

Уточнюємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстату:

$$n_n = 1250 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання визначається за формулою::

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 1250}{1000} = 11,8 \text{ м/хв.} \quad (2.17)$$

Крутячий момент при свердлуванні визначається за формулою: [2]

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P, \quad (2.18)$$

де C_M – сталий коефіцієнт, $C_M = 0,0345$ [2]

q, y – показники ступеня, $q = 2, y = 0,8$ [2]

K_{MP} – поправочний коефіцієнт, $K_M = K_{MP}$

$$K_P = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad n = 0,75 \quad (2.19)$$

$$K_P = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,2.$$

$$M_P = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,2 = 0,6 \text{ Нм}$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750}, \quad (2.20)$$

де M_{kp} – крутний момент;

n – частота обертання шпинделя;

$$N_e = \frac{0,6 \cdot 1576}{9750} = 0,1 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{різ.}} < N_{\text{дв.}}; \quad N_{\text{дв.}} = 4,5 \text{ кВт.}$$

Умови різання задовольняються умовою по потужності.

2.5.2 Табличний метод призначення режимів різання

Інші режими різання вибираємо з таблиць [4] та заносимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Режими різання

Назва операцій та переходів	t, мм	S _z , мм³/з	S _o , об ⁻¹	n, об ⁻¹	V, м/хв	L, мм	S _{хв} , мм/хв	T _о , хв
1	2		4	5	6	7	8	9
005 Фрезерно – центрувальна								
1. Фрезерувати два торці одночасно	2,7 1,6	0,1	1,5 0,1	497 227	260 20	44 12,8	945 160	0,5 0,6
2. Центрувати два отвори одночасно								
010 Токарна з ЧПК								
1. Точити ø41 на l=380мм.	1		0,5	630	85,11	385	315	1,22
2. Точити ø35,6 на l=72мм	0,8		0,4	630	70,4	75	252	0,29
3. Точити ø41 на l=68мм	1		0,5	630	85,11	75	315	0,23
4. Точити ø35,2 на l=129мм	1		0,4	630	69,6	140	252	0,6
5. Точити ø34 на l=130мм	0,6		0,4	800	90,44	140	320	0,43
6. Проточити поверхню під кутом 15°	2,5 2		0,35 0,4	630 800	67,29 74,9	20 88	220 320	0,09 0,27
7. Точити ø29,84(M30) на l=84	2,42		0,4	630	59,06	63	252	0,25
8. Точити канавку III	2,5		0,06	630	59,06	7	37,8	0,06
9. Точити фаски	0,16		0,2	800	68,5	84	160	0,52
10. Точити M30								
015 Токарна з ЧПК								
1. Точити ø34,6 _{0,2}	0,5		0,09	1000	108,6	78	500	0,16
2. Точити канавку II	0,55		0,15	630	68,48	7	94,5	0,07
3. Точити ø26,88(M27×1,5)	3,8		0,2	800	100,73	35	160	0,21
4. Точити канавку I	1,04		0,15	630	94,5	7	53,2	0,13
5. Точити ø20	3,44		0,15	1250	78,5	10	187,5	0,06
6. Точити фаски	2,5		0,06	630	59,6	7	37,8	0,12
7. Проточити поверхню під кутом 30°	2,5 0,12		0,35 0,26	800 800	78,6 110,4	27 25	280 208	0,09 0,12
8. Точити різьбу M27×1,5								
020 Токарна								
1. Точити в центрах ø40,1 _{0,2} (ø40f7) начорно.	0,45		0,15	800	113,3	445	135	3,3

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
025 Свердлильна 1. Свердлити отвір $\varnothing 3$	1,5		0,1	1250	11,8	25	125	0,2
030 Фрезерна 1. Фрезерувати лиски $B=20\text{мм}$ з двох сторін	3,5	0,09	0,9	160	62,8	45	144	0,31
035 Шліфувальна 1. Шліфувати $\varnothing 34\text{h}6$ з шліфовкою торця	0,01		0,2	300	36,38	45	60	0,75
040 Токарна 1. Точити начисто $\varnothing 40,1_{-0,2}$ ($\varnothing 40\text{f}7$) з одночасним обкочуванням	0,45		0,2	200	30	445	-	3,3

2.6 Визначення норм часу на обробку деталі

«Норматив штучно-калькуляційного часу в серійному виробництві розраховується за формулою [3]:

$$T_{\text{шт.к.}} = \frac{T_{\text{н.з.}}}{n} + T_{\text{шт}}, \quad (2.21)$$

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\partial} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{від}}, \quad (2.22)$$

де T_0 – основний (машинний) час, хв.;

T_{∂} – допоміжний час, хв.;

$T_{\text{обсл}}$ – час на обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{\text{від}}$ – час на відпочинок та фізіологічні потреби, хв.;

n – кількість деталей в партії.

Норма основного часу визначається шляхом розрахунку за формулами залежно від виду обробки та режимів різання:

$$T_0 = (L_{\text{рх}} \cdot i) / S_{\text{хв}}, \quad (2.23)$$

де $L_{\text{рх}}$ – довжина робочого ходу;

$S_{\text{хв}}$ – хвилинна подача;

i – число проходів.

Норма допоміжного часу визначається по формулі:

$$T_{\partial} = t_{yc} + t_{yn} + t_{вим}, \quad (2.24)$$

де t_{yc} – час на установку і зняття деталі;

t_{yn} – час на управління верстатом;

$t_{вим}$ – час на вимірювання.

Час на обслуговування верстата і на відпочинок та особисті потреби береться в % від оперативного часу.

$$T_{on} = T_o + T_{\partial}. \quad (2.25)$$

Норматив підготовчо-заключного часу визначається як сума часу на наладку верстата та на випробну обробку деталі» [3].

Розрахунки технічно обґрунтованих норм часу на операції заносимо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Норми часу на операції

Назва операції	T _о , хв	T _д , хв			T _{оп} , хв	T _{від.об.}	T _{шт.}	T _{п.з.}	п,	T _{шт.к.}
		t _{yc}	t _{yn}	t _{вим}		хв	кв	в		шт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0005 Фрезерно - центрувальна	1,1	0,855	0,02	0,09	2,065	0,124	2,189	7	80	2,27
010 Токарна з ЧПК	3,96	0,277	0,178	0,222	4,637	0,247	4,88	15	80	5,07
015 Токарна з ЧПК	0,96	0,277	0,2	0,222	1,659	0,1	1,759	15	80	1,946
020 Токарна	3,3	0,24	0,13	0,222	3,89	0,233	4,123	15	80	4,31
025 Свердлильна	0,2	0,144	0,194	0,23	0,77	0,042	0,812	14	80	0,987
30 Фрезерна	0,31	0,2	0,24	0,222	0,97	0,078	1,05	25	80	1,3
035 Шліфувальна	7	0,24	0,06	0,4	7,7	0,385	8,08	7	80	8,167
040 Токарна	7	0,24	0,06	0,4	7,7	0,462	8,16	7	80	8,25

2.7 Висновки до розділу 2

1. Запропоновано новий технологічний процес оброблення деталі шток в якому проведено скорочення технологічних операцій за рахунок введення верстатів з ЧПК та запропоновано проводити чистове оброблення

поверхні Ø40 мм з одночасним пластичним деформуванням, з метою підвищення зносостійкості, методом обкочування.

2. Для здійснення обкочування запропоновано конструкцію спеціального обладнання для обкочування на верстат 1М63.

3. Для створення необхідного обладнання необхідно провести дослідження по визначенню режимів оброблення та перевірити розрахунками на міцність основні вузли верстата при здійсненні процесу обкочування.

РОЗДІЛ 3. НАУКОВИЙ

3.1 Загальні положення поверхневого пластичного деформування як засіб покращення експлуатаційних властивостей деталей машин

Одним із головних завдань сучасного машинобудування, поряд із розробленням та впровадженням у виробництво енергозберігаючих сучасних технологічних процесів, є потреба зменшення питомої металоємності машин та механізмів, скорочення відходів та втрат металопродукції за рахунок застосування матеріалів підвищеної міцності з наперед заданими фізико-механічними властивостями. Застосування високоміцних матеріалів для виготовлення відповідальних деталей конструкцій забезпечує зменшення їх маси та підвищення техніко-економічних показників сучасних машин. Однак, досягнення високої статичної міцності металів, як правило, супроводжується різким сповільненням зростання їх межі витривалості. Тому використання високоміцних сталей доволі часто обмежується їх підвищеною чутливістю до концентрації напруг та різноманітних дефектів, наприклад, тріщин.

Руйнування деталей при експлуатації, як правило, починається з їх поверхні. Це пояснюється тим, що поверхневі шари металу є найбільш навантаженими та напруженими, являються межею поділу фаз та піддаються активному впливу навколишнього середовища. Звідси виникає потреба забезпечення високої якості та геометрії робочих поверхонь деталей і покращення фізико-механічних характеристик поверхневого шару їх матеріалу. Одним із найбільш економічних та ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є застосування зміцнення деталей поверхневим пластичним деформуванням (ППД), яке дозволяє повніше реалізувати потенційні властивості конструкційних матеріалів в реальних деталях складної будови та деталях з концентраторами напруг.

Поверхнєве пластичне деформування (ППД) - розповсюджений і ефективний спосіб підвищення несучої здатності металевих деталей машин, котрий переважно застосовують в якості викінчувальної операції.

Найвагоміший ефект зміцнення від застосування ППД досягається для циклічно навантажених деталей з конструктивними (галтелі, виточки, різь, зуби, шліци, тощо) або експлуатаційними (корозійні пошкодження, подряпини, надрізи, тощо) концентраторами напруг. ППД ефективно також і по відношенню до деталей, що піддаються при експлуатації зношуванню (напрямні верстатів та пресів, поршні, циліндри), схоплюванню та фретингу (з'єднання з гарантованим натягом, рухомі з'єднання).

Фізичні закономірності деформації поверхневих шарів кристалічних матеріалів складні і суттєво відрізняються від кінетики макродеформування в об'ємних шарах металу. Аномальні особливості пластичної течії, зародження та розвитку дефектів поблизу вільної поверхні твердого тіла формують процеси контактного деформування, тертя, повзучості, заїдання, крихкого та втомного руйнування, тобто передумовлює експлуатаційні властивості.

Поверхнєве деформування поверхневих шарів здійснюють різноманітними способами, які умовно можна поділити на дві групи. До першої слід віднести такі, що передбачають створення зусилля деформування від інструмента шляхом безперервного контакту з деталлю (статичні), до другої - ті, при яких здійснюється ударна дія по деталі робочих тіл або інструмента (динамічні). Не дивлячись на розмаїття способів ППД, їх поєднує спільність основних процесів та впливів на стан металу та оброблюваної поверхні. При різних умовах оброблювання проявляються або неперервні, або дискретні особливості матеріалів.

