



УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект Дослідження зносостійкості складно-шарових
таких трибозчужномі низьким формувальні зносостійкості паритів
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студент Тютюков Сергій Олександрович

Спеціальність В1 Прикладна механіка, група № 13М

Обсяг проекту: Розроблення зображення, графіка, таблиць, тек. проект

Кількість аркушів креслень _____

Кількість сторінок пояснювальної записки 131

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень

Автор матеріальної роботи виконав завдання в повній
обсязі. Протягом і виконання розділи виконав із вико-
ристанням сучасних систем автоматизованого проекту-
вання

б) висновок про відповідність проекту завданню

Зміст представлений до рецензії роботи повністю
відповідає завданню. Тематика роботи актуальна

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту,
рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим
методам роботи

Зміст розділів роботи відповідає сучасному стану
досліджуванню питань. Чи прийняті автором
рішення науково обґрунтовано



г) негативні особливості виконання проекту

Втором роботи незрозумілого значення використання в та процесі верстатів з ЧПК

д) позитивні особливості

До позитивних особливостей роботи слід віднести комплексний підхід до вибору способу нанесення зносостійких покриттів відповідальних поверхонь деталей.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту

Графічна частина проекту виконана грамотно, якісно, акуратно, відповідно до проведених розрахунків і вимог ДСТУ

є) відгук про роботу загалом

Отримані матеріали викладає грамотно і досі, що свідчить про високий рівень підготовки автора за фахом

ж) інші зауваження

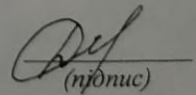
Рідсудити висновків за деякими розділами

з) оцінка проекту

Вважаю що в цілому робота виконана на високому рівні і заслуговує оцінки (добре)

Рецензію склав

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

« 18 » 12 20 18 р.



SHOT ON REDMI NOTE 5
MI DUAL CAMERA

2019/2/4 19:54

[20:55:41] **Yah**Найдено 2% совпадений по адресу:

http://www.zntu.edu.ua/sites/default/files/konf/zavdannya_na_kr_oop_teoriya.pdf

[20:55:41] **Go** Найдено 1% совпадений по адресу: <http://www.zntu.edu.ua/novi-blanki-zntu>

[20:55:41] **Go** Найдено 1% совпадений по адресу: <http://www.zntu.edu.ua/>

[20:55:43] **Go** Найдено 1% совпадений по адресу: <http://www.zntu.edu.ua/mashinobudivniy-institut>

[21:04:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №2 [3] (168204 миллисек.): **Yandex** (Попытка установить соединение была безуспешной, т.к. от другого компьютера за требуемое время не получен нужный отклик, или было разорвано уже установленное соединение из-за неверного отклика уже подключенного компьютера 5.255.255.50:443)

[21:04:03] Тип проверки: *Экспресс*

[21:04:03] **Уникальность текста 98%** [©] (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET магістерської роботи
Толоконнікова С.О. провів ст. викл. кафедри ТМБ Гермашев А.І.

17.12.2018р.

Дата

Гермашев
Підпис



SHOT ON REDMI NOTE 5
MI DUAL CAMERA

2019/2/4 19:48

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технологія машинобудування
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) ДВ
 Спеціальність 131 Інформація механіка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки Технологія машинобудування
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
 "___" _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Голокошиков Сергій Олександрович
 (прізвище, ім'я, по батькові)
 1. Тема проекту (роботи) Визначення зносостійкості
складно-повинтованих триходових
шків формувальних зносостійких покриттів
 керівник проекту (роботи) Гермошев А. Г.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 20__ року № 372
 2. Строк подання студентом проекту (роботи) 19.12.2018р.
 3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі
різна, програмию випуску $N=40000$ шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Технологічна частина 2) конструкторська
частина 3) Спеціальне завдання 4) Оптимізація
геометрії деталі 5) Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1) Робоче креслення деталі 2) Креслення зготовки
3) Маршрут виготовлення деталі 4) Фламування
технологічної лінії 5) Набір до на токарно-обточному
станка

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

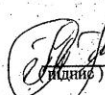
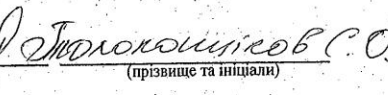
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Гермошів А. Г.	Гермош 27.09.18	Гермош 12.12.18
2	Гермошів А. Г.	Гермош 27.09.18	Гермош 12.12.18
3	Гермошів А. Г.	Гермош 27.09.18	Гермош 12.12.18
4	Гермошів А. Г.	Гермош 27.09.18	Гермош 12.12.18
5	Щиряко В. Г.	Щиряко 10.10.18	Щиряко 12.12.18
6	Козлова О. Б.	Козлова 13.12.18	

7. Дата видачі завдання 03.09.2018р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	03.10.2018р.	
2	Конструкторська частина	05.11.2018р.	
3	Спеціальне зобов'язання	15.11.2018р.	
4	Оптимізація геометричних деталей	03.12.2018р.	
5	Оформлення праці	10.12.2018р.	

Студент


 (підпис)
 
 (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 137 стор., 37 рисунків, 18 таблиць, 12 літературних джерел.

Метою магістерської роботи є засвоєння і поглиблення знань, отриманих в курсі "Технологія машинобудування" і придбання навичок в складанні технологічних процесів на виготовлення деталі.

В магістерській роботі відповідно до початкових даних вирішено ряд задач:

- Вибрано і економічно обгрунтовано метод отримання заготовки;
- Спроековано маршрут обробки поверхонь і маршрут виготовлення деталі;
- Розраховано режими різання;
- Проведено нормування технологічного процесу;
- Спроековано і розраховано робоче пристосування, розроблено контрольне пристосування;
- Спроековано ділянку механічної обробки деталі і розраховано необхідну кількість устаткування.

ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ВЕРСТАТ, НАЛАДКА, ОБЛАДНАННЯ, ДОПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОПЕРАЦІЙНИЙ ЧАС, ЯКІСТЬ.

THE ABSTRACT

Notes: 137 p., 37 figures, 18 tables, 12 sources.

The aim of master's degree work is mastering and deepening of the knowledge got in a course "Technology of engineer" and acquisition of skills in the stowage of technological processes on making of detail.

In master's degree work in accordance with initial data the row of tasks is decided:

- it is Chosen and economically method of receipt of purveyance;
- the route of treatment of surfaces and route of making of detail are

Projected;

- the cutting modes are Expected;
- setting of norms of technological process is Conducted;
- working adaptation is Projected and expected, control adaptation is

worked out;

- the area of tooling of detail is Projected and expected necessary amount of equipment.

PART, PURVEYANCE, MACHINE-TOOL, ADJUSTING,
EQUIPMENT, ADMITTANCE, ADAPTATION, CUTTING MODES,
OPERATING TIME, QUALITY.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Технологічна частина	8
1.1 Службове призначення деталі	8
1.2 Визначення типу виробництва	9
1.3 Вибір способу отримання заготовки і його економічне обґрунтування ..	10
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	16
1.5 Складання маршруту обробки поверхонь	18
1.6 Розробка маршруту виготовлення деталі	27
1.7 Призначення припусків і виконавчих розмірів	32
1.8 Проектування операцій технологічного процесу	48
1.9 Проектування наладки на токарну операцію	74
1.10 Розрахунок необхідної кількості устаткування і проектування ділянки.	77
2 Конструкторська частина	85
2.1 Проектування і розрахунок робочого пристосування	85
2.2 Проектування контрольного пристосування	92
3 Спеціальне завдання.	94
3.1 Виникаючі проблеми, особливості експлуатації	94
3.2 Аналіз літературних джерел	94
3.3 Можливі шляхи рішення	103
4 Оптимізація геометрії деталі	115
4.1 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	115
5. Охорона праці	117
Висновки	130
Перелік посилань	131
Додатки	132

ВСТУП

Найважливішою галуззю важкої індустрії є машинобудування. Темпи розвитку і технологічний рівень промисловості, сільського господарства залежить від того, що в якому ступені задовольняються їх потреби в машинах і наскільки вони досконалі.

Технологія машинобудування - наука про способи виготовлення деталей машин, а також складання їх у вузли і готові машини. Предметом вивчення в технології машинобудування є виготовлення виробів заданої якості у встановленій програмою випуску кількості при найменших витратах матеріалів, мінімальній собівартості і високій продуктивності праці.

Сукупність усіх дій людей і знарядь виробництва, пов'язаних з переробкою сировини і напівфабрикатів в заготовки, готові деталі, складальні одиниці і готові вироби на підприємстві, називається виробничим процесом. Головною частиною виробничого процесу є технологічний процес, який представляє собою процес обробки заготовки на верстатах з метою перетворення її на готову деталь.

Розроблені технологічні процеси оформлюються у вигляді технологічної документації, до складу якої входять: маршрутна карта, операційна карта, карта ескізів, карта контролю, специфікація технологічних документів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення деталі

Вал - деталь, призначена для передачі крутного моменту і підтримки елементів машини в обертовому русі. Вали, як елемент машини, дуже різні і різноманітні по своєму службовому призначенню, конструктивному оформленню і вживаним матеріалам. Можливі два конструктивні виконання шестерень зубчастих передач: разом з валом, тоді такий вал називається вал-шестерня і окремо від нього (насадна шестерня). Якість (жорсткість, точність і т.д.) валу-шестерні виявляється вище, а вартість виготовлення нижча, ніж валу і насадної шестерні, тому усі шестерні редукторів виконують заодно з валом.

Службове призначення валу:

- передача необхідних крутних моментів. З цією метою розраховують номінальний розмір валу.
- вал є деталлю, що несе. Для цього визначають точність взаємного розташування поверхонь деталі.
- ступінчаста форма валу дозволяє вільно просувати деталь уздовж валу до її посадочного місця.

Цей вал має довжину 358мм і 7 східців (шийок). Найбільший діаметр ступеня 71,18мм. На цьому ж ступені нарізані зубці. На ступені діаметром 40мм конічної форми є шпонковий паз завдовжки 72мм. На ступені діаметром 27мм нарізано різьблення M27x1,5.

Вал виготовлений із сталі 40X, яка призначена після нормалізації, поліпшення, поверхневого зміцнення, ТВЧ або ціанування для виготовлення навантажених деталей, працюючих середніх і високих питомих тисків і швидкостей за відсутності ударних навантажень.

При виготовленні передбачається ТО нормалізація (1-е загартування) $t=860^{\circ}\text{C}$ і відпуск $t=500^{\circ}\text{C}$; середовище охолодження - вода; $\sigma_T=80 \text{ кГс/мм}^2$; $\sigma_y=100 \text{ кГс/мм}^2$.

Хімічний склад сталі 40X вказаний в таблиці. 1.1.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40X (%).

Сталь	C	Si	Mn	Cr
40X	0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	0.8-1.1

1.2 Визначення типу виробництва

Початкові дані:

- $m_d = 5,5$ кг,
- $N = 40000$ шт.,
- деталь - вал-шестерня.

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних і економічних умов здійснення виробничого процесу усі різноманітні виробництва умовно діляться на три основні види: одиничне, серійне і масове. У кожного з цих видів виробничий і технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

Враховуючи масу деталі $m = 5,5$ кг і річну програму випуску $N = 40000$ штук, тип виробництва можна вважати крупносерійним [2, ч.І таблиці.2.5, ст.28].

Технологічні характеристики великосерійного виробництва наступні:

Повторність партій - періодична.

Устаткування - універсальне, частково спеціалізоване і спеціальне.

Пристрої - спеціальні облаштування різної складності.

Різальний інструмент - універсальний, спеціальний.

Вимірювальний інструмент - калібри, спеціальний мерительный інструмент.

Налаштування верстатів - верстати налагоджені.

Форма спеціалізації - предметна (устаткування розташоване по ходу технологічного процесу).

Кваліфікація робочої сили - використання робочої сили різної кваліфікації.

Методи досягнення точності - широке застосування взаємозамінюваності, часткова взаємозамінюваність.

Види нормування робіт - технічне нормування.

Характер технологічних розробок - детальні технологічні розробки.

Види заготовок - прокат, відливання по металевих моделях, штампування.

Застосування розмітки - обмежене і тільки для великих і складних деталей.

$K_{з.о.}$ - коефіцієнт закріплення операцій на ділянці або потоковій лінії.
 $K_{з.о.} = 1.10$. Це означає, що на одному робочому місці упродовж місяця

виконуються або повинні виконуватися до 10 різних операцій по обробці різних заготівель.

Визначимо об'єм партії заготовок:

$$n = \frac{a \cdot N}{250} \quad (1.1)$$

N – річна програма випуска,

a – періодичність запуску деталей у виробництво або кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи складального цеха, a=3 дні,
250 – кількість робочих місць в одному році.

$$n = \frac{3 \cdot 40000}{250} = 480 \text{ деталей}$$

Форми організації технологічних процесів згідно з ГОСТ 14312-74 залежить від встановленого порядку виконання операцій ТП, розташування технологічного устаткування, кількості виробів.

Для обробки цієї деталі вибираємо серійно-потокową форму організації ТП. Його ще називають змінно-потоківим виробництвом. При такій формі організації виробництва деталі поступають на ділянку партіями, але їх обробка здійснюється потоківим методом. Після закінчення обробки однієї партії заготівель устаткування робочих місць ділянки відповідно переналагоджується і на ділянку поступає партія інших заготівель, що мають подібний технологічний процес, і також обробляються потоківим методом.

1.3 Вибір способу отримання заготовки і його економічне обґрунтування

Вихідні дані:

Матеріал деталі: Сталь 40Х ГОСТ 4543-81.

Розміри деталі: D₁ = 40мм; D₂ = 50мм; D₃ = 71,18мм; L₁ = 23мм; L₂ = 95мм; L₃ = 60мм, L₄ = 30мм L₅ = 358мм,

Програма випуска: N = 40 000 шт.

Розглянемо два методи отримання заготівлі:

-ковка на молотах;

-штамповка на пресах (звичайній точності).

Рішення:

Основні чинники, що впливають на вибір виду і способу отримання заготівлі: матеріал деталі, службове призначення, конфігурація і розміри, річна програма випуску.

Оскільки деталь - вал-шестерня, вона піддається знакозмінним навантаженням, розглянемо варіант штампування. У штампованій заготівлі структура металу однорідніша, завдяки чому деталь буде міцнішою. Штампуванням виходять розміри, найбільш близькі до остаточних; у деяких виробництвах штампування заготівлі використовуються без подальшої механічної обробки або з дуже незначною обробкою. При виготовленні штампунок краще використовується метал і зменшується його витрата. Процес виготовлення штампунок в порівнянні з ковками значно швидше і вимагає менш кваліфікованої робочої сили. Собівартість штампованих заготівель менша, ніж кованих. Виконуємо ескізи деталі. Наносимо контури заготовки, позначаємо геометричні розміри.

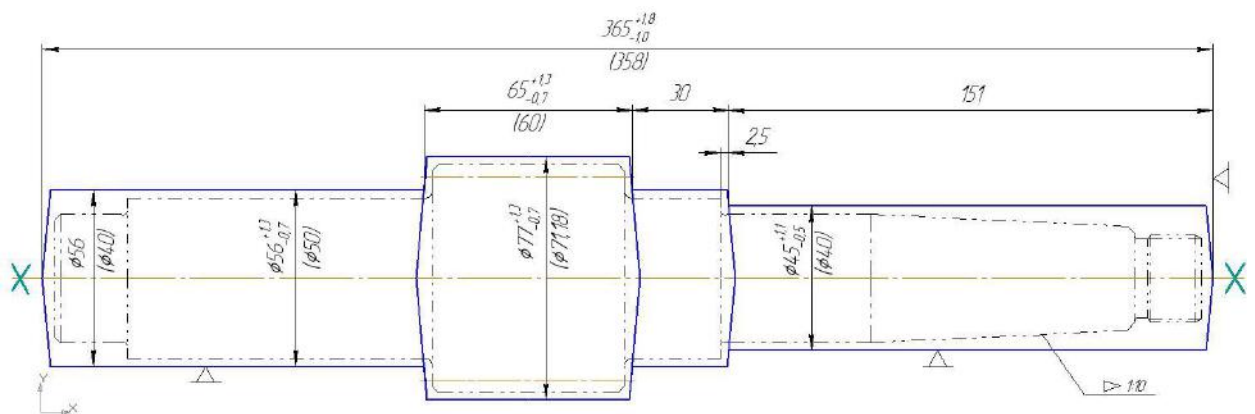


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі з контурами заготівлі, отриманої в результаті штампування на пресі.

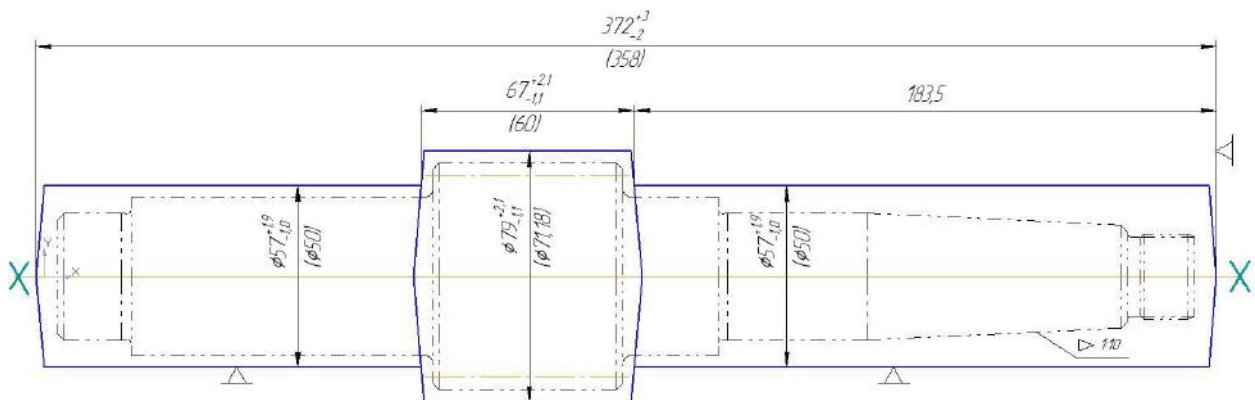


Рисунок 1.2 – Ескіз деталі з контурами заготівлі, отриманої в результаті кування на молотах.

Розраховуємо розміри і масу заготівлі. Результати заносимо в таблицю 1.3.

1.3.1 Розраховуємо розміри заготівлі по 2 варіантам.

Визначаємо припуски на кування і штампування [4, доп.16, ст.238, доп.19,22 ст. 240-242]

$$D_{заг} = D_{дет} \pm 2 \cdot z \quad (1.2)$$

Ковка на молотах:

$$D_{1заг} = 50 + 2 \times 3,5 = 57 \text{ мм};$$

$$D_{2заг} = 71,18 + 2 \times 4 \approx 79 \text{ мм};$$

$$L_{3заг} = 60 + 2 \times 3,5 = 67 \text{ мм};$$

$$L_{5заг} = 358 + 2 \times 7 = 372 \text{ мм};$$

Штамповка на

$$D_{1заг} \text{ пресі: } = 40 + 2 \times 2,5 = 45$$

$$\text{мм}; = 50 + 2 \times 3 = 56 \text{ мм};$$

$$D_{2заг} = 71,18 + 2 \times 3 \approx 77 \text{ мм}; =$$

$$D_{3заг} = 60 + 2 \times 2,5 = 65 \text{ мм};$$

$$L_{3заг}$$

$$L_{5заг} = 358 + 2 \times 3,5 = 365 \text{ мм}.$$

Вихідний індекс – 11;

Клас точності поковки – Т4;

Група сталі – М2;

Ступінь складності заготовки – С2.

1.3.2 Визначаємо об'єм заготовки:

$$V_{шт1} = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} (L_1 + L_3) + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot L_2 + \frac{\pi \cdot D_3^2}{4} L_4. \quad (1.3)$$

$$V_{ков2} = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} (L_1 + L_3) + \frac{\pi \cdot D_2^2}{4} \cdot L_2. \quad (1.4)$$

Об'єм заготівлі при штампуванні на пресі становить $V_{штам} = 886983 \text{ мм}^3$, а при куванні на молотах $V_{ков} = 1103585 \text{ мм}^3$.

1.3.3 Маса заготівлі :

$$Q = \rho \cdot V \quad (1.5)$$

де $\rho = 7,82 \text{ г/см}^3 = 0,00782 \text{ г/мм}^3$ – плотность материала заготовки.

$$Q_1 = 0,00782 \cdot 886983 = 6,93 \text{ кг}$$

$$Q_2 = 0,00782 \cdot 1103585 = 8,63 \text{ кг}$$

Коефіцієнти використання матеріала:

$$K_{им} = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} \quad (1.6)$$

$$K_{им1} = \frac{5,5}{6,93} = 0,79;$$

$$K_{им2} = \frac{5,5}{8,63} = 0,63.$$

Таблиця 1.2 – Фактичні розміри заготівлі при штампуванні на пресі.

Номінальний розмір деталі мм	Шорсткість поверхні деталі, мкм	Табличний припуск мм	Допуск номін разм.	Розрахунок фактичного розміру заготовки, мм	Фактичний розмір заготовки
			+1,1		+1,1
			+1,3		+1,3
			+1,3		+1,3
			+1,3		+1,3
			+1,8		+1,8
Маса заготовки: Q1=6,93 кг					
Фактичні розміри заготовки при куванні на молотах					
			+1,9		+1,9
			+2,1		+2,1
			+2,1		+2,1
			+3,0		+3,0
Маса заготовки: Q2=8,63 кг					

1.3.4 Виконуємо економічне обґрунтування запропонованого методу отримання заготівлі

Готуємо розрахункову таблицю 1.3 і вписуємо відому початкову інформацію.

Таблиця 1.3 - Розрахунок вартості по варіантах.

Показник	Позн.	Один.	Варіанти	
			Штамповка (1)	Ковка (2)
Маса заготовки	Q	кг	6,93	8,63
Базова ціна за 1 т заготовки	C _б	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K _Т		1	1
	K _М		1,22	1,22
	K _В		0,89	0,89
	K _С		0,87	0,87
	K _N		1	1
Стоим. 1т стружки	S _{отх}	грн	140	140
Стоим. 1 заготовки	C	грн	22,7	28
Коеф. використання заготовки	η	—	0,79	0,63

Розраховуємо вартість заготівлі по варіантах. Базова ціна тонни заготівель
 C1=3500 грн/т C2=3500 грн/т

1.3.5 Знаходимо необхідні коефіцієнти [3 ст.18-19]:

K_Т - коефіцієнт, що враховує клас точності заготівлі, K_Т = 1;
 K_М - коефіцієнт, що враховує групу матеріалу, K_М = 1,22;
 K_В - коефіцієнт, що враховує групу складності, K_В = 0,89;
 K_С - коефіцієнт, що враховує масу, K_С = 0,87;
 K_N - коефіцієнт, що враховує програму випуску, K_N = 1
 S_{отх} - вартість 1 тонни відходів (стружки), грн
 S_{отх} = 140 грн

1.3.6 Розраховуємо собівартість виготовлення однієї заготівлі по формулі:

$$C_{заг} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_N - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000} \quad (1.7)$$

$$C_1 = 1000^{3500} \cdot 6,93 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,89 \cdot 1,22 \cdot 1 - (6,93 - 5,5) \cdot 1000^{140} = 22,7 \text{ (грн.)}$$

$$C_2 = 1000^{3500} \cdot 8,63 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,89 \cdot 1,22 \cdot 1 - (8,63 - 5,5) \cdot 1000^{140} = 28 \text{ (грн.)}$$

1.3.7 Розраховуємо значення коефіцієнта використання заготівлі:

$$\eta = \frac{q}{Q_i} \quad (1.8)$$

где: q - масса детали, Q_i - масса заготовки.

$$\eta_1 = \frac{5}{6,93} = 0,79.$$

$$\eta_2 = \frac{5}{8,63} = 0,63;$$

1.3.8 Аналізуємо отримані результати (таблиця. 1.3)

- Порівнюємо вартості заготівлі : $C_1 < C_2$ ($22,7 < 28$)

- Коефіцієнти використання заготівлі : $\eta_1 > \eta_2$ ($0,79 > 0,63$)

Знаходимо річну економію за собівартістю:

$$\Xi = (C_2 - C_1) \cdot \Pi \quad (1.9)$$

$$\Xi = (28 - 22,7) \cdot 40000 = 212000 \text{ грн.}$$

по матеріалу:

$$M = \frac{m_{\text{дет}} (\eta_1 - \eta_2)}{(\eta_1 \cdot \eta_2)} N \quad (1.10)$$

$$M = \frac{5,5(0,79 - 0,63)}{0,79 \cdot 0,63} 40000 = 17512 \text{ кг} \approx 17,5 \text{ т.}$$

За отриманими результатами бачимо, що 1-й спосіб отримання заготівлі - кування на молотах дорожче, тобто великі витрати матеріалу (металу) йдуть на отримання заготівлі, яка грубіша і менш точна, чим при штампуванні на пресі, а оскільки нам необхідно економити матеріал і отримати заготівлю порівняно високої точності, то раціональніше вибрати 2-й спосіб отримання заготівлі. Приймаємо 2-й спосіб отримання заготівлі - штампування на пресах.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції вироблюваний в оцінному плані, відповідно до методичних вказівок [2, ст. 23-25]. Загальними критеріями технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості - T і технологічній собівартості - C її виготовлення.

Технологічність конструкції деталі визначається шляхом якісної оцінки ознак технологічності:

1) Матеріал деталі - Сталь 40Х ГОСТ 4543-81. Оброблюваність матеріалу визначаємо за допомогою таблиць 2.2 і 2.3. Група матеріалу - III, оброблюваність матеріалу - задовільна; можливість отримання необхідної шорсткості поверхонь - легко або без особливих утруднень.

2) На більшості операцій принципи єдності і постійності баз дотримуються.

3) Деталь є досить жорсткою і не потребує установки додаткових опор.

4) Можлива багатоінструментальна обробка поверхонь.

5) Деталь не потребує застосування спеціального допоміжного різального інструменту.

6) Обробка поверхонь є зручною.

7) Розміри проставлені технологічно.

Технологічність конструкції деталі можна оцінити і за допомогою ряду показників :

- коефіцієнт використання заготівлі :

$$K_{из} = q/Q \quad (1.11)$$

где q – маса деталі, Q – маса заготовки.

$$K_{из} = 5,5/6,93 = 0,79 < 0,8;$$

– коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{кэ} = Q_{уэ} / Q_{э} \geq 0,6 \quad (1.12)$$

где $Q_{уэ}$ – количество унифицированных элементов;

$Q_{э}$ – общее количество конструктивных элементов;

$$K_{кэ} = 17/17 = 1 > 0,6.$$

– коефіцієнт точності обробки:

$$K_{то} = 1 - (1/A_{сп}) > 0,8 \quad (1.13)$$

$A_{сп}$ – середнє значення квалітету точності розмірів;

$$K_{то} = 1 - (1/7,5) = 0,867 > 0,8$$

– коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = 1/B_{сп} < 0,32 \quad (1.14)$$

де $B_{сп}$ - середнє значення показника шорсткості (R_a) по робочому кресленню деталі;

$$K_{ш} = 1/2,41 = 0,41 > 0,32;$$

За переліченими вище якісними оцінками, і по відповідності кількісних показників, робимо висновок, що конструкція технологічна за усіма показниками.

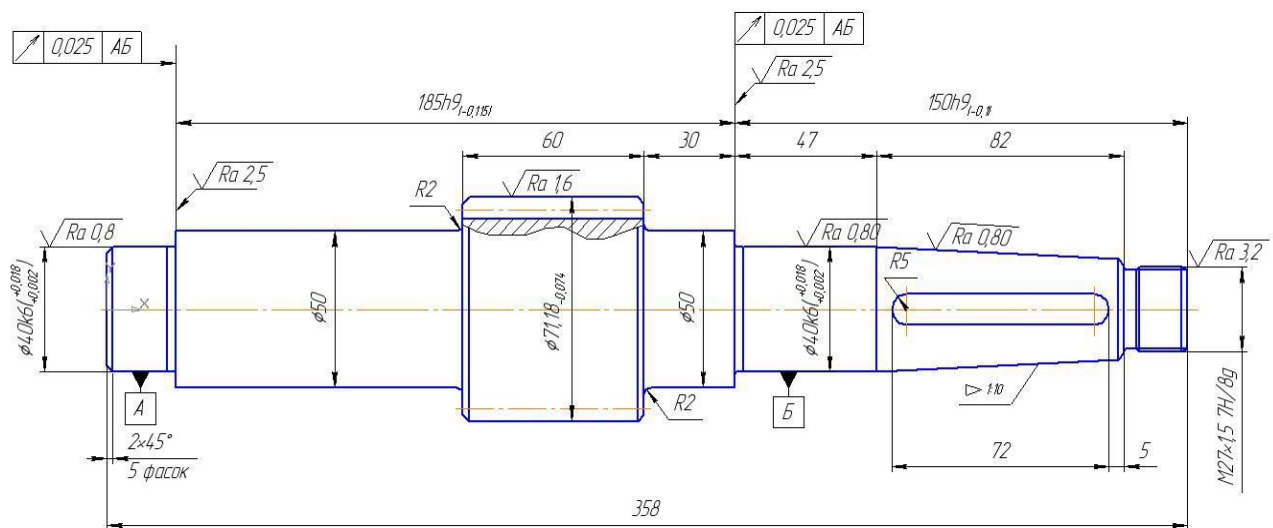


Рисунок 1.3 – Деталь вал-шестерня.

1.5 Складання маршруту обробки поверхонь (МОП)

Маршрут обробки поверхонь деталі (МОП) - це вибір послідовності технологічних переходів.

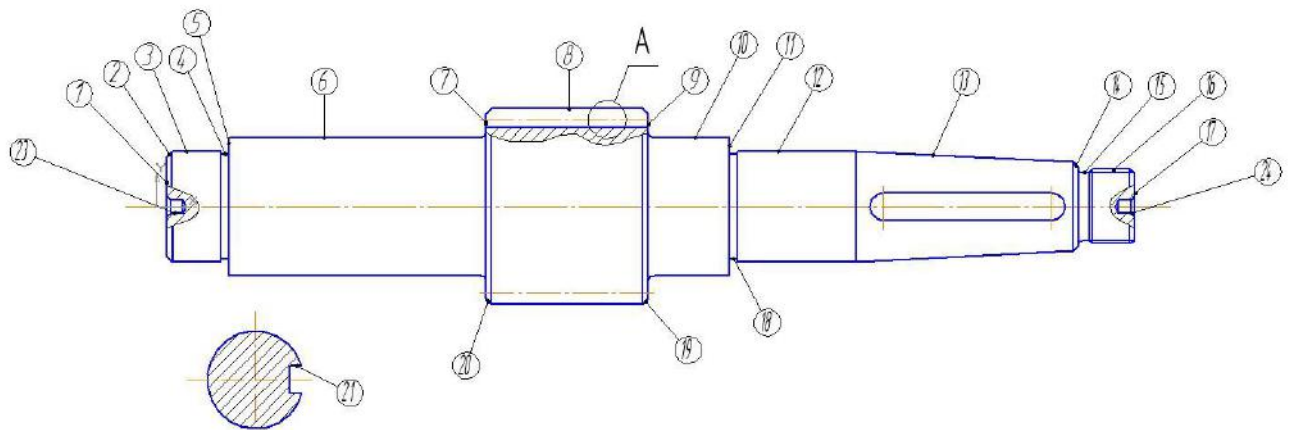
МОП необхідний для наступної постановки операцій, розрахунку припусків, технологічних розмірів, розробки наладок і РТК.

Вибір методу обробки поверхні залежить:

- від точності і шорсткості і інших показників якості, а саме якості деталі і заготівлі і його необхідні розрахунки;
- від виду оброблюваної поверхні: плоскі, циліндричні, сферичні;
- від типу: внутрішні, зовнішні поверхні, складні, фасонні;
- від розмірів поверхні деталі і заготівлі;
- від матеріалу;
- від типу виробництва.

Основні поверхні на деталі це ті, які мають найжорсткіші показники якості по допуску, шорсткості, биттю.

1.5.1 Виконуємо ескіз деталі, робимо технологічну розмітку основних поверхонь, які оброблятимуться.



Малюнок 1.4 - Ескіз деталі з контурами заготівлі і технологічною розміткою поверхонь.

1.5.2 Визначаємо і аналізуємо технічні вимоги до деталі, визначуваний вид і тип поверхонь, показники параметрів точності і якості поверхонь в деталі і заготівлі.

