



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

на дипломний проект (роботу) Шляхи підвищення ефективності виномовлення шпокових прот епек
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

Студент Щепін Є.В.

Спеціальність 131 Прикладна механіка група МЗ - 113 м

Обсяг проекту (роботи) новий

Кількість аркушів креслення 7 А1

Кількість сторінок пояснювальної записки 123

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень в роботі
визначено способи отримання зготовки, розробки
принципи, режими різання, обробки об'єднання,
що підвищує ефективність виготовлення шпо-
кових прот епек, при цьому заходи з
техніки безпеки та охорони праці

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

виконана робота відповідає
завданню

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

робота виконана з використанням
в технологічному процесі про-
грамного об'єднання

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

в технологічних картках невірно вказано
твердість деталей на шкідливих осе-
рациях після термообробки

д) позитивні особливості робота виконана з вико-
ристанням комп'ютерних графічних
продуктів

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи) графічне позначення полязован-
ня землі одержані відповідно
до вимог стандартів

є) відгук про роботу загалом робота виконана в
повному обсязі

ж) інші зауваження

з) оцінка проекту (роботи) в цілому робота
заслужує оцінки "добре"

/ Рецензію склав

доц. Якішуків А.В.

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


(підпис)

« 19 » 12 20 18 р.

[14:41:39]  Найдено 1% совпадений по адресу: <https://dwg.ru/dnl/3854>

[14:41:41]  Найдено 1% совпадений по адресу:
http://www.exclusivediplom.ru/comp/diplomnie_proekti/po_selsohozyajstvennym_stroitelny_m_dorozhny_m_mashinam/traktor_gusenichnyj_sel_skohozyajstvennyj_tyagovogo_klassa_3_na_baze_vt-100_podveska_s_gidravlicheskim_amortizatorom/

[14:41:41]  Найдено 1% совпадений по адресу: <https://www.twirpx.com/file/40366/>

[14:43:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №692 [3] (200052 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:44:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №697 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:45:01] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №702 [3] (200013 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:45:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №707 [3] (200035 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:46:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №712 [3] (200035 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:46:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №717 [3] (200038 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:47:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №722 [3] (200045 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:47:39] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №727 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:48:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №732 [3] (200014 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:48:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №737 [3] (200025 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №742 [3] (200018 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:56] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №747 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №752 [3] (200057 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №757 [3] (200047 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:45] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №762 [3] (200015 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:52:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №767 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:52:34] Тип проверки: *Стандартная*

[14:52:34] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 29%)**

[14:52:34] **Уникальность текста 83%**[©] (Проигнорировано подстановок: 2%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Щепін Є.В., провів

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

20.12.2018р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний, машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Технології машинобудівний

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Шляхи підвищення ефективності виготовлення шпонкових
протяжок

Виконав: студент 6 курсу, групи Мз-113м

спеціальності (напряму підготовки)

131- Прикладна механіка

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Щепін Євгеній Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник Дядя С.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Петюкін А.В.

(прізвище та ініціали)

м.Запоріжжя
20 18 рік

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) Другий (магістерський)
 Спеціальність 131 Прикладна механіка
 (код і назва)
 Напрямок підготовки _____
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри Т.М.Б.
доч. Дядя С.І.
 "19" 12 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Щепін Євгеній Володимирович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Шляхи підвищення ефективності виготовлення
протяжок

керівник проекту (роботи) Дядя С.І.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "28" 11 2018 року №372

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.12.2018р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення деталі, річна програма
N100

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологічна частина. конструкторська частина. Автоматизація контролю
заданих розмірів. Спеціальне завдання електронної обробки. Оптимізація геометрії
деталі. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі. Креслення заготовки. Креслення автоматизації. Креслення робочого
та контрольного пристосування.

7. Дата видачі завдання 03.09.2018р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Студент  **Щепін Е.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ **Дядя С.І.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 120 с, 10 табл., 2 додатки, 17 джерел.

Об'єкт дослідження – технологія виготовлення шпонкових протяжок.

Мета роботи – дослідити шляхи підвищення ефективності виготовлення шпонкових протяжок.

Метод дослідження – емпіричний, аналіз існуючих методів підвищення ефективності виготовлення шпонкових протяжок.

Метою магістерської роботи є аналіз шляхів підвищення ефективності виготовлення шпонкових протяжок. Вагому роль у формуванні якості протяжок відіграє її термічна обробка. Вона визначає характеристики протяжки як різального інструменту. Традиційні методи термічної обробки сильно залежать від впливу людського фактору. Для виключення цієї складової пропонується використання вакуумних печей і напіваавтоматичних ліній для термічної обробки.

Графічна частина проекту складається з робочого креслення протяжки, креслень пристосувань верстатного для фрезерування і контрольного для перевірки висоти ріжучих і калібрувальних зубів, плакат по автоматизації, плакат по розробці операції для верстата з ЧПК, плакатів по спецзавданням.