При оброблюванні різанням деформування пластичних та крихких неоднорідних металів протікає по-різному, що обумовлюється відмінностями їх властивостей. При різанні пластичних металів поверхневий шар отримує велику залишкову деформацію, втрачає рівновісну структуру, набуває специфічної волоконної структури (текстуру). Його фізичні властивості суттєво

відрізняються від властивостей основного металу, змінюються обриси та висота нерівностей поверхні. При різанні крихких металів типу чавунів спостерігається виривання окремих часток, пластична деформація локалізується у малих об'ємах, тобто протікає немов би дискретно, по-особливому формується мікрорельєф поверхні, хоч властивості поверхневого шару і у цьому випадку відрізняються від властивостей серцевини. Пораз з тим у розрахунках деталей на міцність по критерію подібності втомного руйнування, в яких використовують посилення про максимальні напруги при пружному розподілі, описані особливості не враховуються і це не призводить до суттєвих похибок розрахунків. Отже, модель матеріалу можна розглядувати як суцільне нерозривне середовище.

Внаслідок силової дії інструмента та нагрівання металу в зоні різання відбуваються структурні зміни, виникає надклепування та залишкові напруги в поверхневому шарі і по перерізу деталі. Оскільки поверхневий шар відіграє визначальну роль у формуванні експлуатаційних властивостей деталей, то з допомогою відповідного підбору режимів механічного оброблювання, особливо викінчувальних (фінішних) операцій, можна впливати на властивості деталей, і зокрема, на їх опір втомі. Слід враховувати, що цей вплив має комплексний характер, оскільки якість поверхневого шару визначається його мікрогеометрією, структурними перетвореннями, ступеню наклепу, величиною та знаком залишкових напруг та іншими показниками.

Однак, за рахунок підбору режимів механічного оброблювання можна досягнути змін якостей поверхневого шару лиш у порівняно вузьких межах. Резерви міцності матеріалів при цьому залишаються невикористаними. Аби їх використати необхідно застосувати більш ефективні засоби впливу на поверхневі шари металу. Такими засобами і є процеси поверхневого зміцнення. Вагоме місце посеред них відведено механічним процесам поверхневого пластичного деформування, які відрізняються економічністю, доступністю та високою ефективністю.

Суть зміцнення металу під дією ППД можна пояснити наступним чином. В зоні площин ковзань проходять спотворення кристалічної гранки, зокрема її поворот, а також зміщення атомів з положення стійкої рівноваги та пружні викривлення площин зміщення. Ці спотворення викликають появу додаткових напружень, що залишаються після припинення навантаження (напруги третього роду).

При деформації полікристала, який складається з великої кількості зерен, що мають різну орієнтацію кристалографічних площин, окремі зерна діють одне на друге, викликаючи появу внутрішніх напружень. При цьому одні зерна піддаються напругам розтягу-стискання, інші - згинання, в одних зернах ці напруження більші, в других менші. Деформація більш напружених зерен стримується сусідніми менш напруженими. В результаті перші набувають внутрішніх напруг стиску, а другі - розтягу. Після зняття зовнішніх навантажень внутрішні напруження між окремими зернами полікристала зберігаються в ньому (залишкові напруги другого роду міжкристалічні). З збільшенням різниці в розмірах зерен полікристала неоднорідність напруженого стану посилюється.

Сукупність перелічених явищ викликає загальне зміцнення деформованого металу (наклеп).

Деформаційне зміцнення характеризується збільшенням межі текучості, твердості, крихкості та зменшенням пластичності. Змінюються повзучість, внутрішнє тертя, електроопір, коерцитивна сила, магнітна проникливість, залишкова індукція. Ці зміни фізико-механічних властивостей поверхневого шару металу залежать від ступеня пластичної деформації, їх необхідно враховувати при виборі режимів ППД для деталей різноманітного призначення.

Оскільки деталі, поверхневий шар яких переклепаної, мають понижену твердість, то при оброблюванні їх різанням зменшуються сила і температура різання. В результаті зростає стійкість інструмента та продуктивність оброблювання. Наприклад, при точінні перенаклепаної сталі марки 12X18H10T

стійкість різця з сталі марки P18 підвищується в 4,5...5 разів в порівнянні з його стійкістю при звичному точінні.

Наклеп поверхні викликає збільшення об'єму металу, якому стають на перешкоді нижче розташовані менш наклепані шари, внаслідок чого виникають залишкові напруги першого роду, що врівноважуються в макрооб'ємах металу. Для багатьох деталей найбільш важливі осьові залишкові напруги. В подальшому матимемо на увазі саме їх, передбачаючи, що у поперечних перерізах деталі ці напруги додаються до напруг від зовнішніх навантажень.

Таким чином, в результаті зміцнення поверхневих шарів при поверхневому деформуванні можна забезпечити покращення фізико-механічних властивостей металу внаслідок структурних перетворень, подрібнення зерен, а також формування в поверхневому шарі залишкових напруг стиску, що виникають за рахунок розвитку зсувів кристалічної ґратки. Експлуатаційні властивості деталей визначаються спільними цими факторами. До цього слід додати і покращення якості поверхні, що проявляється в зменшенні висоти нерівностей, більш похилої їх конфігурації, що важливо, наприклад, для поверхонь пар тертя.

3.2 Способи здійснення ППД

В залежності від форми, розмірів, матеріалу деталі, вимог, що висуваються до геометричних параметрів та якості поверхні, виробничих та інших умов можуть застосовуватися різноманітні способи зміцнювального оброблювання ППД. Вони відрізняються за схемами силової дії на оброблювану деталь, продуктивністю, економічністю та інших показниках (рис. 3.1). У якості спільних класифікаційних ознак можна застосовувати швидкість деформування; схему контактування деформуючих тіл з поверхнею деталі; форму робочої ділянки деформуючого тіла; зв'язок деформуючих тіл з джерелом руху; спосіб передачі енергії до інструмента.

Застосування тих чи інших методів зміцнювальних технологій для конкретних складальних одиниць спряжень машин, що труться, не завжди дає оптимальні результати. Це пояснюється тим, що відсутній прямий зв'язок між міцністними характеристиками матеріалів та їх зносостійкістю. Розкриття механізмів структурної прилаштованості дає можливість глибше проникнути у суть відомих методів зміцнювальних технологій та обумовити принципи нових методів зміцнення. Важливо у певному взаємозв'язку обирати матеріали деталей та методи їх зміцнювального оброблювання з наперед заданими параметрами активації та пасивування їх поверхневих шарів. При цьому роль фізико-хімічних властивостей середовища повинна бути врахована на всіх етапах процесів, що обумовлюють структурну прилаштовуваність.

Оброблювання ППД може знайти застосування і для спеціальних специфічних умов експлуатації деталей. Так, встановлено, що під робочою кромкою манжети в ущільнювальному вузлі на валу утворюється канавка - рівчак. Відсутність змащувальної плівки, висока температура тертя та інші фактори обумовлюють окислювальне зношування поверхонь, що труться. Таким чином, ресурс манжетного вузла, який ущільнює залежить від наявності між поверхнями, що труться, змащувальної плівки. Якщо на поверхні, що підлягає тертю, утворити мікронерівності, вершини яких слугуватимуть елементарними гідродинамічними клинами, то товщина змащувальної плівки в ущільнювальному вузлі збільшиться. При цьому вагоме значення має направленість мікрорельєфу. Якщо мікрорельєф складається із нерівностей, орієнтованих по гвинтовій лінії, то реалізується ефект гвинтового ущільнення. При цьому, для утворення на поверхні валу мікрорельєфу, що складається з нерівностей, які орієнтовані однаково як по лівій, так і по правій гвинтовій лінії, застосовують віброобкатування, яке дозволяє керувати мікрогеометрією поверхні. Наприклад, забезпечивши поверхню у вигляді набору трьохгранних призм, орієнтованих перпендикулярно до напрямку ковзання робочої кромки, можна підвищити термін служби манжетних ущільнювальних вузлів у 1,5 і більше разів. На теперішній час запроектовано пристрої для багатокуюлькового

віброобкатування із забезпеченням зорієнтованих нерівностей на оброблюваній поверхні, розроблено методику розрахунку режимів оброблювання [5].

Галузь застосування зміцнення деталей різноманітними способами поверхневого пластичного деформування доволі широка [6-9]. Крім забезпечення підвищення міцності, надійності і довговічності найрізноманітніших за формою і цільовим призначенням деталей зі сталі, чавуну та кольорових металів і сплавів, ППД з успіхом застосовують як для відновлення ресурсів деталей, що піддавались експлуатації, так і для усунення дефектів, набутих деталями на попередніх технологічних операціях. Так, дослідження при розтягу трубних зварних з'єднань із кільцевими швами показали, що границя витривалості кільцевих швів нижча границі витривалості основного металу на 30 - 40%, а при грубому виконанні шва - на 50%. Ці з'єднання являють собою труби із сталі 30ХГСА з товщиною стінки $\delta = 2,5 - 4,5$ мм, до котрих на кінцях приварені з'єднувальні елементи. Після зварювання з'єднання підлягають термічному оброблюванню. В процесі експлуатації з'єднання підлягають значним статичним та динамічним навантаженням розтягу. Звичайно джерело руйнування знаходиться в зоні термічного впливу.

Опір втомі зварних з'єднань може бути суттєво підвищено наклепом зварних швів і зон термічного впливу методом ППД, що здійснюється в ежекторній гідродробоструминній установці. Для забезпечення достатньої ефективності наклепу трубчатих деталей глибина наклепаного шару повинна знаходитися в межах $a = (0,09 - 0,20)\delta$. Найбільш ефективним є зміцнення поверхні металевими кульками різних діаметрів (1,5 - 3,5) мм.

В результаті зміцнення поверхні шва і зони термічного впливу усувається дефект, отриманий при зварюванні і термічному оброблюванні труб. При цьому забезпечується майже однакова міцність шва та основного металу.

В машинобудуванні широко використовують металеві покриття. Але при їх нанесенні виникають різні дефекти (шпари, мікро - та макротріщини, включення), що призводять до суттєвого зниження опору втомленості деталей. Так, хромування, хімічне нікелювання і відшаровування знижують до 50% опір

втомі. Зниження границі втомленості є значним у високоміцних сталей. При цьому із збільшенням товщини покриття межа втомленості також зменшується. Наприклад, збільшення товщини хромованого шару до 45 мкм знижує межу втомленості на 80%. Від'ємний вплив гальванічних покриттів збільшуються із ростом вмісту в сталі шкідливих домішок (сірки, фосфору), що сприяють наводненню. ППД металопокриттів відновлює опір деталей втомленості частково або повністю, а в деяких випадках забезпечує його вище вихідного рівня.

Дослідження впливу конструктивних концентраторів напружень та покриття на циклічну міцність деталей із високоміцного чавуну В470-3 показали, що конструктивні концентратори напружень призводять до зниження міцності на 25 - 60%, а хромування в поєднанні із конструктивними концентраторами - на 14%. Одним із найбільш простих і доступних технологічних способів підвищення опору втомленості хромованих деталей із високоміцного чавуну В470-3 із конструктивними концентраторами напружень є ППД накатуванням кульками. При цьому ефективність зміцнення збільшується із ростом коефіцієнта концентрації напружень та глибини залягання залишкових напружень стиску.