1.5.3 Поверхня 3 - зовнішня циліндрична $\varnothing 40$ k6, $R_a=0,8$ ($R_z=3,2$ мкм), HRC 34.39; заготівля $R_z=250$ мкм, HB 143.175, квалитет - IT16. Для поверхні

1.5.4 Визначаємо загальні уточнення за показниками точності для поверхонь:

$$\varepsilon_{Td} = \frac{Td_3}{Td_0} \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_0} \quad (1.16)$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_0} \quad (1.17)$$

Наружна циліндрична (поверхности 3, 12 – Ø 40мм):

$$\varepsilon_{Td} = 0,020^{1,6} = 80$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{62}{0,8}^{0,5} = 78,125$$

$$\varepsilon_{\Delta} = 0,025^{0,25} = 10$$

Призначаємо технологічні переходи для обробки цієї поверхні. Точність і шорсткість, які забезпечуються при переходах наведені в таблиці 1.5

Перший перехід - точіння чорнове : $Td_1=0,390\text{мм}$, $h13$, $TRa_1=25\text{мм}$ [5, таблиця. 4, с.8-9]

$$\varepsilon_{d1} = \frac{Td_3}{Td_1} = \frac{1,6}{0,39} = 4,1; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{62,5}{12,5} = 5; \quad \varepsilon_{\Delta_1} = \frac{\Delta_3}{\Delta_1} = \frac{0,25}{0,1} = 2,5$$

Другий перехід - точіння получистовое: $Td_2=0,100\text{мм}$, $h11$, $TRa_2=3,2\text{мм}$ [5, табл. 4, с.8-9]

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{0,39}{0,100} = 3,9; \quad \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{d_j} = 4,1 \cdot 3,9 = 15,99;$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{12,5}{3,2} = 3,9; \quad \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{Ra_j} = 3,9 \cdot 5 = 19,5;$$

$$\varepsilon_{\Delta_2} = \frac{\Delta_1}{\Delta_2} = \frac{0,1}{0,05} = 2; \quad \prod_{j=1}^2 \varepsilon_{\Delta_j} = 2 \cdot 2,5 = 5;$$

Третій перехід – шлифування чорное (попереднє):
Td3=0,039мкм, h8, TRa3=1,6мкм [5, табл. 4, с.8-9]

$$\varepsilon_{Td_3} = \frac{Td_2}{Td_3} = \frac{0,100}{0,039} = 2,564; \quad \prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Td_j} = 15,99 \cdot 2,564 = 41;$$

$$\varepsilon_{Ra_3} = \frac{Ra_2}{Ra_3} = \frac{3,2}{1,6} = 2; \quad \prod_{j=1}^3 Ra_j = 2 \cdot 19,5 = 39$$

$$\varepsilon_{\Delta_3} = \frac{\Delta_2}{\Delta_3} = \frac{0,05}{0,03} = 1,666; \quad \prod_{j=1}^3 \varepsilon_{\Delta_j} = 1,666 \cdot 5 = 8,333;$$

Четвертий перехід – шлифування чистовое: Td4=0,020мкм,
k6, TRa4=0,8мкм [5, табл. 4, с.8-9]

$$\varepsilon_{Td_4} = \frac{Td_3}{Td_4} = \frac{0,039}{0,020} = 1,95; \quad \prod_{j=1}^4 \varepsilon_{Td_j} = 1,95 \cdot 41 = 79,95 \approx 80$$

$$\varepsilon_{Ra_4} = \frac{Ra_3}{Ra_4} = \frac{1,6}{0,8} = 2; \quad \prod_{j=1}^4 Ra_j = 39 \cdot 2 = 78 \approx 78,125;$$

$$\varepsilon_{\Delta_4} = \frac{\Delta_3}{\Delta_4} = \frac{0,03}{0,025} = 1,2; \quad \prod_{j=1}^4 \varepsilon_{\Delta_j} = 1,2 \cdot 8,333 = 9,999 \approx 10;$$

Аналогічно розраховуємо уточнення по переходах для інших поверхонь. Результати заносимо в таблиці. 1.5.

Зовнішня циліндрична (поверхні 6, 10 - Ø50мм)

$$\varepsilon_{Td} = \frac{2}{0,25} = 8$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{62}{6,3} \approx 10$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,25}{0,05} = 5$$

Наружна циліндрична (поверхность 8 – Ø 71,18мм):

$$\varepsilon_{Td} = 0,030^2 = 66,6$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{62}{1,6^{,5}} \approx 39$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0}{0} = 0$$

Наружна конусна (поверхня 13 – L=80мм)

$$\varepsilon_{Td} = 0,022^{2,2} = 100$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{62}{0,8^{,5}} = 78,125$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,40}{0,02} = 20$$

Наружная цилиндрична (поверхня 16 – Ø 27мм):

$$\varepsilon_{Td} = 0,033^{1,3} = 39,3$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{62}{3,2^{,5}} = 19,53$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0}{0} = 0$$

Плоская внешняя (поверхность 21 – b=10мм):

$$\varepsilon_{Td} = 0,036^{0,9} = 25$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{62}{3,2^{,5}} = 19,53$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0}{0,02^{25}} = 12,5$$

Наружная поверхность 22 – Ø 71,18мм

$$\varepsilon_{Td} = 0,062^2 = 32,25$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{62}{1,6^{,5}} \approx 39$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0}{0} = 0$$

1.5.5 За переважаючим показником розраховуємо кількість переходів механічної обробки:

$$K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.18)$$

Поверхня 3, 12: $K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td} = 2 \cdot \lg 80 = 3,8$; приймаємо $K=4$.

Поверхня 6, 10: $K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_{\Delta} = 2 \cdot \lg 10 = 2$; приймаємо $K=2$.

Поверхня 8: $K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td} = 2 \cdot \lg 66,6 = 3,64$; приймаємо $K=4$.

Поверхня 13: $K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td} = 2 \cdot \lg 100 = 4$; приймаємо $K=4$.

Поверхня 16: $K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td} = 2 \cdot \lg 39,3 = 3,2$; приймаємо $K=4$.

Поверхня 21: $K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_{\Delta} = 2 \cdot \lg 12,5 = 2,2$; приймаємо $K=3$.

Поверхня 22: $K_p = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Td} = 2 \cdot \lg 39 = 3,09$; приймаємо $K=3$.

Для поверхностей 2, 4, 14, 15, 18, 19, 20 приймаємо $K=1$.

1.5.6 Розробляємо (складаємо) послідовність показників точності і якості ТП.

Розраховуємо різницю квалітетів :

$$\Delta_{kv} = \Delta IT = IT_{заг} - IT_{дет} \quad (1.19)$$

Поверхня 3, 12: $\Delta IT = IT_{16} - k_6 = 10 \text{ кв} \Rightarrow 3+2+3+2$.

Поверхня 6, 10: $\Delta IT = IT_{16} - h_{12} = 4 \text{ кв} \Rightarrow 2+2$.

Поверхня 8: $\Delta IT = IT_{16} - h_7 = 9 \text{ кв} \Rightarrow 3+2+2+2$.

Поверхня 13: $\Delta IT = IT_{16} - js_6 = 10 \text{ кв} \Rightarrow 3+2+3+2$.

Поверхня 16: $\Delta IT = IT_{16} - 8g = 8 \text{ кв} \Rightarrow 3+2+2+1$.

Поверхня 21: $\Delta IT = IT_{16} - N_9 = 7 \text{ кв} \Rightarrow 3+2+2$.

Поверхня 22: $\Delta IT = IT_{16} - h_9 = 7 \text{ кв} \Rightarrow 3+2+2$.

Для поверхонь 2, 4, 14, 15, 18, 19, 20 напуск буде снят за 1 проход.

1.5.7 Складаємо МОП:

Поверхня 3, 12 – зовнішня циліндрична $\varnothing 40\text{мм}$

1. Заготовка	IT16
2. Точение черновое	h13
3. Точение полукистовое	h11
4. ТО	
5. Шлифование предварит	h8
6. Шлифование чистовое	k6

Поверхня 6, 10 – наружн циліндрична $\varnothing 50\text{мм}$

1.	Заготовка	IT16
2.	Точение черновое	h14
3.	Точение получистовое	h12
4.	ТО	

Поверхня 8 – наружна циліндрична $\varnothing 71,18\text{мм}$

1.	Заготовка	IT16
2.	Точение черновое	h13
3.	Точение получистовое	h11
4.	ТО	
5.	Шлифование предвар-ное	h9
6.	Шлифование чистовое	h7

Поверхня 13 – наружна конічна $L=80\text{мм}$

1.	Заготовка	IT16
2.	Точение черновое	h13
3.	Точение получистовое	h11
4.	ТО	
5.	Шлифование черновое	h8
6.	Шлифование чистовое	js6

Поверхня 16 – наружна циліндрична $\varnothing 27\text{мм}$

1.	Заготовка	IT16
2.	Точение черновое	h13
3.	Точение получистовое	h11
4.	Точение чистовое	h9
5.	ТО	
6.	Нарезание резьбы	8g

Поверхня 21 – плоска зовнішня $b=10\text{мм}$

1	Фрезерование (шпоночно-фрезерная)	N9
2	ТО	

Поверхня 22 – Ø 71,18мм

1. Нарезание зубьев (зубофрезерная черновая)	h13
2. Нарезание зубьев (зубофрезерная чистовая)	h11
3. ТО	
4. Зубошлифование	h9

Аналогічно рахуємо уточнення для інших поверхонь.
Результати розрахунків заносимо в звідну таблицю.

Таблиця 1.5 - Маршрут обробки основних поверхонь деталі.

Х-р пов-ні її основні показн.	ω	ω	Переходи		МОП		Допуск,мм			Уточнения		
			Прин		i	Метод обробки						
3,12 - наруж. цил. пов-ть Ø40 k6(+ ^{+0,018} _{0,002}) Ra=0,8	Td Δ Ra	80 10 78	3,8	4	1	Заготовка	1,6	62,5	0,25	—	—	—
					2	Точение черновое	0,39 0	12,5	0,1	4,1	5	2,5
					3	Точение п/чистовое	0,10 0	3,2	0,05	3,9	3, 9	2
					4	ТО	—	—	—	—	—	
					5	Шлифов. предвар-е	0,03 9	1,6	0,03	2,56	2	1,6 6
					6	Шлифов. чистовое	0,02 0	0,8	0,025	1,95	2	1,2

6,10 - наруж. цил. пов-ть Ø50 h12, Ra=6,3	Td Δ Ra	8 5 10	2	2	1	Заготовка	2	62,5	0,25	–	–	–
					2	Точение черновое	0,620	12,5	0,1	3,22	5	2,5
					3	Точение п/чистовое	0,250	6,3	0,05	2,48	1, 98	2
					4	ТО	–	–	–	–	–	–
16- наруж. цил. пов-ть Ø27 8g Ra=3,2	Td Δ Ra	39, 3 0 19, 5	3, 2	4	1	Заготовка	1,3	62,5	–	–	–	–
					2	Точение черновое	0,330	12,5	–	3,93	5	–
					3	Точение п/чистовое	0,130	6,3	–	2,53	1, 98	–
					4	Точение чистовое	0,052	3,2	–	2,5	1, 9	–
					5	ТО	–	–	–	–	–	–
					6	Нарезание резьбы	0,033	3,2	–	1,57	1	–
8 – наруж. цил. пов-ть Ø 71,18 h7 Ra=1,6	Td Δ Ra	66, 6 0 39	3,6 4	4	1	Заготовка	2	62,5	–	–	–	–
					2	Точение черновое	0,460	12,5	–	4,34	5	–
					3	Точение п/чистовое	0,190	6,3	–	2,46	1, 98	–
					4	ТО	–	–	–	–	–	–
					5	Шлифов. предварит.	0,074	3,2	–	2,52	1, 96	–
					6	Шлифов. чистовое	0,030	1,6	–	2,46	2	–
21 – плоская внешняя пов-ть b=10N9 Ra=3,2	Td Δ Ra		2,2	3	1	Фрезерование	0,03 6	3,2	0,02	–	–	–
					2	ТО	–	–	–	–	–	–

1.6 Розробка маршруту виготовлення деталі (МИД)

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головну задачу технології - забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих дій (впливів) на довкілля. Маршрут виготовлення деталі (МИД) - це загальний план, в якому на основі компоновання раніше розроблених МОП встановлений склад і послідовність операцій технологічного процесу, вказані тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, приведені характеристики оброблюваних поверхонь, що входять і початкові.

1.6.1 Етапна схема виготовлення деталей. Складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі - етапний маршрут виготовлення деталі:

1 етап - отримання заготівлі (штампування).

2 етап - механічна обробка.

3 етап - миття, контроль.

Процес механічної обробки поверхонь поділимо на 3 стадії:

I чорнова: - токарна обробка;

- підготувати технологічні бази: фрезерувати поверхню 21, 22 і свердлили центровочные отвори 23, 24;

II чистова: - токарна обробка;

- фрезерна обробка;

ТО

III викінчувальна: - нарізування різьблення; - шліфування.

В першу чергу обробляють поверхні, які будуть технологічними базами при подальшій обробці заготівлі. Базові поверхні обробляють з високою точністю розмірів і взаємного розташування. Вибір технологічних баз здійснюють в два прийоми: спочатку вибирають бази для першої операції (чорнові бази), а потім вибирають бази для подальших операцій. Вибір моделі верстата для конкретної операції залежить від конструктивних особливостей верстата, точності обробки, встановленої потужності, габаритів заготівлі, собівартості верстата, що досягається, відповідність робочої зони верстата розмірам заготівлі. Якщо цим вимогам відповідають декілька різних верстатів, то необхідну модель вибирають з наступних міркувань:

1) відповідність робочої зони верстата розмірам встановлюваної заготівлі;

2) відповідність верстата по продуктивності заданому масштабу виробництва;

3) можливість роботи на оптимальних режимах різання;

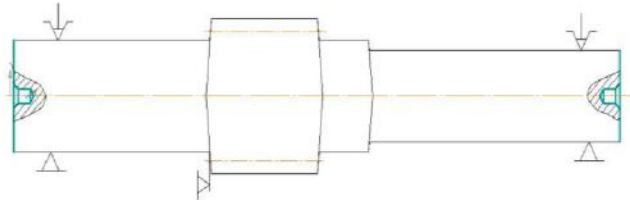
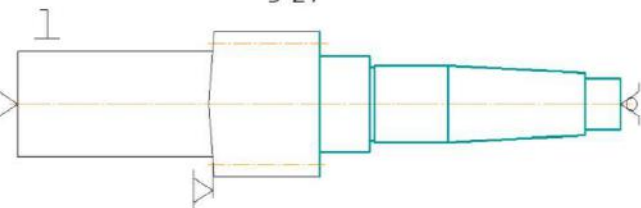
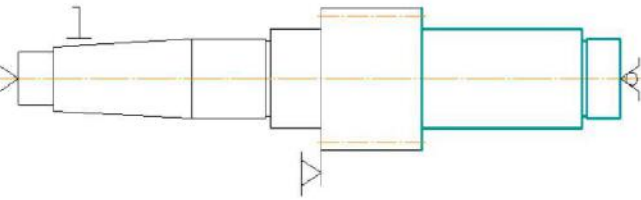
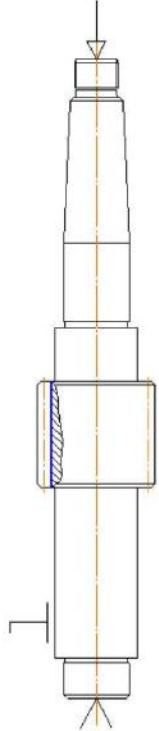
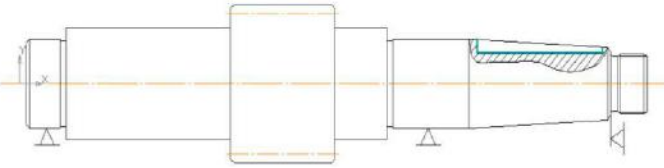
4) відповідність верстата по потужності;

5) мінімальна собівартість обробки;

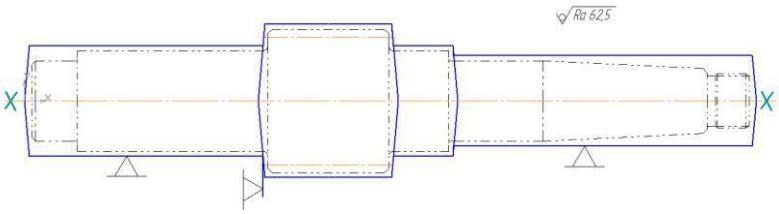
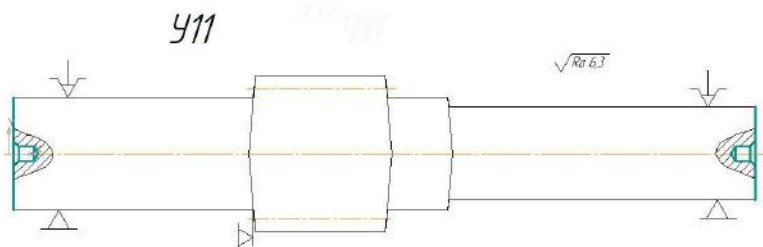
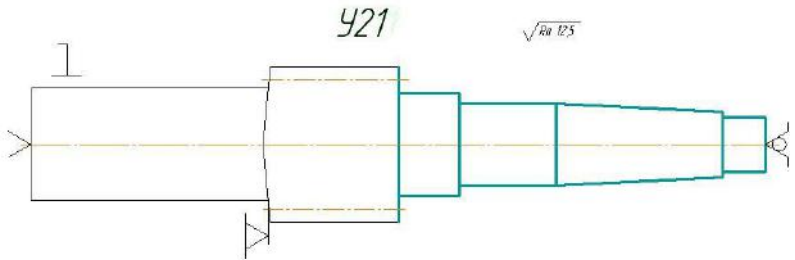
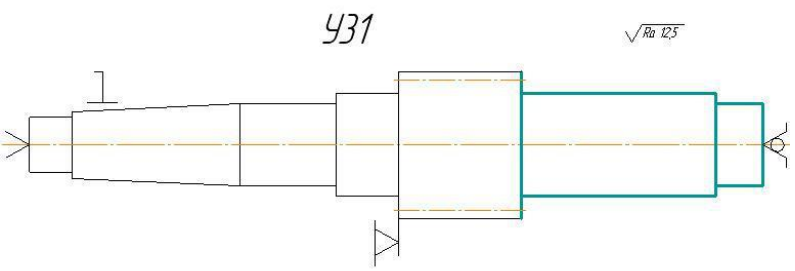
6) реальна можливість придбання верстата;

7) необхідність використання наявних верстатів

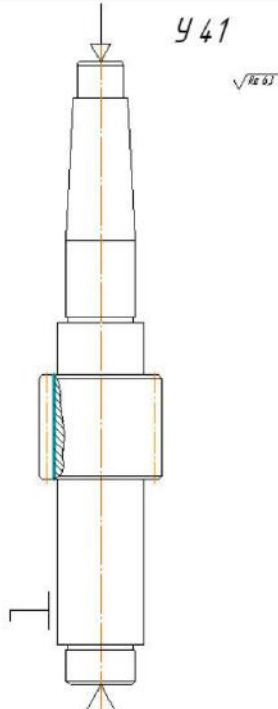
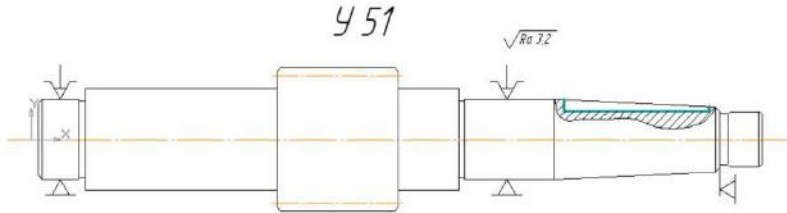
Таблиця 1.6 – Установи для маршрута виготовлення деталі (МИД).

У 11  У 21  У 31 	У 41 	У 51 
--	--	---

Таблиця 1.7 – Маршрут виготовлення деталі.

№	Зміст, найменовані операції	Обладнання	Ескіз установки
005	Заготовительна	Прес	
010	Фрезерно-центрувальна (пов-ти 1, 17, 23, 24)	МР-71М Фрезерно – центрувальний п/а	
015	Токарна (пов. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19) (чернова)	1Н713 Токарний многорізцевий копірвальний п/а	
020	Токарна (пов. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 20) (чернова)	1Н713 Токарний многорізцевий копірвальний п/а	

015	Токарна (п/чистова)	1Н713	У21 (Ra=3,2)
020	Токарна (п/чистова)	1Н713	У31 (Ra=6,3)

025	Зубофрезерна (поверхность 22)	6540 Вертикаль- но фрезер- ний станок	
030	Шпоночно- фрезерно- (поверхность 21)	6Р10 Вертикаль- фрезер- ний консольный станок	
035	Слюсарна	верстак	—
040	Мийчна	мийчна машина	—
045	Контрольна	контроль- ний стол	—
050	Термична	установка ТВЧ	—
055	Різьбонарізна (пов-ть 16)	5Д63 Резьбона- резной	У21 (Ra=3,2)

060	Шлифовальна (пов. 8, 11, 12, 13)	3М150 Кругло-шлифовальний станок	У21 (Ra=2,5 и Ra=0,8)
065	Шлифовальна (поверхности 3, 5)	3М150 Кругло-шлифовальний станок	У31 (Ra=0,8 и Ra=2,5)
070	Зубошлифовальна (поверхность 22)	5М841 Зубошлифовальный п/а	У41 (Ra=1,6)
075	Мийчна	мийчна машина	—
080	Контрольна	контрольний стіл	—

1.7 Призначення припусків і виконавчих розмірів

Припуск - це шар матеріалу, що містить різні дефекти, не допустимі за умовами службового призначення, і який необхідно усунути з поверхні заготівлі з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні.

Операційний припуск може набувати значень: номінального Z_i^H , мінімального Z_i^{min} і максимального Z_i^{max} . Значення Z_i^{min} задається в нормативних таблицях. При відомих значеннях Z_i^{min} можна розрахувати:

$$Z_i^H = Z_i^{min} + Td_{i-1} \quad (1.20)$$

$$Z_i^{max} = Z_i^H + Td_i \quad (1.21)$$

Td_i і Td_{i-1} - відповідно, технологічні допуски, які забезпечуються на заданій і попередній операціях.

Розрахунок операційних виконавчих розмірів необхідно розпочинати з останньої операції, на якій забезпечується розмір, проставлений для даної поверхні на робочому кресленні деталі.

Для зовнішніх циліндричних поверхонь значення номінальних розмірів розраховується по формулі:

$$d = d + Z_{i-1ii} \quad (1.21)$$

Для запису операційних виконавчих розмірів необхідно вказати значення розміру d_i і допустимі граничні відхилення es і ei .

При механічній обробці заготовель усі проміжні операційні виконавчі розміри повинні мати розміщення допуску "в метал", звідси витікає, що для розмірів $es=0$. Граничні відхилення розмірів остаточно обробленої поверхні мають знаки і значення, які проставлені на робочому кресленні.

Правильність проведення розрахунків перевіряється по формулах:

$$\begin{matrix} \max & \min \\ Z & -Z = Td + Td \end{matrix} \quad (1.22)$$

$$\begin{matrix} i & i & i-1i \\ d-d & =Z & \\ n & & n \\ \text{загдет} & & o \end{matrix} \quad (1.23)$$

Якщо перевірка показала правильність розрахунків, то усі операційні виконавчі розміри і виконавчий розмір заготовки необхідно вказати, округливши їх номінальні значення до того знаку після коми, з яким вказані їх граничні відхилення.

1.7.1 Призначення припусків розрахунково-аналітичним методом для поверхні 3 Ø40 k6.

Готуємо розрахункову таблицю 1.8 і заносимо основні характеристики поверхні:

зовнішня циліндрична поверхня Ø40k6 ($^{+0}_{-0,018}_{002}$); $Td_{заг} = 1,6$ ($^{+1}_{-0,6}$),
 $L = 18\text{мм}$, $Rz = 3,2$ ($Ra = 0,8$);

Обробка ведеться на багаторізцевому токарному верстаті з установкою в 3-х кулачковий патрон.

МОП:

1. Заготовка – штамповка – IT16; $Ra = 62,5\text{мкм}$; $Td = 1,6\text{мм}$;
2. Точение черновое – h13; $Ra = 12,5\text{мкм}$; $Td = 0,39\text{мм}$;
3. Точение полустистовое – h11; $Ra = 3,2\text{мкм}$; $Td = 0,10\text{мм}$;
4. ТО
5. Шлифование черновое – h8; $Ra = 1,6\text{мкм}$; $Td = 0,039\text{мм}$;

6. Шлифование чистовое – k6; Ra=0,8мкм; Td=0,020мм;
ППТК: IT16⇒h13⇒h11⇒ (HB-HRC)h8⇒ k6.

Вибираємо нормативні і розрахункові значення елементів припусков для технологічних переходів.

Для заготівлі нормативні значення Rz₁, h₁ приймаємо Rz₁=250мкм, h₁=250мкм [5, таблиця. 12, стор. 186].

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{смещ}}^2 + \rho_{\text{коробл}}^2} \quad (1.24)$$

$$\rho_{\text{коробл}} = \rho_{\text{коробл}} \cdot 1 \quad (1.25)$$

$$\rho_{\text{коробл}} = 3 \cdot 18 = 54 \text{ мкм}, \quad \rho_{\text{коробл}} = 3 \text{ мкм/мм} [5, \text{табл. 16, стр. 186}]$$

$$\rho_{\text{смещ}} = 500 \text{ мкм} [5, \text{табл. 18, стр. 187}]$$

$$\rho_1 = \sqrt{500^2 + 54^2} = 502,9 \approx 503 \text{ мкм}$$

Для чернового точения:

$$Rz_2 = 125 \text{ мкм}, h_2 = 120 \text{ мкм} [5, \text{табл. 25, стр. 188}]$$

$$\rho_2 = \rho_1 \cdot K_y \quad (1.26)$$

$$\rho_2 = 503 \cdot 0,06 = 30,1 \approx 30 \text{ мкм}$$

K_y = 0,06 – коэффициент уточнения при черновом точении [5, табл. 29, стр. 190]; погрешность ε₂ = 280мкм [5, табл. 13, стр. 42].

Для п/чистового точения:

$$Rz_3 = 50 \text{ мкм}, h_3 = 50 \text{ мкм} [5, \text{табл. 25, стр. 188}]$$

$$\rho_3 = \rho_2 \cdot K_y = 30 \cdot 0,05 = 1,5 \text{ мкм}; \quad \varepsilon_3 = 100 \text{ мкм};$$

K_y = 0,05 – коэффициент уточнения при черновом точении [5, табл. 29, стр. 190]

Термообработка:

$$\rho_4 = k \cdot 1 = 0,75 \cdot 18 = 13,5 \text{ мкм}$$

Шлифование черновое:

$$Rz_5 = 15 \text{ мкм}, h_5 = 15 \text{ мкм} [5, \text{табл. 24, стр. 188}]$$

$$\rho_5 = \rho_4 \cdot K_y = 13,5 \cdot 0,03 = 0,405; \quad \varepsilon_5 = 40 \text{ мкм};$$

K_y = 0,03 – коэффициент уточнения при черновом шлифовании [5, табл. 29, стр. 190]

Для шлифования чистового:

$$Rz_6 = 5 \text{ мкм}, h_6 = 5 \text{ мкм} [5, \text{табл. 24, стр. 188}]; \quad \rho_6$$

$$= \rho_5 \cdot K_y = 0,405 \cdot 0,02 = 0,0081 \text{ мкм} \approx 0; \quad \varepsilon_6 \approx 0;$$

$K_y = 0,02$ – коефіцієнт уточнення при чистовому шлифуванні [5, табл. 29, стр. 190]

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки по формулі:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.27)$$

Для чернового точення:

$$2Z_{\min} = 2(250 + 250 + \sqrt{503^2 + 280^2}) \approx$$

2мм Для п/чистового точення:

$$2Z_{\min} = 2(125 + 120 + \sqrt{30^2 + 100^2}) \approx 0,9\text{мм}$$

Для шлифування чернового:

$$2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{1,5^2 + 40^2}) = 0,25\text{мм}$$

Для шлифування чистового:

$$2Z_{\min} = 2(15 + 15 + \sqrt{0,405^2}) = 0,06\text{мм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.8. Допуски на розміри для технологічних переходів призначаємо згідно раніше розробленим МОП, починаючи з останнього:

$Td_6 = Td_{\text{дет}} = 0,020\text{мм}$ – по чертежу деталі k6;

$Td_5 = Td_{\text{дет}} = 0,039\text{мм}$ – согласно МОП – h8

$Td_3 = Td_{\text{дет}} = 0,100\text{мм}$ – согласно МОП – h11

$Td_2 = Td_{\text{дет}} = 0,390\text{мм}$ – согласно МОП – h13

Допуск на розмір заготівлі знаходимо [5, таблиця. 23, стор. 146] з урахуванням маси заготівлі $m = 6,93\text{кг}$, групи стали М2, міри складності штампування С2, штампування нормальної точності:

$$Td_1 = Td_{\text{заг.}} = \left(\begin{smallmatrix} +1 \\ -0,15 \end{smallmatrix} \right) = 1,6\text{мм}$$

Розраховуємо максимальний розмір поверхні деталі - останнього переходу:

$$d_{\text{дет}}^{\max} = d_6^{\max} = d_{\text{ном}} + esd_6 = 40 + 0,018 = 40,018\text{ мм}$$

Розрахункові максимальні розміри для переходів:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.28)$$

$$\begin{aligned}
 d^{\max} &= 40,018 + 0,06 + 0,039 = 40,117 \text{ мм} \\
 d_5^{\max} &= 40,117 + 0,25 + 0,100 = 40,467 \text{ мм} \\
 d_3^{\max} &= 40,467 + 0,9 + 0,390 = 41,757 \text{ мм} \\
 d_2^{\max} &= 41,757 + 2 + 1,6 = 45,357 \text{ мм} \\
 d_1^{\max} &
 \end{aligned}$$

Отримані значення округлюємо у велику сторону.

Оскільки заготівля має діаметр 56 мм, відповідно більше ніж розрахунковий максимальний розмір, тобто свідомо маємо напуск, то його і приймаємо як максимальний для подальших розрахунків (отримаємо $\varnothing 55,6 (+1,3_0, -0,7_7)$).

Розраховуємо мінімальні розміри поверхні :

$$\begin{aligned}
 d_i^{\min} &= d_i^{\max} - Td_i & (1.29) \\
 d_6^{\min} &= 40,018 - 0,020 = 39,998 \text{ мм} \\
 d_5^{\min} &= 40,117 - 0,039 = 40,078 \text{ мм} \\
 d_4^{\min} &= 40,47 - 0,100 = 40,37 \text{ мм} \\
 d_3^{\min} &= 41,76 - 0,390 = 41,37 \text{ мм} \\
 (d_2^{\min} &= 45,4 - 1,6 = 43,8 \text{ мм}) \\
 d_1^{\min} &= 56,9 - 2 = 54,9 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Розраховуємо граничні максимальні значення припусків по переходах хутро. обробки:

$$\begin{aligned}
 2z_i^{\max} &= d_i^{\max} - d_i^{\min} & (1.30) \\
 z_2^{\max} &= 56,9 - 41,37 = 15,53 \text{ мм} \\
 (z_2^{\max} &= 45,4 - 41,37 = 4,03 \text{ мм}) \\
 z_2^{\max} &= 41,76 - 40,37 = 1,39 \text{ мм} \\
 z_3^{\max} &= 40,47 - 40,078 = 0,392 \text{ мм} \\
 z_5^{\max} &= 40,117 - 39,998 = 0,119 \text{ мм} \\
 z_6^{\max} &
 \end{aligned}$$

Розраховуємо граничні мінімальні значення припусків по переходах механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = d_i^{\min} - d_i^{\max} \quad (1.31)$$

$$\begin{aligned}
z^{\min} &= 54,9 - 41,76 = 13,14 \text{ мм} \\
(z^{\min}_2 &= 43,8 - 41,76 = 2,04 \text{ мм}) \\
z^{\min}_2 &= 41,37 - 40,47 = 0,9 \text{ мм} \\
z^{\min}_5 &= 40,37 - 40,117 = 0,253 \text{ мм}
\end{aligned}$$

Перевірка:

$$Tz = z_i^{\max} - z_i^{\min} = Td_i + Td_{i-1} \quad (1.32)$$

$$\begin{aligned}
Tz_2 &= 15,53 - 13,14 = 2 + 0,39 = 2,39 \text{ мм} \\
(Tz_2 &= 4,02 - 2,04 = 1,6 + 0,39 = 1,99 \text{ мм}) \\
Tz_3 &= 1,39 - 0,9 = 0,39 + 0,1 = 0,49 \text{ мм} \\
Tz_5 &= 0,392 - 0,253 = 0,1 + 0,039 = 0,139 \text{ мм} \\
Tz_6 &= 0,119 - 0,06 = 0,039 + 0,020 = 0,059 \text{ мм}
\end{aligned}$$

$$Tz_0 = z_0^{\max} - z_0^{\min} = Td_{13a2} + Td_{idem} \quad (1.33)$$

$$\begin{aligned}
Tz_0 &= Td_{13a2} + Td_{дет} = 2 + 0,020 = 2,02 \text{ мм} \\
(Tz_0 &= Td_{13a2} + Td_{дет} = 1,6 + 0,020 = 1,62 \text{ мм}) \\
Tz_0 &= z_{0\max} - z_{0\min} = 16,902 - 14,882 = 2,02 \text{ мм} \\
(Tz_0 &= z_{0\max} - z_{0\min} = 5,402 - 3,782 = 1,62 \text{ мм})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
z_0^{\max} &= d_{3a2}^{\max} - d_{dem}^{\min} \\
z_0^{\min} &= d_{3a2}^{\min} - d_{dem}^{\max} \\
z_0^{\max} &= 56,9 - 39,998 = 16,902 \text{ мм} \\
z_0^{\min} &= 54,9 - 40,018 = 14,882 \text{ мм} \\
\left(\begin{aligned} z_0^{\max} &= 45,4 - 39,998 = 5,402 \text{ мм} \\ z_0^{\min} &= 43,8 - 40,018 = 3,782 \text{ мм} \end{aligned} \right)
\end{aligned} \quad (1.34)$$

Розраховуємо виконавчі технологічні розміри, починаючи з останнього.
Знаходимо номінальний розмір заготовлі:

$$\begin{aligned}
d_{HOM} &= d_{HOM} = d_{max} - es \\
d_{HOM} &= d_{HOM} = d_{min} + ei \\
d_{HOM} &= 56,9 - 1,3 = 55,6 \text{ мм} \\
d_{HOM} &= 54,9 + 0,7 = 55,6 \text{ мм} \\
es_d &= +1,3 \text{ мм} \\
ei_d &= -0,7 \text{ мм}
\end{aligned} \quad (1.35)$$

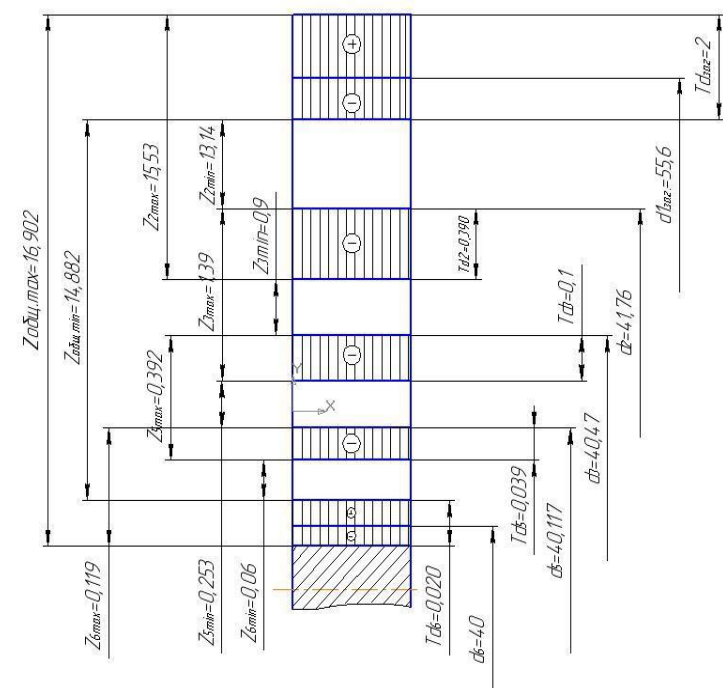
$$d_{\text{заг}} = 55,6 \begin{pmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{pmatrix}$$

$$d_{\text{заг}}^{H.O.M.} = 45,4 - 1,1 = 44,3 \text{ мм}$$

$$\begin{pmatrix} e_s \\ e_i \end{pmatrix}_d = \begin{pmatrix} +1,1 \text{ мм} \\ -0,5 \text{ мм} \end{pmatrix}$$

$$d_{\text{заг}} = 44,3 \begin{pmatrix} +1,1 \\ -0,5 \end{pmatrix}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.8.