Альбом технологічних карт оформлений окремим томом. Він включає розробку технологічного процесу обробки протяжки.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЕФЕКТИВНІСТЬ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ПРОТЯЖКА, СОЛЯНІ ВАННИ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

РТК	Розрахунково-технологічна карта
КГШП	Кривошипно-горячештамповочний прес
МОП	Маршрут обробки поверхні
КП	Керуюча програма
ППД	Поверхнево-пластична деформація
ППТК	Послідовність показників точності і якості
МОР	Мастильно-охолоджуюча рідина
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
ТВ	Технічні вимоги
ХТО	Хіміко-термічна обробка

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	5
ВСТУП	9
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	10
1.1.1 Призначення деталі	10
1.1.2 Технологічний контроль креслення	10
1.1.3 Характеристика формотворчих поверхонь.....	11
1.1.5 Механічні властивості матеріалу.....	13
1.2 Визначення типу виробництва	14
1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	15
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	15
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	15
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	23
1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки	23
1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом	23
1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом	31
1.6 Розрахунок режимів різання.....	33
1.6.1 Операція 040 (фрезерна з ЧПК)	33
1.6.2 Операція 035 (фрезерна).....	36
1.6.3 Операція 060 (плоскошліфувальна)	38
1.6.4 Операція 105 (плоскошліфувальна)	41
1.7 Нормування операцій	44

1.8 Розробка технологічної операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM.....	49
1.8.1 Розробка фрезерної операції	49
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	56
2.1 Проектування робочого пристосування	56
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	56
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	57
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	59
2.2 Проектування контрольного пристосування	61
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТЕРМІЧНОЇ І ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТІВ У СОЛЯНИХ ВАННАХ	63
3.1 Загальні положення	63
3.2 Агрегати для термічної обробки інструментів	69
3.2 Потоківі напівавтоматичної лінії для термічної обробки інструментів	74
4 ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ПРОТЯЖОК.....	78
4.1 Особливості термічної обробки швидкорізальних сталей	78
4.2 Швидкорізальної сталі	78
4.3 Термічна обробка в соляній ваннах	79
4.4 Технологія термічної обробки великогабаритних протяжок в соляних ваннах.....	83
4.4 Термічна обробка у вакуумних печах	87
5 ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ	96
5.1 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	96
5.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції.....	98
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	100
6.1 Аналіз потенційних небезпек	100
6.2 Аналіз потенційних небезпек	103
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	107

	8
6.4 Заходи з пожежної безпеки.....	112
6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	114
ВИСНОВОК.....	118
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	119
ДОДАТОК А СПЕЦИФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ	121
ДОДАТОК Б СПЕЦИФІКАЦІЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ...	123

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва в ринкову економіку перед ним постають безліч різних завдань і питань, які потребують негайного і правильного їх вирішення.

Зростаюча конкуренція серед виробників продукції вимагає в мінімальні терміни, максимальної якості з найменшою собівартістю обробки виробу.

Собівартість виробу в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів на виробництві продукції, застосування відповідно прогресивного технологічного обладнання та скорочення тривалості виробничого циклу і виготовлення деталі.

Все вищеуказане відноситься и до виготовлення різального інструменту, який забезпечує як продуктивність, так и точність обробки. При цьому , як правило, різальній інструмент у тому числі протяжки є дорогим. Тому активним завданням є зниженням його собівартості.

Метою магістерської роботи є визначення шляхів підвищення ефективності виготовлення протяжок. Для цього треба вирішити наступні завдання; визначення способу отримання заготовки, розрахунок припусків, режими різання, призначення обладнання різального інструменту, що забезпечують підвищують ефективність виготовлення різального інструменту.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.1.1 Призначення деталі

Протяжка (рис. 1.1) використовується в якості інструмента для протягування внутрішніх шпонкових пазів у внутрішніх циліндричних отворах.