За допомогою ППД можна підвищити герметичність деталей, що працюють в умовах рідких середовищ, тобто усувати вади лиття (раковини, шпари) в металі.

Обробляючи деталі методом ППД, можна зменшити похибки геометричної форми циліндричних поверхонь, отриманих на попередніх технологічних операціях.

Експериментальні дослідження показали, що при безцентровому зміцненні із зусиллям 19 кН деталей із заліза - армко і сталі ШХ15 така похибка форми, як огранка, змінюється від 18 до 2,51 мкм, а при збільшенні зусилля у два рази огранка зменшується до 1,3 мкм.

В результаті безцентрового зміцнення хвилястість зменшується до 0,1 мкм (при $P=58$ кН).

При алмазному вигладжуванні із жорстким контактуванням деформуючого інструменту із деталлю забезпечується зменшення похибки форми циліндричних поверхонь в 3 - 4 рази.

Досвід показує, що за допомогою ППД можна суттєво підвищити зносостійкість, корозійну стійкість, контактну жорсткість, покращити інші експлуатаційні властивості деталей машин. Так, поверхневий наклеп підвищує межу витривалості сталі в корозійно-активних середовищах при помірній тривалості циклічних навантажень. Це пояснюється ущільненням поверхневого шару та закриттям макрошпарин, через котрі проникає активне середовище в середину металу.

Після ППД отримують дуже низьку висоту гребінців шорсткості при сприятливому профілю мікронерівностей. В табл. 3.1 наведені значення стандартних (R_a і R_z) і нестандартних характеристик якості поверхні при різних видах оброблювання різанням і ППД. Із цих даних видно, що при одному і тому ж значенні шорсткості такі характеристики, як радіус округлення нерівностей r , кут нахилу твірних нерівностей при основі β , відношення радіуса округлення нерівностей до їх максимальної висоти r/R_{max} , середнє квадратичне відхилення висот нерівностей σ , суттєво відрізняються одні від других в залежності від способу оброблювання. Ця відмінність при інших рівних умовах визначає різницю експлуатаційних властивостей поверхні, оброблену різними способами.

Від величини радіуса округлення нерівностей r залежить несуча здатність поверхні, темп її припрацювання, контактна жорсткість, зносостійкість, гідроцільність.

Кут нахилу твірних нерівностей β визначає несучу здатність, темп припрацювання, олієємкість поверхонь, що труться, відбиття коливань, рівномірність покриття по товщині (особливо тонких плівок). При одних і тих же значеннях шорсткості більш пологі нерівності (менший кут β) утворюються при оброблюванні ППД, ніж при різанні.

Таблиця 3.1 Параметри якості мікрорельєфу поверхонь при оброблюванні різанням і ППД

Вид оброблювання	Шорсткість поверхні, мкм	r , мкм	β , ...°	r/R_{max}	σ , мкм
Обточування	$R_z=10...20$	150	11...18	7,5	1,47
	$R_a=1,25...2,5$	-	8...12	-	1,29
Шліфування	$R_a=1,25...2,5$	8	4...7	0,8	0,81
	$R_a=1,16...0,32$	12	-	7,5	0,55
Обкочування	$R_a=1,25...2,5$	-	7...14	127	0,92
	$R_a=1,16...0,32$	1000	2...3	-	0,40
Віброобкочування	$R_a=1,25...2,5$	1400	3...5	100	0,63
	$R_a=1,16...0,32$	12200	1...1,3	7630	0,32

Відношення r/R_{max} характеризує такі властивості поверхні, як зносостійкість, темп і характер припрацювання і особливо опір схоплюванню. Так, поверхні після ППД, що мають великі значення відношення r/R_{max} за рахунок більших величин радіусу r , навіть грубо оброблені практично не схоплюються при відносно малих тисках і швидкостях тертя. Встановлено, що підвищення опору схоплюванню при оброблюванні ППД забезпечується приблизно на 30 - 45% за рахунок зміни фізико-механічних і на 70 - 55% за рахунок зміни геометричних параметрів якості робочої поверхні.

При оброблюванні деталей ППД є значно більша можливість регулювати геометричні параметри якості поверхні деталей в порівнянні із різними способами оброблювання різанням. За рахунок варіювання таких параметрів режиму оброблювання, як тиск, подача, частота обертання заготовки, а також зміни радіусів кульок і сфери роликів для обкочування, є можливим керувати мікрорельєфом, а відповідно, покращити експлуатаційні властивості деталей методом ППД.

В результаті досліджень встановлено, що оброблюванням ППД можна підвищити стійкість ріжучого інструменту. Наприклад, стійкість протяжок після зміцнення зубів обкочуванням, алмазним вигладжуванням або ультразвуковим деформаційним зміцненням зростає в декілька разів. Досліджували круглі протяжки, котрі застосовують для протягування отворів діаметром 20 мм в шатунах із сталі 12ХНЗА. Протяжки, виготовлені із сталі Р18, перед кінцевим заточуванням і прорізуванням стружко роздільних канавок змінювалися по задній поверхні різними методами ППД - обкочуванням кулькою, алмазним вигладжуванням та ультразвуковим деформуванням.

Проведені дослідження зносостійкості чавунних (СЧ20) гільз циліндрів двигунів ЗІЛ-130 та ЗІЛ-164, оброблених кульковими розкатниками, підтверджують зменшення спрацювання зміцнених поверхонь. В результаті експлуатації п'яти машин ЗІЛ-164 на підприємствах встановлено, що довговічність гільз циліндрів двигуна ЗІЛ-130, зміцнених розкочуванням із наступним хонінгуванням в середньому на 79% вища, ніж не зміцнених гільз. Зносостійкість циліндрів двигунів ЗІЛ-164, зміцнених розкочуванням без наступного хонінгування, на 36% вища, ніж не зміцнених.

Збільшення зносостійкості пар тертя із чавуну С420 в олійно-абразивному середовищі забезпечується імпульсним зміцненням. Кільця, зміцнені цим методом, володіють більш високими антифрикційними властивостями, ніж після загартування та обкочуванням роликками. Так, при терті із питомим навантаженням 0,75 МПа спрацювання кілець зменшилося в 2,5 рази, а в діапазоні навантажень від 0,75 до 6,0 МПа - в 3 – 3,5 рази. Характерним є те, що спрацювання шліфованих вкладок із того ж чавуну зменшилося майже так, як і зміцнених кілець, що працюють з ними в парі.

Найбільш ефективним вирішенням завдання про покращення експлуатаційних властивостей машини є комплексна оптимізація мікрорельєфу контактуючих поверхонь пар тертя, що визначає їх довговічність.

3.3 Особливості метода обкочування та аналіз конструкцій обладнання

Обкатуванням та розкочуванням оброблюють циліндричні зовнішні та внутрішні, наскрізні та глухі, плоскі поверхні, галтелі ступінчастих, колінчастих та шліцьових валів, бокові поверхні черв'яків, зубчастих коліс, різьбові та інші фасонні поверхні.

Обкатування і розкочування здійснюють роликами і кульками, що створюють тиск на поверхню оброблюваної деталі. При певному робочому зусиллі в зоні контакту деформуючих елементів і деталі інтенсивність напружень перевершує межу текучості, в результаті чого здійснюється пластична деформація мікронерівностей, змінюються фізико-механічні властивості та структура поверхневого шару, зростає мікротвердість, у поверхневому шарі матеріалу утворюються залишкові напруги. Об'ємна деформація деталі при цьому незначна.

Поєднанням обертових та поступальних рухів і переміщень оброблюваної деталі та деформуючих елементів при обкатуванні та розкочувальні забезпечується зміцнення різноманітних конструктивних елементів деталей та їх поверхонь. Найбільш розповсюджені схеми обкатування зображено на рис.3.2.

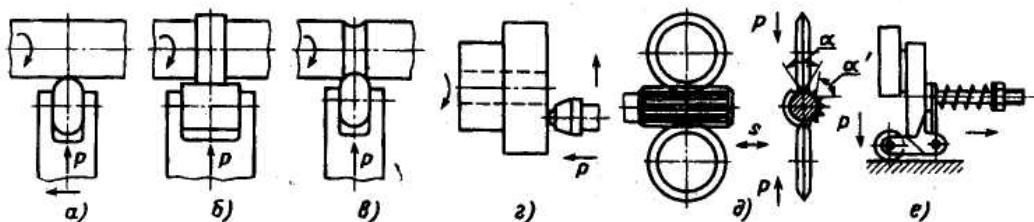


Рисунок 3.2 - Схеми зміцнення деталей обкатуванням: а – роликом з повздовжньою подачею; б - роликом з поперечною подачею; в – фасонним роликом з поперечною подачею; г торцевої поверхні кулькою; д – роликами поверхонь шліців; е - плоскої поверхні роликами

Обкатують деталі машин, виготовлені з сирих і загартованих сталей, чавунів і кольорових сплавів. Операція здійснюється за допомогою роликів, кульок або інших деформуючих інструментів, закріплених у пристроях на токарних, свердлильних, зубообробних та інших універсальних або спеціальних верстатах. Обкатування застосовується у всіх видах виробництва. Сьогодні є значна кількість як універсальних, так і спеціальних конструкцій обкатного і розкочувального інструмента і пристроїв, при доборі яких віддається перевага найбільш продуктивним з робочим елементом у вигляді ролика. Ролики контактують з оброблюваним виробом на більшій площі, ніж кульки, і тому обкатування ведеться з більшою подачею. Пристрої з обкатуючими кульками дозволяють створити більш інтенсивну пластичну деформацію, при менших зусиллях обкатування. В зв'язку з цим кулькові розкочувальні і обкатні пристрої можна рекомендувати для оброблювання твердих матеріалів. Пристрої з обкатними кульками рекомендуються також для оброблювання малогабаритних поверхонь і отворів малого діаметру.

Всі розкочувальні і обкатні інструменти і пристрої можна розділити на три основні групи:

- для накатування і обкатування прямолінійних і фасонних поверхонь;
- для обкатування зовнішніх циліндричних і фасонних поверхонь тіл обертання;
- для розкочування циліндричних і фасонних отворів.