Малюнок 1.5 - Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів методом розмірних ланцюгів для поверхні 3 – Ø40k6 (+0,018/-0,002).

$$Td_{\text{заг.}} = 1,6 \begin{pmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{pmatrix} \text{ мм}$$

Розраховуємо припуски і технологічні розміри механічної обробки зовнішньої поверхні 3 - Ø40k6 (+0,018/-0,002) по методу В.М. Кована.

Визначуваний розрахунковий номінальний діаметр зовнішньої поверхні

$$d_{\text{р.н.ом.}} = d_{i \text{ min}} = d - Td \quad (1.36)$$

$$d_{\text{р.н.ом.}} = 40 - 0,002 = 39,998 \text{ мм}$$

Результат заноситься в 6 колонку, таблиця 1.8

Визначуваний мінімальний діаметр зовнішньої поверхні

$$d_{i-1\min} = d_{i\min} + z_{i\min} \quad (1.37)$$

$$d_5 = d_6 + 2Z_{6\min} = 39,998 + 0,06 = 40,058\text{мм}$$

$$d_3 = d_5 + 2Z_{5\min} = 40,058 + 0,25 = 40,308\text{мм}$$

$$d_2 = d_3 + 2Z_{3\min} = 40,308 + 0,9 = 41,208\text{мм}$$

$$d_1 = d_2 + 2Z_{2\min} = 41,208 + 2 = 43,208\text{мм}$$

$d_{расч,i} \rightarrow d_{\min} \rightarrow$ округлюємо у велику сторону (результат заноситься в 9 колонку, таблиця 1.8)

Визначаємо максимальний діаметр зовнішньої поверхні:

$$d_{i\max} = d_{i\min} + Td_i \quad (1.38)$$

$$d_6^{\max} = 39,998 + 0,020 = 40,018\text{мм}$$

$$d_5^{\max} = 40,058 + 0,039 = 40,097\text{мм}$$

$$d_3^{\max} = 40,31 + 0,1 = 40,41\text{мм}$$

$$d_2^{\max} = 41,21 + 0,39 = 41,60\text{мм}$$

$$d_{заг}^{\max} = 43,3 + 2 = 45,3\text{мм}$$

Результат заноситься в 8 колонку, таблиця 1.8

Оскільки заготівля має діаметр 56 мм, відповідно більше ніж розрахунковий максимальний розмір, тобто свідомо маємо напуск, то його і приймаємо як максимальний для подальших розрахунків (отримаємо $\varnothing 55,6(^{+1}_0,^3_7)$).

Підраховуємо граничні максимальні значення припусків:

$$Z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.39)$$

$$Z_2^{\max} = d_{заг}^{\max} - d_2^{\max} = 56,9 - 41,60 = 15,3\text{мм}$$

$$Z_3^{\max} = 41,60 - 40,41 = 1,19\text{мм}$$

$$Z_5^{\max} = 40,41 - 40,097 = 0,313\text{мм}$$

$$Z_6^{\max} = 40,097 - 40,018 = 0,079\text{мм}$$

Результат заноситься в 10 колонку, таблиця 1.8

Підраховуємо граничні мінімальні значення припусків:

1.7.2 Призначення припусків табличним методом для поверхні 6 - Ø50мм h12

Визначуваний дослідно-статистичним (табличним) методом припуски і розраховуємо технологічні виконавчі розміри механічної обробки для поверхні 6 - Ø50мм h12.

Початкові дані:

- матеріал деталі: Сталь 40Х;
- твердість HRC 30.40; Ra=6,3мкм;
- заготівля: штампування на пресі;
- маса деталі: q = 5,5кг;
- маса заготівлі: Q = 6,93кг;
- група стали: М2;
- міра складності виготовлення: С2;
- виробництво великосерійне: N=40000деталей.

Обробка ведеться на багаторізцевому токарному верстаті з установкою в 3-х кулачковий патрон.

МОП:

1. Заготовка – штамповка – IT16; Ra=62,5мкм; Td=2мм;
2. Точение черновое – h14; Ra=12,5мкм; Td=0,620мм;
3. Точение п/чистовое – h12; Ra=6,3мкм; Td=0,250мм;
4. ТО

ППТК: IT16⇒h14⇒h12⇒(HB-HRC).

Припуски на мехобробку призначаємо по нормативах [1, таблиця. 4.3, стр.35]

Маємо:

точіння чорнове - $2z_1^{\min} = 3\text{мм}$,

Розраховуємо технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.
Розраховуємо максимальний розмір поверхні деталі - останнього переходу

$$d_{\text{dem}}^{\max} = d_2^{\max} = d^{\text{ном}} + \text{es}d_2 \quad (1.44)$$

$$d_{\text{dem}}^{\max} = 50 + 0 = 50 \text{ мм}$$

Розрахункові максимальні розміри для переходів по формулі:

$$d_i^{\max} = d_i^{\max}_{+1} + 2 z_i^{\min}_{+1} + Td_i \quad (1.45)$$

$$d_2^{\max} = 50 + 1,2 + 0,620 = 51,82 \text{ мм}$$

$$d_1^{\max} = 51,82 + 3 + 2 = 56,82 \text{ мм}$$

Отримані значення округлюємо у велику сторону.

Розраховуємо мінімальні розміри поверхні:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.46)$$

$$\begin{aligned} d_{\min} &= 50 - 0,250 = 49,75 \text{ мм} \\ d_3 &= 51,9 - 0,620 = 51,28 \text{ мм} \\ d_{\min} &= 56,9 - 2 = 54,9 \text{ мм} \\ d_{\min}^2 & \\ d_{\min}^1 & \end{aligned}$$

Розраховуємо граничні максимальні значення припусків по переходах мехобробки:

$$2z_i^{\max} = d_i^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.47)$$

$$z_1^{\max} = 56,9 - 51,28 = 5,62 \text{ мм}$$

Розраховуємо граничні мінімальні значення припусків по переходах мехобробки:

$$2z_i^{\min} = d_i^{\min} - d_i^{\max} \quad (1.48)$$

$$\begin{aligned} z_1^{\min} &= 54,9 - 51,9 = 3 \text{ мм} \\ z_2^{\min} &= 51,28 - 50 = 1,28 \text{ мм} \end{aligned}$$

Проверка:

$$Tz_0 = 2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = Td_{заг} + Td_{дем} = Td_1 + Td_3 \quad (1.49)$$

$$\begin{aligned} Tz_0 &= 7,15 - 4,9 = 2 + 0,25 \\ 2,25 &= 2,25 \end{aligned}$$

де:

$$\begin{aligned} z_0^{\max} &= d_{заг}^{\max} - d_{дем}^{\min} = 56,9 - 49,75 = 7,15 \text{ мм} \\ z_0^{\min} &= d_{заг}^{\min} - d_{дем}^{\max} = 54,9 - 50 = 4,9 \text{ мм} \end{aligned}$$

Розраховуємо виконавчі технологічні розміри, починаючи з останнього.

Знаходимо номінальний розмір заготівлі :

$$d_{\text{заг}}^{HOM} = d_1^{HOM} = d_{\text{заг}}^{max} - es = 56,9 - 1,3 = 55,6 \text{ мм}$$

$$es_d = +1,3 \text{ мм}$$

$$ei_d = -0,7 \text{ мм}$$

$$d = 55,6 \begin{pmatrix} +1,3 \\ -0,7 \end{pmatrix}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.8

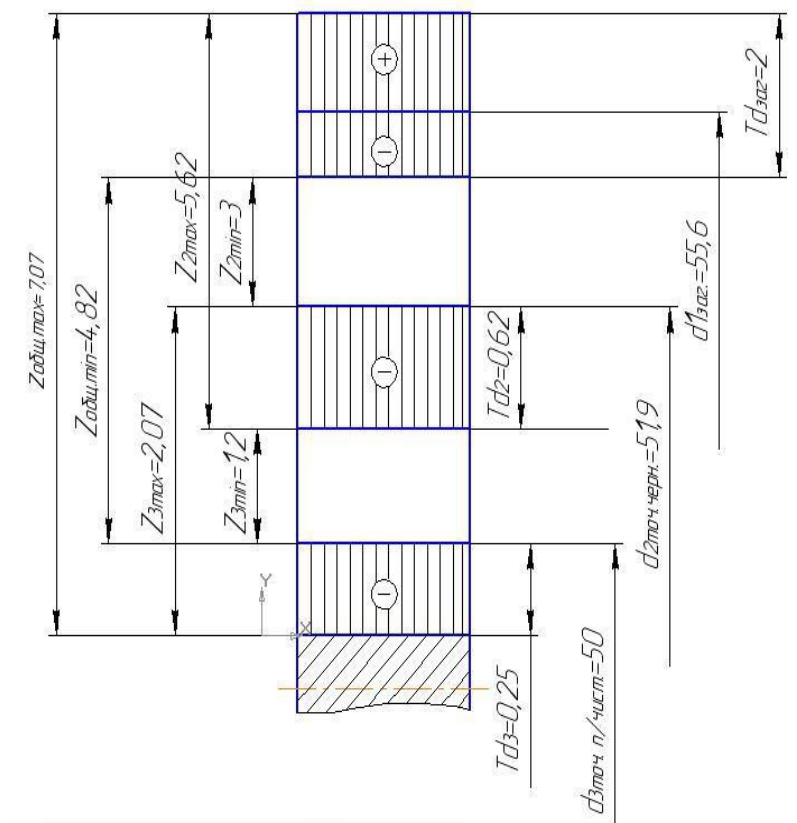


Рисунок 1.7— Схема розташування допусків, припусків і технологічних розмірів, визначених методом розмірних ланцюгів для поверхні $\varnothing 50h12 (-0,250)$.

Таблица 1.8 - Припуски и технологичные размеры на механическую обработку вала-шестерни

Характерности	№ пер.	МОП	Элементы припуска				Расчетный		Допуск T_{di} , мм	Пред.знач. технологич.размера, мм		Граничн. знач. прип., мм		Исполнит. технол. размер, мм
	i	Наименов.	Rz	h	ρ	ϵ_y	Припуск $2z_{i \min}$	Размер d_{pi} , мм		$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2z_{i \max}$	$2z_{i \min}$	
1	2	3	4				5	6	7	8	9	10	11	12
3 - наруж. цил. пов. Ø40мм k6 ($-^{+0,018}_{0,002}$) Ra=0,8 L=18мм	1	Заготовка	250	250	503	—	—	45,357	1,6	56,9 (45,4)	54,9 (43,8)	—	—	$\varnothing 55,6(-^{+1}_{0},^{3}_{7})$ $(\varnothing 44,3(-^{+1,1}_{-0,5}))$
	2	Точен.чернов.	125	120	30	280	2	41,757	0,390	41,76	41,37	15,53 (4,03)	13,14 (2,04)	$\varnothing 41,76(-_{0,39})$
	3	Точ.п/чистов	50	50	1,5	100	0,9	40,467	0,100	40,47	40,37	1,39	0,9	$\varnothing 40,47(-_{0,100})$
	4	ТО	—	—	13,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	Шлиф.предвар.	15	15	0,40 5	40	0,25	40,117	0,039	40,117	40,078	0,392	0,253	$\varnothing 40,117(-_{0,039})$
	6	Шлиф.чистов.	5	5	0	0	0,06	40,018	0,020	40,018	39,998	0,119	0,06	$\varnothing 40(-^{+0}_{0},^{018}_{002})$
Проверка: $Tz_0 = Z_0^{\max} - Z_0^{\min} = Td_{\text{заг.}} + Td_{\text{дет.}}$; $16,902 - 14,882 = 2 + 0,020$; $2,02 = 2,02$ (метод размерных цепей)														
6, 10 – наружн ая цил. пов.	1	Заготовка					—	56,82	2	56,9	54,9	—	—	$\varnothing 55,6(-^{+1}_{0},^{3}_{7})$
	2	Точен.чернов.					3	51,82	0,620	51,9	51,28	5,62	3	$\varnothing 51,9(-_{0,62})$

Продолжение таблицы 1.8

Характерности	№ п.р.	МОП	Элементы припуска	Расчетный	Допуск Td_i	Пред.знач. технологич.размера, мм	Граничн. знач. прип., мм	Исполнит. технол. размер, мм
---------------	--------	-----	-------------------	-----------	---------------	-----------------------------------	--------------------------	------------------------------

7 - нар. цил.пов. $\varnothing 71,18h_7$ (-0,030) Ra=1,6	1	Заготовка		—	76,56	2	78,6	76,6	—	—	$\varnothing 77,3(-^{+1}_0,^3_7)$
	2	Точен.чернов.		3,4	73,16	0,460	73,62	73,16	4,98	3,44	$\varnothing 73,62(-_{0,46})$
	3	Точен.п/чистов.		1,7	71,46	0,190	71,65	71,46	1,97	1,7	$\varnothing 71,65(-_{0,19})$
	4	ТО		—	—	—	—	—	—	—	—
	5	Шлифов.предвар.		0,25	71,21	0,074	71,284	71,21	0,366	0,25	$\varnothing 71,28(-_{0,074})$
	6	Шлифов.чистов.		0,06	71,15	0,030	71,18	71,15	0,104	0,06	$\varnothing 71,18(-_{0,030})$

Проверка: $Tz_0 = 2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = Td_{заг} - Td_{дет} = 7,42 - 5,45 = 2 - 0,030 = 1,97$

1,97=1,97 (метод В.М. Кована)

5, 11 – наружн. торцева я пов-ть $185h_9$ (-0,115) Ra=2,5	1	Заготовка		—	191,41	2,9	191,5	188,6	—	—	189,6($-^{+1}_1,^0_0$)
	2	Точен. чернов.		1,5	187,01	0,720	187,01	186,29	5,21	1,59	187,01 (-0,72)
	3	Точен. п/чистов.		0,7	185,59	0,290	185,59	185,3	1,71	0,7	185,59 (-0,29)
	4	Точен. чистов.		0,3	185	0,115	185	184,885	0,705	0,3	185 (-0,115)
	5	ТО		—	—	—	—	—	—	—	—

Проверка: $Tz_0 = 2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = Td_{заг} + Td_{дет} = 6,615 - 3,6 = 2,9 + 0,115 = 3,015$ 3,015=3,015 (метод размерных цепей)

	i	Наименов.	Rz	h	ρ	ε_y	Припу ск $2z_i^{\min}$	Размер $d_{pi}, \text{мм}$	мм	$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
1	2	3	4				5	6	7	8	9	10	11	12
З - наруж. цил. пов. Ø40мм k6 ($-^{+0,018}_{0,002}$) Ra=0,8 L=18мм	1	Заготовка	250	250	503	—	—	43,208	1,6	56,9 (45,3)	54,9 (43,3)	—	—	$\varnothing 55,6 (-^{+1}_0; ^3_7)$ ($\varnothing 45,3 (-^{+1,1}_{0,5})$)
	2	Точен.черно В.	125	120	30	280	2	41,208	0,390	41,60	41,21	15,3 (3,7)	13,69 (2,09)	$\varnothing 41,60 (-_{0,39})$
	3	Точ.п/чистов	50	50	1,5	100	0,9	40,308	0,100	40,41	40,31	1,19	0,9	$\varnothing 40,41 (-_{0,100})$
	4	ТО	—	—	13,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	Шлиф.предв ар.	15	15	0,40 5	40	0,25	40,058	0,039	40,097	40,058	0,313	0,252	$\varnothing 40,097 (-_{0,039})$
	6	Шлиф.чисто В.	5	5	0	0	0,06	39,998	0,020	40,018	39,998	0,079	0,06	$\varnothing 40 (-^+_0; ^{018}_{002})$
Проверка: $T_z = Z^{\max}_0 - Z^{\min}_0 = T_d + T_d$; $16,882 - 14,902 = 2 - 0,020$; $1,98 = 1,98$ (метод В.М. Кована)														

1.8 Проектування операцій технологічного процесу

При проектуванні технологічного процесу механічної обробки на кожну операцію розробляють операційний ескіз, а для багатоінструментальної обробки - схеми налаштування або розрахунково-технологічні карти, а також креслення технологічного оснащення. У цій документації технолог вказує розміри і допуски, шорсткість, технічні вимоги. Усі ці показники можуть бути проміжними або остаточними. Технологічний розмір - це розмір, що визначується технологом і проставляється в технологічній документації.

Основними критеріями визначення режимів різання є:

- забезпечення заданої якості обробки - точність геометричного розміру, форми і взаємного розташування, шорсткості;
- забезпечення максимальної продуктивності;
- забезпечення мінімальної собівартості;
- забезпечення максимального використання технологічних можливостей верстата.

При проектуванні технологічної операції механічної обробки необхідно визначити наступні параметри режимів різання:

$L_{р.х}$ - довга робочого ходу; визначається як правило за схемою обробки;

t - глибина різання; визначається при розрахунку припусків і технологічних розмірів;

S - подача; визначається залежно від стадії обробки: при чорновій обробці вибирають максимально можливе подання, виходячи з жорсткості і міцності системи СПД, потужності приводу верстата, міцності твердосплавної пластини і інших обмежуючих чинників; при чистовій обробці - залежно від необхідної міри точності і шорсткості оброблюваної поверхні.

v - швидкість різання, визначається залежно від якості оброблюваного матеріалу, стану поверхні заготівлі, якості інструментального матеріалу, жорсткості СПД та ін.;

i - число проходів.

1.8.1 Операція № 010 фрезерно-центрувальна

Призначаємо режими різання і визначаємо норму $T_{шт-к}$ на виконання фрезерно-центрувальної операції №010 обробки деталі.

Початкові дані:

Деталь - вал-шестерня,

$m_{дет} = 5,5 \text{ кг}$

Матеріал: сталь 40Х

Група стали - М2

Заготівля - штампування на пресі.

$m_{\text{заг}} = 6,93\text{кг}$

Виробництво - крупносерійне.

Кількість деталей в партії $N = 40\,000$ шт.

Верстат: фрезерно-центрувальний, п/а моделі Мр-71М.

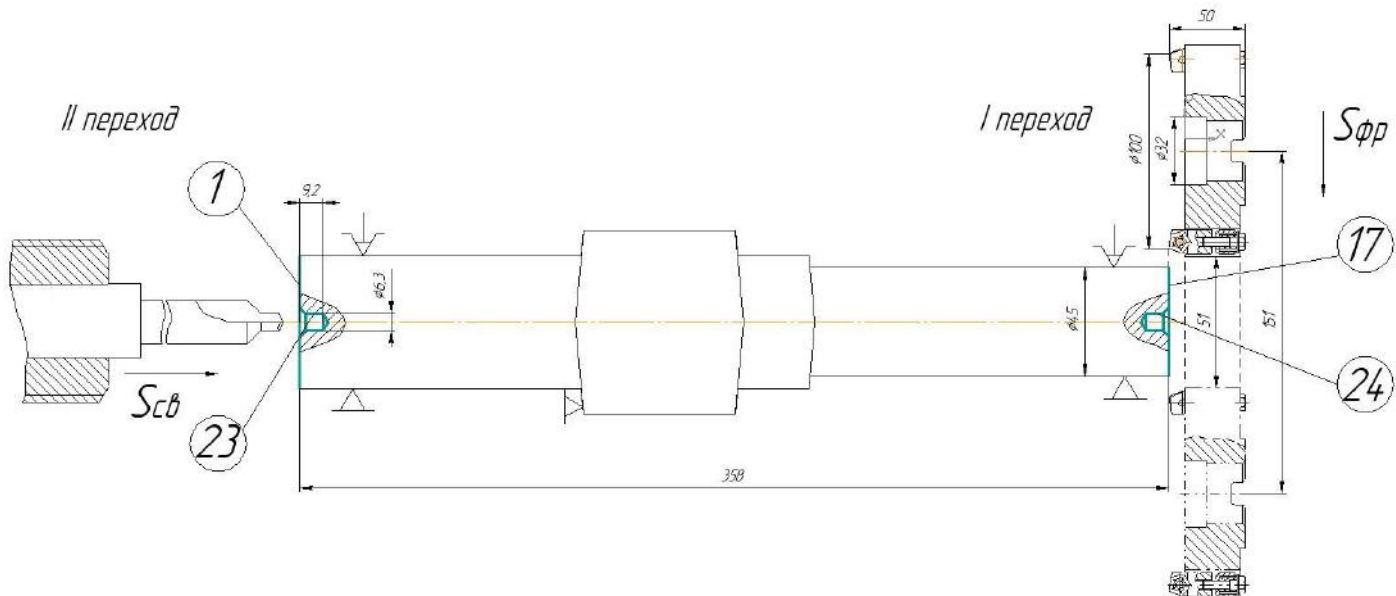


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз фрезерно-центрувальної операції.

Характеристики верстата:

Найбільший діаметр заготівлі:

- над станиною - 500мм;

- над супортом - 320мм;

Найбільша довжина оброблюваної заготівлі - 400мм

Частота обертання шпинделя - 34; 48; 66; 136; 188; 274; 385; 530; 777; 1080; 1500.

Подача револьверного супорта, мм/об - 0,09; 0,12; 0,17; 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,35.

Поперечна подача, мм/об - 0,045; 0,06; 0,09; 0,12; 0,17; 0,25; 0,35; 0,5; 0,5; 0,7.

Подача поперечного супорта, мм/об - 0,09; 0,12; 0,17; 0,25; 0,35; 0,5; 0,5; 0,7; 1; 1,35.

Найбільші розміри різця - 32x20

Потужність електродвигуна, кВт – 14

Габарити верстата - 3320x1530

Категорія ремонтної складності – 32

Верстат призначений для чорнової і чистової обробки, робить обточування, підрізування торців, нарізування канавок, свердління центровочних отворів, зенкерування, розгортання, нарізування різьблення плашками або мітчиками.

Різальний інструмент:

Фреза торцева з пластинами з твердого сплаву ВК8, ГОСТ 24359-80, $D = 100$ мм, $L = 50$ мм, $d = 32$ мм, $z = 8$;

Свердло центровочное із ст. P18 $d = 6,3$ мм, $D = 16$ мм, $L = 74$ мм, $l = 9,2$ мм, ГОСТ 14952-75.

Мерительный інструмент: шаблон, глибиномір, штангенциркуль ШЦ - Ш160-0, 1

Операція складається з 2 переходів:

Перший перехід: підрізувати торець;

Другий перехід: центрувати торець.

Призначення режимів різання. Призначення глибини різання по переходах.

I перехід: Підрізання торця $t = (365 - 358) / 2 = 3,5$ мм;

II перехід: свердління $t = 0,5d = \frac{6}{2} \cdot 3 =$

3,15 мм Вибір подачі:

$$S_{0p} = S_{0T} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.50)$$

K_1 - поправочний коефіцієнт на величину подачі залежно від матеріалу оброблюваної деталі, $K_1 = 1,25$;

K_2 - поправочний коефіцієнт на величину подачі залежно від виду обробки, $K_2 = 0,95$;

$S_{0T} = 0,35$ мм/об - табличне значення поданчи [8, ст.340]

Підрізування торцев: $S_{подр} = 0,35 \cdot 1,25 \cdot 0,95 = 0,5$ мм/об, приймаємо $S_{подр} = 0,5$ мм/об.

Свердління: $S_{сверл} = 0,06$ мм/об табличне значення подачі для свердла [8, карта 2, ст.234]

K_l - поправочний коефіцієнт на подачу залежно від глибини різання, $K_l = 1,0$ [8, карта 2, ст.234]

$S_{сверл} = 0,06 \cdot 1,0 = 0,06$ мм/об, приймаємо $S_{сверл} = 0,06$ мм/об.

Визначення швидкості різання :

$$V_p = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n \quad (1.51)$$

$V_T = 250$ м/хв [8, ст.333]

Вибираємо коефіцієнти [6, таблиця. 38, ст.286]:

K_{1v} - поправочний коефіцієнт, який залежить від охолодження,

$K_{1v}=1$; K_{2v} - коефіцієнт, який залежить від кута в плані, $K_{2v}=0,8$;

K_{3v} - коефіцієнт, який залежить від стану оброблюваної поверхні, $K_{3v}=1$;

K_{4v} - поправочний коефіцієнт при поперечному точінні, визначається залежно від відношення $D_{нач}/D_{кон}$, $K_{4v}=1$;

K_{5v} - коефіцієнт, який залежить від матеріалу різальної частини інструменту, $K_{5v}=1,1$;

K_{6v} - коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу, $K_{6v}=0,83$;

K_{7v} - коефіцієнт, який залежить від глибини різання, $K_{7v}=1$;

K_{8v} - коефіцієнт, який залежить від подачі, $K_{8v}=0,87$;

K_{9v} - коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту, $K_{9v}=1,1$;

K_{10v} - коефіцієнт, який залежить від виду обробки, $K_{10v} = 1$.

Для свердління : $V_T = 20,9$ м/хв. [8, ст.240, карта 7]

Вибираємо коефіцієнти [6, таблиця. 28, ст.278]:

K_{1v} - коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу, $K_{1v}=1$;

K_{2v} - коефіцієнт, який залежить від діаметру свердла, $K_{2v}=0,76$;

K_{3v} - коефіцієнт, який залежить від стійкості інструменту, $K_{3v}=1$;

K_{4v} - коефіцієнт, який залежить від глибини різання, $K_{4v}=1$;

K_{5v} - коефіцієнт, який залежить від відношення фактичної швидкості різання до нормальної, $K_{5v}=0,86$;

K_{6v} - коефіцієнт, який залежить від відношення фактичної глибини різання до нормальної, $K_{6v}=1,0$;

K_{7v} - коефіцієнт, який залежить від наявності охолодження,

$K_{7v}=1,07$; K_{8v} - коефіцієнт, який залежить від подачі, $K_{8v}=1,23$;

K_{9v} - коефіцієнт, який залежить від марки різального інструменту, $K_{9v}=0,91$

Підрізування: $V_{p1} = 250 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,1 \cdot 1 = 144,42$ м/хв;

Свердління: $V_{p2} = 20,9 \cdot 1 \cdot 0,76 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,86 \cdot 1,0 \cdot 1,07 \cdot 1,23 \cdot 0,91 = 16,36$ м/хв

Визначення частоти обертання :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.52)$$

$n_{\text{сверл}} = \frac{1000 \cdot 16,36}{\pi \cdot 6,3} = 827$; приймаємо по станку $n = 1080$ об/мин

$$n_{\text{подр}} = \frac{1000 \cdot 144,42}{\pi \cdot 45} = 1022$$
; приймаємо $n = 1080$ об/мин.

Дійсна швидкість різання:

$$\text{Свердління: } V_o = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 1080}{1000} = 21,36 \text{ м/мин}$$

$$\text{Підрізування торців: } V_o = \frac{3,14 \cdot 45 \cdot 1080}{1000} = 152,6 \text{ м/мин}$$

Визначення потужності різання:

$$N_p = N_m \frac{V}{100} K_N \quad (1.53)$$

$K_N = 0,8$ – коефіцієнт, учитывающий свойства обрабатываемого материала [6, табл. 41, ст.291];

$N_T = 5,6$ кВт – табличное значение мощности [6, табл. 40, ст.290];

При этом должно соблюдаться условие:

$$N_{\text{расч.}} < N_{\text{станка}}; \quad N_{\text{ст.}} = 14 \text{ кВт}$$

I переход:

$$N_p = 5,6 \cdot \frac{152,6}{100} \cdot 0,8 = 6,8 \text{ кВт}$$

Так как подрезка торцев выполняется с обеих сторон, то мощность резания будет равна: $N_p = 6,8 \cdot 2 = 13,6 \text{ кВт} < N_{\text{станка}}$

II переход:

$$N_p = 5,6 \cdot \frac{21,36}{100} \cdot 0,8 = 0,95 \text{ кВт}$$

$$N_p = 0,95 \cdot 2 = 1,9 \text{ кВт} < N_{\text{станка}}$$

Розрахунок основного часу:

Визначаємо довжину робочого ходу інструменту:

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + l \quad (1.54)$$

де $L_{\text{рез}}$ – довжина різання, $L_{\text{рез}} = 45$ мм;

l – подвод, врезание и перебег инструмента, $l = 106$ мм;

$$\begin{aligned}
 L_{p.x} &= L_{рез} + l = 45 + 106 = 151 \text{ мм} \\
 T_{осн.} &= \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S} \\
 T_{оснI} &= \frac{151}{1080 \cdot 0,5} = 0,28 \text{ мин} \\
 T_{оснII} &= \frac{14}{1080 \cdot 0,06} = 0,21 \text{ мин} \\
 T_{осн.} &= 0,28 + 0,21 = 0,49 \text{ мин}
 \end{aligned}
 \tag{1.55}$$

Технічне нормування.

Розраховуємо допоміжний час:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{уп} + t_{конт} + t_{ускx} \tag{1.56}$$

$$t_{уст} = 0, \text{ хв};$$

$$t_{уп} = t_{вкл} + t_{см. \text{ реж}} \tag{1.57}$$

$t_{вкл.} = 0,03$ – время на включение станка,

$t_{см. \text{ реж}} = 0,09 \cdot 4 = 0,36$ – время на смену режимов

резания, $t_{уп.} = 0,03 + 0,36 = 0,39 \text{ мин.}$

$t_{конт.}$ – время на контрольные измерения,

$$t_{конт.} = t_{конт.норм} \cdot K \cdot i \tag{1.58}$$

$K = 0,3$ – коэффициент периодичности проверки;

$i = 8$ – количество измерений

$$t_{конт.} = 0,02 \cdot 0,3 \cdot 4 + 0,008 \cdot 0,3 \cdot 2 + 0,05 \cdot 0,3 \cdot 2 = 0,65 \text{ мин.}$$

Час на контроль перекривається і тому в норму штучно-калькуляційного часу не входить.

$$t_{уск. \text{ х.}} = 0,07 \cdot 5 + 0,09 \cdot 5 = 0,96 \text{ хв.}$$

$$t_{всп} = 0,5 + 0,39 + 0,65 + 0,8 = 2,34 \text{ хв.}$$

Визначення оперативного часу :

$$t_{опер.} = \Sigma t_{осн} + t_{всп} \tag{1.59}$$

$$t_{опер.} = 0,49 + 2,34 = 2,83 \text{ хв.}$$

Прибавочний час:

$$t_{\text{приб}} = (\alpha_{\text{тех}} + \alpha_{\text{орг.}} + \alpha_{\text{отд.}}) t_{\text{опер.}} \quad (1.60)$$

$$t_{\text{приб}} = (0,08 + 0,017 + 0,06) \cdot 2,83 = 0,44 \text{ хв.}$$

Визначення штучного часу:

$$t_{\text{шт.}} = t_{\text{осн.}} + t_{\text{всп.}} + t_{\text{приб}} \quad (1.61)$$

$$t_{\text{шт.}} = 0,49 + 2,34 + 0,44 = 3,27 \text{ хв.}$$

Підготовчо – заключний час:

$$T_{\text{п.з.}} = 18 + 8 = 26 \text{ хв,}$$

де 18 хв - нормативний час на наладку верстата, інструменту, пристосування;

8 хв - нормативний час на отримання інструменту, пристосування, здачу їх після роботи.

Визначення штучно - калькуляційного часу:

$$T_{\text{шт.кальк.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \quad (1.62)$$

де $n = 480$ деталей.

$$T_{\text{шт.кальк.}} = 3,27 + 480^{-26} \approx 3,33 \text{ хв.}$$

Визначення норми виробки:

$$q_{\text{см.}} = \frac{t_{\text{см}}}{T_{\text{шт.-кал.}}} \quad (1.63)$$

$$q_{\text{см.}} = 3^{-492},33 \approx 148 \text{ деталей в зміну.}$$

1.8.2 Операция № 015 токарная

Початкові дані:

Деталь: вал-шестерня.

Матеріал: сталь 40Х.

Інструмент:

1. Різець прохідної наполегливий 2шт $\phi=90^\circ$, $r=1\text{мм}$, $20\times 20\times 150$, Т15К6 ГОСТ 18870-73.

2. Різець канавочний 1шт $b=4\text{ мм}$, $20\times 20\times 150$, Т15К6, ГОСТ 18062-72.

3. Різець прохідної прямої 1шт $\phi=45^\circ$, $\alpha=16^\circ$; $r=0,5\text{мм}$, $16\times 10\times 100$, Р18 ГОСТ 18869-73;

Верстат - гідрокопіювальний багаторізцевий напівавтомат 1Н713; Технічні характеристики верстата:

- найбільший діаметр оброблюваної заготовки 400мм -

найбільша довжина оброблюваної заготовки 500мм

- частоти обертання шпинделя: 63, 80, 90, 100, 112, 125, 140, 160, 180, 200, 224, 250, 280, 315, 355, 400, 450, 500, 560, 630, 710, 800, 900, 1000, 1120, 1250 об/хв;

- подача супортів мм/хв - подовжнього 25.400, поперечного

25.400 - найбільший переріз різців $25\times 32\text{ мм}$ - потужність 5кВт -

СОЖ - емульсія;

Технологічне оснащення: Повідковий патрон з плаваючим центром. Заготівля встановлюється в повідковий патрон з підтисканням центру в задній бабці.