Прикладом технологічної конструкції пристрою для обкатування зовнішніх циліндричних поверхонь може служити обкатний роликівий пристрій, зображений на рис. 3.3. Обкатний кільцевий ролик 1 встановлений на вісь 2 на голчастих роликах, що забезпечує центрування та довговічність роботи. Від переміщення в напрямі вісі ролик утримують два упорних шарикопідшипники. Ролик кріпиться в пружинистому тримачі 3. Це покращує процес обкатування, знижує шкідливий вплив вібрацій заготовки, неточностей верстата і непостійності жорсткості системи СПД по довжині оброблювання. Зусилля обкатування встановлюється на основі показників індикатора 6. На його

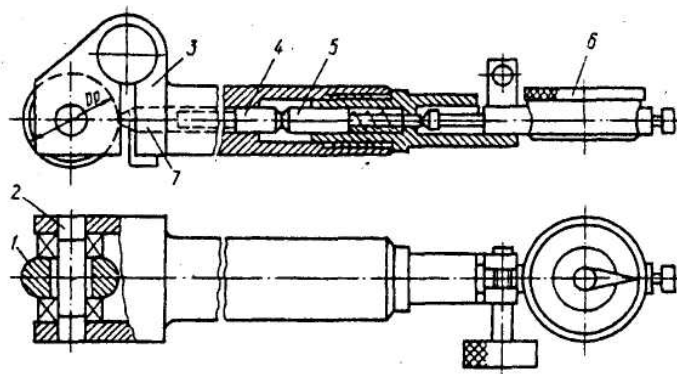


Рисунок 3.3 - Пристрій для обкатування зовнішніх циліндричних поверхонь: 1 – ролик; 2 – вісь; 3 - корпус; 4 – штовхач; 5 – стрижень; 6 – індикатор годинникового типу; 7 - упор

вимірювальний стержень через проміжні стержні 4 і 5 впливає передня пружна частина тримача, прогин якої пропорційний показникам індикатора. Упор 7 служить для обмеження надмірного прогину тримача і для запобігання його руйнування.

В умовах одиничного та дрібносерійного виробництв крупних жорстких деталей широко застосовують одноролікові обкатні пристрої із пружними елементами (рис. 3.4).

Наявність пружного елемента забезпечує сталість зусилля обкатування у будь-якій точці оброблюваної поверхні. Пристрій складається з ролика 1, роликової головки 2, тримача з навантажувальним механізмом та пружного елемента (пружини) 4. До виконання операцій обкатування попередньо затягують робочу пружину, стискаючи її з допомогою різьбового елемента 6. Зусилля стискання пружини контролюють по шкалі, нанесеній на тримачі. Переміщаючи супорт верстата у поперечному напрямку, ролик підводять до контакту з оброблюваною поверхнею деталі. При зусиллі обкатування до 5000 Н робоче зусилля забезпечують подальшим переміщенням супорта. В робочому положенні поміж торцем гайки 6 і торцем тримача 3 (рис. 3.3, а) чи гвинта 5 (рис. 3.3, б) повинен забезпечуватися зазор 1...2 мм. При зусиллі обкатування понад 5000 Н.

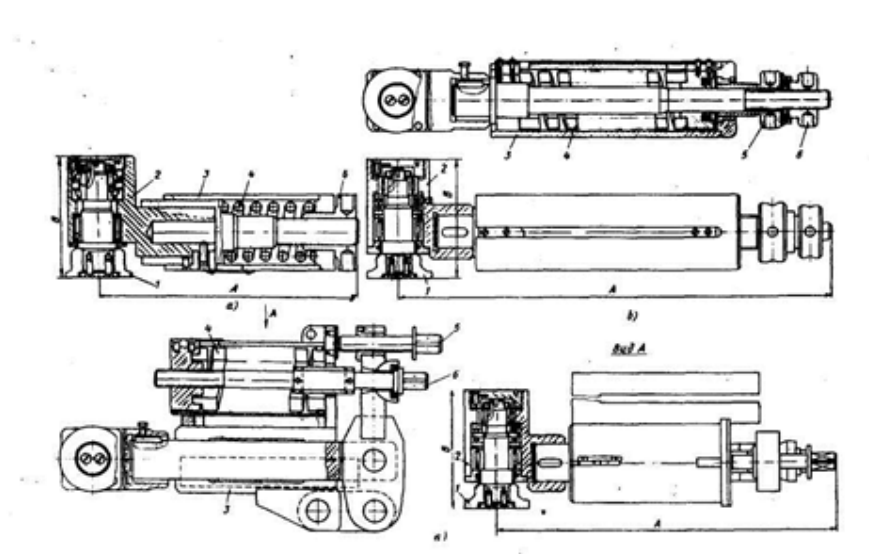


Рисунок 3.4 - Однороликові пристрої, що забезпечують великі зусилля обкатування а – 2500-5000 Н; б – 10000-20000 Н; в – 40000 Н

навантаження здійснюють спеціальним механізмом пристрою: обертаючи гвинт 5, вмикають або вимикають робоче навантаження (рис.3.3, б і в). Для налагодження пристрою на робоче зусилля під торці елементів 6 встановлено упорні підшипники, а в пристроях з зусиллям до 40 кН для цих цілей передбачено важільний механізм.

Робочий профіль ролика може бути тороїдальним, циліндричним і конічним. Тороїдальний ролик в перетині окреслений дугою кола, радіус якої дорівнює 5-100 мм в залежності від умов обкатування. Тороїдальний профіль має невелику площу контакту з оброблюваною поверхнею, і це дозволяє створювати в оброблюваній деталі великі пластичні деформації при відносно невеликих зусиллях обкатування і високій продуктивності оброблювання. Робочу поверхню ролика можна виконати також у вигляді бокової поверхні циліндра, конуса або інших більш складних за формою поверхонь.

Довжина твірної ролика циліндричної форми вибирається від 2 до 5 см для оброблювання невеликих деталей і при високій жорсткості ЗПД, але у будь-якому випадку вона не повинна перевищувати потроєну величину подачі. Циліндричний ролик з обох боків має забірні конусні перехідні частини. Кут

забірною конуса звичайно приймається 5° . Конус необхідно плавно округлити в місці переходу до циліндричної робочої частини. При обкатуванні нешироких поясків і кільцевих канавок циліндричні ролики можуть працювати тільки з радіальною подачею. Їх осі повинні розташовуватись під кутом приблизно 5° відносно заготовки. При такому повороті утворюється контакт ролика з заготовкою крапле видної форми, що полегшує процес пластичної деформації і виключає утворення хвилястості за роликами. Циліндричні ролики звичайно потребують великих зусиль обкатування і їх рекомендують застосовувати при оброблюванні великих жорстких заготовок. В цих умовах дуже ефективно встановлювати циліндричні широкі ролики в пристроях, які дозволяють ролику самовстановлюватись на раніше обробленій поверхні.

Ролики з конічною поверхнею по своїй ефективності займають проміжне положення між тороїдальними і циліндричними. При невеликих кутах конуса, що лежать у межах від $1,5$ до $2,5^\circ$, досягається найбільша продуктивність, але зусилля обкатування потребується менше, ніж при такій самій продуктивності у циліндричних роликів. Збільшення кута конуса більше 5° зменшує згладжувальний ефект, потребує зменшення подачі, але при цьому досягається збільшення ступеня і глибини зміцнення поверхні, яка обкатується.

Для забезпечення високої якості обкатки необхідне ретельне оздоблення робочої поверхні ролика, а також забірних поверхонь конічних і циліндричних роликів. Шорсткість для поверхонь повинна бути не вище $R_a = 0,32-0,08$ мкм. Твердість роликів повинна бути не нижче HRC 62-65. Ролики виготовляють з швидкоріжучих сталей ШХ15, ХВГ, 9Х, 5УНМ, У10А, У12А, наплавляючи їх поверхню твердими сплавами, або ж суцільними твердосплавними. Одним з важливих параметрів будь-якої форми ролика є його діаметр. Звичайно цей діаметр, а також загальну ширину ролика вибирають з технологічних і конструктивних міркувань. Можна призначити діаметр ролика, виходячи з відношення діаметра деталі до діаметра ролика, що дорівнює від 1,5 до 2 рази. При оброблюванні деталей діаметром до 75 мм це відношення можна

збільшити до 4 разів. Аби запобігти появі мікросліду на поверхні, яка обкатується це співвідношення не повинне бути цілим числом.

Зусилля обкатування практично може досягти величин від 50 кН. до 100 кН. Його можна досягнути за допомогою гідروفікованих пристроїв. Гідравлічні або пневмогідравлічні пристрої зручні ще тим, що ними можна обкатувати конічні поверхні. Необхідне зусилля обкатування в них підтримується звичайною пускорегулювальною апаратурою.

Для розвантаження вузлів верстата від одностороннього прикладення зусилля та для оброблювання нежорстких деталей обкатування доцільно здійснювати інструментами з декількома деформуючими елементами, рівномірно розташованими навкруг оброблюваної деталі. Такі пристрої встановлюють на місце різцетримача верстата або на спеціальних напрямних поряд з ним. На рис. 3.5 зображено такий трьох роликів обкатний пристрій. Його тримач 2 з роликами 3 шарнірно з'єднаний з корпусом 1, тому биття поверхні вала не дається взнаки на якості оброблювання.

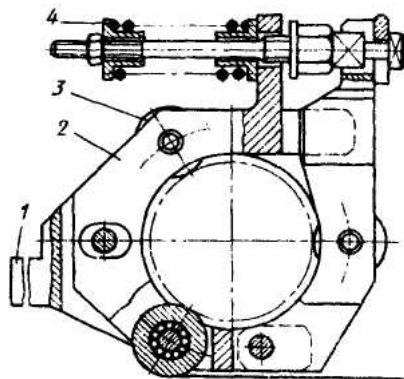


Рисунок 3.5 – Трироликів пристрій для обкатування нежорстких валів: 1 – корпус; 2 – плаваючий тримач; 3 – ролик; 4 - пружина

Для розкачування наскрізних отворів в деталях типу гідроциліндрів широко застосовують розкочувальні головки, одна з можливих конструкцій якої зображена на рис. 3.6.

а на рис. 3.5.

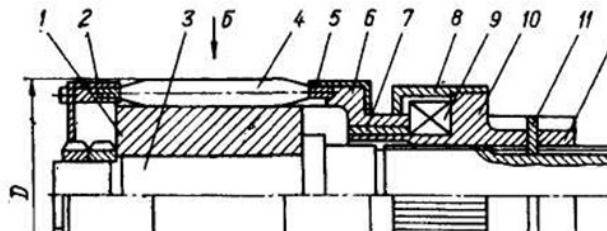


Рисунок 3.6 - Багатороликів головка для розкочування наскрізних отворів

Корпус 3 розкочувальної головки оснащений хвостовиком у вигляді конуса Морзе для встановлення її в шпинделі розточувального чи свердлильного верстата. На передню частину корпусу 3 насаджена сталеві загартована втулка 1, по якій обкочуються робочі деформуючі елементи - ролики 4. Для забезпечення рівномірності роботи всіх роликів їх діаметри не повинні відрізнятися більш ніж на $5 \cdot 10^{-3}$ мм. Від випадання ролики утримує сепаратор 6, який обертається на втулці 7. В сепараторі ролики закріплені за допомогою двох сухариків 13 та 14, які притиснуті кришками 2 і 5. Втулка 1 конусна з кутом конуса $2^{\circ}51'$. Регулювання діаметра D виконують шляхом осьового переміщення сепаратора 6 деталями 10, 11, 12. Осьові зусилля розкочування сприймаються упорними шарикопідшипником 9, який закрито кришкою 8. Вісі роликів розвернуто на кут $0^{\circ}30' \dots 0^{\circ}50'$ по відношенню до вісі поверхні розкочування. Цей розворот полегшує процес пластичного деформування, забезпечує розкочувальнику самозатягування та зменшує зношування роликів. Для зручності регулювання на корпусі 3 розкочувальника та гайці 12 нанесено шкали.

Розкочувальні ролики частіше всього виконують циліндричної чи конічної форми, під дією опорної поверхні та осьової сили передня частина ролика входить в оброблювану поверхню під кутом (кут вдавлювання).

В основному застосовують "жорсткі" розкочувальники, в яких регулюють не силу розкочування, а натяг, тобто різницю діаметрів розкочувальника і

оброблюваної поверхні. Їх недолік - обмежена можливість регулювання діаметра при переналагодженні.

Якість обробленої поверхні та фізико-механічні властивості поверхневих шарів при обкатуванні та розкочуванні залежать від фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, вихідної шорсткості поверхні, подачі, зусилля деформування, розмірів та радіуса деформуючого елемента, числа робочих ходів.

Як правило, розмір оброблюваної поверхні при обкатуванні валів зменшується, при розкочуванні отворів збільшується. Зміни розмірів при цьому регламентуються величиною залишкової пластичної деформації h та висотою R_z шорсткості, що утворюється при обкатуванні. Величина залишкової пластичної деформації дається взнаки на точності оброблювання. Якщо обкатують точні вали невеликих розмірів, то пластична деформація охоплює майже весь об'єм їх матеріалу і величина h може бути співрозмірною з точністю 6 квалітету. При виготовленні деталей діаметром до 250 мм 8...9 квалітетів та деталей всіх діаметрів 6...7 квалітетів при попередньому оброблюванні поверхонь під обкатування необхідно залишати певний припуск. Рекомендовані величини припусків приведено у таблиці 5, де подано дані про зміну розмірів сирих сталевих деталей в залежності від вихідної шорсткості і способу її отримання

Таблиця 3.2 Зміна розмірів оброблюваної деталі при обкатуванні та розкочуванні в залежності від шорсткості вихідної поверхні

Спосіб попереднього оброблювання	Шорсткість вихідної поверхні R_a , мкм	Зміна розміру після оброблювання, мкм	Спосіб попереднього оброблювання	Шорсткість вихідної поверхні R_a , мкм	Зміна розміру після оброблювання, мкм
Точіння	10-5	0,03-0,06	Точіння широким різцем Шліфування	5-2,5	0,01-0,02
	5-2,5 2,5-1,25	0,02-0,04 0,01-0,02		2,5-1,25	до0,01
				5-1,25 2,5-1,25	0,01-0,02 0,005-0,015

Обкатуванням і розкочуванням забезпечується підвищення мікротвердості оброблених поверхонь деталей. Так, деталі з сірого чавуна після обкатування підвищують свою поверхневу твердість на 25...40 НВ. Майже в 1,5 рази можна підвищити поверхневу твердість деталей з силуміну та латуні, титанових сплавів - до 20 %. На підвищення мікротвердості деталей з сталі найвідчутніший вплив має зусилля обкатування, а точніше, створюваний ним напружений стан в ході пластичної деформації. Для кожного випадку існує оптимальна величини зусилля обкатування, яка забезпечує максимальний приріст поверхневої твердості.

Обкатування поверхні роликками чи кульками викликає багаторазове деформування кожної з ділянок поверхневого шару і супроводжується знаним ростом густини дислокацій, що збільшує питомий об'єм деформованого поверхневого шару. Взаємодія поверхневих шарів з розташованими глибше шарами основного матеріалу призводить до росту градієнту залишкових поверхневих напруг. Знак та величина залишкових напруг визначаються співвідношенням параметрів деформацій, теплових процесів, що її супроводжують, величиною залишкових напруг від попереднього оброблювання.

Підвищення обкатуванням втомної міцності пояснюється сприятливим впливом зміцнення, залишкових напруг стиску, зменшенням в поверхневому шарі локальних мікронапруг. По обкатуванні зона можливого зародження втомної тріщини зміщується в товщу металу, що ускладнює її контакт з навколишнім середовищем.

Як правило, обкатані поверхні більш зносостійкі ніж поверхні, що утворені лезовими та абразивним інструментами. Так, дослідження впливу обкатування на зношування зразків зі сталі 14X2H3MA в глиняному розчині засвідчило зменшення зношування на 50...57 % обкатаних зразків в порівнянні з шліфованими.

Плавний заокруглений рельєф обкатаної поверхні, підвищена твердість та контактна жорсткість поверхневого шару суттєво знижують період пропрацювання пар тертя. На інтенсивність же усталеного процесу

зношування обкатування впливає по різному. Інтенсивність зношування залежить від здатності поверхонь деталей пари тертя "притосовуватися" одна до другої. Обкатування зменшує інтенсивність зношування в тих випадках, коли воно покращує умови взаємоприлаштування пари тертя. Практикою встановлено, що для зменшення інтенсивності зношування достатньо обкатати лише одну з поверхонь тертя. Це особливо ефективно, коли зношування здійснюється в умовах агресивного середовища.

Висока ефективність обкатування спостерігається тоді, коли зношування супроводжується циклічними навантаженнями, коли від поверхонь що труться вимагається відсутність поверхневих дефектів, плавний мікрорельєф, висока твердість тощо.

3.4 Види мастильне – охолоджуючих технологічних засобів та їх характеристики

Розглянемо мастильне – охолоджуючі технологічні засоби для обробки матеріалів, їх технологічні випробування, контроль якості МОТЗ.

До мастильне – охолоджуючих засобів відносять:

- мастильне – охолоджуючі речовини та середовища (МОС); рідини (МОР), гази, пасти, тверді наповнювачі, які забезпечують дію на процес різання;
- системи підводу МОС, найбільш ефективно впливаючих на процес обробки;
- системи підготовки (в тому числі очищення та відновлення технологічних властивостей) МОС.

Мастильне – охолоджуючі речовини (МОР). Мастильне – охолоджуючі речовини поділяються на мінеральні мастила із різними присадками (антифрикційні, противозадирні, змочуючі, антикорозійні, бактерицидні), водні емульсії, які отримуються розчиненням базового мастила, емульгатора,

антифрикційних та інших присадок, напівсинтетичні та синтетичні МОР, які не містять мастил.

Обмежене використання мають водні розчини солей та поверхнево – активні речовини, а також керосин, суміші керосину із мастилом, суміші мінеральних мастил з олеїноюю кислотою та ін.

Тверді мастильне – охолоджуючі речовини використовуються у вигляді добавок до газових (частинки графіту, дисульфїта молібдену) у вигляді мазей, які наносяться на поверхню інструмента, а також у вигляді плівкових покритть (наприклад, нікель-фосфорні покриття інструмента із швидкорізальних сталей) та порошків.

3.5 Побудова математичної моделі процесу чистового точіння та одночасного обкочування

При побудові математичної моделі одночасного чистового точіння та обкочування покладемо припущення, що основні силові взаємодії на процес обробки будуть при точінні, а обкочування буде проводиться роликовою обкаткою у якій діє тільки осьова сила при подачі супорта.

За основу процесу приймемо розрахункову схему оброблення довгомірних деталей (штока) по схемі токарного точіння і застосуємо рівняння математичної моделі, що описують процес динамічного формоутворення тіла обертання.

В моделі закріплення штоку (рис. 3.6) було вираховано; зміну жорсткості деталі C_d з переміщенням інструменту вздовж осі довго мірної деталі, і додаткові пружні переміщення центра задньої бабки y_2 і передньої опори y_1 сумарне зусилля притискання центра задньої бабки та осьової сили обкочування $P_{зц}$. Шпиндель верстата розглянуто як умовний пружно фрикційний шарнір з радіальною $C_{рп}$, осьовою $C_{оп}$, поворотною $C_{пп}$ жорсткістю, та моментом тертя в шарнірі M_T .

Побудовано рівняння статичної пружної лінії вісі деталі за прийнятою схемою:

$$y_c = y'_c + y''_c + y'''_c = \frac{P_y l}{2P_x} \left[\frac{\sin \alpha \cdot x}{\alpha \cdot l} - \frac{x}{l} + \frac{1 - \cos \frac{\alpha \cdot (l-x)}{2}}{\alpha \cdot l \cdot \sin \frac{\alpha \cdot (l-x)}{2}} (1 - \cos \alpha \cdot x) \right] + \quad (3.1)$$

$$+ P_y \left[\frac{x^2}{C_{y1} \cdot l^2} + \frac{(l-x)^2}{C_{y2} \cdot l \cdot x} \right] + \left[\frac{P_{зц} \cdot P_y \cdot l}{2E \cdot I_x} \cdot \left(\frac{(l-x)}{C_{y2}} - \frac{x}{C_{y1}} \right) \cdot \left(1 - \frac{x}{l} \right)^2 \right],$$

де $\alpha = \sqrt{\frac{P_x}{E \cdot I_x}}$; E – модуль пружності матеріалу заготовки;

I_x – момент інерції поперечного перерізу штока;

L – довжина довгомірного штока;

P_x – складова сили обробки у осьовому напрямку;

X – поточна координата інструменту вздовж осі деталі;

P_y – радіальна навантажувальна сила;

C_{y1} та C_{y2} – відповідно, радіальна жорсткість передньої та задньої опори.

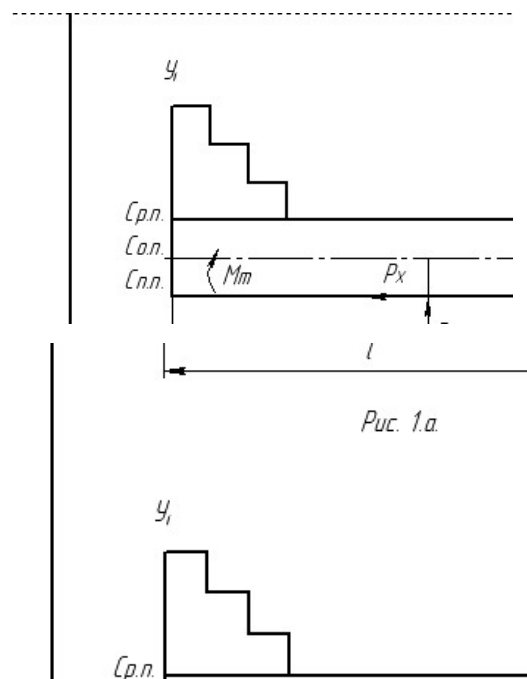


Рисунок 3.6 Спрощена розрахункова схема динамічної моделі процесу токарної обробки; а) – точінням; б) – з використанням ППД

Перша складова y_c' в формулі описує пружну лінію осі деталі з жорстким защемленням в патроні і вільним у задньому центрі, друга y_c'' – додає піддатливість передньої та задньої опор, y_c''' – враховує зміни згинаючого моменту $M_{зц} = P_{зц}(y_2 - y_1)$ від сили притискання заднього центра.