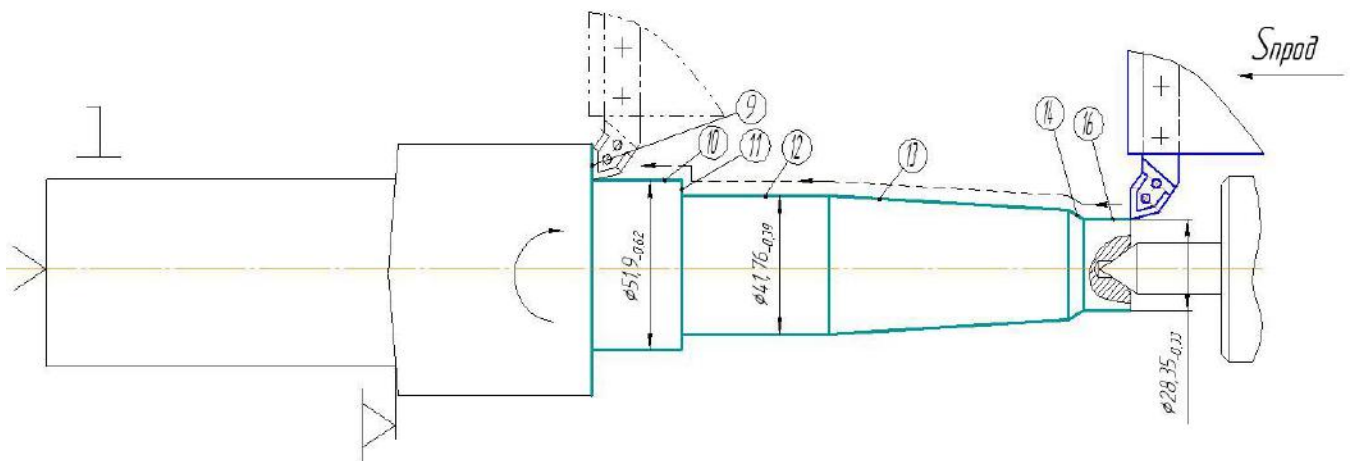


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз токарної операції (1-й прохід - чорнове точіння).

Операція виконується в 2 переходи з яких:

1 - точіння чорнове

2 - точіння п/чистове

Поздовжній супорт (рис.1.9; чорнове точіння):

Глибина різання при чорновому точінні: $t_1 = (56-51,9) / 2 \approx 2\text{мм}$;

Визначаємо довжину робочого ходу інструменту по формулі:

$$L_{p.x} = 180 + 5 = 185 \text{ мм} \quad (1.54)$$

де $L_{рез}$ - довжина різання, $L_{рез} = 180\text{мм}$; l - підведення, урізування і перебігання інструменту, $l = 5\text{мм}$.

Визначаємо подачу супорта на оборот шпинделя для чорнового точіння:

$$S_{от} = 0,35 \text{ мм/об} - \text{табличне значення подачі [8, ст. 813, карта 1]}$$

$K_1 = 1$ - поправочний коефіцієнт, залежний від твердості оброблюваного матеріалу.

$K_2 = 0,8$ - поправочний коефіцієнт, залежний від виду обробки.

$$S^{np} = 0,35 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,28 \text{ мм/об}$$

Вибираємо із стандартного ряду чисел подань верстата $S = 0,25 \text{ мм/об}$.

Визначуваний період стійкості інструменту $T_p = 120 \text{ хв}$ [8, ст. 815, карта 2]

Розраховуємо швидкість різання V , м/хв і число обертів шпинделя станка n об/хв.

$$V = V_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (1.64)$$

де K_1 - коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваного матеріалу; $K_1 = 0,95$ [8, ст. 817, карта 3];

K_2 - коефіцієнт, який залежить від стійкості і марки твердого сплаву; $K_2 = 1,25$ [8, ст. 818, карта 3];

K_3 - коефіцієнт, який залежить від виду обробки; $K_3 = 1,05$ [8, ст. 818, карта 3];

При глибині різання різця $t_1 = 2\text{мм}$, подачі $S = 0,25 \text{ мм/об}$, $V_{табл} = 110 \text{ м/хв}$ [8, ст. 816, карта 3]

тоді по формулі (1.64) швидкість буде рівна:

$$V = 110 \cdot 0,95 \cdot 1,25 \cdot 1,05 = 137,15 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число обертів шпинделя верстата n по формулі (1.52) в відповідності з рекомендованою нормативною швидкістю різання:

$$n = \frac{1000 \cdot 137,15}{\pi \cdot 56} = 779,97 \text{ об/хв}$$

Призначаємо число обертів шпинделя по паспорту верстата $n=800$ об/хв. Робимо уточнення швидкості по прийнятому числу оборотів шпинделя по формулі:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.65)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 800}{\text{м/хв } 1000} = 140,6$$

Основний (машинний) час обробки по формулі (1.55):

$$t_m = \frac{185}{0,25 \cdot 800} = 0,93 \text{ мин}$$

Виконуємо перевірочний розрахунок по потужності різання. Визначаємо по нормативах силу різання P_z в кГ (Н).

$$P_z = P_{z\text{табл}} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.66)$$

де K_1 - коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваного матеріалу; $K_1 = 0,8$ [8, ст. 819, карта 4];

K_2 - коефіцієнт, який залежить від швидкості різання; $K_2 = 0,9$ [8, ст. 819, карта 4];

При глибині різання різця $t_1 = 2$ мм, подачею $S=0,25$ мм/об,

$$P_{z\text{табл.}} = 140 \text{ кГ} = 1400 \text{ Н} = 140 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 100,8 \text{ кГ} = 1008 \text{ Н} = 1 \text{ кН}$$

Розраховуємо потужність різання N для інструменту, кВт

де K_1 – коефіцієнт, который зависит от вида обрабатываемого материала; $K_1 = 0,8$ [8, ст. 819, карта 4];

K_2 – коефіцієнт, который зависит от скорости резания; $K_2 = 0,9$ [8, ст. 819, карта 4];

При глубине резания резца $t_1 = 2$ мм, подаче $S=0,25$ мм/об, $P_{z\text{табл.}} = 140 \text{ кГ} = 1400 \text{ Н}$

$$P_z = 140 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 100,8 \text{ кГ} = 1008 \text{ Н} = 1 \text{ кН}$$

Розраховуємо потужність різання N для інструмента, кВт

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{6120} \quad (1.67)$$

$$N_{рез} = \frac{100,8 \cdot 140,6}{6120} = 2,31 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 2,31 \text{ кВт} < N_{станка} = 5 \text{ кВт.}$$

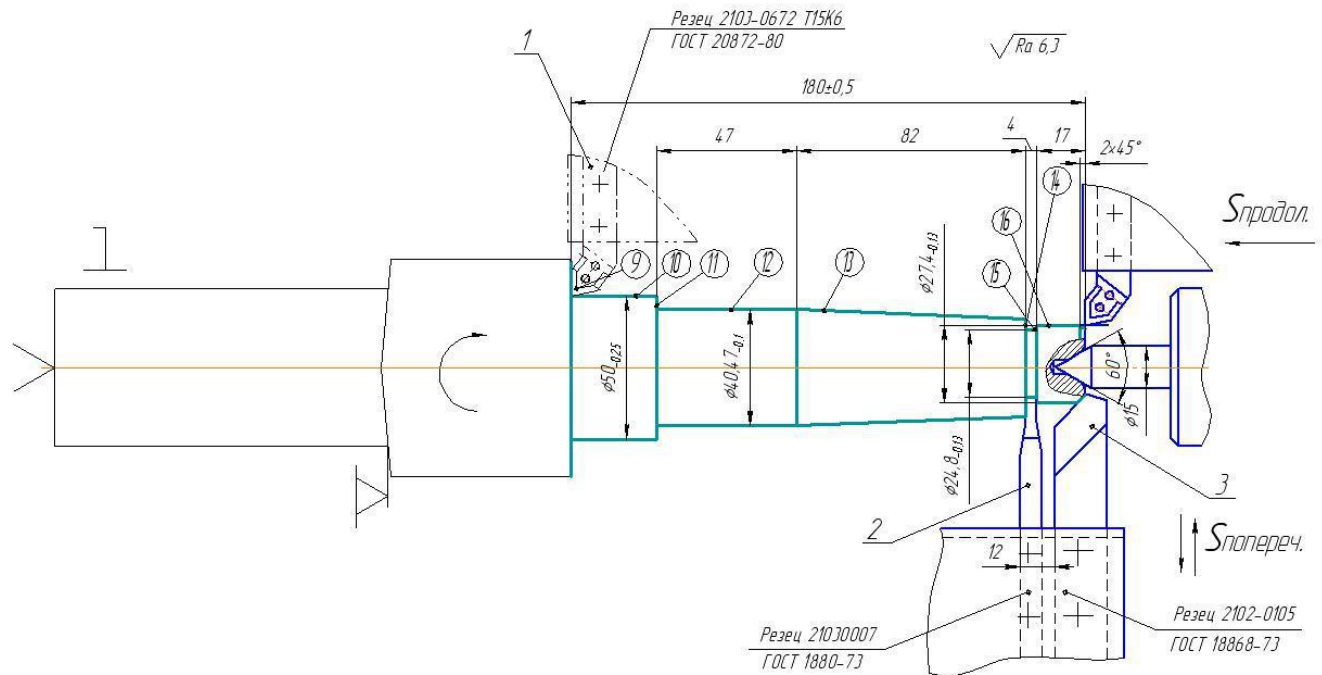


Рисунок 1.10 – Операційний ескіз токарної операції (2-й перехід - п/чистове точіння).

Подовжній супорт (рис.1.10; п/чистове точіння):

Глибина різання при п/чистовому точінні рівна:

$$t_1 = (51,9 - 50) / 2 \approx 1 \text{ мм};$$

Визначаємо подачу супорта:

Для п/чистової обробки: $S_T = 0,2 \text{ мм/об}$ - табличне значення подачі [8, ст. 813, карта 1] $S^{np} = 0,2 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,16 \text{ мм/об}$. Приймаємо $S = 0,15 \text{ мм/об}$.

Знаходимо необхідні коефіцієнти для обчислення швидкості різання:

K_1 - коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваного матеріалу;

$K_1 = 0,95$ [8, ст. 817, карта 3];

K_2 - коефіцієнт, який залежить від стійкості і марки твердого сплаву;

$K_2 = 1,25$ [8, ст. 818, карта 3];

K_3 - коефіцієнт, який залежить від виду обробки; $K_3=1,05$ [8, ст. 818, карта 3];

Розрахунок швидкості ведемо по поздовжній обробці, оскільки при ній важчі умови різання. При глибині різання різця $t_1 = 1$ мм, подачі $S=0,15$ мм/об, $V_{\text{табл}} = 140$ м/хв [8, ст. 816, карта 3]

Швидкість різання визначаємо по формулі (1.64):

$$V_p = 140 \cdot 0,95 \cdot 1,25 \cdot 1,05 = 174,5 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо розрахункову частоту обертання шпинделя по формулі (1.52):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 174,5}{3,14 \cdot 51,9} \approx 1030 \text{ об/хв.}$$

де: $D_{\text{заг}} = 51,9$ мм, $V_p = 174,5$ м/хв

Призначаємо число оборотів шпинделя по паспорту верстата $n=1000$ про/мін, тоді фактична швидкість різання при чорновому точінні буде рівна:

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 51,9 \cdot 1000}{1000} \approx 163 \text{ м/хв.}$$

Поперечний суппорт:

Т.я. час роботи поперечного супорта значно менший, ніж поздовжнього, а супорти працюють одночасно, приймаємо подачу поперечного супорта рівної $S=0,105$ мм/об.

Визначаємо довжину ходу поперечного супорта. Відповідно до карти наладки цієї позиції інструмент №2 має довжину різання, яка дорівнюватиме ширині різця: $L_{\text{рез}} = 4$ мм

$$L_{p.x} = L_{\text{рез}} + l = 4 + 5 = 9 \text{ мм}$$

$$t_2 = 34 - 24,8 = 9,2/2 = 4,6 \text{ мм, } t_3 = 2 \text{ мм.}$$

Сумарна глибина різання по операції:

$$t_\Sigma = t_1 + t_2 + t_3 = 1 + 4,6 + 2 = 7,6 \text{ мм}$$

Розраховуємо основний (машинний) час обробки для поперечного супорта по формулі (1.55):

$$t_o = \frac{9}{0,105 \cdot 1000} = 0,08 \text{ хв}$$

Розраховуємо основний (машинний) час обробки для продольного супорта по формулі (1.55):

$$t_o = \frac{185}{0,15 \cdot 1000} = 1,23 \text{ хв}$$

Оскільки час обробки для поперечного супорта значно менший, ніж для подовжнього супорта, то його не враховуємо.

Основний час на виконання операції:

$$T_{\Sigma} = 0,93 + 1,23 = 2,16 \text{ хв.}$$

Виконуємо перевірочний розрахунок по потужності різання, використовуючи формулу (1.66).

Визначаємо по нормативах силу різання P_z , кг (Н):

при глибині різання різця $t_1 = 1 \text{ мм}$, подачі $S = 0,15 \text{ мм/об}$, $P_{\text{зтабл}} = 50 \text{ кг} = 500 \text{ Н}$.

Знаходимо коефіцієнти, необхідні для обчислення сили різання:

K_1 - коефіцієнт, який залежить від виду оброблюваного матеріалу;

$K_1 = 0,8$ [8, ст. 819, карта 4];

K_2 - коефіцієнт, який залежить від швидкості різання; $K_2 = 0,9$ [8, ст.

819, карта 4].

$$P_z = 50 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 36 \text{ кг} = 360 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання N для інструменту, кВт по формулі (1.67):

$$N_{\text{рез}} = \frac{36 \cdot 163}{6120} = 0,95 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{рез}} = 0,95 \text{ кВт} < N_{\text{станка}} = 5 \text{ кВт.}$$

Технічне нормування.

Визначаємо допоміжний час на токарному багаторізцевому копіювальному напівавтоматі по формулі (1.56):

$$T_{\text{всп}} = 0,39 + 0,19 + 0,18 = 0,76 \text{ хв}$$

де: $T_y = 0,39 \text{ хв}$ - час на установку і зняття заготівлі при роботі в центрах; $T_{\text{упр}} = 0,19 \text{ хв}$ - час на управління верстатом;

$T_{\text{контр}}=0,054$ хв - час на контроль оброблених поверхонь скобою і шаблоном, цей час не входить в розрахунок, оскільки перекривається з основним;

$T_{\text{уск.пер}}=0,18$ хв - час прискорених переходів.

Оперативний час визначаємо по формулі (1.59):

$$T_{on} = 2,16 + 0,76 = 2,92 \text{ хв.}$$

Додатковий час по формулі (1.60):

$$T_{\text{приб}} = (0,01 + 0,015 + 0,04) \cdot 2,92 = 0,19 \text{ хв}$$

α_{tex} - доля від оперативного часу на тих обслуговування, $\alpha_{\text{tex}}=0,01$;

$\alpha_{\text{орг}}$ - доля від оперативного часу на перерву, відпочинок і природні потреби, $\alpha_{\text{орг}} = 0,015$;

$\alpha_{\text{отд.}}$ - доля від оперативного часу на обслуговування робочого місця, $\alpha_{\text{отд.}} = 0,04$.

Штучний час визначаємо по формулі (1.61):

$$T_{\text{шт}} = 2,16 + 0,76 + 0,19 = 3,11 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час на партію заготівель:

$$T_{n-3} = 6 + 3 + 2 \cdot 4 = 17 \text{ хв}$$

Включає час на наладку верстата, отримання інструменту, закріплення різального інструменту.

Штучно-калькуляційний час на виконання цієї операції визначаємо по формулі (1.62):

$$T_{\text{шт-к}} = 3,11 + 17 / 480 \approx 3,145 \text{ хв.}$$

1.8.3 Операція № 025 – зубофрезерна

Початкові дані:

Деталь - зубчасте колесо: $m=3$, $z=21$, $\alpha=20$, $\beta=20^\circ$, $x=0$, точність 7-Ва.

Матеріал: сталь 40Х

Товщина зуба по постійній хорді $S_c = 4,71 \cdot m^{0,07} = 0,12$

Допуск - задані допуски на геометричні розміри, радіальне биття зубчастого вінця - 30мкм.

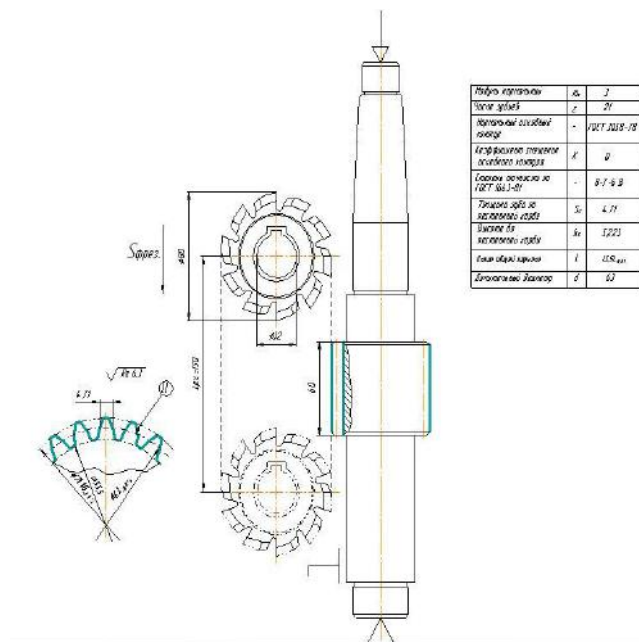


Рисунок 1.11 – Операційний ескіз зубофрезерної операції.

МОП бічної, робочої евольвентої поверхні зубів:

1. Фрезерування зубів чорнове;
2. Фрезерування зубів чистове;
3. Т/О - цементация, загартування, відпустка;
4. Зубошліфування.

Глибина по переходах МОП складе:

зубошліфування $t = 0,35 \text{ мм}$

зубофрезерування чистове $t = 1,2 \text{ мм}$

зубофрезерування чорнове $t = 6 \text{ мм}$ Основні параметри зубчастого зачеплення.

Розрахунок ділильного діаметру:

$$d = m \cdot z \quad (1.68)$$

$$d = 3 \cdot 21 = 63 \text{ мм}$$

Діаметр вершин:

$$d_a = d + 2m \quad (1.69)$$

$$d_a = 63 + 2 \cdot 3 = 69 \text{ мм}$$

Допуск на радіальне биття: $F_r = 30 \text{ мкм}$

Допуск на зміщення початкового контура: $T_n = 120$ мм

Допуск на радіальне биття поверхонь вершин зубів:

$$F_{d0} = 0,25t_n \quad (1.70)$$

$$F_{d0} = 0,25 \cdot 120 = 30 \text{ мкм}$$

Допуск діаметру вершин зубів:

$$T_{da} = 0,5t_n \quad (1.71)$$

$$T_{da} = 0,5 \cdot 120 = 60 \text{ мкм}$$

Розрахунок биття базового торця:

$$F_T = 0,016 \cdot d + 10 \quad (1.72)$$

$$F_T = 0,016 \cdot 69 + 10 = 11,1 \text{ мкм}$$

Приймаємо $F_T = 12$ мкм

Призначаємо допуск на розмір маточини: $b = 60_{-0,25}$

Призначаємо шорсткість для робочий евольвентной поверхня зуб

$R_a = 1,6$, для інших вільних поверхонь $R_a = 6,3$.

Розрахунок розмірів зуба по постійній хорді. Товщину зуба визначаємо по наступній формулі:

$$S_c = m \frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha \quad (1.73)$$

$$S_c = 3 \cdot \frac{3,14}{2} \cos^2 20 = 4,71 \text{ мм}$$

Висота до постійної хорди:

$$h_c = \left(1 - \frac{\frac{\pi}{2} \cdot \sin^2 \alpha}{2} \right) m \quad (1.74)$$

$$h_c = \left(1 - \frac{3,14}{2} \cdot \sin^2 20 \right) \cdot 3 = 5,223 \text{ мм}$$

Призначаємо табличні найменші відхилення товщини зуба по постійній хорді: $E_{sSc} \text{ таблиці} = 70$ мкм

Допуск на товщину зуба: $T_{Sc} \text{ таблиці} = 80$ мкм

Допуск на товщину зуба: $T_{Sc} = 0,6t_{Sc} \text{ таблиць} = 0,6 \cdot 80 = 48$ мкм

- найменше верхнє граничне відхилення:

$$E_{sSc} = E_{sSc} \text{ таблиця} + 0,09t_{\text{табл}} = - (70 + 0,09 \cdot 80) = -77,2 \text{ мкм}$$

- найбільше нижнє граничне відхилення:

$$E_{iSc} = E_{sSc} + T_{Sc} = - (77+48) = -125\text{мкм}$$

Тоді виконавчий розмір товщини зуба є рівний: $Sc = 4,71 \begin{smallmatrix} -0,07 \\ -0,12 \end{smallmatrix}$

Остаточно перевірів і уточнив параметр зубчастий колесо по робочий креслення, провів аналіз початковий дані, виконав ескіз зубчастий колесо (рис.1.11), проставляє уточнений виконавчий розмір і биття, заповнює таблиця параметр зубчастий колесо.

Встановлюємо основні характеристики верстата. Вибір зубообробляемого верстата визначається розмірами зубчастого колеса, мірою його точності і типом виробництва.

Вибираємо зубофрезерный верстат моделі 6540, на якому і виконуватиметься зубофрезерная операція.

Основні характеристики верстата :

- найбільший розмір заготівлі : Ø150мм;
- ширина вінця 180мм;
- частота обертання шпинделя фрези : 80-250 об/хв ($n = 80, 100, 123, 156, 196, 250$ об/хв);
- подача мм/об:
вертикальна: 0,63.5 ($S_0 = 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,85; 2,3; 2,85; 3,5; 4,25; 5,0$ мм/об);
радіальна : 0,14.0,84 ($S_0 = 0,14; 0,22; 0,36; 0,42; 0,50; 0,58; 0,64; 0,72; 0,78; 0,84$ мм/об);
- потужність електродвигуна : 7,5кВт;
- клас точності - підвищений;
- група жорсткості - 2;
- необхідний клас точності - 32.

Вибір різального інструменту і встановлення його основних характеристик : оскільки виробництво великосерійне, а зубофрезерование виконуємо під подальше зубошлифование, то з метою підвищення продуктивності обробки, вибираємо дискову фрезу з модулем $m = 2,5\text{мм}$ з модифікованим профілем другого типу, діаметр фрези - Ø80мм, $d_{\text{опр}} = 32\text{мм}$, $z=10$, $\omega = 2^\circ 36'$, забезпечувана точність 6, матеріал Р9К5 (ГОСТ 19265-73), твердість зубців HRC 40...45.

СОЖ: емульсія 10.20% емульсола.

Пристосування: для крупносерійного виробництва вибираємо спеціальне пристосування з оправкою і пневмоприводом механізму закріплення заготівлі.

Засіб контролю : зубомер - контроль товщини зуба по постійній хорді, а також пристосування для контролю биття.

Призначення режимів різання.

Фрезерування робиться в два проходи: чорнове і чистове із забезпеченням припуску під подальшу обробку зубів - шліфування.

Режими різання: подачу, швидкість і потужність вибираємо табличним методом. $S_{\text{табл.}} = 3 \text{ мм/об}$ - по таблиці для верстата групи точності 2 і $m=3\text{мм}$ [8, с. 519, карта 3]

Знаходимо розрахункове значення подачі по формулі (1.50) :

$$S_p = 3 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,7 = 1,47 \text{ мм/об.}$$

$$K_{s1} = 0,7 \text{ [8, с. 520 карта 3, лист 2];}$$

$$K_{s2} = 1 \text{ [8, с. 520 карта 3, лист 2];}$$

$$K_{s3} = 0,7 \text{ [8, с. 520 карта 3, лист 2];}$$

Уточнюємо подачу по паспорту верстата, приймаємо $S = 1,25\text{мм/об}$.

Швидкість різання обчислюємо за формулою (1.51).

$$V_{\text{табл.}} = 50\text{м/мін [8, с. 522, карта 5]}$$

Необхідні коефіцієнти вибираємо по карті 5 [8, с. 523].

$$K_{V1} = 0,7;$$

$$K_{V3} = 1;$$

$$K_{V5 \text{ черн.}} = 1;$$

$$K_{V2} = 0,9;$$

$$K_{V4} = 0,75;$$

$$K_{V5 \text{ чист.}} = 1,4.$$

$$V_{\text{черн.}} = 50 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 23,62\text{м/хв.}$$

$$V_{\text{чист.}} = 50 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,4 = 33,07\text{м/хв.}$$

Частоту обертання визначаємо по формулі (1.52):

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 23,62}{3,14 \cdot 80} = 75,25\text{об / хв}$$

приймаємо по паспорту верстата $n_{\text{ст черн}} = 80\text{об / мин}$,

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 33,07}{3,14 \cdot 80} = 105,31\text{об / мм}$$

приймаємо по паспорту верстата: $n_{\text{ст чист}} = 100\text{об / мин}$

Дійсну швидкість різання визначаємо по формулі (1.65) :

$$V_{\text{черн}} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 80}{1000} = 25,12 \text{ м / хв}$$

$$V_{\text{чист}} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 31,4 \text{ м / хв}$$

Потужність різання:

$$N_{\text{расч.}} = N_T \cdot K_{N1} \cdot K_{N2} \cdot K_{N3} \cdot K_{N4} \quad (1.75)$$

$$N_{\text{расч.}} = 1,3 \cdot 0,7 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,22 \text{ кВт}$$

$$N_T = 1,3 \text{ кВт [8, с. 522, карта 5].}$$

$$K_{N1} = 0,7;$$

$$K_{N2} = 0,9;$$

$$K_{N3} = 1;$$

$$K_{N4} = 1,5; \eta = 0,4. \text{ коефіцієнти вибрано по [8, с. 523, карта 5].}$$

Потужність верстата визначаємо за формулою (1.71):

$$N = \frac{1,22}{0,4} = 3,05 \text{ кВт}$$

Визначаємо основний час:

$$t_0 = \frac{(b + l_c + l_n)Z}{n \cdot S \cdot k} \quad (1.76)$$

де: $b = 60 \text{ мм};$

$$l_c = \sqrt{t(D_\phi - t)} \quad (1.77)$$

$$l_c = \sqrt{8 \cdot (80 - 8)} = 27 \text{ мм}$$

$$l_n = 3\text{м} + \text{tg}(\beta - \omega) + 4 \quad (1.78)$$

$$l_n = 3 \cdot 3 + \text{tg}(20 - 2,5) + 4 = 13 \text{ мм}$$

Час фрезерування складає:

- чернового:

$$t_{\text{черн}}^0 = \frac{(60 + 27 + 13)21}{80 \cdot 1,25 \cdot 2} = 10,5 \text{ хв}$$

- чистового:

$$t_{\text{чист}}^0 = \frac{(60 + 27 + 13)21}{100 \cdot 1,25 \cdot 2} = 8,4 \text{ хв}$$

Технічне нормування.

Визначаємо допоміжний час на зубофрезерном верстаті по формулі (1.56):

$$t_{всп.} = 1,26 + 0,1 + 0,7 + 2 = 4,06 \text{ хв},$$

де: $t_{уст} = 1,26$ хв - час на установку і зняття заготовлі;

$t_{уск.пер.} = 0,1$ хв - час прискорених переходів; $t_{упр} = 0,7$ хв - час на управління верстатом;

$t_{контр} = 2$ хв - час на контроль оброблених поверхонь;

У $t_{всп}$ включаємо і машинно-автоматичний час роботи верстата.

Оперативний час визначаємо по формулі (1.59) :

$$t_{оп} = 18,9 + 4,06 = 22,96 \text{ хв.}$$

Додатковий час визначаємо по формулі (1.60) :

$$t_{приб} = (18,9 + 4,06) \cdot 0,06 = 1,37 \text{ хв.}$$

Штучний час визначаємо по формулі (1.61) :

$$t_{шт} = 18,9 + 4,06 + 1,37 = 24,33 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$$t_{п-з} = 15 + 3 + 2 = 20 \text{ мін}$$

Включає час на наладку верстата, отримання інструменту, закріплення різального інструменту.

Штучно-калькуляційний час визначаємо по формулі (1.62) :

$$t_{шт-к} = 24,33 + 20/480 = 24,37 \text{ хв.}$$

1.8.4 Операція № 030 фрезерування шпоночного паза

Початкові дані:

Деталь - вал-шестерня;

Матеріал - сталь 40Х;

Заготівля - подготовленный до фрезерування вал, НВ 167.207;

Верстат - консольний вертикально-фрезерний мод. 6Р10;

Технічні характеристики верстата :

- найбільше переміщення столу - подовжнє 500мм - поперечне 160мм - вертикальне 300мм
- переміщення гільзи з шпинделем 60 мм
- частоти обертання шпинделя фрези : 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2240 об/хв;
- подача - подовжня і поперечна 25-1120 мм/хв - вертикальна 12,5-560 мм/об
- число подач столу 12
- потужність 3кВт
- група жорсткості верстата середня
- СОЖ - емульсія;

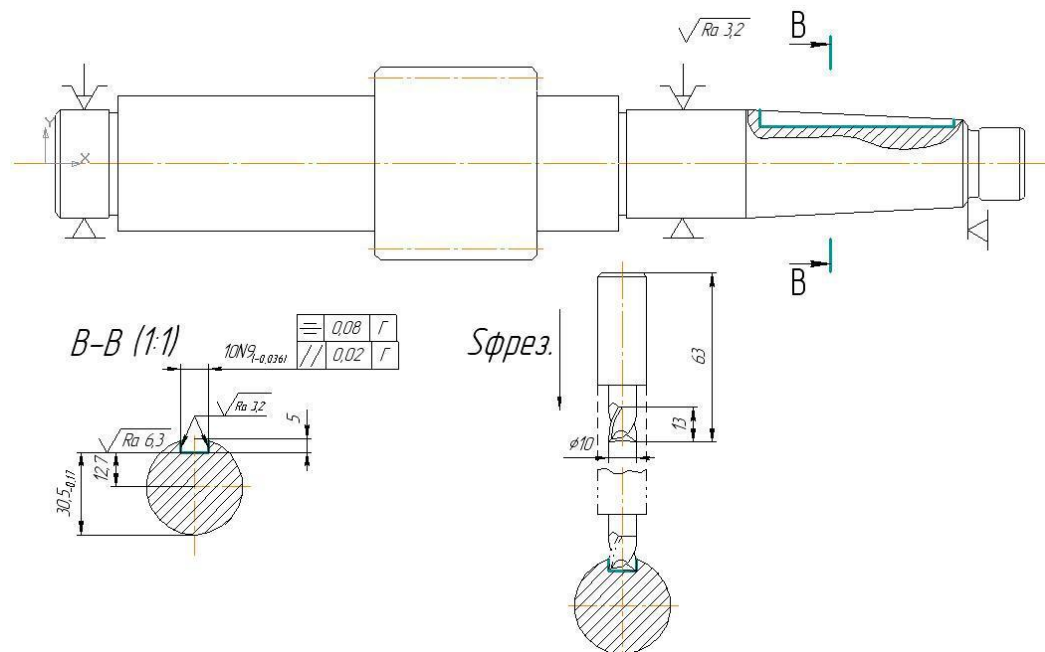


Рисунок 1.12 – Операційний ескіз фрезерної для шпони операції.

Інструмент: фреза шпоночна по ГОСТ 9140-78, D=10 мм, L=63 мм, l=13 мм, матеріал Р6М5.

Вибір подачі: $S_z=0,06$ мм/зуб [6, с.283, таблиця.

35] Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v \quad (1.79)$$

де C_v - таблична швидкість різання, 66 [8, с. 371, карта 35];

м/хв D - діаметр фрези, 10 мм;

T - стійкість інструменту, 90 хв;

t - припуск (глибина), t=5 мм;

S_Z - подання на зуб, S_Z= 0,06 мм/зуб;

B - ширина шару, що знімається, 10 мм;

Z - число зубів фрези, Z=4;

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{UV} \quad (1.80)$$

де K_{MV} - коефіцієнт враховує властивості матеріалу, K_{MV}

=0,95; K_{ПV} - коефіцієнт враховує якість поверхні, K_{ПV} =1;

K_{UV} - коефіцієнт що враховує матеріал інструменту, K_{UV}=1; [6, с.261,табл. 1–6]

$$K_V = 0,95 \cdot 1 \cdot 1 = 0,95$$

q=0,25, x=0,3, y=0,2, u=0,1, p=0,1, m=0,2; [6, с.286, табл39]

$$V = \frac{66 \cdot 10^{0,25}}{90^{0,2} \cdot 5^{0,3} \cdot 0,06^{0,2} \cdot 10^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,95 \approx 40 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання фрези.

$$n = \frac{1000}{-1,3,14} \cdot \frac{40}{10} = 1273,8 \text{ мин}$$

Уточнюємо частоту обертання фрези по паспорту верстата n=1250 об/хв Розраховуємо силу різання :

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^X \cdot S_Z^Y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP} \quad (1.81)$$

C_P=82,5; x=1,0; y=0,75; u=1,1; q=1,3; w=0,2; K_{MP}=1; [6, с.291,табл 41]

$$P_Z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 5^1 \cdot 0,06^{0,75} \cdot 10^{1,1} \cdot 4 \cdot 1}{10^{1,3} \cdot 1250^{0,2}} = 18 \text{ кЗ} = 180 \text{ Н}$$

Потужність різання визначаємо по формулі (1.66) :

$$N_{PEZ} = \frac{18 \cdot 10}{6120} = 0,03 \text{ кВт}$$

Потужність на шпинделі станка:

$$N_{CT} = N_D \cdot \eta \quad (1.82)$$

де N_{CT} - потужність верстата;

N_Д - потужність двигуна верстата, N_Д=3 кВт;

η - коефіцієнт корисної дії верстата, η=0,75;

$$N_{CT} = 3 \cdot 0,75 = 2,25 \text{ кВт},$$

тобто вибраний верстат задовольняє вимогам.