Для обробки ППД прийнято спрощену схему з урахуванням жорсткості пружного корпуса обробного ролика $C_{рол}$ (рис.3.6. б).

Приведена жорсткість супорта в такому випадку буде дорівнювати при послідовному з'єднанні;

$$C_{суп} = \frac{C_y \cdot C_{рол}}{C_y + C_{рол}} \quad (3.2)$$

Для оцінки впливу параметрів заготовки на динамічну жорсткість системи шпindel – патрон – інструмент – деталь, силу $P_y = P_{y0} + \Delta P_y$ перенесемо на лінію осі пружно – фрикційного шарніру і додатково прикладений момент $M_p = P_y(l-x)$.

При заданих коефіцієнтах нерівномірності радіальної δC_p і поворотної δC_n жорсткості затискного патрона розмах їх максимальних значень;

$$\Delta C_p = \Delta C_{y1} = 2C_p \frac{C_p}{2 - C_p}, \quad (3.3)$$

$$\Delta C_n = 2C_n \frac{C_n}{2 - C_n}$$

В результаті виникає додатковий припуск на обробку, який визначається нерівностями радіальної ΔC_p і поворотної ΔC_n жорсткості, нерівномірністю жорсткості супорта ΔC_y , відхиленням від круглості заготовки δd та її радіальним биттям Δp :

$$y\delta = \left[\frac{\Delta C_p}{C_p^2} + \frac{\Delta C_p \cdot (l-x)}{C_n^2} + \frac{\Delta C_y}{C_y^2} \right] + 0,5(\delta d + \Delta_p) \quad (3.4)$$

Випадкові коливання δy призведуть до розмаху сили обробки. При гармонічному законі дії сили $P_y = P_{y0} \cdot \cos \omega_3 t$ диференціальне рівняння руху з врахуванням в'язкого тертя :

$$\Delta \ddot{y}_p + 2n\Delta \dot{y}_p + P_p^2 \Delta y_p = \frac{\Delta P_{y0}}{m} \cos \omega_3 t, \quad (3.5)$$

$$\text{а при дії моменту } \Delta M_p = \Delta M_{p0} \cos \omega_3 t,$$

де $\Delta M_{p0} = \Delta P_{y0}(l - x)$, диференціальне рівняння повороту осі заготовки з врахуванням моменту сухого тертя M_m в пружно – фрикційному шарнірі має вигляд:

$$I_3 \Delta \ddot{\vartheta}_{II} + C_{II} \Delta \dot{\vartheta}_{II} + M_T \text{sign} \Delta \dot{\vartheta}_{II} = \Delta M_{p0} \cos \omega_3 t. \quad (3.6)$$

Розв'язки цих рівнянь дають:

$$\Delta y_p = A_p \cos(\omega_3 t + \varphi_c), \quad \Delta \vartheta_{II} = A_m \cos(\omega_3 t + \varphi_m). \quad (3.7)$$

Таким чином сукупний приріст динамічного відтискання осі деталі при обраній схемі складає:

$$\Delta y_\delta = \Delta y_p + \Delta y_m = \Delta y_p + \Delta \vartheta_{II}(l - x) = [A_p + A_m(l - x)] \cos(\omega_3 t + \varphi),$$

де A_p - амплітуда коливань динамічної складової відтискань заготовки;

A_m - амплітуда коливань кута повороту заготовки

В результаті комп'ютерної реалізації математичної моделі формоутворення деталей отримано пружні статичні лінії і динамічні коливання осі деталі для операції точінням та подальшої обробки ППД за обраною схемою.

На цих графіках рис. 3.7. спостерігається зміна знаку динамічних відтиснень осі деталі в момент зрівняння пружних статичних переміщень

передньої та задньої опор ($y_1 - y_2$) по мірі руху обкатного ролика. В цьому місці знаходиться імовірний максимум динамічних коливань, які можуть складати до 50% від статичного відтискання, що підсилюється зміною знаку згинаючого моменту від осьової складової сили $P_{об}$ і сили $P_{зц}$.

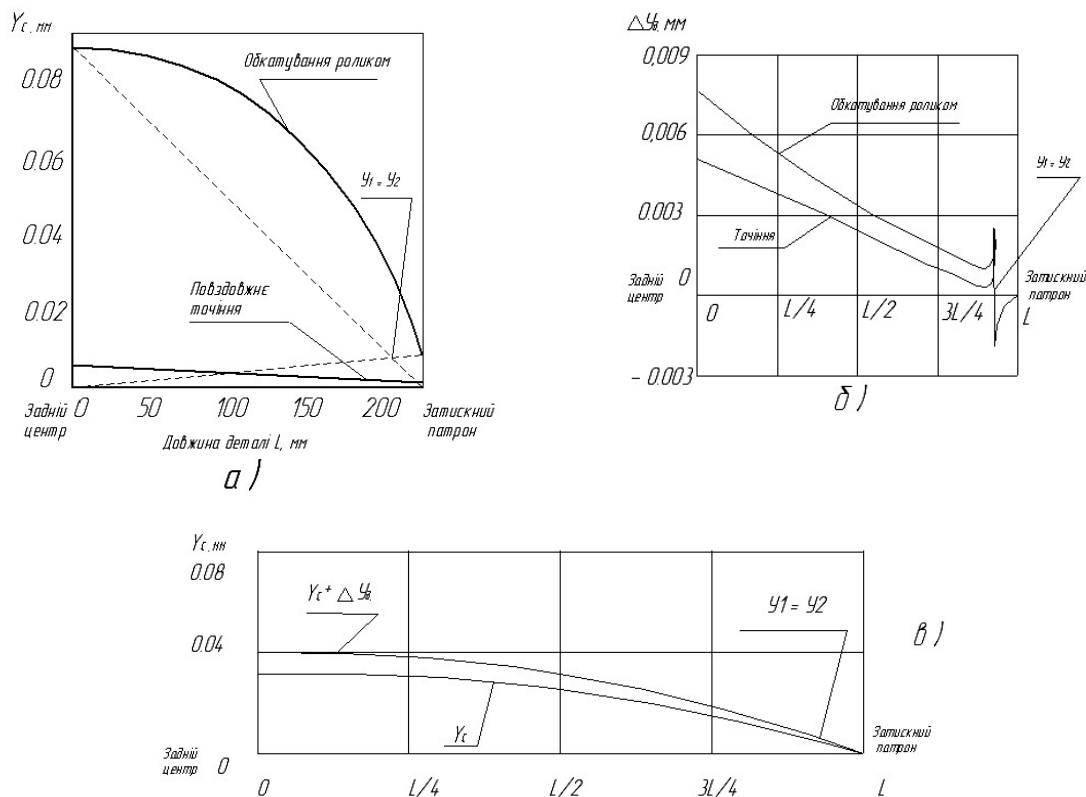


Рисунок 3.7 - Пружні відтиснення осі деталі розраховані на ЕОМ для $l = 220$ мм, $d = 40$ мм: a – статичні; b – динамічні; c – сукупні для ППД

Для зменшення радіальної складової P_y та її динамічного розмаху ΔP_y розглянуто можливість проводити обробку на знижених навантажувальних зусиллях $P_{об}$ без втрат заданої шорсткості поверхонь за рахунок збільшення пластичної усадки поверхневого шару деталі, або застосувати просторову схему обкочування роликами, яка і реалізована у запропонованому спеціалізованому обладнанні.

3.6 Висновки до 3 розділу

З проведених досліджень рекомендовано:

- для запропонованої конструкції обладнання обкочування, наступні режими оброблення: швидкість обкочування 30 м/хв., максимальна подача із застосуванням МОТЗ 0,2 мм/об при $P = 0,8$ кН;
- для зменшення просідання базових установочних елементів у конструкції обкатної головки застосовувати не менше як три ролика.

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

4.1 Проектування спеціального обладнання на операцію чистового точіння та одночасного обкочування

Проведені експериментальні дослідження показали, що з метою підвищення продуктивності виготовлення деталі шток, можливо проводити точіння поверхні з одночасним поверхневим обкочування з полімервмісним МОТЗ для підвищення зносостійкості поверхневого шару робочої поверхні. Для цього запропоновано розробити конструкцію обладнання.

4.1.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення заготовки на верстаті

Заготовку шток запропоновано встановлювати у трикулачковому патроні та задній бабці у центрі, як показано на рис 4.1.

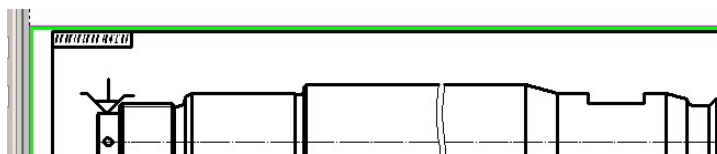


Рисунок 4.1 – Схема базування та закріплення заготовки у верстаті

Базові елементи при встановленні деталі шток у верстаті будуть поверхні кулачків самоцентруючого патрону та поверхня центру.

4.1.2 Розрахунок необхідних сил закріплення деталі

Знайдемо необхідне зусилля закріплення заготовки в патроні при дії загального зусилля при дії моменту при одночасному точінні та обкочування згідно рівняння:

$$W_{\text{сум}} = \frac{D \cdot P_z}{d \cdot f}, \quad [16] \quad (4.1)$$

$$\text{де } P_z = P_{z \text{ обкату}} + P_{z \text{ точіння}}$$

Визначення режимів різання при чистовому точінні поверхні $\varnothing 40$ ($\varnothing 40f7$).

Глибина різання при точінні:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{40,1 - 40}{2} = 0,05 \text{ мм}, \quad (4.2)$$

де D – діаметр поверхні заготовки;

d – діаметр поверхні деталі.

Подача:

$$S_{\text{табл.}} = 0,13 \text{ мм/об [2]}$$

Швидкість різання приймаємо рівною швидкості обкочування

$$V = 30 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 40} = 239 \text{ об/хв.} \quad (4.3)$$

Корегуємо частоту обертання шпинделя по паспорту верстата:

$$n = 220 \text{ об/хв.}$$

Уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 220}{1000} = 27,6 \text{ м/хв.} \quad (4.4)$$

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (4.5)$$

де C_p – сталий коефіцієнт, $C_p=300$; [2]

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

V – швидкість різання, м/хв;

x, y, n – показники степені, $x = 1; y = 0,75; n = -0,15$ [2];

K_p - поправочний коефіцієнт, який враховує силу різання:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}, \quad (4.6)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (4.7)$$

Де $n = 0,75$.