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{l_1 + l}{s_M} \quad (1.83)$$

s_M - вертикальна подача;

$$s_M = s_Z \cdot n \cdot Z \quad (1.84)$$

$$s_M = 0,06 \cdot 1250 \cdot 4 = 300 \text{ мм/хв}$$

$$T_o = \frac{5 + 72}{300} = 0,25 \text{ мин}$$

Технічне нормування.

Визначаємо допоміжний час на вертикально фрезерному верстаті:

$$T_{\text{в}} = T_y + T_{\text{упр}} \quad (1.85)$$

де $T_y=0,34$ хв - час на установку і зняття заготівлі;

$T_{\text{упр}}=0,06$ хв - час на управління верстатом;

$$T_{\text{в}} = 0,34 + 0,06 = 0,4 \text{ хв}$$

Оперативний час по формулі (1.59) : $T_{on} = 0,25 + 0,4 = 0,65$ хв

Додатковий час по формулі (1.60) : $T_{\text{приб}} = (0,025 + 0,04 + 0,01) \cdot 0,65 \approx 0,05$ хв

α_{tex} - доля від оперативного часу на тех. обслуговування $\alpha_{\text{tex}} = 0,025$;

$\alpha_{\text{орг}}$ - доля від оперативного часу на перерву, відпочинок і природні потреби $\alpha_{\text{орг}} = 0,04$;

$\alpha_{\text{отд.}}$ - доля від оперативного часу на обслуговування робочого місця
 $\alpha_{\text{отд.}} = 0,01$.

Штучний час визначаємо по формулі (1.61) :

$$T_{\text{шт}} = 0,65 + 0,05 = 0,7 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час на партію заготівель :

$$T_{\text{п-з}} = 12 + 2 + 7 = 21 \text{ хв}$$

Включає час на наладку верстата, отримання інструменту, закріплення різального інструменту.

Штучно-калькуляційний час визначаємо по формулі (1.62) :

$$T_{\text{шт-к}} = 0,7 + 21/480 = 0,74 \text{ хв}$$

Таблица 1.9 – Звідна таблиця режимів різання

№ оп.	Найменування операції, зміст переходу	Режими різання									
		Інструмент	D(L), мм	L(B), мм	t, мм	S, мм/об	Vф, м/мин	п, об/мин	i	t ₀ , мин	t _Σ , мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
010	Фрезерно-центровальная: 1. Фрезеровать торцы 1, 17. 2. Центровать отверстия 23, 24	1. Фреза торцевая из тв.сп. ВК8 ГОСТ 24359-80.	56	358	3,5	0,5	152,6	1080	1	0,28	0,49
		2. Сверло центровочное из ст. P18 D=6,3мм, ГОСТ 14952-75	6,3	9,2	3,15	0,06	21,36	1080		0,21	
015	Токарная (черновая): 1. Точить пов. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16.	1. Резец проходной упорный из тв.сп. T15K6 ГОСТ 18870-73.	56	180	2	0,25	140,6	800	2	0,93	0,93
015	Токарная (п/чистовая): 1. Точить пов. 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.	1. Резец проходной упорный из тв.сп. T15K6 ГОСТ 18870-73.	51,9	180	1	0,15	163	1000	1	1,23	1,23
		2. Резец канавочный T15K6 ГОСТ 18062-72.	27,4	4	2,6	0,105	163	1000		0,08	
		3. Резец проходной прямой φ=45°, P18	27,4	2	2	0,105	163	1000		0,08	

		ГОСТ 18869-73.										
025	Зубофрезерная операция: 1. Фрезеровать пов. 22 черновое фрезерование: (чистовое фрезерование)	1. Дисковая фреза, m=2,5; ø80мм; P9K5, ГОСТ 19265-73.	71,18	60	6	1,25	25,12	80	1	10,5	10,5 (18, 9)	
030	Шпоночно-фрезерная операция: 1. Фрезеровать пов. 21.	1. Шпоночная фреза ø10мм, P6M5 ГОСТ 9140-78.	72	10	5	0,06	40	1250	1	0,25	0,25	

Таблица 1.10 - Результаты технологического нормирования операций механической обработки детали вал-шестерня

№ оп.	Наименование операции							
		Модель станка	t _о , мин	t _в , мин	t _{оп} , мин	t _{шт} , мин	t _{п-з} , мин	t _{шт-к.} , мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
010	Фрезерно-центровальная	Фрезерно–центровальный п/а мод. МР-71М	0,49	2,34	2,83	3,27	26	3,33
015	Токарные (черновая и п/чистовая)	Токарный многорезцовый ко-пировальный п/а мод. 1Н713	2,16	0,76	2,92	3,11	17	3,14
025	Зубофрезерная	Зубофрезерный станок мод. 6540	18,9 (20,9)	4,06 (2,06)	22,96	24,33	20	24,37
030	Шпоночно-фрезерная	Вертикально-фрезерный консольный станок мод. 6Р10	0,25	0,4	0,65	0,7	21	0,74

1.9 Проектування наладки на токарну операцію

Наладку на токарний багаторізцевий гідрокопіювальний п/а мод. 1Н713 робимо в такій послідовності:

1. Виконуємо операційний ескіз токарної операції № 015.
2. Конструктивно показуємо елементи кріплення і базування заготівлі.
3. Вказуємо напрям і переміщення (для заготівлі напрям обертання, для супортів і інструменту - переміщення).
4. Показуємо різальний інструмент на початку і у кінці робочого ходу, заздалегідь виділивши оброблювані поверхні.
5. Зображуємо кріплення інструментів і елементів супорта.
6. Показуємо циклограму переміщення копира на гідрокопіювальному верстаті.
7. Вказуємо на схемі настроювальний розмір (для подовжнього супорта - діаметр).

При проектуванні наладки необхідно прагнути до одночасної роботи інструментів установлених на подовжньому і поперечному супортах - це компенсуватиме пружні відтискання інструменту і усієї системи СПД і скоротить час обробки. Многоступінчасті деталі починають обробляти з менших діаметрів, потім канавки, фаски. Намагаються максимально використати потужність верстата і застосовувати по декілька інструментів і в подовжньому і в поперечному супортах. Обмеженнями в цьому випадку можуть бути розміри деталі і державок інструментів, а також потужність самого верстата. Проте наявність великої кількості інструментів має і негативну сторону. При великій кількості інструментів сильно зростає зусилля різання; недостатня жорсткість деталей верстата системи СПД не дає можливості працювати інструментам внаслідок великих коливань або відтискань; через складність наладок і збільшення числа підналадок збільшується час простою верстата і зводиться нанівець ефект від скорочення основного часу обробки. Копіри гідрокопіювальних верстатів розраховують починаючи з мінімального діаметру і далі закладаються перепади діаметрів. Операційні ескізи наладки на токарний багаторізцевий гідрокіруювальний п/а мод. 1Н713 представлені на рисунках 1.13 і 1.14.

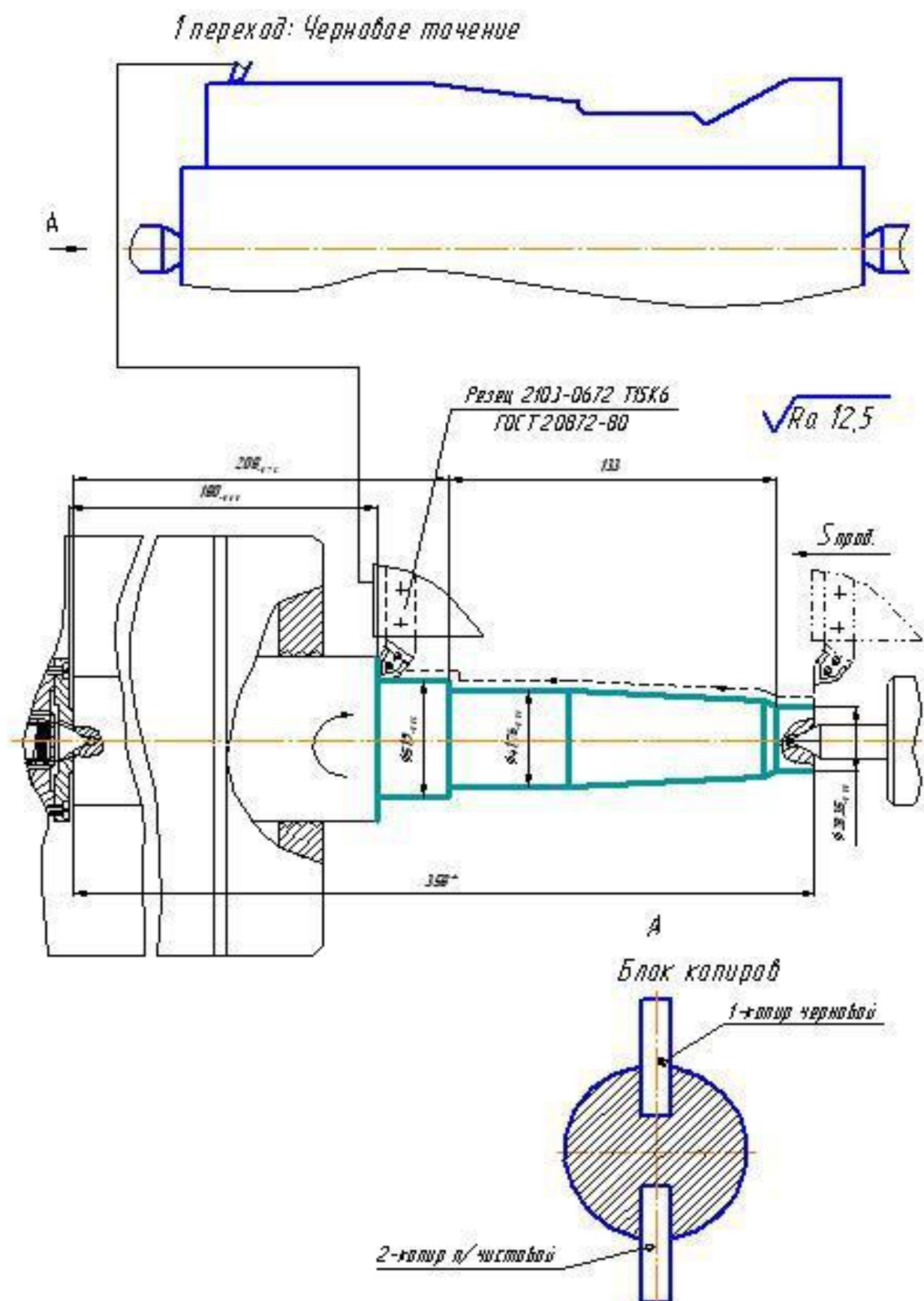


Рисунок 1.13 – Оперативный эскиз наладки токарной операции № 015 (1-й проход - черновое точение).

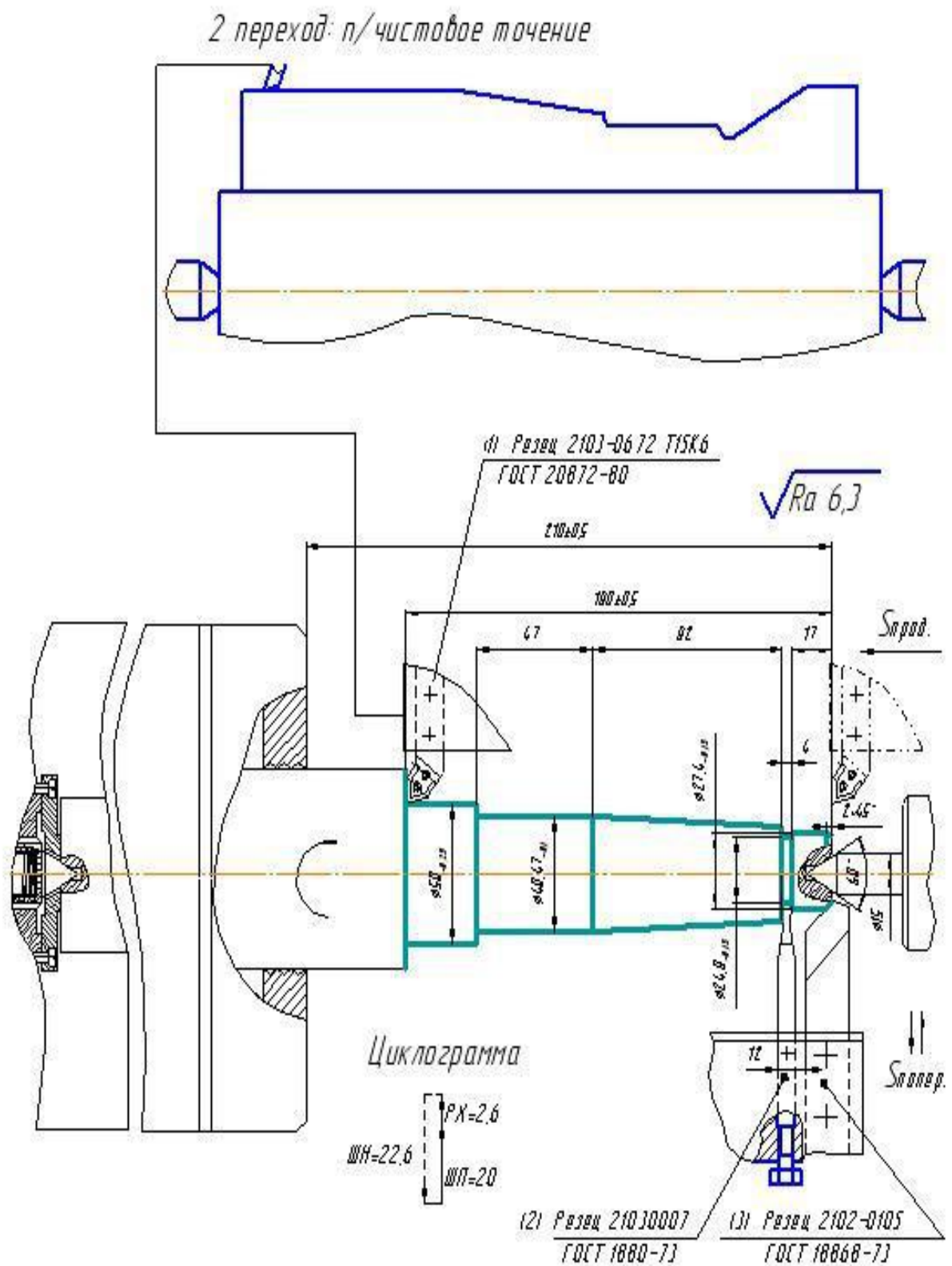


Рисунок 1.14 – Операційний ескіз наладки токарної операції № 015 (2-й прохід - п/чистове точіння).

1.10 Розрахунок необхідної кількості устаткування і проектування ділянки

Розраховуємо річну станкоекмкість по кожній операції ТП для кожної деталі

$$T = \sum t_{um} \cdot N \quad (1.86)$$

Результати заносимо в таблицю 1.11.

Таблиця 1.11 - Початкові дані для проектування технологічної ділянки

№ оп.	Найменування операції	Модель станка	Основний час, хв	Штучно-калькуляційний час, хв	Годова станкоекмність, $t_{um} \cdot N$
010	Фрезерно-центровальная	МР-71М	0,49	3,33	133200
015	Токарная	1Н713	2,16	3,14	125600
020	Токарная	1Н713	2,3	3,97	158800
025	Зубофрезерная	6540	20,9	24,37	974800
030	Шпоночно-фрезерная	6Р10	0,25	0,74	29600
035	Слесарная	Верстак	—	—	—
040	Моечная	ММ	—	—	—
045	Контрольная	КС	—	—	—
050	Термическая	ТВЧ	—	—	—
055	Резьбонарезная	5Д63	1,12	2,19	87600
060	Шлифовальная	3М150	3,2	4,86	194400
065	Шлифовальная	3М150	3,6	5,37	214800
070	Зубошлифовальная	5М841	5,83	8,6	344000
075	Моечная	ММ	—	—	—
080	Контрольная	КС	—	—	—

Розраховуємо кількість верстатів по формулі:

$$Sp = \frac{\sum t_{um} \cdot N}{F \cdot g \cdot m \cdot 60} \quad (1.87)$$

$$\begin{aligned}
&= 3,33 \cdot 40000 = \\
Sp_1 &\frac{4015 \cdot 60}{240900} \quad 0,55 \\
&= 3,14 \cdot 40000 = \\
Sp_2 &\frac{240900}{240900} \quad 0,52 \\
&= 3,97 \cdot 40000 = \\
Sp_3 &\frac{240900}{240900} \quad 0,65 \\
&= 24,37 \cdot 40000 = \\
Sp_4 &\frac{240900}{240900} \quad 3,98 \\
&= 0,74 \cdot 40000 = \\
Sp_5 &\frac{240900}{240900} \quad 0,12 \\
&= 2,19 \cdot 40000 = \\
Sp_6 &\frac{240900}{240900} \quad 0,36 \\
&= 4,86 \cdot 40000 = \\
Sp_7 &\frac{240900}{240900} \quad 0,8 \\
&= 5,37 \cdot 40000 = \\
Sp_8 &\frac{240900}{240900} \quad 0,89 \\
&= 8,6 \cdot 40000 = \\
Sp_9 &\frac{240900}{240900} \quad 1,42
\end{aligned}$$

Тоді, $S_{п1}=1$, $S_{п2}=1$, $S_{п3}=1$, $S_{п4}=4$, $S_{п5}=1$, $S_{п6}=1$, $S_{п7}=1$, $S_{п8}=1$, $S_{п9}=2$. Правильний вибір технологічного устаткування визначає його раціональне використання. Цей чинник повинен враховуватися так, щоб виключити простої, тобто необхідно вибирати верстати по продуктивності. З цією метою розраховують коефіцієнт завантаження за часом кожного верстата окремо і усіх разом.

Розраховуємо коефіцієнти завантаження устаткування :

$$K_{загр.об} = \frac{Sp}{Sn} \quad (1.88)$$

$$K_{загр.об1} = \frac{Sp_1}{Sn_1} = \frac{0,55}{1} = 0,55$$

$$K_{загр.об2} = \frac{Sp_2}{Sn_2} = \frac{0,52}{1} = 0,52$$

$$K_{загр.об3} = \frac{Sp_3}{Sn_3} = \frac{0,65}{1} = 0,65$$

$$K_{загр.об4} = \frac{Sp_4}{Sn_4} = \frac{3,98}{4} = 0,995$$

$$K_{загр.об5} = \frac{Sp_5}{Sn_5} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

$$K_{\text{загр.об } 6} = \frac{Sp_6}{Sn_6} = \frac{0,36}{1} = 0,36$$

$$K_{\text{загр.об } 7} = \frac{Sp_7}{Sn_7} = \frac{0,8}{1} = 0,8$$

$$K_{\text{загр.об } 8} = \frac{Sp_8}{Sn_8} = \frac{0,89}{1} = 0,89$$

$$K_{\text{загр.об } 9} = \frac{Sp_9}{Sn_9} = \frac{1,42}{2} = 0,71$$

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження устаткування :

$$\overline{K_{\text{загр.об}}} = \frac{\sum Sp}{\sum Sn} \quad (1.89)$$

$$\overline{K_{\text{загр.об}}} = \frac{9,29}{13} = 0,71$$

Таким чином, з розрахунків видно, що деяке устаткування потрібне дозагрузать.

Коефіцієнт закріплення операцій розраховуємо по формулі:

$$K_{zo} = \frac{O}{M} \quad (1.90)$$

$$K_{zo} = \frac{13}{13} = 1$$

Оскільки $K_{zo}=1$ - остаточно приймаємо тип виробництва крупносерійне.

Результати заносимо в таблицю 1.12. По отриманим розрахунковим даним будуємо графік завантаження устаткування.

График загрузки оборудования

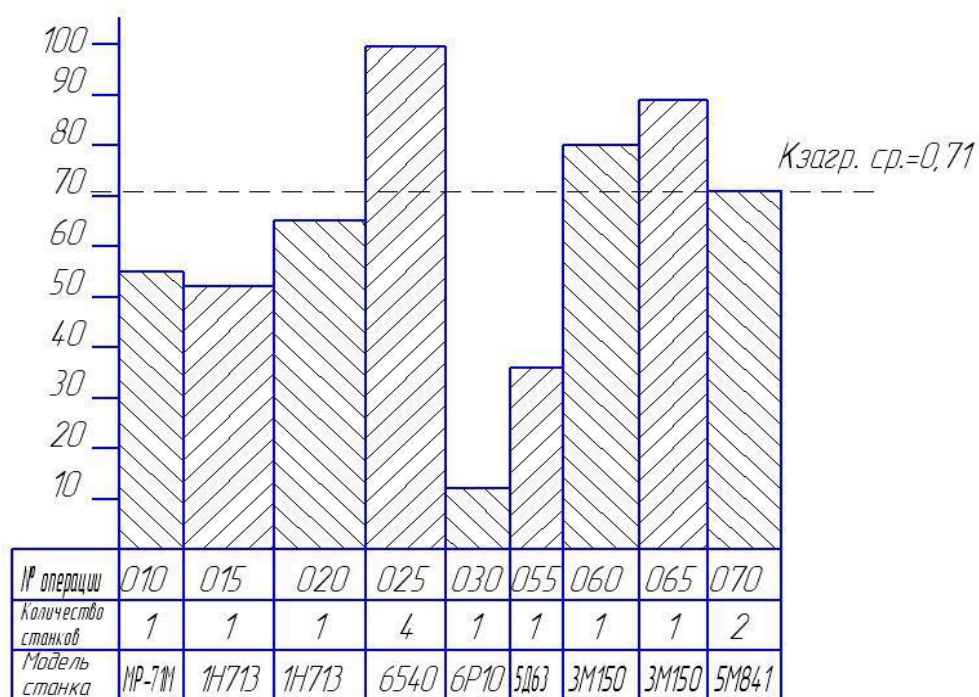


Рисунок 1.15 – Графік завантаження устаткування.

Таблица 1.12 – Результаты расчета.

Годовая прогр. вип., шт.	Номер операции														
	010	015	020	025	030	035	040	045	050	055	060	065	070	075	080
	Модель станка														
	MP-71M	1H713	1H713	6540	6P10	Верстак	ММ	Стол контр.	Установ. ТВЧ	5D63	3M150	3M150	5M841	ММ	Стол контр.
40000															
T _{шт-к}	3,3	3,1	3,9	24,37	0,74	—	—	—	—	2,19	4,86	5,37	8,6	—	—
Sp	0,55	0,52	0,65	9,8	1,2	—	—	—	—	0,36	0,8	0,89	1,42	—	—
Sp	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1
K _{3i}	0,55	0,52	0,65	0,995	0,12	—	—	—	—	0,36	0,8	0,89	0,71	—	—

Розрахунок чисельності основних робочих операторів.

Склад і число працюючих металообробної ділянки визначається характером виробничого процесу, рівнем кооперації і спеціалізації допоміжних служб в масштабах цеху або заводу, а також структурою і мірою системи автоматизації управління виробництвом.

До складу працюючих цехи входять:

- виробничі (основні), число яких визначається по трудомісткості або станкоемкості виконуваного об'єму робіт;
- допоміжні;
- ІТР;
- молодший обслуговуючий персонал;
- службовці.

Кількість основних робітників на операції розраховується по формулі:

$$R = \frac{T}{F_p \cdot K_m \cdot K_{вн}} \quad (1.91)$$

де T - трудомісткість виконання операції;

F_p - фонд робочого часу;

K_m - коефіцієнт багатоверстатного обслуговування;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норми.

$$R_{010} = \frac{133200}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 0,6$$

$$R_{010} = 1$$

$$R_{015} = \frac{125600}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 0,56$$

$$R_{015} = 1$$

$$R_{020} = \frac{158800}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 0,71$$

$$R_{020} = 1$$

$$R_{025} = \frac{974800}{1860 \cdot 60 \cdot 3} = 3,11$$

$$R_{025} = 4$$

$$R_{030} = \frac{29600}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 0,14$$

$$R_{030} = 1$$

$$R_{055} = \frac{87600}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 0,4$$

$$R_{055} = 1$$

$$R_{060} = \frac{194400}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 0,86$$

$$R_{060} = 1$$

$$R_{065} = \frac{214800}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 0,96$$

$$R_{065} = 1$$

$$R_{070} = \frac{344000}{1860 \cdot 60 \cdot 2} = 1,54$$

$$R_{070} = 2$$

Для верстатів автоматів робимо так само розрахунок на багатOVERстатне обслуговування. На 4 операції (операція № 025) 4 верстати, тому в цій зоні можливе багатOVERстатне обслуговування.

$$t_{оп\ max} \geq \sum t_{друч} + \sum t_{пер} \quad (1.92)$$

Змінний обсяг випуску:

$$q_{см} = \frac{f_{см}}{t_{шт-к}} \quad (1.93)$$

$$q_{см} = \frac{492}{24,37} \approx 20 шт / см$$

Кількість верстатів, що може обслужити один робітник, знаходимо по формулі:

$$m_s = \frac{t_{оп\ max}}{t_{обс} + t_{пер}} \quad (1.94)$$

де: $t_{обс} = 4,06$ хв - час на обслуговування верстата;

$t_{пер} = 0,15$ хв - час на перехід між верстатами;

$$m_s = \frac{20,9}{2,06 + 0,15} = 9,45$$

Це означає, що оператор може обслужити 4 верстати.

Число операторів в зоні обслуговування :

$$R_{\gamma} = \frac{S}{m_s} \quad (1.95)$$

$$R_{\gamma} = \frac{4}{9,45} = 0,42 \Rightarrow 1$$

На операції № 070 2 верстати, тому в цій зоні також можливо многостаночне обслуговування.

Знайдемо змінний обсяг випуску, використовуючи формулу (1.93) :

$$q_{см} = \frac{492}{8,6} = 57 шт / см$$

Кількість верстатів, що може обслужити один робітник, знаходимо після фор- мула (1.93):

$$m_s = \frac{5,83}{2,14 + 0,15} = 2,55$$

Це означає, що оператор може обслужити 2 верстати.

Число операторів в зоні обслуговування :

$$R_{\gamma} = \frac{2}{2,55} = 0,78 \Rightarrow 1$$

Враховуючи розрахункові дані, визначуваний загальний склад робітників остаточно:

Токарі - 3,

Фрезерувальники - 3,
 Шліфувальники - 3,
 Слюсар - 1,
 Мийник - 1,
 Контроллер - 1
 Планування технологічного устаткування і робочих місць.
 Визначення необхідної площі для технологічної лінії.

Таблиця 1.13 - Початкові дані для виконання планування потокової лінії.

Номер операції	п/п	Наименование ТО	Модель	Sn	Габарити
005	1	Место заготовок	МЗ	1	1500×1000
010	2	Фрезерно-центровальный п/а	Мр-71М	1	4300×1800
015	3	Токарный гидрокopировальный п/а	1Н713	1	2450×1250
020	4	Токарный гидрокopировальный п/а	1Н713	1	2450×1250
025	5	Зубофрезерный	6540	4	2000×1300
030	6	Фрезерный п/а	6Р10	1	2800×2300
035	7	Верстак	В	1	1500×1000
040	8	Моечная машина	ММ	1	1000×1000
045	9	Контрольный стол	КС	1	1500×1000
050	10	Установка ТВЧ		1	
055	11	Резьбонарезной	5Д63	1	2800×1650
060	12	Шлифовальный	3М150	1	2500×2220
065	13	Шлифовальный	3М150	1	2500×2220
070	14	Зубошлифовальный	5М841	2	2110×2450
075	15	Моечная машина	ММ	1	1000×1000
080	16	Контрольный стол	КС	1	1500×1000
	17	Место деталей	МД	1	1500×1000

Для ділянки цеху приймаємо сітку колон 24×12 м, де 24 м - ширина прольоту, 12 м - крок між колонами.

Розмір колон приймаємо - 400×600 мм;

Ширина магістрального проїзду - 4500 мм;

Ширина проходу - 2000мм;

Устаткування розташовується по ходу техпроцесса.

Виконане детальне планування дає можливість визначити довжину a і ширину b потокової лінії. $a = 55500$ мм; $b = 5800$ мм;

Знаходимо виробничу площу потокової лінії по формулі:

$$F = a \cdot b \quad (1.96)$$

$$F = 55500 \cdot 5800 = 321,9 \text{ м}^2$$

Питома площа на одиницю ТО складає:

$$\gamma = \frac{F}{S_{\Sigma}} \quad (1.97)$$

де S_{Σ} – кількість ТО;

$$\gamma = \frac{321,9}{14} \approx 23 \text{ м}^2 / \text{ед.ТО}, \text{ тоді як } [\gamma] = 18 \dots 25.$$

Основні показники лінії:

Прийняте число верстатів - $S_{\Sigma} = 14$

Прийняте число робітників - $R = 12$

Середній коефіцієнт завантаження устаткування - $K_{\text{загр.ср}} =$

0,71 Загальна площа ділянки цеху - $F = 321,9 \text{ м}^2$

Питома площа на один верстат - $\gamma = 23 \text{ м}^2 / \text{ед.ТО}$

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування і розрахунок робочого пристосування

Верстатне пристосування (ВП) застосовують для установки заготовель на металорізальні верстати. Обґрунтоване застосування ВП дозволяє отримувати високі техніко-економічні показники. Трудомісткість і тривалість циклу технологічної підготовки виробництва, собівартість продукції можна зменшити за рахунок використання стандартних систем ВП, скоротивши трудомісткість, терміни і витрати на проектування і виготовлення ВП.

ВП складаються з корпусу, опор, установчих пристроїв, затискних механізмів (затисків), деталей для установки, напряду і контролю положення різального інструменту.

Опис конструкції і принципу дії пристосування

Вибране пристосування складається з елементарного затискного механізму, який перешкоджає переміщенню заготовки відносно опор верстатного пристосування.

На малюнках 2.1 і 2.2 приведена конструкція вибраного пристосування для фрезерування в заготовлі шпоночного паза.

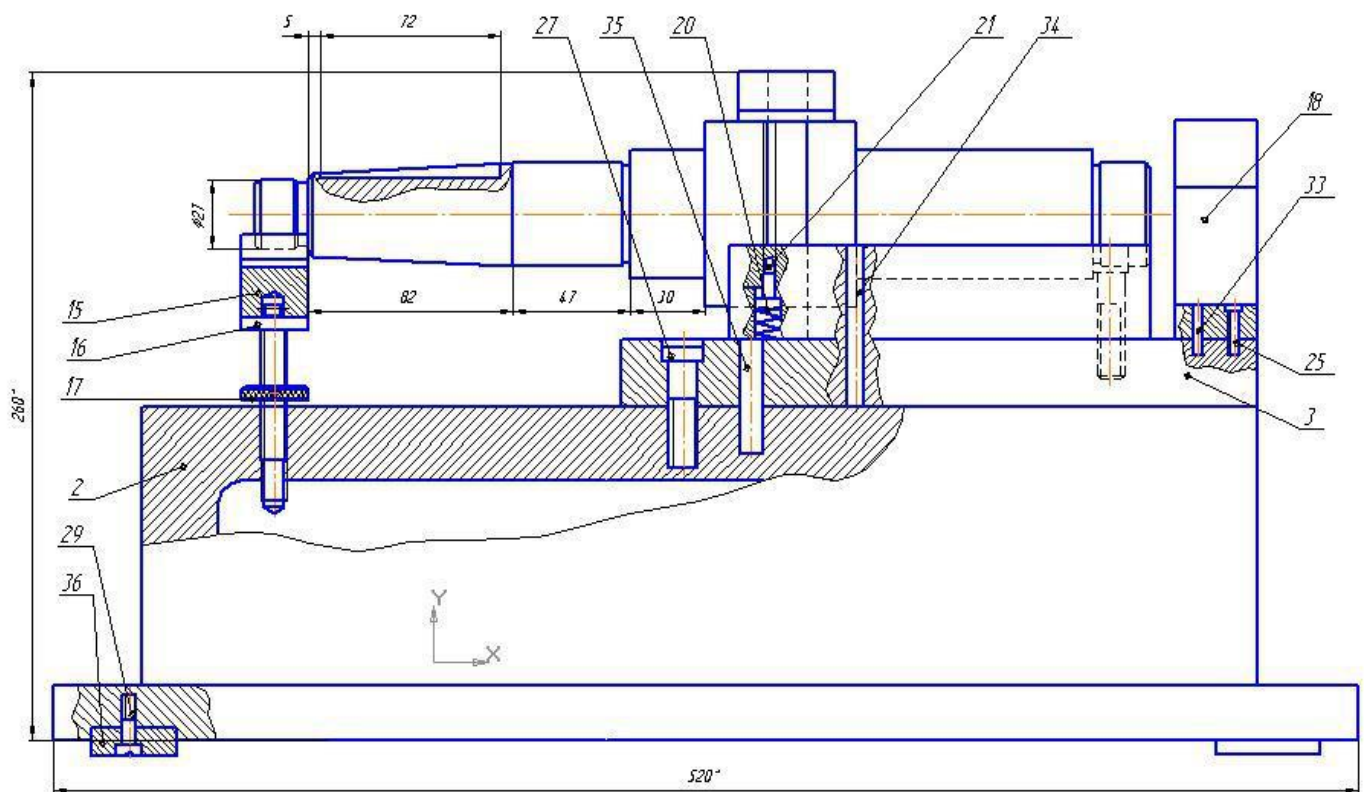


Рисунок 2.1 – Конструкція робочого пристосування для фрезерування шпоночного паза (вигляд спереду).

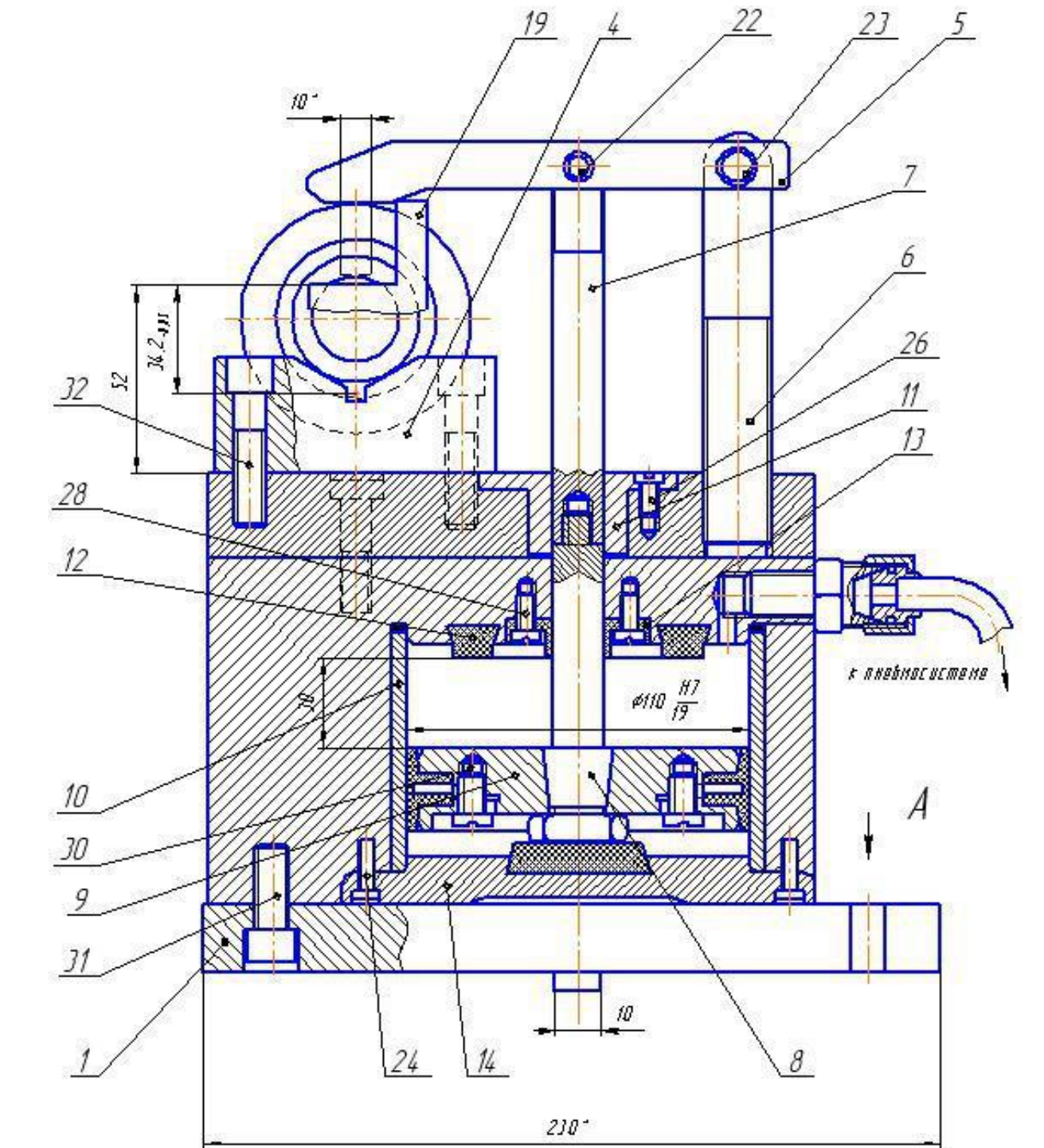


Рисунок 2.2 – Конструкція робочого пристосування для фрезерування шпоночного паза (вигляд збоку).

Опис:

В корпусі розташований пневмопривод, який через шток приводить в дію систему важелів і за допомогою ролика закріплює оброблювану

заготівлю. Заготівля встановлюється на дві призми і зрушується по осі до регульованого упору.

Розрахунок похибки установки.

Похибка установки - це різниця граничних відхилень измери- тільної бази відносно встановленого на розмір різального інструменту.

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2} \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – похибка закріплення.

Похибка базування - це частина погрішності установки, викликана неспівпаданням вимірювальної і настроювальної баз. Похибка закріплення виникає у тому випадку, коли напрям сили зажиму або її складової співпадає з розміром обробки.

Установку робимо в призму з кутом $\alpha=90^\circ$ по $\varnothing 40$ мм;

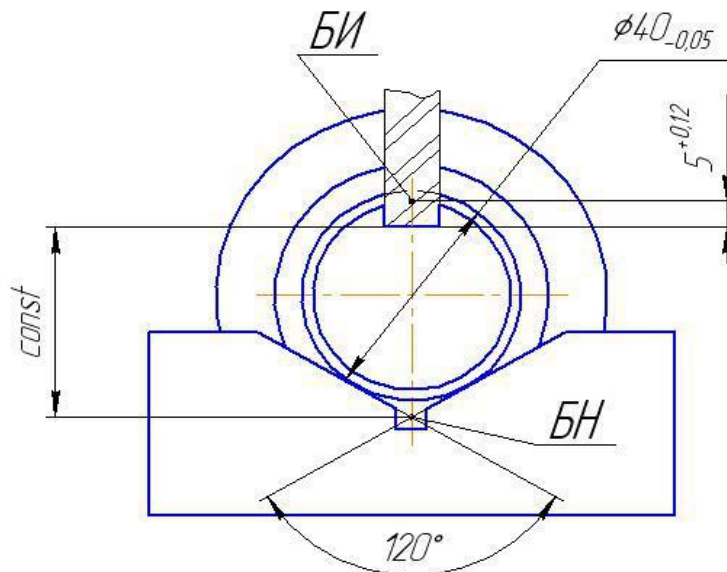


Рисунок 2.3 – Схема базування по $\varnothing 40$ мм.

Похибка базування:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = T_D \cdot K_3 \quad (2.2)$$

де $T_D=0,05$ мм – допуск на діаметр, по якому проводиться базування;

$K_3=1,08$ – коефіцієнт для призми з кутом $\alpha=120^\circ$ и даного типа простановлення розміру обробки шпоночного паза.

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,05 \cdot 1,08 = 0,054 \text{ мм}$$

Похибку закріплення визначаємо по формулі (2.3), причому в розрахунку необхідно враховувати напрям дії сили затиску :

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{закр}} &= \varepsilon'_{\text{закр}} \cdot \sin 60^\circ \\ \varepsilon_{\text{закр}} &= 0,04 \cdot \sin 60^\circ = 0,034 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Тоді похибка установки по формулі (2.1) буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,054^2 + 0,034^2} = 0,06 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{уст}} < \frac{1}{3} T_{\text{обр}} = \frac{1}{3} \times 0,5 = 0,17 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

2.1.2 Силевий розрахунок пристосування.

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку і місця прикладання сили. Затискні пристосування служать для утримання заготовки під час її обробки. Розраховуємо силу затиску :

$$W = k \cdot \left[\frac{P_z}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right] \quad (2.4)$$

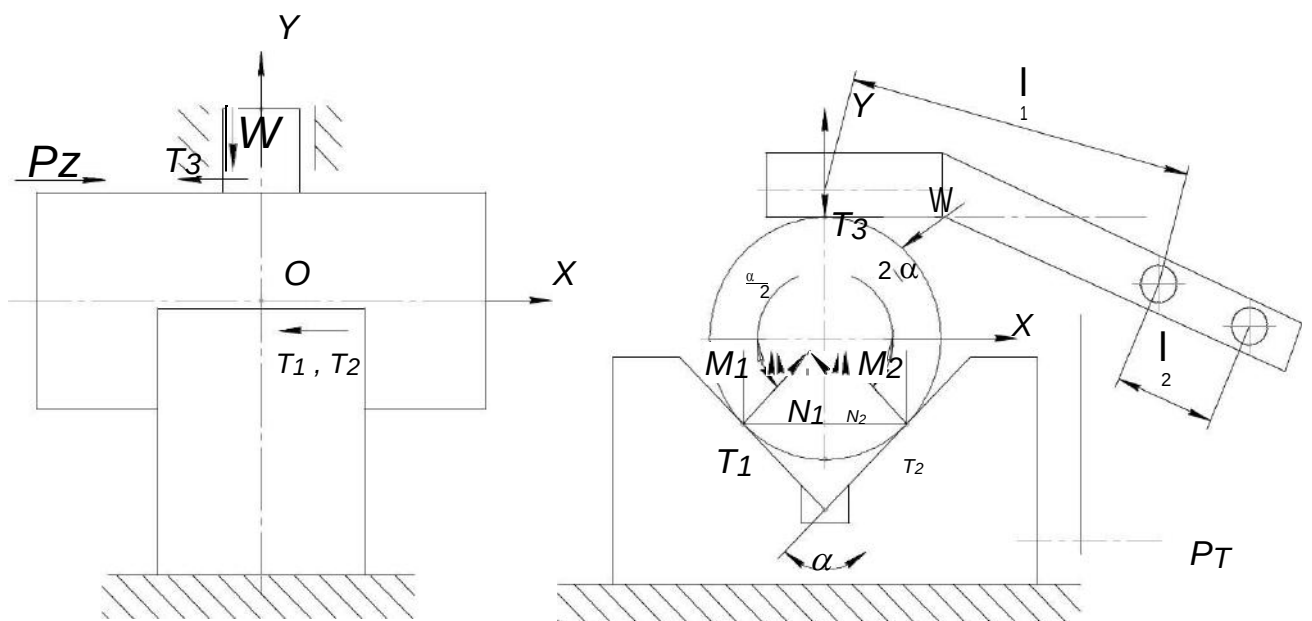


Рисунок 2.4 – Схема дії сил в пристосуванні.

Для забезпечення надійності затиску, силу збільшують за допомогою коефіцієнта запасу закріплення k , який визначається залежно від умов обробки. За допомогою цього коефіцієнта враховується зміна умов в процесі обробки: прогресуюче затуплення інструменту і пов'язане з ним збільшення сил різання, нерівномірність припусків, неоднорідність властивостей оброблюваного матеріалу, зміна умов установки заготівель.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.5)$$

де: $k_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу для усіх випадків;

$k_1 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки від прогресуючого затуплення інструменту;

$k_2 = 1,3$ - коефіцієнт, який залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту;

$k_3 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує уривчастість різання;

$k_4 = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує непостійність сил затиску, що розвиваються приводами;

$k_5 = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує зручність розташування;

$k_6 = 1,0$ - коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,8$$

$f_n = 0,18$ - коефіцієнт тертя спокою;

$P_z = 180$ Н - розрахована сила різання;

Дійсна сила затиску, вичислена по формулі (2.4), складає:

$$W = 2,8 \cdot \left[\frac{180}{0,18 \cdot \sin \frac{90}{2}} \right] \approx 3950 \text{ Н}$$

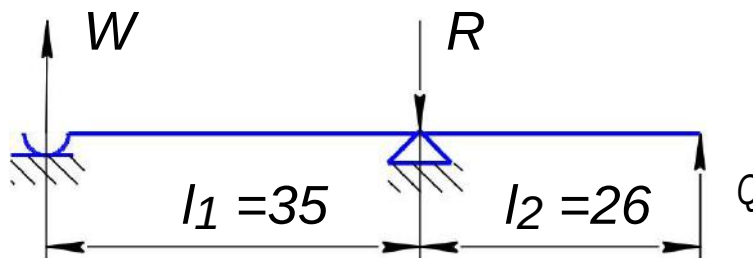


Рисунок 2.5 – Схема механізма.

$$R=Q+W \quad (2.6)$$

$$Q=W \cdot l_2 / (l_1 \cdot \eta) \quad (2.7)$$

$$Q = \frac{3950 \cdot 26}{35 \cdot 0,9} = 3260,3H$$

За схемою дії сил в пристосуванні (мал. 2.4) складаємо наступні рівняння:

$$\sum P_z = 0; P_z - T_1 - T_2 = 0; \Rightarrow P_z = 2T_1; \Rightarrow T_1 = P_z/2 \quad (2.8)$$

$$\sum P_y = 0; -W + M_1 + M_2 = 0; \Rightarrow W = 2M_1 \quad (2.9)$$

$$T_1 = 180/2 = 90 \text{ Н.}$$

$$M_1 = 3950/2 = 1975 \text{ Н}$$

Виходячи з отриманих даних, приймаємо рішення про вибір пневмоцилиндра двосторонньої дії. Перевагою використання якого, є:

- 1) швидкість дії;
- 2) постійність зусилля затиску і можливість його регулювання;
- 3) простота конструкції і експлуатації;
- 4) незалежність працездатності від коливань температури довкілля. Визначуваний діаметр пневмоцилиндра :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (2.10)$$

де:

$p = 0,4 \text{ МПа}$ – тиск в пневмоциліндрі;

$\eta = 0,9$ – ККД пневмоциліндра.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3260,3}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,0107 \text{ м} = 107 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоцилиндра із стандартного ряду, маємо: $D = 110 \text{ мм}$ Згідно з розрахованим діаметром, вибираємо інші параметри:

- діаметр шпильок - М8;
- кількість шпильок - 4;
- діаметр штока - 16 мм;
- товщина стінки циліндра - 5 мм

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність.

Налаштування інструменту на розмір обробки робиться за допомогою установка-габарита. Щоб уникнути зносу основної поверхні установка використовують шуп. При фрезеруванні паза, коли необхідно витримати один розмір, користуються висотними установками.

Розрахунок на точність фрезерних пристосувань полягає в визначенні виконавчих розмірів на установ.

Визначення виконавчого розміру установка.

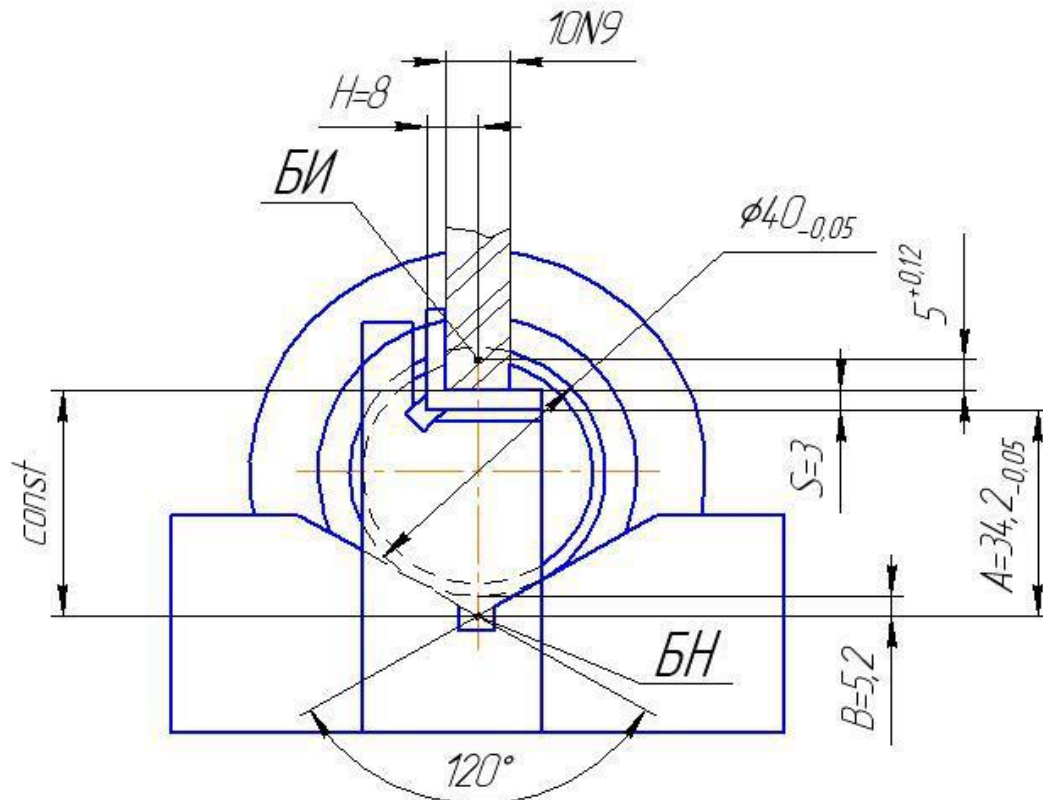


Рисунок 2.6 – Схема для розрахунку на точність пристосування.

Визначуваний номінал розміру :

$$B = K_1 \cdot D_{\text{баз}} \quad (2.10)$$

де $K_1 = 0,13$ - коефіцієнт для призми з кутом $\alpha = 120^\circ$; $D_{\text{баз}} = 40$ мм - діаметр базування;

$$B = 0,13 \cdot 40 = 5,2 \text{ мм.}$$

$$A = B + \frac{D_{\text{баз}}}{2} + \frac{D_2}{2} - h - s \quad (2.11)$$

де $D_2 = 34$ мм - діаметр на якому знаходиться паз;

$h_3 = 5$ мм - глибина паза, що фрезерується;

$S = 3$ мм - розмір щупів для налаштування інструменту;

$$A = 5,2 + \frac{40}{2} + \frac{34}{2} - 5 - 3 = 34,2 \text{ мм}$$

Визначаємо по таблиці 8 середнезкономичну точність обробки: $\Delta_e = 0,04$ мм. Визначуваний допуск на виготовлення установка і його налаштування :

$$T_A = T_h - \sqrt{\Delta_e^2 + \varepsilon_{уст}^2} \quad (2.12)$$

де: $T_h = 0,12$ мм – допуск глибини паза;

$\varepsilon_{уст} = 0,06$ мм

$$T_A = 0,12 - \sqrt{0,04^2 + 0,06^2} = 0,048$$

Приймаємо допуск на виготовлення установка відповідно до нормалей, маємо: $T_A = 0,05$ мм , це говорить про те, що це пристосування нормаль- ний точності.

На кресленні пристосування проставляємо розмір: $A = 34,2_{-0,05}$ мм

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Контрольовані параметри.

Контрольне пристосування призначене для перевірки радіального і торцевого биття зовнішніх поверхонь в деталях відносно бази. Габаритні розміри контрольного пристосування в робочому положенні: висота - 100 мм; довжина плити - 400 мм; ширина - 120 мм

2.2.2 Опис конструкції і процедури контролю.

Пристосування є плитою зі встановленими на ній призмами, на які встановлюється деталь. Вимір биття робиться індикаторними годинниками, які кріпляться на штанзі. Штанга розташована збоку від деталі і прикріплена до корпусу пристосування трьома стяжними болтами. Вона також має можливість повороту навколо своєї осі на 360° . А також є можливість перезакріплення штанги з індикаторними годинниками на необхідний діаметр. Ці особливості

пристосування дозволяють легко здійснювати його переналадку, а при необхідності використовувати і додаткову наладку (заміну упорів, стійок, та ін.)

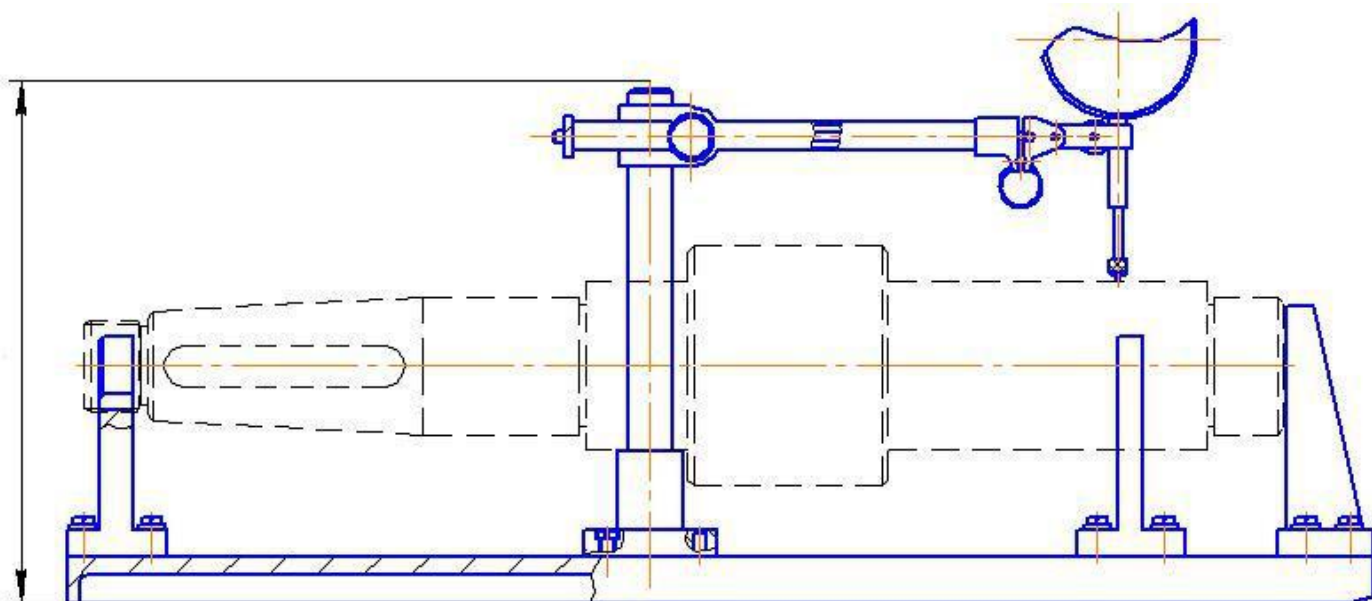


Рисунок 2.7 – Контрольне пристосування для перевірки биття (вид спереду).

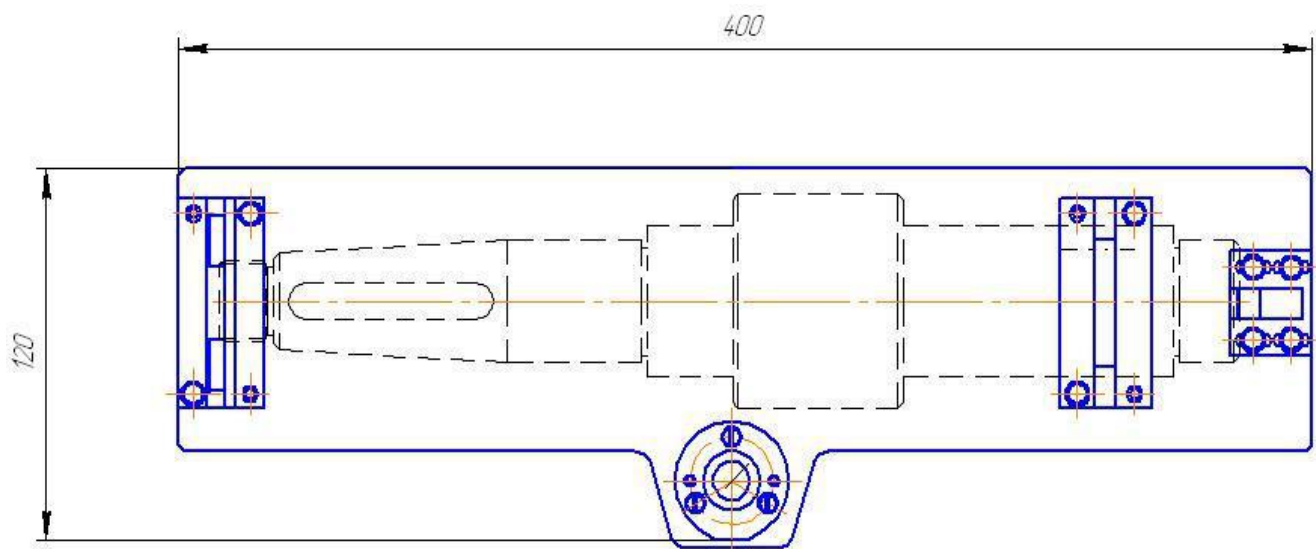


Рисунок 2.8 – Контрольне пристосування для перевірки биття (вид зверху).

3. СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ.

Підвищення зносостійкості складно-навантажених трибоз'єднань шляхом формування зносостійких покриттів

3.1 Виникаючі проблеми, особливості експлуатації

Однією з найважливіших проблем сучасного машинобудування є проблема забезпечення точності і надійності металообробного обладнання.

В даний час гостро стоїть питання подальшого вдосконалення машин, збільшення їх продуктивності, потужності, швидкохідності, точності і тривалості, запобігти псуванню функціональних параметрів в процесі експлуатації.

Поверхні, що сполучаються деталей великої частини машин і механізмів працюють в складних умовах динамічних навантажень. Характер ушкоджень залежить від поєднання параметрів навантаження (вид силового впливу, амплітуда і частота переміщень, абсолютне значення навантажень, швидкостей прикладання навантажень), фізико-механічних властивостей матеріалу, стану поверхні (макро- і мікрогеометрія), наявності на поверхні оксидних плівок і т.п.

Складний характер навантаження призводить до напруженого стану поверхневих шарів матеріалів трибоз'єднання, що характеризується відповідним зносом. Зміна характеру навантаження супроводжується зміною структури поверхневого шару і якості поверхонь і, як наслідок, зміною зносостійкості трибоз'єднання.

3.2 Аналіз літературних джерел. Зносостійкі покриття.

3.2.1 Композиційні матеріали

Одним з найбільш ефективних технологічних шляхів підвищення надійності роботи деталей машин і механізмів є нанесення на робочу поверхню виробів різних покриттів.

Покриття представляє собою поверхневий шар деталі, цілеспрямовано створюваний впливом навколишнього середовища на поверхню матеріалу підкладки (деталі), і характеризується кінцевою товщиною, а також хімічним складом і структурно-фазовим станом, якісно відрізняються від аналогічних характеристик матеріалу основи.

Великий вибір матеріалів, використовуваних для створення покриттів, дозволяє забезпечити задані властивості поверхні (або комплекс властивостей) для будь-яких деталей сучасного машинобудування. Звичайні конструкційні

матеріали не завжди здатні задовольнити вимогам, що пред'являються до деталей машин і механізмів, що працюють в екстремальних умовах експлуатації. Конструкційні матеріали підвищеної якості, якщо і відповідають таким вимогам, можуть виявитися занадто дорогими для їх використання в масовому виробництві.

Що виникає утруднення знімається при отриманні на робочій поверхні покриттів товщиною від часток мм до декількох мм, здатних забезпечити необхідні експлуатаційні характеристики деталей.

Структура композиційного покриття

Композиційним матеріалом (КМ) або композитом називають об'ємну гетерогенну систему, що складається з сильно розрізняються за властивостями, взаємно нерозчинних компонентів, будова якої дозволяє використовувати переваги кожного з них.

КМ дозволяють мати заданий поєднання різнорідних властивостей: високою питомою міцності і жорсткості, жароміцних, зносостійкості, теплозахисних властивостей і ін. Спектр властивостей КМ неможливо отримати при використанні звичайних матеріалів. Їх застосування дає можливість створювати раніше недоступні, принципово нові конструкції.

Високоміцні сплави, як правило, мають низьку пластичність, високу чутливість до концентраторів напруг і порівняно низький опір розвитку тріщин втомі.

Хоча композиційні матеріали можуть мати також невисоку пластичність, вони значно менш чутливі до концентраторів напруг і краще чинять опір втомного руйнування. Це пояснюється різним механізмом утворення тріщин у високоміцних сталей і сплавів. У високоміцних сталях тріщина, досягнувши критичного розміру, в подальшому розвивається прогресуючим темпом.

У композиційних матеріалах діє інший механізм. Тріщина, рухаючись в матриці, зустрічає перешкоду на кордоні розділу матриця-волокно. Волокна гальмують розвиток тріщин, і їх присутність в пластичній матриці призводить до зростання в'язкості руйнування.

Таким чином, в композиційній системі поєднуються два протилежних властивості, необхідних для конструкційних матеріалів - висока міцність за рахунок високоміцних волокон і достатня в'язкість руйнування завдяки пластичній матриці і механізму розсіювання енергії руйнування.

КМ складаються з порівняно пластичного матричного матеріалу-основи і більш твердих і міцних компонентів, які є наповнювача-ми. Властивості КМ залежать від властивостей основи, наповнювачів і міцності зв'язку між ними.

Матриця пов'язує композицію в моноліт, надає їй форму і служить для передачі зовнішніх навантажень арматурі з наповнювачів. Залежно від матеріалу основи розрізняють КМ з металевою матрицею, або металеві композиційні матеріали (МКМ), з полімерної - полімерні композиційні матеріали (ПКМ) і з керамічної - керамічні композиційні матеріали (ККМ).

Провідну роль в зміцненні КМ грають наповнювачі, часто звані упрочнителями. Вони мають високу міцність, твердість і модуль пружності. За типом зміцнюючих наповнювачів КМ поділяють на дисперсноупрочнення, волокнисті і шаруваті (рис. 3.1).

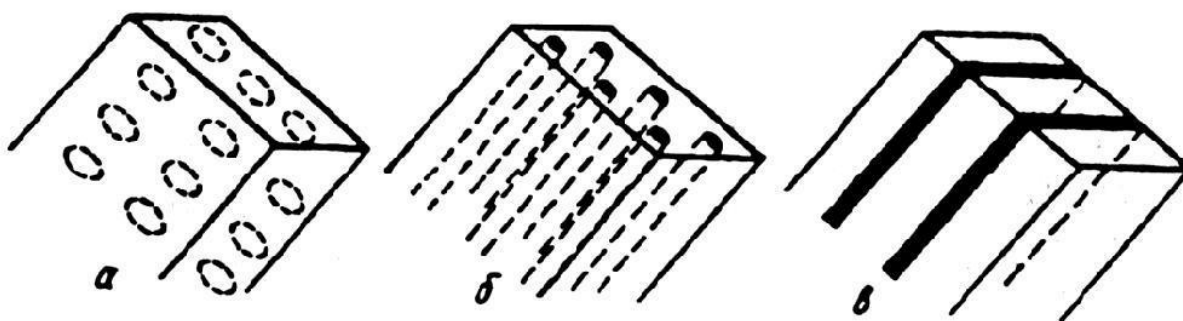


Рисунок 3.1 - Схеми будови композиційних матеріалів:

а) дисперсноупрочнення; б) волокнисті; в) шаруваті

У дисперсноупрочненні КМ штучно вводять дрібні, рівномірно розподілені тугоплавкі частинки карбідів, оксидів, нітридів та ін., що не взаємодіють з матрицею і не розчиняються в ній аж до температури плавлення фаз. Чим дрібніше частинки наповнювача і менше відстань між ними, тим міцніше КМ.

На відміну від волокнистих, в дисперсноупрочнених КМ основним несучим елементом є матриця. Ансамбль дисперсних частинок наповнювача зміцнює матеріал за рахунок опору руху дислокацій при навантаженні, що ускладнює пластичну деформацію. Ефективний опір руху дислокацій створюється аж до температури плавлення матриці, завдяки чому дисперсноупрочнені КМ відрізняються високою жароміцністю і опором повзучості.

Арматурою в волокнистих КМ можуть бути волокна різної форми: нитки, стрічки, сітки різного плетіння. Арматування волокнистих КМ може здійснюватися поодноосной, двухосной і тривісною схемою (рис. 3.2 а).

Міцність і жорсткість таких матеріалів визначається властивостями армуючих волокон, що сприймають основне навантаження. Арматування дає

більший приріст міцності, але дисперсне зміцнення технологічно легше здійснено.

Шаруваті композиційні матеріали (рис. 3.2, б) набираються із пластів наповнювача і матричного матеріалу (типу «сэндвіч»). Шари наповнювача в таких КМ можуть мати різну орієнтацію. Можливо почергове використання шарів наповнювача з різних матеріалів з різними механічними властивостями. Для шаруватих композицій зазвичай використовують неметалеві матеріали.

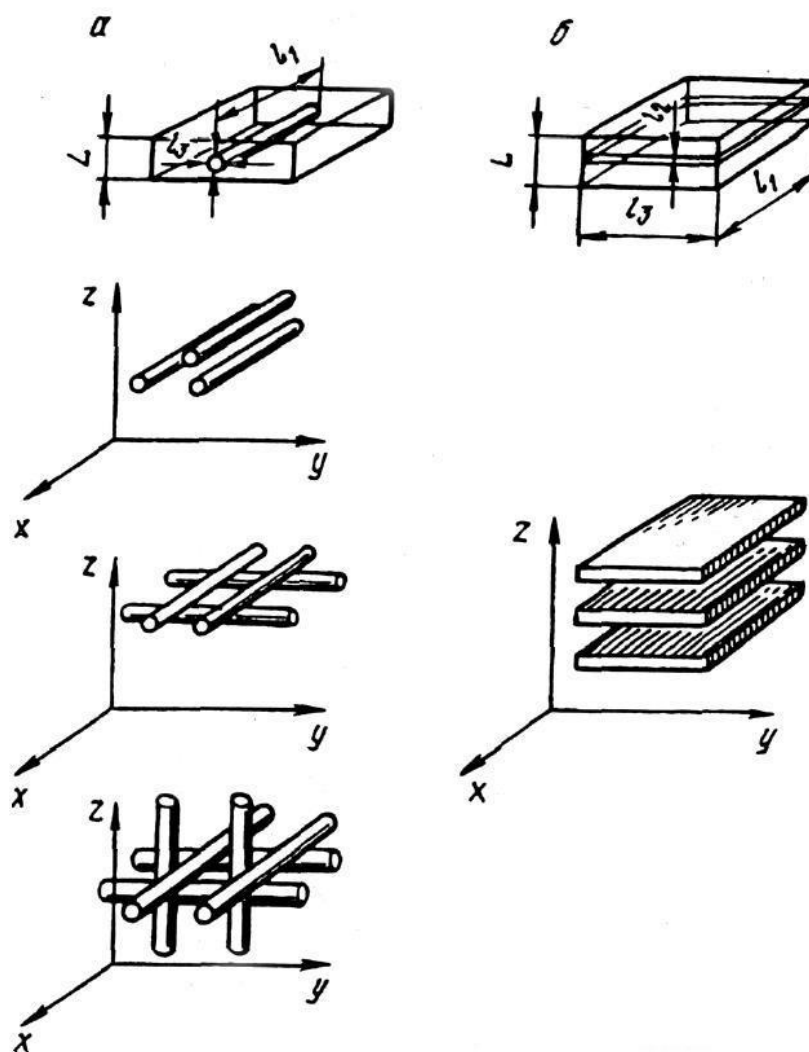


Рисунок 3.2 - Схеми армування волокнистих (а) і шаруватих (б) композиційних матеріалів

За структурою композити діляться на кілька основних класів: волокнисті, шаруваті, дисперсноупрочнені, зміцнені частками і нанокомпозити. Волокнисті композити армовані волокнами або ниткоподібними кристалами. Уже невеликий вміст наповнювача в композитах такого типу призводить до появи якісно нових механічних властивостей матеріалу. Широко варіювати

властивості матеріалу дозволяє також зміна орієнтації розміру і концентрації волокон. Крім того, армування волокнами додає матеріалу анізотропію властивостей (відмінність властивостей в різних напрямках), а за рахунок добавки волокон провідників можна додати матеріалу електропровідність вздовж заданої осі.