Тоді:

$$K_{mp} = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1$$

Оскільки: $K_{\varphi p} = 1; K_{\gamma p} = 1; K_{\lambda p} = 1$ [2],

тоді: $K_p = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$

Отже:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,05^1 \cdot 0,13^{0,75} \cdot 27,6^{0,15} \cdot 1 = 54,28 \text{ Н.}$$

При обкочуванні, виходячи з умов розміру поверхні $\varnothing 40$, сталь 45, НВ 180...220, ролик $\varnothing 10$ мм, з таблиці [2] находимо силу $P_z = 25200$ Н.

Тоді $P_z = P_{z \text{ обкату}} + P_{z \text{ точіння}} = 25200 + 54,28 = 25254,28$ Н

$$W = \frac{D \cdot P_z}{df} = \frac{40 \cdot 25254}{30 \cdot 0,3} = 112241 \text{ Н.}$$

Згідно табл. [15] трикулачковий патрон $\varnothing 400$ мм. має сумарну силу затиску $W_{\text{сум}} = 163000 \text{ Н}$, тобто умова закріплення виконується.

Перевіримо умови працездатності верстата по осевій силі супорта.

Сила P_x знаходиться із залежності:

$$P_x = \frac{P_z}{3 \dots 5} = \frac{25200}{3 \dots 5} = 8400 \dots 5040 \text{ Н} .$$

Згідно паспорту верстата 1М63 максимальна осьова сила супорта

$$P_{\max} = 15000 \text{ Н} .$$

Тобто, умови по міцності обладнання, задовольняють проведенню операції одночасного точіння та обкочування.

4.1.3 Розрахунок елементів обладнання на міцність

Перевіримо на міцність чотири болти, якими кріпиться обладнання на верстаті. На них діє зусилля від осьового навантаження, що може зрізати.

Умова міцності на зріз визначаємо із співвідношення

$$\frac{Q}{n \cdot A} \leq [\tau]_{зр} , \quad (4.8)$$

де Q – сила діюча у перерізі, Н. $Q = 8400$ Н.

A – площа перерізу, мм^2 .

n – кількість площин зрізу, $n = 4$.

$$[\tau]_{зр} \approx 0,3[\sigma_{зм}] = 0,3 * 200 = 60 \text{ МПа}$$

Згідно формули визначаємо мінімально допустимий діаметр болта.

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{2[\tau]_{зр} \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8400}{4 \cdot 60 \cdot 3,14}} = 6,6 \text{ мм}$$

По конструктивним міркуванням приймаємо $d = 10$ мм.

4.1.4 Розробка технічних умов на обладнання та опис його роботи

Обладнання для одночасного точіння та обкочування поверхні штока складається з корпусу на якому встановлена роликова наладка для обкочування та встановлено у пазу різцетримач, який має можливість настройки за допомогою гвинта на необхідний розмір обробки та глибину різання.

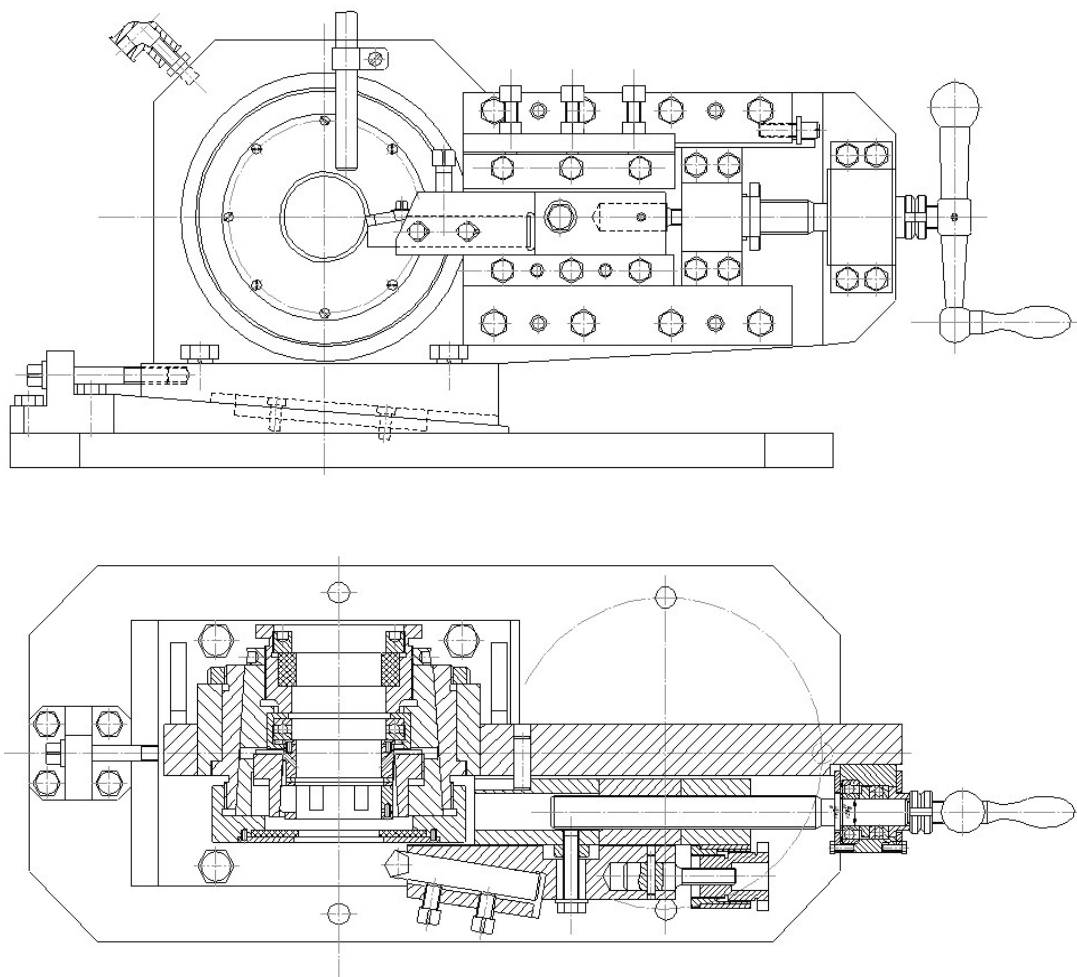


Рисунок 4.2 – Схема обладнання для одночасного точіння та обкочування довгомірних деталей типу шток.

Обладнання встановлюється на супорт верстата 1М63 та закріплюється за допомогою болтів. Для вивірки співпадання осі верстата та осі обкатної обойми проводиться налагодження за допомогою гладкої оправки $\varnothing 40$ мм, яка встановлюється в патрон та у центр. За допомогою регулювального гвинта виводимо вісь обкатної обойми на вісь верстату.

При точінні та обкочуванні подається крізь патрубкі МОТЗ.

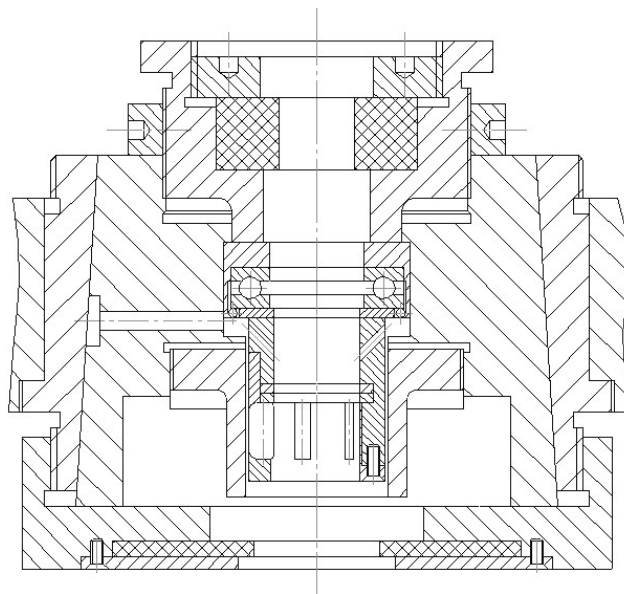


Рисунок 4.3 – Схема обкочувальної головки

Для здійснення процесу обкатування, після встановлення деталі у патрон та центр, спеціальним ключем ролики встановлюються на розмір деталі, яка буде обкочуватися та розмір зменшується на величину натягу, який забезпечується конусною втулкою. Для нашого випадку для $\varnothing 40$ мм. натяг складає $h = 0,4$ мм. Потім для запобігання руйнування різьбового з'єднання рухомий корпус з роликами закріплюється контргайкою. Проводиться обробки деталі.

Для забезпечення якісного оброблення деталі необхідно виконати такі технічні умови:

1. При встановленні обладнання на верстат необхідно витримати неспівпадання осі центрів верстата та осі обладнання не більше чим 0,01 мм (це досягається гвинтом для регулювання та клинковою поверхнею);
2. При зборці пазу, де рухається різцетримач, необхідно забезпечити беззазорні з'єднання.

4.2 Проектування верстатного пристрою для свердлування отвору перпендикулярному осі деталі

4.2.1 Схема базування та вибір установочних елементів

Згідно вимог на кресленні деталі необхідно просвердлити отвір 3 мм за розміром від торця деталі. Тому приймаємо за базу торець деталі та зовнішню циліндричну поверхню.

Цим вимогам відповідає призма та упор. Схема базування показана на рис. 4.4.

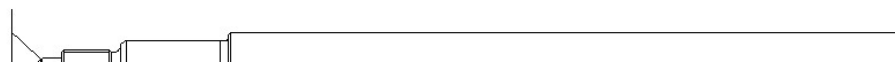


Рисунок 4.4 – Схема базування заготовки

4.2.2 Розрахунок сили закріплення та приводу пристрою

Розрахунок сили закріплення ведемо зі схеми базування та закріплення на якій нанесено сили, які діють на заготовку під час обробки.

Схема базування-закріплення показана на рис. 4.5. Для такого випадку прикладення сил, можна записати рівняння рівноваги заготовки:

$$P_z \cdot k = W \cdot f + \frac{W \cdot f}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (4.9)$$

$$\text{де } P_z = \frac{N \cdot 1020 \cdot 60}{V} = \frac{0,15 \cdot 1020 \cdot 60}{20} = 459 \text{ Н},$$

$k=1,5$; $f=0,1$; $\alpha = 45^0$. Звідки маємо силу затиску:

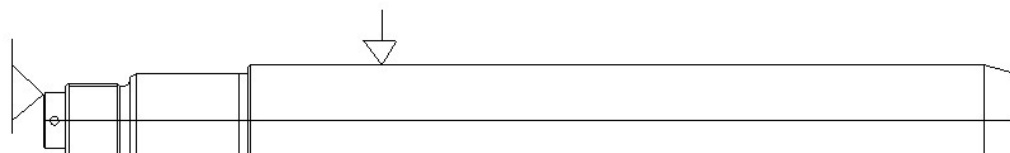


Рисунок 4.5 – Схема базування та закріплення

$$W = \frac{P_z \cdot k}{f + \frac{f}{\sin \alpha/2}} = \frac{459 \cdot 1,5}{0,1 + \frac{0,1}{\sin 45^0}} = \frac{688}{0,239} = 2878 \text{ Н}$$

Розрахунок приводу пристрою

Вибираємо кінематичну схему передавальних механізмів, яка показана на схемі 3.7 та складається з важільного кінематичного механізму, клиноплунжерного підсилювача, застосованого для зручного розміщення пневмоприводу.