У шаруватих композиційних матеріалах матриця і наповнювач розташовані шарами, як, наприклад, в особливо міцному склі, армованому декількома шарами полімерних плівок.

Мікроструктура інших класів композиційних матеріалів характеризується тим, що матрицю наповнюють частками армуючого речовини, а розрізняються вони розмірами частинок.

У композитах, зміцнених частинками, їх розмір більше 1 мкм, а вміст становить 20-25% (за обсягом), тоді як дисперсноупрочненні композити включають в себе від 1 до 15% (за обсягом) частинок розміром від 0,01 до 0,1 мкм. Розміри частинок, що входять до складу нанокompозитів - нового класу композиційних матеріалів - ще менше і складають 10-100 нм.

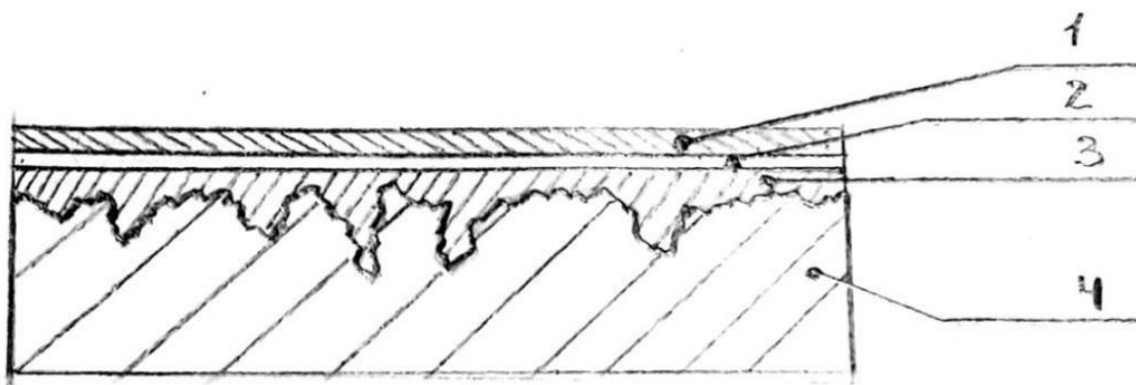


Рисунок 3.3 – Структура (шари) композиційного матеріалу:

1-зносостійкий матеріал; 3-ремонтний шар; 4-зношений матеріал

Однак не варто забувати про складі самого композиту, і підготовчих шарах на який останній буде наноситися тим чи іншим методом.

Сам склад може відрізнятися по своїй товщині, це обумовлюється безпосередньо технічними критеріями які повинен витримувати верхній шар композиту.

Композитний матеріал складається з шарів (малюнок 3.3):

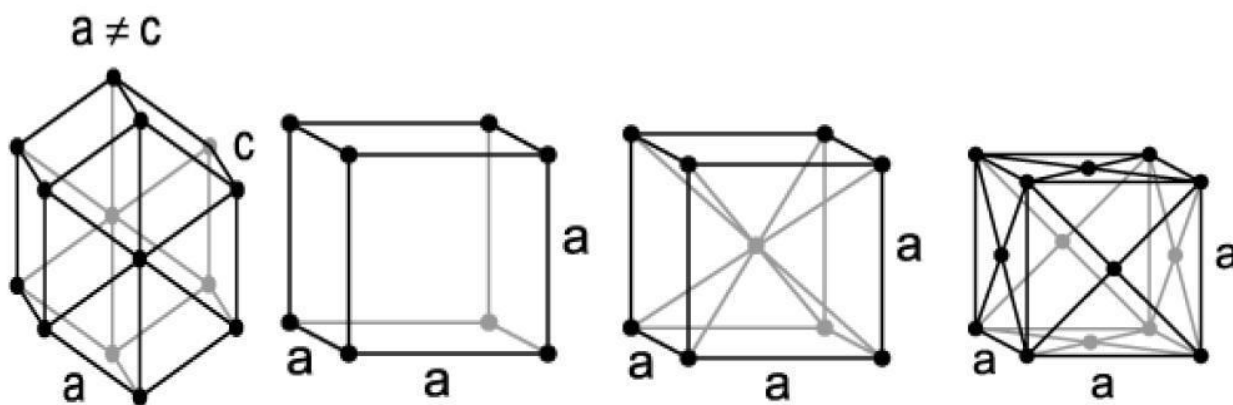
- зносостійкий матеріал;
- ремонтний шар;
- зношений матеріал;

3.2.2 Синтетичні алмази

Синтетичні алмази у вигляді порошків і щільних полікристалічних утворень типу баллас і карбонадо використовують для приготування абразивного інструменту та абразивних паст. Спінанням суміші мікропорошків синтетичних і природних алмазів отримують щільні полікристалічні освіти алмазу з дрібнозернистою структурою - СВ і дісміт. Алмази марки СВ призначені для бурових коронок і доліт, а також пив, що застосовуються для різання неметалічних матеріалів. Дісміт застосовують для виготовлення горнобурового інструменту, а також ріжучого інструменту (різців, свердел і ін.), Що використовується при обробці кольорових металів і сплавів, пластмас, склопластиків.

Кубічний нітрид бору отримують тільки синтетичним шляхом з гексагональної модифікації. Застосовується головним чином для виготовлення абразивного інструменту. По твердості кубічний нітрид бору поступається алмазу, але істотно перевершує його по теплостійкості.

Гексагональна кристалічна решітка - одна з семи сингоний. Її елементарна осередок будується на трьох базових векторах (трансляціях), два з яких рівні і утворюють кут 120° , а третій їм перпендикулярний. У гексагональній сингонії три елементарних осередки утворюють правильну призму на шестигранному підставі.



а) б) в) г) Рисунок 3.4 - Приклад кристалічної решітки: а- гексагональний кристал;
б, в, г-кубічний кристал 3-ех видів

Кубічна кристалічна решітка - одна з семи сингоний кристала кубічної сингонії визначається трьома векторами рівної довжини, перпендикулярними один одному. У кубічній сингонії існує три види решіток Браве: примітивна, об'ємно-центрована і гранецентрирована.

Таблиця 3.1 - Порівняльна таблиця сверхматеріалів

Характеристика	<i>Алмаз</i>	<i>Кубічний нітрид бора</i>
Кристалічна решітка	Кубічна	Кубічна
Щільність, т / м ³ :		
теоретична	3,51	3,48
пікнометричним	3,49-3,54	3,44-3,49
Теплостійкість, оС	850	1200
Мікротвердість по Кнупу, МПа	150 000	60 000
Модуль Юнга (E), МПа	9×10^5	$(8,9 \dots 9,73) \times 10^5$

3.2.3 Металоподібні з'єднання

Високою твердістю і зносостійкістю володіють металоподобніє карбіди перехідних металів з незаповненими d-електронними оболонками. Деякі деталі з карбідів виготовляють методами порошкової металургії (пресування з подальшим спіканням або гаряче пресування). Карбіди широко використовують в якості основного компонента твердих сплавів,

наплавочних матеріалів, поверхневих покриттів. Карбіди служать в якості зміцнюючої фази легованих сталей і поверхневих шарів, що утворюються при цементації, нітроцементації, карбонітрації і ін.

Таблиця 3.2 - Виготовлення деталей з карбіду вольфраму

Карбід	Кристалічна решітка	<i>Плотність, т/м³</i>	<i>T_{пл}, °C</i>	<i>E x 10⁻⁵, МПа</i>
TiC (карбід титану)	кубічна	4,94	3067	4,94
ZrC _{0,97} (карбід цирконію)	кубічна	6,56	3420	4,01
Mo ₂ C (карбід молібдену)	гексагональна	9,18	2400	5,37
WC (карбід вольфраму)	гексагональна	15,67	2776	7,37

3.2.4 Надтверді матеріали.

Такі матеріали отримані за технологією, близькою до технології отримання алмазів, але в якості вихідної речовини використовується не графіт, а нітрид бору.

Кубічний нітрид бору має кристалічну решітку, аналогічну решітці алмазу. На відміну від алмаза В кубічному нітриді бору поєднується висока твердість з хімічної інертністю до заліза. Завдяки цьому кубічний нітрид бору досить ефективний при обробці сталевих деталей.

Ці матеріали ізотропні (однакова міцність в різних напрямках), мають мікротвердістю меншою, але близькою до твердості алмаза, підвищену теплостійкість, високою теплопровідністю і хімічної інертністю по відношенню до вуглецю і заліза. Характеристика окремих з розглянутих матеріалів, які в даний час отримали назву «композит», наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.3 - Порівняльні характеристики СТМ на основі нітриду бору

Марка	Перша назва	Твердість HV, ГПа	Теплостійкість, °С
Композит 01	Ельбор-Р	60...80	1100...1300
Композит 02	Белбор	60...90	900...1000
Композит 03	Ісміт	60	1000
Композит 05	композит	70	1000
Композит 09	ПКНБ	60...90	1500
Композит 10	Гексаном-Р	50...60	750...850

В промисловості створено ряд інструментальних матеріалів, які називаються композиційними (композитами). До них відносяться ельбор (композит 01), белбор (композит 02), гексаном (композит 10), композит 05 (складається з кубічного нітриду бору (КНБ) і Al O), композит 09 (складається з полікристалів твердого нітриду бору - ПТНБ).

Композит 09 (ПТНБ) розроблений в Інституті хімічної фізики АН СРСР. Випускається кілька марок (ПТНБ-5МК, ПТНБ-ІК-1 і ін.), Які розрізняються складом вихідної шихти (сумішшю порошків BNB і BNK). Відмінність композиту 09 від інших композиційних матеріалів полягає в тому, що його основу становлять частки кубічного нітриду бору розмірами 3... 5 мкм, а в якості наповнювача виступає вюрцитного нітрид бору. Цей матеріал в найбільшій мірі відповідає вимогам до зносостійкого шару відновлюваних напрямних. Обмеженням у його застосуванні є висока вартість. Тому можливе створення матеріалу аналогічного вказаному, але зі зниженою вартістю, що може

досягати за рахунок коректування хімічного складу матеріалу, або технологічними методами при умові забезпечення близьких до вихідного матеріалу механічних властивостей.

Ремонтний шар

Для ремонту конвеєрів, рейкових провідників і напрямних, де відбувається знос ковзних поверхонь коректно використовувати спеціальну епоксидну мастику наповнену керамікою з гладкою антифрикційною поверхнею фірми Weicon WR2.

Фізичні характеристики ремонтного шару і його рас ходу наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 3.4 - Фізичні характеристики рем.матеріала

Металополімер в рідкому стані		
наповнювач		Мінерали
В'язкість після змішування компонентів		Пастоподібний
Пропорції змішування (за вагою%) смола / затверджувач		100/25
Життєздатність суміші при + 200С (200 грам) хвилин		45
Щільність суміші г / см3 (200 грам)		1,67
В'язкість суміші мПа-с		560.000
Максимальна товщина нанесення шару за раз в мм		10
Час затвердіння в годинах	Може піддаватися механічній обробки	16
	остаточне затвердіння	24
Металополімер в затверділому стані		
Середня міцність при + 25С по DIN 53281-83 / ASTM D 1002	На стиснення в МПа	71 (10.300)
	На розрив в МПа	29 (4.200)
	На гнучкість в МПа	39 (5.650)
	Модуль Юнга в МПа	2.500-3.000 (360-435)
	Твердіння по Шору	82
	Усадка в %	0,025

Продовження таблиці 1.4

Теплостійкість форми в $^{\circ}\text{C}$	+65
Колір після затвердіння	Темно сірий
Температурний діапазон $^{\circ}\text{C}$	-35 до +120

3.3 Можливі шляхи рішення. Способи нанесення зносостійких покриттів

Найбільш ефективним методом слід зазначити спосіб напилення, зважаючи на свою економічності витрати матеріалу, великого асортименту напилюваного матеріалу, малих витрат часу і як наслідок великим ресурсом роботи нанесеного матеріалу в порівнянні з іншими методами.

Існує кілька способів напилення покриттів:

3.3.1 Газополум'яне напилення киснем, порошком або прутком

Напилюваний матеріал розплавляється в полум'я газового пальника при спалюванні горючого газу (зазвичай ацетилено-киснева суміш в пропорції 1: 1) і переноситься на поверхню струменем стисненого повітря. Температура плавлення напилюваного матеріалу повинна бути нижче температури полум'я горючої суміші (таблиця 3.4). Перевагами даного способу є низькі витрати на обладнання і його експлуатацію.

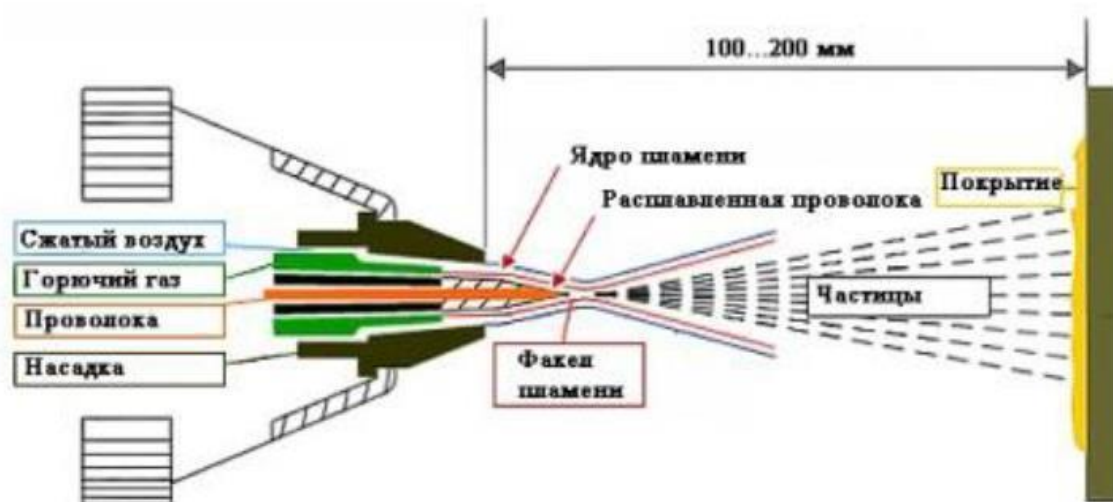


Рисунок 3.5 - Газополум'яне напилення дротом

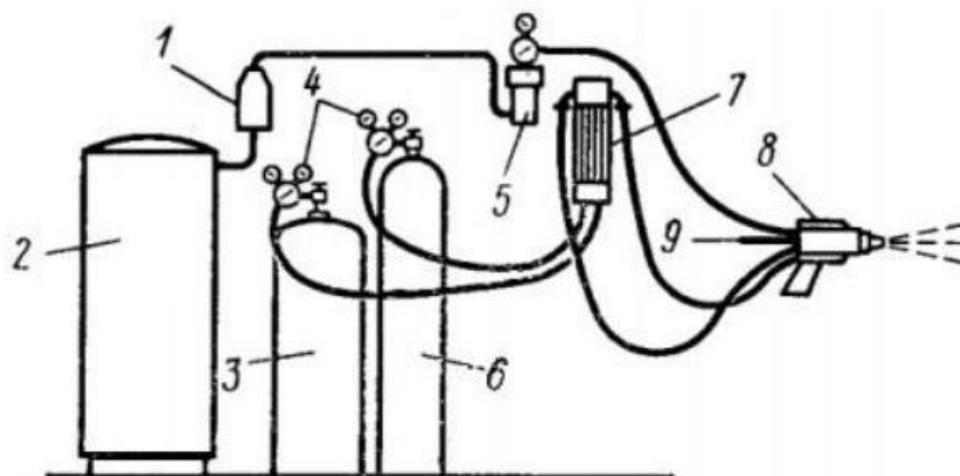


Рисунок 3.6 - Схема обладнання поста для наплення киснем: 1 - осушувач повітря, 2 - ресивер зі стисненим повітрям, 3 - балон з горючим газом, 4 - редуктори, 5 - кисень, 6 -баллон з киснем, 7 - ротаметри, 8 - напилувальні пальник , 9 - канал для подачі дроту

Таблиця 3.5 Температура полум'я горючих сумішей

Состав горючей смеси	T, °C
Кислород-ацетилен	3100
Кислород-бутан	3100
Кислород-пропан	2760
Кислород-водород	2700
Воздух-ацетилен	2325
Воздух-водород	2055

3.3.2 Детонаційне наплення.

Проводиться декількома циклами в секунду, за кожен цикл товщина напильного шару становить близько 6 мкм. Дисперговані частинки мають високу температуру (більше 4000 град.) І швидкість (більше 800 м / с). При цьому температура основного металу невелика, що виключає його теплове деформування. Однак деформація може статися від дії детонаційної хвилі, це і є обмеженням застосування даного методу

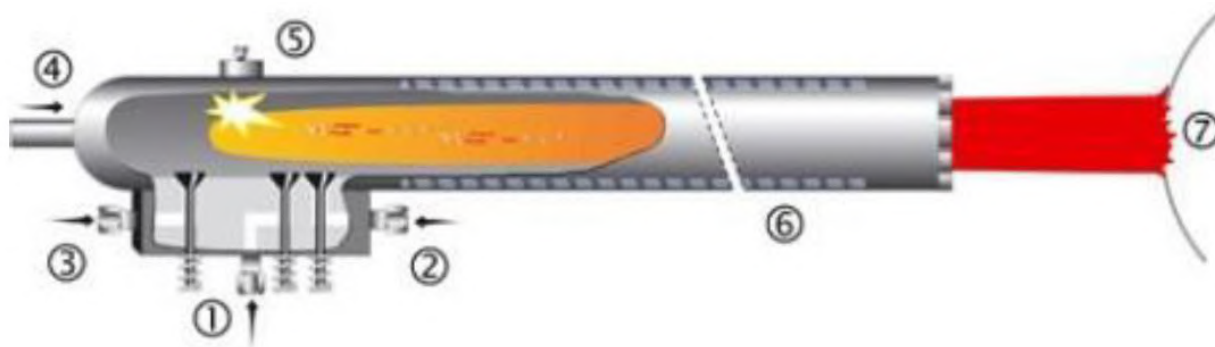


Рисунок 3.7- Детонаційне напилення: 1 - подача ацетилену, 2 - кисень, 3 - азот, 4 - напилюваний порошок, 5 - детонатор, 6 - водоохолоджувальна труба, 7 - деталь.

У загальному вигляді детонаційні установки складаються з блоку подачі Напилювана порошку, що включає порошковий живильник і дозуючий пристрій; блоку, що служить для утворення необхідних газових сумішей і заповнення ними стовбура детонаційної установки із заданою швидкістю; блоку підпалу і воспламенителя, призначених для ініціювання вибуху робочої суміші; стовбура, що представляє собою трубу діаметром 20-50 мм, довжиною 1-2,5 м і призначеного для спрямованого поширення вибухової хвилі в бік відкритого кінця стовбура.

Принцип дії установки полягає в наступному. З блоку газова суміш подається в ствол. Одночасно з порошкового живильника через дозуючий пристрій заданими порціями вдувають газом - азотом або повітрям - дрібнодисперсний порошок в газову суміш безпосередньо перед її запалюванням, потім воспламенителем підпалюють газову суміш.

В результаті займання і переміщення по каналу горючої суміші відбувається її вибух з виділенням значної кількості теплоти і утворенням детонаційної хвилі, яка прискорює і переносить через ствол на поверхню деталі напилювані частки зі швидкістю, яка визначається геометрією стовбура і складом газу.

Процес формування покриттів детонаційними напиленням складний і недостатньо вивчений. Багато в чому він схожий з процесом плазмового напилення. Подібність полягає в тому, що зчеплення частинок з підкладкою і між собою може відбуватися в розплавленому, оплавленні і твердому станах. Міцність зчеплення забезпечується головним чином за рахунок напилення розплавленими і оплавленими частинками, які розтікаються і кристалізуються на поверхні підкладки за рахунок хімічної взаємодії. У той же час детонаційний процес напилення на відміну від безперервного плазмового є циклічним,

повідомляють часткам порошку більш високі швидкості, що визначає особливості механізму формування покриттів.

При детонаційному напиленні швидкість частинок на відміну від плазмового напилення (100-200 м / с) досягає 400-1000 м / с. Тому крім

термічної активації істотний вплив на механізм і кінетику формування напилених шарів надає пластична деформація в зоні зіткнення часток і підкладки. Однак основний внесок у формування покриттів при напиленні вносить термічна активація. Досвід застосування різних способів напилення, в тому числі детонаційного, доводить, що для отримання задовільного зчеплення частинок порошку з основою необхідно, щоб їх значна частина транспортувалася на підкладку в розплавленому або оплавленні стані. Представлені в роботі експериментальні дослідження по процесу формування покриттів детонаційними напиленням показують, що стан частинок, що знаходяться в двофазному потоці, неоднорідне. На початку і середині потоку вони знаходяться в розплавленому або оплавленні стані, і температура в контакт з підкладкою досягає температури їх плавлення. При цьому за рахунок теплоти, що виділяється при ударі об підкладку частинок, що мають швидкість ~ 400 м / с, температура в зоні контакту підвищується приблизно на 100°C .

При напиленні порошковими матеріалами з температурою плавлення, що перевищує температуру плавлення основного металу, відбувається Підплавлення останнього. Так, наприклад, при нанесенні покриттів з оксиду алюмінію Al_2O_3 і порошковими твердими сплавами типу ВК на корозійно-стійкі сталі останні подплавляють і переміщуються з Напилювана розплавленими частками порошку, підвищуючи тим самим міцність зчеплення. Підвищенню адгезії, як і при інших способах газотермічного напилення, сприяє попередня дробеструйная обробка напилюємой поверхні. У цьому випадку можливо отримувати міцні зв'язки між напилюваним матеріалом і підкладкою, що має твердість вище HRC 60. При напиленні першого шару можливе виникнення пір. При напиленні другого шару частинки порошку деформують і ущільнюють кристалізується перший шар, що сприяє усуненню або зменшенню пористості. Це явище характерне для детонаційного напилення, і назвали його ефектом гарячого ударного пресування.

3.3.3 Електродугова металізація.

У сопло електрометалізатора подаються два драти, одна з яких служить анодом, а інша - катодом. Між ними виникає електрична дуга і дріт плавиться. Розпилення відбувається за допомогою подачі стисненого повітря. Процес протікає на постійному струмі. Даний метод має такі переваги:

а) висока продуктивність (до 40 кг / ч напилюваного металу),

- б) більш міцні покриття з високою адгезією в порівнянні з газополуменевим способом,
 - в) можливість використання дротів з різних металів дозволяє отримати покриття-«псевдосплав»,
 - г) невисокі експлуатаційні витрати.
- Недоліками електродугової металізації є:
- а) можливість перегріву і окислення напильюються матеріалів при малій швидкості їх подачі,
 - б) вигорання легуючих елементів напильюються матеріалів.

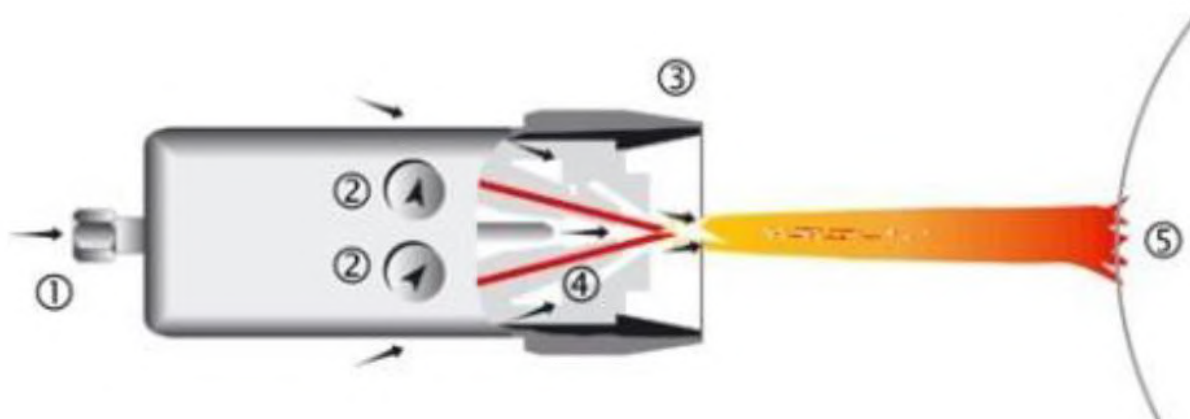


Рисунок 3.8 -Електродугова металізація: 1 - подача стисненого повітря, 2 - подача дроту, 3 - насадка, 4 - електропровідні дроти, 5 - деталь.

3.3.4 Плазмове напильнення.

У плазмотронах анодом служить сопло, охолоджуване водою, а катодом - вольфрамовий стрижень. Як плазмообразуючого газу зазвичай використовують аргон і азот, іноді з додаванням водню. Температура на виході з сопла може становити кілька десятків тисяч градусів, в результаті різкого розширення газу плазмовий струмінь набуває високу кінетичну енергію.

Високотемпературний процес плазмового напильнення дозволяє наносити тугоплавкі покриття. Зміна режиму напильнення дає можливість використання самих різних матеріалів - від металу до органіки. Щільність і адгезія таких покриттів також високі. Недоліками методу є: відносно невисока продуктивність і інтенсивне ультрафіолетове випромінювання.

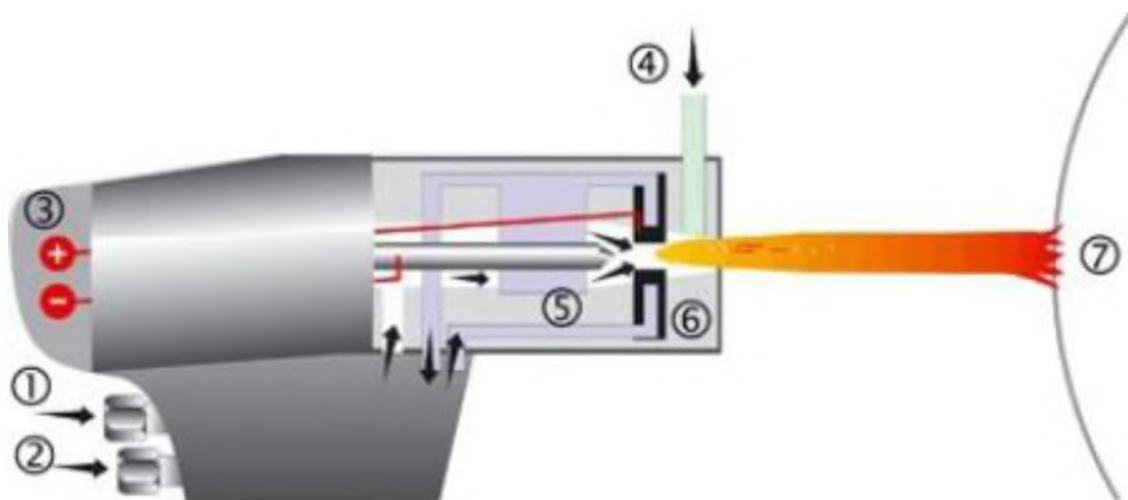


Рисунок 3.9 - Плазмового напilenня: 1 - інертний газ, 2 - охолоджуюча вода, 3-постійний струм, 4 - матеріал що розпорошується, 5 - катод, 6 - анод, 7 - деталь.

3.3.5 Електроімпульсне напilenня

Метод заснований на вибуховому плавленні дроту при проходженні через неї електричного розряду конденсатора. При цьому близько 60% дроту розплавляється, а решта 40% переходять в газоподібний стан. Розплав є дуже дрібні частинки від декількох сотих часток до декількох міліметрів. При надмірному рівні розряду метал дроту повністю перетворюється в газ. Переміщення частинок до напильової поверхні відбувається за рахунок розширення газу при вибуху.

Перевагами методу є відсутність окислення в результаті витіснення повітря, висока щільність і міцність зчеплення покриття. До недоліків відносяться обмеження у виборі матеріалів (вони повинні бути електропровідними), а також неможливість отримання покриттів великої товщини.

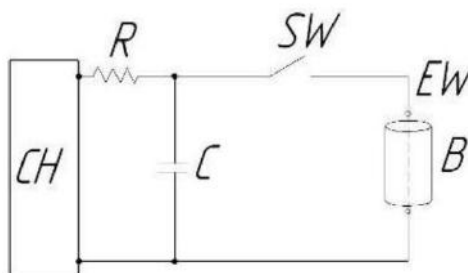


Рисунок 3.10 - Схема електроімпульсного напilenня: CH - джерело живлення для конденсатора, C - конденсатор, R - резистор, SW - вимикач, EW - дріт, B - деталь.

3.3.6 Лазерне напилювання

При лазерному напиленні порошок подається на лазерний промінь через підбиває сопло. У пучку лазера порошок розплавляється і наноситься на деталь. Захисний газ служить для оберігання від окислення. Областю застосування лазерного напилення є покриття штампувальних, гнущих і ріжучих інструментів.

Порошкові матеріали застосовуються при газополум'яної, плазмовому, лазерному і детонаційному напиленні. Дріт або пруток - при газополум'яної, електродуги і електроімпульсної напиленні. Чим дрібніше фракція порошку, тим менше пористість, краще адгезія і вище якість покриття. Напилювана поверхню при будь-якому способі напилення розташовують на відстані не менше 100 мм від сопла.

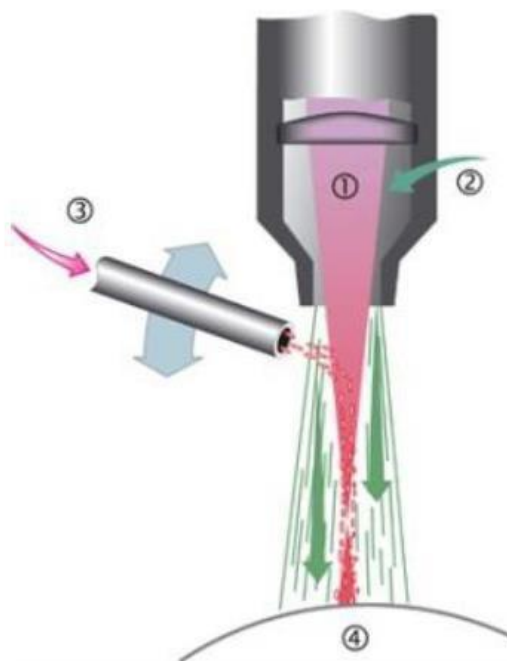


Рисунок 3.11- Лазерне напилювання: 1 - промінь лазера, 2 - захисний газ, 3 - порошок, 4 - деталь.

3.3.7 Катодне розпилення

Катодного розпилення є одним з найбільш відомих способів нанесення покриттів. Ще в 1852 році було встановлено, що при проходженні електричного струму через розріджені гази відбувається руйнування катода і на стінках камери осідає покриття.

Схеми пристроїв для нанесення покриттів методом катодного розпилення представлені на малюнку 3.12.

У найпростішому варіанті пристрій складається з розпорошується катода 5, на який подають потенціал від 1 до 10 кВ, і анода з розташованими на його поверхні виробами 3. Між катодом і анодом розміщують, як правило, заслінку. На початковій стадії процесу виробляють відкачування вакуумної камери до максимально можливої ступеня розрядження ($\sim 10^{-1} \dots 10^{-2}$ Па), потім здійснюють напуск в робочу камеру інертного газу (аргону). При цьому тиск в камері становить 1 ... 10 Па.

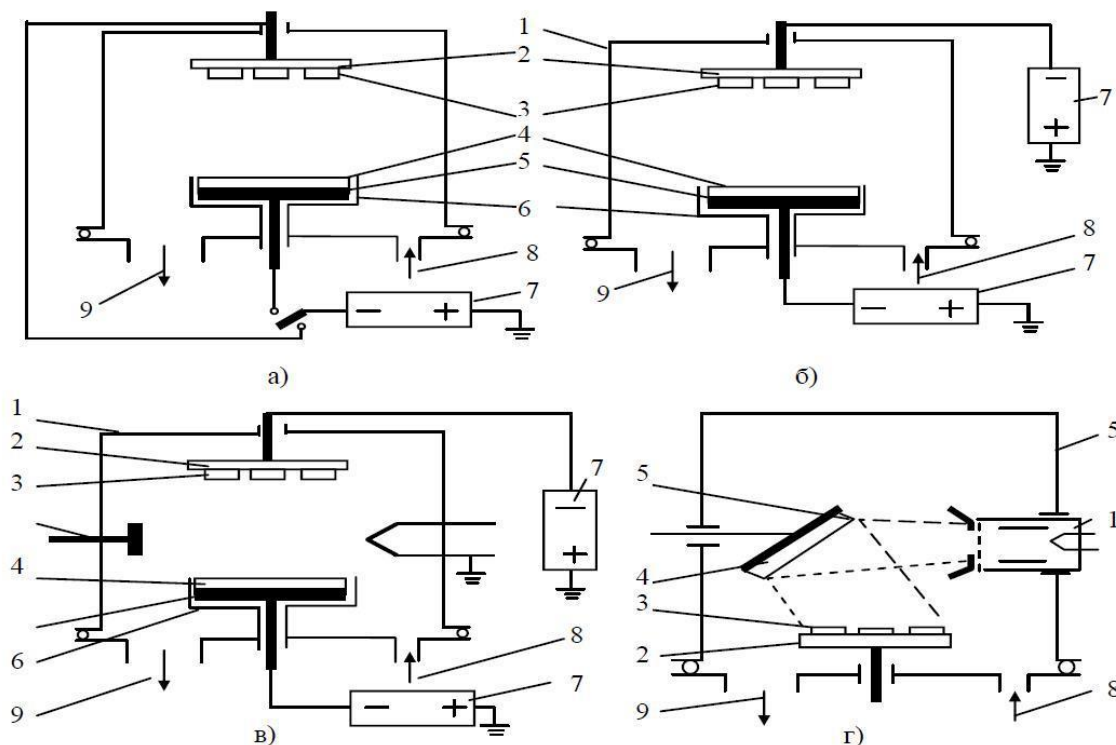


Рисунок 3.12- Принципові схеми систем катодного розпилення:

а) діодний; б) діодний зі зміщенням; в) тріодної; г) з автономним іонним джерелом: 1 - камера; 2 - підложкотримач; 3 - деталі (підкладки); 4 - мішень; 5 - катод; 6 - екран; 7-джерело живлення (постійного струму або височастотний); 8 - підведення робочого газу; 9 - відкачка; 10 - термокатод; 11 - анод; 12 - іонний джерело

Наступною операцією є створення між анодом і катодом різниці потенціалів (0,5 ... 10 кВ). В результаті в робочій камері виникає газовий розряд. При впливі іонів на поверхню катода йде руйнування оксидних шарів, практично завжди присутніх на поверхні. Розпорошені атоми металу взаємодіють з активними газами (киснем, азотом), і в результаті осідають шари, забруднені неконтрольованими домішками. При цьому, однак, спостерігається зниження парціального тиску хімічно активних газів в камері, тому, як правило,

завжди на початковій стадії осадження покриття проводиться на технологічну заслінку. По закінченню деякого часу заслінка відкривається, і йде осадження покриття на поверхню виробу. Розпорошені атоми при своєму русі до підкладки зазнають численні зіткнення. В результаті атоми розпилюються мішені втрачають свою енергію, що викликає, як правило, зниження адгезійної міцності осаджаемого покриття. З метою зменшення втрат енергії розпорошених атомів в процесі їх руху в газовій фазі відстань між анодом і катодом роблять мінімальним.

Процес розпилення може проводитися в хімічно активному середовищі, яка спеціально створюється в робочій камері. В цьому випадку процес називають реактивним катодним нанесенням покриття. Таким методом на поверхні підкладки формують шари з оксидів, нітридів, карбідів металу.

Таким чином, катодного розпилення характеризується наступними перевагами:

1) процес розпилення газової фази безінерційна, при припиненні подачі потенціалу на катод генерація газової фази також практично миттєво припиняється;

2) низький тепловий вплив на виріб (нагрівається тільки поверхня катода);

3) можливість розпилення тугоплавких металів;

4) можливість отримання покриттів різного хімічного складу (наприклад, методом реактивного катодного розпилення);

5) забезпечення високої рівномірності осадження покриттів;

6) зберігається стехіометричний склад покриттів при їх отриманні розпиленням мішені зі сплаву.

Основні недоліки катодного розпилення:

- низькі швидкості росту покриття (до 1 нм / с);

- низькі енергія частинок, ступінь іонізації і, як наслідок цього, невисока адгезія покриттів;

- високий ступінь забруднення покриттів атомами газової фази;

- наявність в покритті високої щільності радіаційних дефектів, причиною появи яких є вплив на поверхню високоенергетичних електронів, негативно заряджених іонів.

Так як швидкість осадження покриттів катодним розпиленням є низькою, вона використовується, в основному, для отримання тонких захисних і антифрикційних покриттів на прецизійних деталях машин і приладів (опори газових підшипників, приладові підшипники ковзання і кочення). Як матеріал покриття використовують дисульфід молібдену, золото, срібло, свинець, індій.

3.3.8 Магнетронне розпилення

Магнетронне розпилення - різновид діодного катодного розпилення. Виникнення парів розпилюваної речовини відбувається в результаті бомбардування мішені іонами робочого газу, які утворюються в плазмі аномального тліючого розряду. Найбільш проста схема магнетронного розпилення приведена на малюнку 3.13

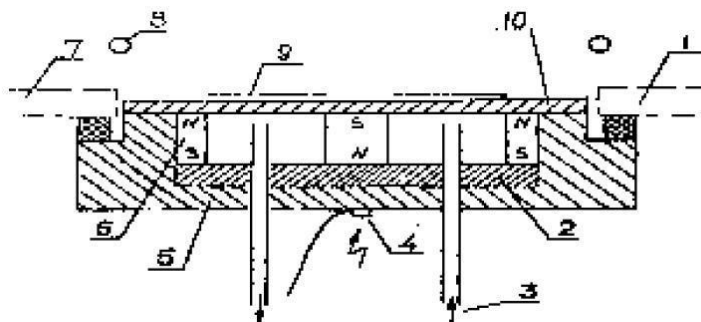


Рисунок 3.13 – Схема пленарної магнетронної системи: 1 - прокладки; 2 - підставка; 3 - водяний канал; 4, 5 - корпус; 6 - постійні магніти; 7 - вакуумна камера; 8 - анод; 9 - зона ерозії; 10 - катод - мішень

Безпосередньо під мішенню розміщені постійні магніти, які створюють практично паралельне поверхні катода магнітне поле. Між анодом і катодом запалюється аномальний газовий розряд. В результаті з катода вибиваються електрони, які захоплюються магнітним полем, і роблять в цьому полі під дією сили Лоренца спиралевидне рух. Електрони, захоплені магнітним полем, проводять додаткову іонізацію атомів інертного газу, що збільшує, таким чином, інтенсивність іонного бомбардування поверхні катода і, відповідно, викликає підвищення швидкості розпилення.

До основних взаємопов'язаних характеристиками, що визначає швидкість розпилення мішені, відносять напруга розряду, струм розряду, тиск робочого газу і індукцію магнітного поля поблизу поверхні катода. Як робочий газ в магнетронних розпилювальних системах зазвичай використовується аргон.

Магнетронні системи крім високої швидкості розпилення мають ряд специфічних особливостей, основною з яких є відсутність бомбардування підкладки високоенергетичними вторинними електронами, які є основним джерелом радіаційних дефектів в покритті і нагріву підкладок. У магнетронній розпилювальній системі вторинні електрони захоплюються магнітною пасткою і не бомбардують підкладку, що забезпечує їй порівняно низьку температуру. Це

дозволяє використовувати ці системи для нанесення покриттів на підкладки з матеріалів з відносно низькою термостійкістю (пластмаси, полімерів, паперу).

Процес магнетронного нанесення покриттів характеризуються такими показниками:

- швидкість розпилення - $(4 \dots 40) \cdot 10^{-5} \text{ г / (см}^2 \cdot \text{с)}$;
- швидкість осадження покриттів - $50 \dots 60 \text{ нм / с}$;
- питома випаровуваність - $\approx 3 \cdot 10^{-6} \text{ г / Дж}$;
- енергія розпорошених частинок - $10 \dots 20 \text{ еВ}$.

Переваги даного методу в порівнянні з іншими методами нанесення покриттів:

- 1) висока швидкість осадження;
- 2) практично повна відсутність перегріву поверхні деталі, при цьому електрони захоплюються магнітним полем і тому не викликають утворення радіаційних ефектів;
- 3) висока рівномірність покриттів;
- 4) низький ступінь забруднення плівок, т. К. Процес нанесення покриття протікає при досить низькому тиску $p = 10^{-2} \text{ Па}$.

При реактивному магнетронном напиленні швидкість росту покриття залежить від парціального тиску реактивного газу. При малих значеннях тиску реактивного газу з мішені розпорошується метал і хімічна реакція має місце на підкладці. При більш високому тиску на поверхні мішені утворюється плівка хімічної сполуки і швидкість розпилення різко падає, так як швидкість розпилення хімічних сполук (оксидів, нітридів, карбідів) значно нижче, ніж чистих металів. З метою зниження даного ефекту розроблено ряд пристроїв, в яких подача реактивного газу здійснюється безпосередньо до підкладки, а інертного - до розпилюється мішені.

Розроблено також пристрої, в яких процеси іонного розпилення і термічного випаровування об'єднані в єдиний розпилювально-випарний процес. Це досягається, наприклад, при магнетронном розпиленні матеріалу, що знаходиться в рідкому агрегатному стані. У цьому випадку значно підвищується продуктивність процесу розпилення і коефіцієнт використання матеріалу мішені. Це пов'язано з тим, що процес іонного розпилення відбувається в поверхневому шарі металу товщиною $0,3 \dots 0,8 \text{ нм}$, і на нього витрачається менше 3% енергії, що підводиться. Інша енергія переходить в основному в тепло, внаслідок чого доводиться інтенсивно охолоджувати мішень. У розроблених пристроях енергія, яка при розпилюванні з твердої фази втрачається у вигляді тепла, використовується на випаровування речовини.

Для здійснення цього процесу між плоским тигель, виготовленим з тугоплавкого немагнітного матеріалу, і водоохладжуваною магнітною системою

роблять невеликий (2-3 мм) зазор, що перешкоджає відведенню тепла від тигеля в процесі розпилення вміщених в тиглі мішені (рисунок 3.14).

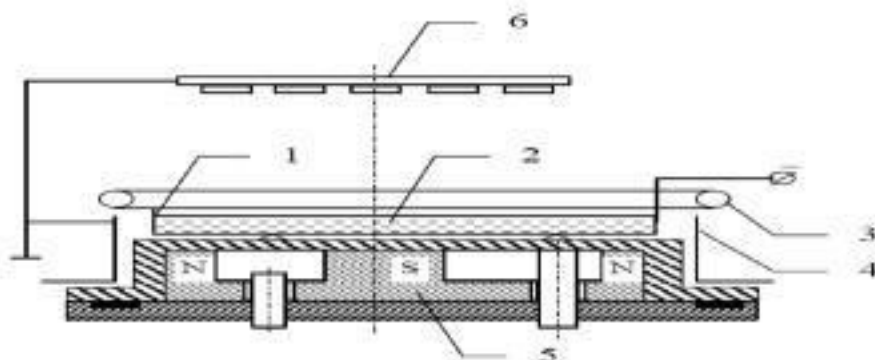


Рисунок 3.14 – Схема пристрою для розпилення матеріалів рідкої фази: 1 - тигель; 2 - розплавлена мішень; 3 анод; 4 - екран; 5 - магнітна система; 6 - подложкотримач

Робочий об'єм відкачують, потім напускають аргон, і між тигель, який виконує роль мішені, і анодом прикладають напругу, поступово збільшуючи щільність струму на мішені до такої величини, при якій починається інтенсивне розплавлення знаходиться в тиглі матеріалу. При цьому плавиться спочатку зона, у якій локалізована плазма, потім - центральна частина мішені і, нарешті, крайова її область. При певній щільності струму на мішені починається інтенсивне випаровування матеріалу з розплаву.

При досягненні високої пружності шарів розпорошується матеріалу над катодом починається процес самораспилення. В цьому випадку можна припинити напуск аргону, що істотно знижує забруднення плівки залишковими газами. Крім високої ефективності використання енергії, розпилювально-испарительная система дозволяє досягти високих швидкостей осадження.

З розглянутих методів нанесення покриттів у найбільшій мірі зазначеним вимогам до способу відновлення напрямних відповідає метод детонаційного напилення. Він дозволяє наносити запропонований зносостійкий матеріал, а також передбачає використання портативних установок, тобто дозволяє проводити нанесення покриття на місці установлення верстата.

4 ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ

4.1 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі

Деталь "Вал" перевіряємо на міцність засобами програмного модуля NX.

Прикладена сила на зуби діаметром 50 мм, 20 штук. Сила $H = 50$ Н. Затискаємо деталь по шпонці з габаритними розмірами 5x70 мм. На рисунку 7.1, 7.2, 7.3 представлені етапи розрахунку деталі на міцність.

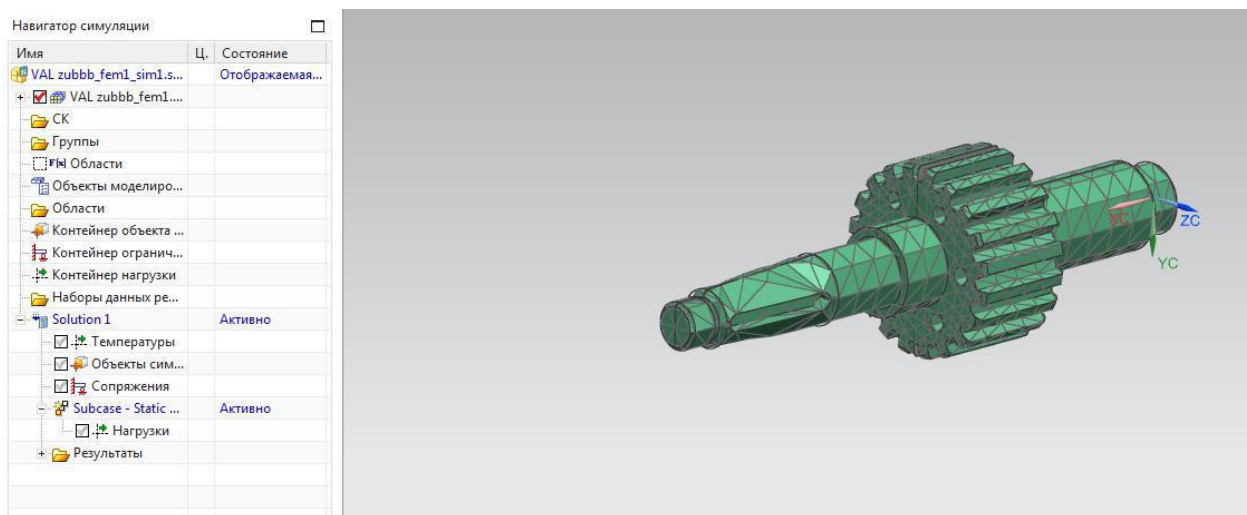


Рисунок 7.1 – Генерація кінцево-елементної сітки

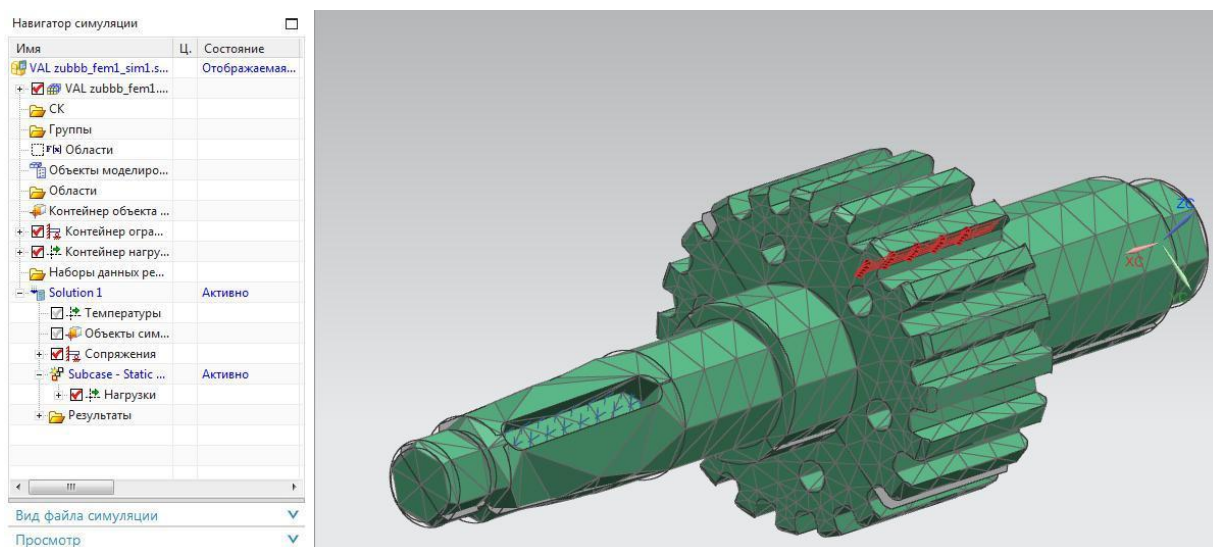


Рисунок 7.2 – Прикладання навантаження та зажим деталі

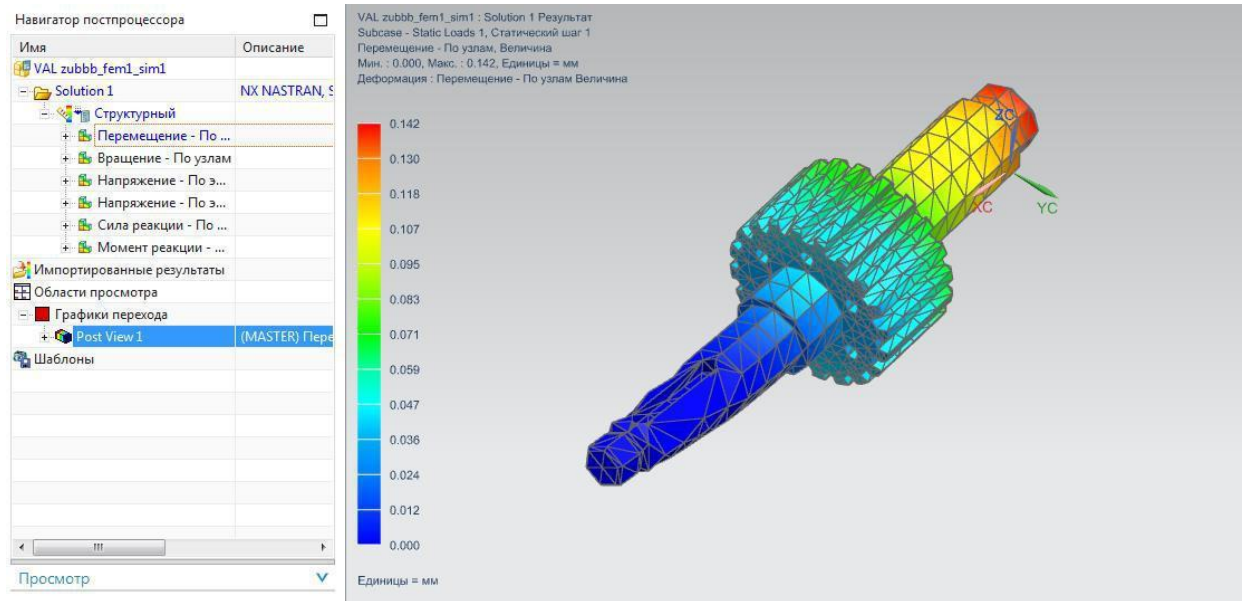


Рисунок 7.3 – Результат розрахунку деталі на міцність

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Оскільки тема дипломного проекту передбачає проведення досліджень та розрахунків у приміщенні дослідницької лабораторії обладнаному персональними комп'ютерами (далі – ПК) з візуальними дисплейними терміналами (далі – ВДТ), тому нижче розглянемо заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії і гігієни праці для приміщення лабораторії обладнаного ПК з ВДТ, а також заходи з пожежної безпеки та цивільного захисту, у відповідності з методичними вказівками.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у приміщенні дослідницької лабораторії обладнаному ПК з ВДТ, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

- механічне травмування в наслідок погіршення уваги персоналу при переміщенні в лабораторії, коридорах, сходах;

- механічне травмування в наслідок нераціональної організації робочих місць;

- ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу.

- надмірні нервово-психічні навантаження при виконанні роботи в умовах дефіциту інформації та часу, може привести до погіршення емоційного стану, а в подальшому до захворювань загального характеру;

- недостатня фізична активність, що пов'язана з постійним виконанням роботи сидячи, недотриманням режиму чергування роботи та перерв, сприяє зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;

- негативний вплив електромагнітних, в тому числі і рентгенівських випромінювань при використанні моніторів ПК з електронно -променевою трубкою, що призводить до погіршень зору, зниження імунітету;
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;
- незадовільні параметри мікроклімату робочого місця, у зв'язку із відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, які можуть викликати загальні захворювання;
- вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;
- неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, у разі не якісного навчання населення або його відсутності, призводять до паніки та загибелі людей.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

У приміщенні дослідницької лабораторії застосовується широке різноманіття електроприладів: 4 персональні комп'ютери, принтери, ксерокси, факси, освітлювальні прилади, кондиціонери, побутові електроприлади тощо. Відповідні вимоги ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» поширюються на всі підприємства, установи, організації, юридичні особи незалежно від форми власності, відомчої належності, видів діяльності, які здійснюють розробку, виробництво і застосування ПК з ВДТ у тому числі, які мають робочі місця обладнані ПК або виконують ремонт обслуговування та налагодження ПК.

Для виключення травматизму відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів - не менше 1,2 метра. Для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, згідно ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» площа на одне робоче місце не менше 6м², а об'єм- не менше 20м³.

Приміщення дослідницької лабораторії за ступенем небезпеки ураження електрострумом, згідно «Правил улаштування електроустановок» (далі – «ПУЕ») характеризується як приміщення «без підвищеної

небезпеки» (відсутній струмопровідний пил, струмопровідні поверхні, не струмопровідні поли, температура не більше 250С, вологість не більше 60%).

У приміщенні дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції.

По способу захисту людини від ураження електричним струмом, у приміщенні дослідницької лабораторії обладнаному ПК з ВДТ, згідно НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» (далі – «ПБЕЕС») та ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности». ПК, периферійні пристрої ПК та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ПК по способу захисту людини від ураження електричним струмом, належать до І класу, оскільки мають подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для приєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. II клас захисту - освітлювальні прилади, кондиціонери, опалювальні пристрої, ноутбуки, сканери.

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: «ПУЕ» величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення дослідницької лабораторії – 4 Ом;

Згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» (далі – «ПБЕЕС») та НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» у користувачів ПК і обслуговуючого персоналу 2-га кваліфікаційна група з електробезпеки, яка надається особам, які мають елементарні технічні знання з електроустаткування, усвідомлюють небезпеки впливу електричного струму та наближення до струмоведучих частин, знають основні заходи забезпечення безпеки при роботі з електроустаткуванням та правила надання першої допомоги постраждалим.

Для виключення небезпек для людини в робочій зоні приміщення дослідницької лабораторії, обладнаній ПК з ВДТ, експлуатація електроустановок і електроустаткування проводиться відповідно до вимог «ПУЕ», НПАОП 40.1-1.21-98 «ПБЕЕС», ДСТУ 7237:2011 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту», НПАОП 40.1-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів» або ГОСТ

12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Приміщення дослідницької лабораторії обладнане ПК з ВДТ і його обладнання має подвійну ізоляцію, яка складається з робочої та додаткової ізоляції відповідно вимог «ПУЕ», НПАОП 40.1-1.01-97 «ПБЕЕ», ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Ергономічні вимоги до моніторів, їх технічні характеристики (розмір екрана, роздільна здатність, зернистість зображення, значення частот вертикальної та горизонтальної розгортки, смуга пропускання відеосигналу, можливості регулювання, мікропроцесорне управління, динамічне фокусування, наявність інварової маски та розмагнічування, антивідблискове покриття, захист від електростатичних та електромагнітних полів, система управління енергоспоживанням) враховано згідно вимог розділу «Мінімальні вимоги по охороні праці» директиви ЕС 90/270 ЕЕС.

Символи на екрані чіткі і добре розрізняються, зображення без блимання, яскравість та контрастність легко регулюються, екран вільний від відблисків і відбиття, випромінювання знижені до надзвичайно малих рівнів. Застосування плоских екранів зменшує спотворення зображення, на екрані утворюється менше відблисків від відбитого світла. Для підвищення якості зображення, для зменшення відблисків, а також запобігання накопичення статичного заряду передбачається застосування моніторів, на поверхні екрана якого, на переднє скло ЕПТ нанесено спеціальні покриття.

5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Метеорологічні умови в приміщенні дослідницької лабораторії – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його

переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152 -80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи в приміщенні лабораторії, належать до категорії Іб – легка фізична робота, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 21-23 С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 22-24 С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату та трьохкратний повітряобмін за годину досягається оснащенням приміщень пристроями кондиціонування, вентиляції та дезодорації повітря, системам опалювання згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Оптимальні рівні позитивних (n^+) і негативних (n^-) іонів у повітрі приміщення з ВДТ відповідають вимогам ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» і становить: $n^+=1500-30000$ (шт. на 1см^3); $n^- = 3000-5000$ (шт. на 1см^3). Підтримку оптимального рівня легких позитивних і негативних аероіонів у повітрі на робочих місцях забезпечуються за допомогою біполярних коронних аероіонізаторів.

У приміщенні, згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» передбачено природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі або штори. Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Як джерела штучного освітлення в приміщенні застосовані люмінесцентні лампи типу ЛБ. При застосуванні яких дотримались наступних умов:

- температура навколишнього повітря не нижче, ніж 5°C;
- напруга на освітлювальних приладах не менше, ніж 90% номінальної.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи

з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання більш сучасного обладнання;
- розташування принтерів та різноманітного устаткування колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць працівників;
- переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках.

Рівні вібрації під час виконання робіт з ПК у приміщенні дослідницької лабораторії не перевищують допустимих значень, визначених в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Метою забезпечення захисту користувачів ПК від впливу іонізуючих випромінювань і від неіонізуючих електромагнітних полів і випромінювання моніторів, відповідно до вимог МРР II, НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» та ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», на робочих місцях обладнаних ПК встановлені рідкокристалічні монітори, які не є джерелами рентгенівського та електромагнітного випромінювань.

Розрахунок приміщення (лабораторії) оснащеного відеодисплейними терміналами

1. Приміщення, що обладнане ПК з ВДТ і розміщені робочі місця з ПК, спроектовано і організовано згідно ДСанПіН 3.3.2.007 -98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

2. Приміщення категорій А і Б (ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», а також виробництва з мокрими технологічними процесами поряд з

приміщеннях, де розташовуються ЕОМ, виконується їх обслуговування, налагодження і ремонт не передбачається.

3. Виробничі приміщення, в яких розташовані ЕОМ, не межують з приміщеннями, де рівні шуму та вібрації перевищують норму (механічні цехи, майстерні тощо).

4. Робоча кімната, де розташовані комп'ютери знаходиться на другому поверсі, т.б. відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007 -98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» враховано, що неприпустимим є розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах.

Площу приміщення, в якому розташовують відеотермінали, визначено згідно з чинними нормативними документами з розрахунку, що для забезпечення виробничого процесу необхідним є застосування 4 комп'ютерів.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.
- площа на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом - не менше 6,0 м².
- об'єм - не менше 20,0 м³, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні.

Врахуємо також розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007 -98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм.

Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Найкращим є розмістити комп'ютеризовані робочі місця в два ряди вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи.

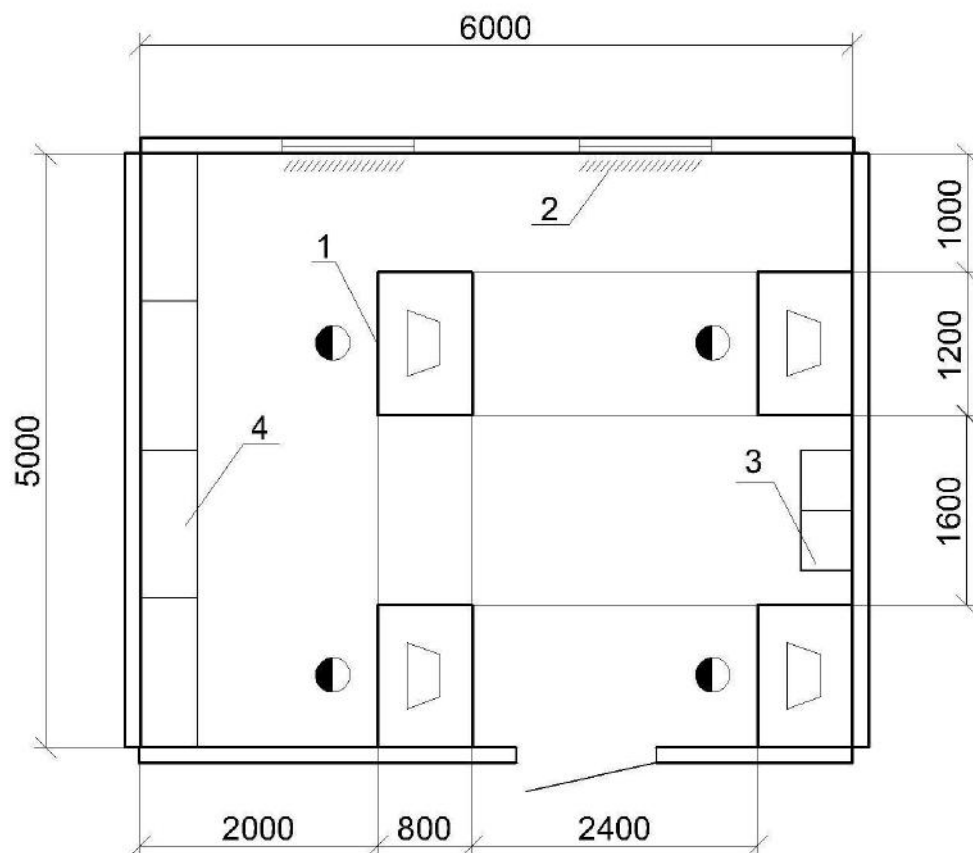


Рисунок 5.1 – План виробничого приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями: 1 - комп'ютеризоване робоче місце з ВДТ; 2 - сонцезахисні жалюзі; 3 - шафи для зберігання дискет та програмного забезпечення; 4 - шафи для зберігання документації та фахової літератури.

Таким чином, оскільки площа приміщення становить $S_{\text{пр}} = 30,0 \text{ м}^2$, а площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, то в даному приміщенні можна розмістити щонайбільше чотири комп'ютеризованих робочих місця. Такої кількості достатньо для технічного переоснащення виробництва.

Перевіримо, чи відповідає це число нормативу щодо мінімального об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ ($V_{\text{р.м.мін}} = 20 \text{ м}^3$), згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних

машин». Якщо висота приміщення 4 метра, об'єм приміщення становить 120 м³, а об'єм, що припадає на одне комп'ютеризоване робоче місце - VP.M. = 30 м³. Таким чином норматив щодо об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ виконується.

У відповідності ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно - обчислювальних машин», з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Для запобігання кістково-м'язових порушень у зв'язку з тривалим статичним напруженням м'язів спини, ший, рук і ніг необхідно передбачити перерви в роботі та виконувати фізичні вправи 2-3 рази протягом робочого часу. Застосування меблів та організація робочого місця згідно рекомендацій ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования», ДСТУ ISO 9241 -5-2004 «Ергономічні вимоги до роботи з відеотерміналами в офісі. Частина 5. Вимоги до компонування робочого місця та до робочої пози» дає можливість не тільки уникнути прояву захворювань але і забезпечує гарний настрій та високий рівень працездатності.

Таким чином, передбачені для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії та гігієни праці забезпечують безпечні та комфортні умови праці персоналу.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б

В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02 - 85* «Производственные здания» приміщення дослідницької лабораторії відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із приміщення обладнаного ПК з ВДТ та два евакуаційних виходи. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02 -85* «Производственные здания» не обмежується.

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежанебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащене переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну

працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ також передбачено систему та автоматичного пожежогасіння первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

5.5 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях

Згідно вимог «Кодексу цивільного захисту (далі – ЦЗ) України» навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях (далі – НС) здійснюється:

- за місцем роботи – працюючого населення;
- за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- за місцем проживання – непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- працюючого та непрацюючого населення – на Державну службу України з НС (далі – ДСНС України), Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно - методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

- дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з ДСНС України.

Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця

за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається ДСНС України.

Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання у кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

Програми навчання з питань пожежної безпеки погоджуються з ДСНС України.

Культура безпеки життєдіяльності населення – це сукупність цінностей, стандартів, моральних норм і норм поведінки, спрямованих на підтримання самодисципліни як способу підвищення рівня безпеки.

Популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, громадськими організаціями шляхом:

- проведення шкільних, районних (міських), обласних та всеукраїнських змагань з безпеки життєдіяльності;
- проведення навчально-тренувальних зборів і польових таборів;
- участі команд – переможниць у заходах міжнародного рівня з цих питань.

Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу за рахунок коштів, передбачених на фінансування навчальних закладів.

Навчання дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем проводиться шляхом формування у них поведінки, відповідної віку дитини, щодо власного захисту та рятування.

Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби масової інформації іншу наочну продукцію, відомості про надзвичайні ситуації, у зоні яких або у зоні можливого ураження від яких може опинитися місце проживання непрацюючих громадян, а також про способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Передбачений комплекс заходів з пожежної безпеки і цивільного захисту, щодо навчання працюючого та непрацюючого населення основним нормам поведінки та діям у надзвичайних ситуаціях, підвищує стійкість роботи об'єкта та забезпечує безпеку персоналу в умовах пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

Правильно розроблена технологія дозволяє з малими витратами випускати велику кількість виробів високої якості. Це досягається за умови, що усі встановлені вимоги технології неухильно виконуються.

В ході виконання магістерської роботи були засвоєні і поглиблені знання, отримані в курсі "Технологія машинобудування". Набуті навички в складанні технологічних процесів на виготовлення деталі.

В магістерській роботі відповідно до початкових даних було виконано наступне:

- вибрана заготовка і метод її отримання;
- спроектовано маршрут обробки поверхонь і маршрут виготовлення деталі;
- розраховані режими різання на операції: фрезерно-центрувальну, токарну, фрезерну і зубофрезерну;
- виконано нормування за цими операціями;
- спроектовано наладку верстата на токарну операцію;
- визначена необхідна кількість устаткування, а також виконано проектування ділянки;
- спроектовано робоче пристосування для шпоночно-фрезерної операції
- спроектовано контрольне пристосування

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Додатки до методичних вказівок “Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічних процесів механічної обробки” для виконання курсових і дипломних проектів з технології машинобудування, авіаційних двигунів та енергетичних установок. – Запоріжжя ЗДТУ, 1996.
2. Методичні вказівки до курсового проектування з технології машинобудування та технології авіадвигунів ч. I, ч. II / Укл.: В.К. Яценко – Запоріжжя: ЗДТУ, 1999.
3. Методические указания к практическим занятиям по технологии машиностроения / Сост.: В.Д. Хорошков – Запорожье: ЗМИ, 1989 – 76 с.
4. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учебное пособие/ П.А. Руденко, Ю.А.Харламов, В.М. Плескач; Под общей ред. В.М. Плескача – К.: Выща школа, 1991 – 247 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 656с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985 – 696с.
7. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов] – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1983 – 256 с.
8. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2. Техническое нормирование станочных работ. Под ред. Е.И. Стружестраха – М.: МАШГИЗ, 1961 – 892 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках, часть 1 / Изд. 2-е-М.: машиностроение, 1974 – 406 с.
10. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник. – М.: Машиностроение, 1972 – 407 с.
11. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов. Станочные приспособления. Монография. – г. Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич», 2000 – 461 с.
12. Болотин Х.Л. Станочные приспособления. – М.: Машиностроение, 1973 – 344 с.