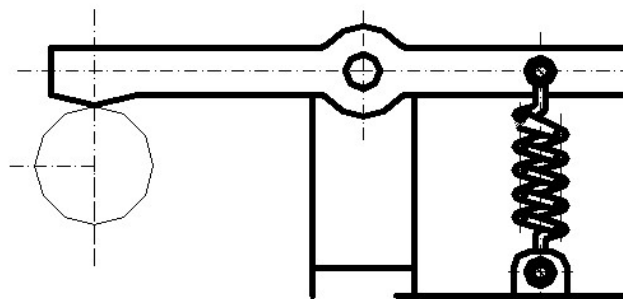


Рисунок 4.6 – Кінематична схема передавальних механізмів та приводу

Завдяки тому, що важільна система виконує підсилювальну функцію, тому запишемо рівняння рівноваги важільної системи

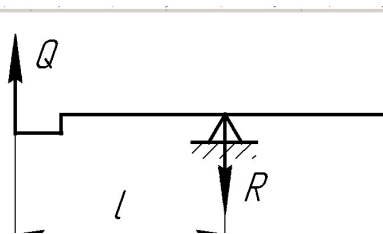


Рисунок 4.7 – Схема важільної системи

$$Q = \frac{W(L-l)}{l\eta}, \quad (4.10)$$

де $L = 170$ мм, $l = 95$ мм, $\eta = 0,98$, тоді маємо

$$Q = \frac{2878(170-95)}{95 \cdot 0,98} = 2318 \text{ Н}$$

Запишемо рівняння клиноплунжерного механізму

$$Q = \frac{W[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg}\varphi_1]}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)\operatorname{tg}\varphi_2}; \quad [12] \quad (4.11)$$

де $\alpha = 15^\circ$ $\varphi = 2^\circ$ $\varphi_1 = 2^\circ$ $\varphi_2 = 2^\circ$, тоді

$$Q = \frac{2318(\operatorname{tg}17^\circ + \operatorname{tg}2^\circ)}{1 - \operatorname{tg}17^\circ \cdot \operatorname{tg}2^\circ} = \frac{2318 \cdot 0,349}{1 - 0,012} = 808,9 \text{ Н}$$

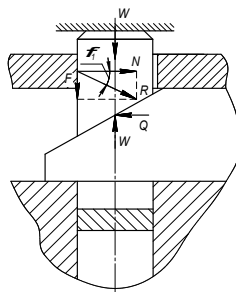


Рисунок 4.8 – Схема клиноплунжерного механізму

З урахуванням сил зворотних пружин сила на штокові пневмоциліндра буде:

$$Q_{ш} = Q + q = 808,9 + 60 = 868,9 \text{ Н}$$

Розрахуємо розмір безштокової робочої порожнини пневмоциліндру за формулою

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4Q}{P_n \cdot \Pi \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 868,9}{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,98}} = 53,1 \text{ мм}$$

де, $P_n = 0,4$ МПа – розрахунковий тиск повітря в пневмосистемі;

$D_{ц}$ – діаметр циліндра мм.

З стандартного ряду вибираємо циліндр з діаметром: $D_{ц} = 63$ мм.

Розраховуємо фактичне зусилля на штокові по максимальному тиску повітря у системі за формулою:

$$Q_{ф} = P_n \cdot \frac{\Pi \cdot D_4^2}{4} = 0,63 \cdot \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} = 1962 \text{ Н}$$

4.2.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

Аналізуючи конструкцію даного пристрою можна зробити висновки, що найбільш навантаженою деталлю є вісь на якій кріпиться важіль що передає зусилля від штока пневмоциліндра.

Проводимо перевірочний розрахунок цієї вісі на зріз [16]. Для розрахунку складаємо, схему яка показана на рис 3.10.

нку складаємо, схему яка пока



Рисунок 4.9 - Розрахункова схема

Умова міцності на зріз визначаємо із співвідношення

$$\frac{Q}{n \cdot A} \leq [\tau]_{зр}, \quad (4.12)$$

де Q – сила діюча у перерізі, Н. $Q = 1430$ Н.

A – Площа перерізу, мм^2 .

n – Кількість площин зрізу.

$$[\tau]_{зр} \approx 0,3[\sigma_{зм}] = 0,3 * 200 = 60 \text{ МПа}$$

Згідно формули визначаємо мінімально допустимий діаметр осі.

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{2 \cdot [\tau]_{зр} \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 1430}{2 \cdot 60 * 3,14}} = 3,9 \text{ мм}$$

По конструктивним міркуванням приймаємо $d = 10$ мм.

Умову міцності на зминання визначаємо з співвідношення

$$\frac{Q}{\delta \cdot d} \leq [\sigma]_{зм} \quad (4.13)$$

де δ - товщина стінки опори

$$\delta \geq \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_{зм}] d}} = \sqrt{\frac{1430}{200 * 10}} = 0,84 \text{ мм}$$

З конструктивних міркувань δ приймаємо 10 мм.

Умова виконується.

4.2.4 Розрахунок пристрою на точність

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (4.14)$$

де ε_{δ} - похибка базування деталі, $\varepsilon_{\delta} = 0$

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0,09$ мм (затиск прихватом) [3];

ε_{np} - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2} , \quad (4.15)$$

де $\varepsilon_{виг}$ - похибка виготовлення установочних елементів, $\varepsilon_{виг} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{зн}$ - похибка зношення установочних елементів, $\varepsilon_{зн} = 0,02$ мм;

$\varepsilon_{фікс}$ - похибка фіксації пристрою на столі верстата, $\varepsilon_{фікс} = 0,01$ мм.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,02^2 + 0,01^2} = 0,025 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,09^2 + 0,025^2} = 0,093 \text{ мм.}$$

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{дон} = TD - \kappa \cdot \omega , \quad (4.16)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = 0,2$ мм;

κ – поправочний коефіцієнт, $\kappa = 0,8$ [3];

ω – точність обробки на вибраному верстаті, $\omega = 0,01$ мм, [3].

$$\varepsilon_{дон} = 0,2 - 0,8 \cdot 0,01 = 0,192 \text{ мм.}$$

Умова $\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y$ виконується.

Пристрій призначений для установки на свердлувальний верстат та закріплення у ньому заготовки при свердлуванні отвору $\varnothing 3$ перпендикулярно осі деталі.

Технічні умови:

Привід затискуючого механізму	пневматичний
Розвиваюча сила закріплення	2878 Н
Робочий тиск в пневмосистемі	0,4-0,63 МПа
Зусилля на шток пневмоциліндра	1962 Н
Габаритні розміри пристосування:	

Довжина	350
Висота	220
Ширина	300
Маса не більше	18,7 кг

4.2.5 Опис роботи пристрою для свердлування

У даному пристрої заготовка закріплюється у призмі. Стиснуте повітря потрапляючи у поршневу порожнину пневмоциліндра тисне на поршень та переміщає його вправо. На штокові пневмоциліндра встановлено клиновий механізм, який діє на важіль. Важіль встановлений на осі яка в свою чергу закріплена у корпусі пристрою. Своїм другим кінцем важіль діє на заготовку, яка закріплюється. Після свердління отвору, за допомогою кондукторної плити, деталь розкріплюється шляхом попадання стиснутого повітря у штокову порожнину пневмоциліндра, після чого поршень зі штоком та клином рухаються вліво та через важіль розкріплюють заготовку. На нижній плиті корпуса встановлені дві шпонки які орієнтують пристрій на столі верстата.

До столу нижня плита корпуса пристрою кріпиться за допомогою двох стандартних болтів.

4.2.6 Висновки до розділу 4

1. Запропоновано конструкцію обладнання для одночасного чистового точіння та обкочування зовнішньої поверхні деталі шток.
2. Проведені силові розрахунки, по умові працездатності верстата, показали можливість здійснення на верстаті 1М63 одночасного чистового точіння та обкочування деталі.
3. Спроектована конструкція пристрою для свердлування.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено новий технологічний процес виготовлення деталі шток в якому зменшена кількість операцій за рахунок використання верстатів з ЧПК та одночасного чистового точіння та обкочування.
2. Проаналізовано існуючі схеми та пристрої і обладнання обкочування поверхонь та запропоновано нову конструкцію обкочувальної головки.
3. Побудовано аналітичну модель процесу обкочування, з якої визначено режими роботи обладнання.
4. Створено нову конструкцію обладнання для одночасного чистового точіння та обкочування зовнішньої поверхні деталі шток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горбацевич А. С. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск. Высшая школа, 1983. 378с.
2. Справочник технолога-машиностроителя, Т1, 2. под редакцией А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1986. 437 с.
3. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство.:Машиностроение.1974.-136 с.
4. Режимы резания металлов. Справочник под редакцией Ю. В. Барановского. : Машиностроение, 1972. 365 с.
5. Гавриш А. П., Киричок П. О., Підберезний М. П. Зміцнення поверхонь деталей машин та механізмів. Київ: Наукова думка, 1995. 173 с.
6. А.с. 689820 (СРСР). Спосіб зміцнення деталей. Повідайло В. А., Щігель В. А., Афтаназів І. С. Оpubл. в Б.І., 1977, № 37.
7. А.с. 831581 (СРСР). Спосіб зміцнення деталей. Повідайло В.А., Коршунов Ю. Ю., Анікім В. В., Афтаназів І. С., Щігель В. А. Оpubл. в Б.І., 1981, № 19.
8. А.с. 910396 (СРСР). Спосіб зміцнення деталей. Повідайло В. А., Щігель В. А., Афтаназів І. С. Оpubл. в Б.І., 1982, № 9.
9. А.с. 1207732 (СРСР). Спосіб зміцнення деталей Повідайло В. А., Афтаназів І. С, Семків Ю. М. Оpubл. в Б.І., 1986, № 4.
10. Браславський В. М. Технологія обкочування крупних деталей ролика ми. М., Машинобудування, 1975,160 с.
11. Каледін Б. А., Чепа П. А. Підвищення довговічності деталей поверхневим деформуванням. - Мінськ. Вид-во Наука і техніка. 1974. 230 с.

12. Одінцов Л. Г. Зміцнення і оздоблювання деталей поверхневим пластичним деформуванням. Довідник. : Машинобудування, 1987. 328 с.

13. Олійник М. В., Кичін В. П., Луговський А. А. Поверхнєве зміцнення деталей машин. Київ: Техніка, 1984. 151 с.

14. Підвищення довговічності машин технологічними методами. Під ред. В. С. Корсакова. Київ: Техніка, 1986. 158 с.

15. Ансеров М. А. Приспособления для МРС. : Машиностроение, 1975. 710 с.

16. Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.