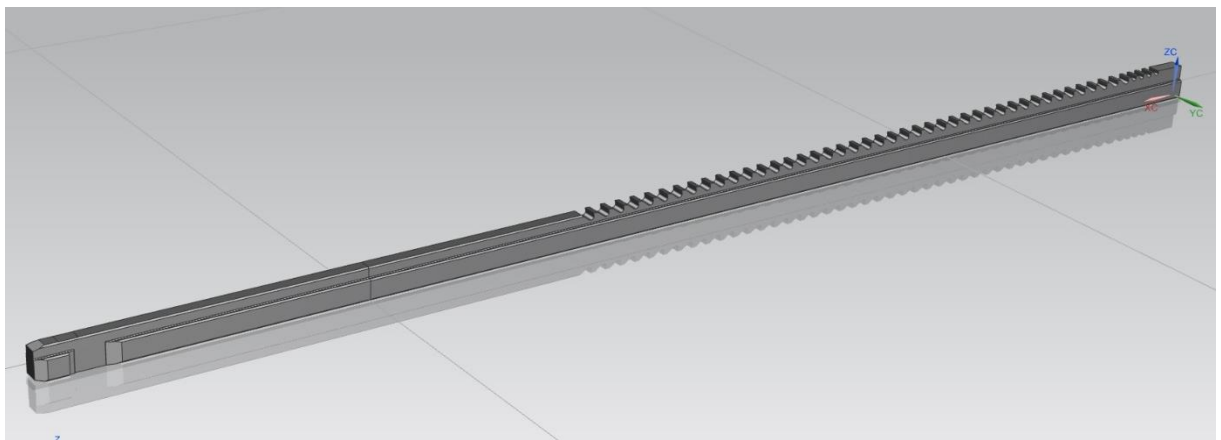


Рисунок 1.1 – Протяжка

1.1.2 Технологічний контроль креслення

Робоче креслення деталі (ЗНТУ 283376.025) містить всі необхідні відомості, що дають повне уявлення про конструкцію деталі, тобто наявність всіх необхідних проекцій, перетинів, розмірів. На кресленні вказані всі необхідні розміри з відхиленнями, шорсткістю оброблюваних поверхонь, допуск відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємного положення поверхонь.

Креслення містить відомості про матеріал і масу деталі.

Креслення деталі зроблений згідно СТ СЭВ 1181-78. Розміри проставлені згідно ГОСТ 2307-68. Граничні відхилення наведені згідно ОСТ 141154-86.

Допуски форми і розташування поверхні виконані по ГОСТ 2.308-79.

Шорсткість на кресленні проставлена у відповідності з ГОСТ 2309-73.

1.1.3 Характеристика формотворчих поверхонь

Протяжка складається з замкової частини та робочої частини. Замкова частина призначена для захвату верстата і складається з поверхонь 1,2,6-11.

На робочій частині розставлені різальні зубці та калібруючі, що складаються з поверхонь 3,4,12-23. На рис. 1.2 показана розмітка основних формотворчих поверхонь протяжки. У таблиці 1.1 зведені характеристики основних формотворчих поверхонь.

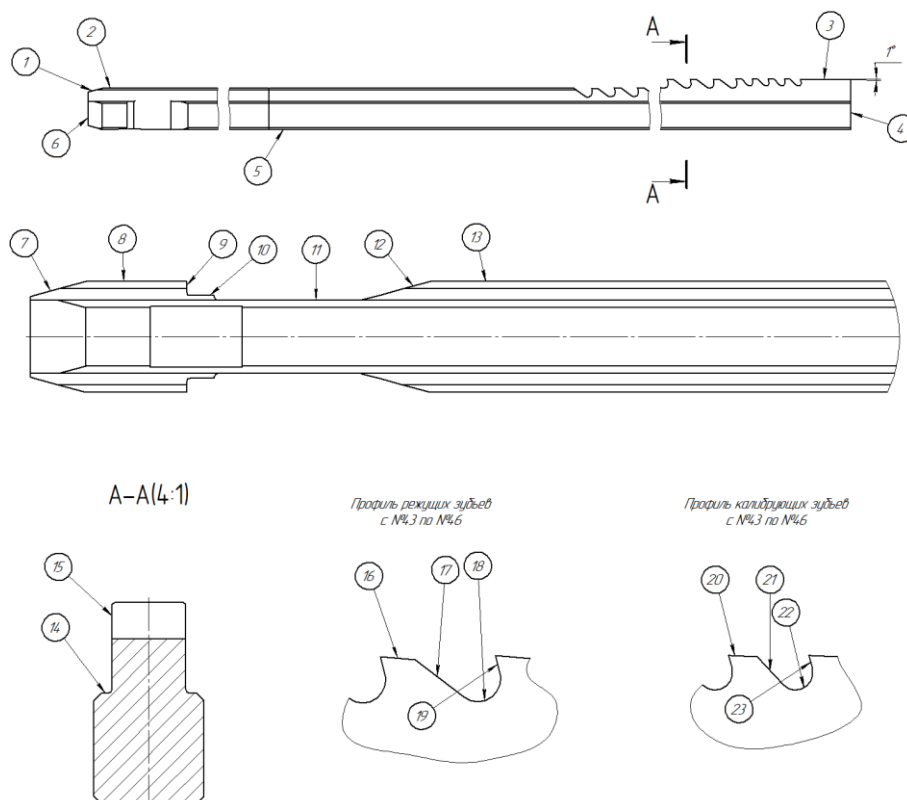


Рисунок 1.2 – Розмітка поверхонь

Таблиця 1.1 – Характеристики основних формотворчих поверхонь

№ поверх ні	Характер поверхні	Розмір	Квалітет	Допуск на розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм
1	плоска, наклонна	$6 \times 15^\circ$	14	0,3	0,8
2	плоска	18	14	0,43	0,2
3	плоска, наклонна	$21,9 \times 1^\circ$	6	0,01	0,2
4	торцева	790	20	8000	0,8
5	плоска	18	14	0,43	0,8
6	торцева	790	20	8000	0,8
7	плоска, наклонна	$6 \times 15^\circ$	14	0,3	0,8
8	плоска	$12f7(\begin{smallmatrix} -0,016 \\ -0,034 \end{smallmatrix})$	7	0,018	0,8
9	торцева	20	14	0,52	0,8
10	плоска	9	14	0,36	0,8
11	плоска	$8c11(\begin{smallmatrix} -0,08 \\ -0,17 \end{smallmatrix})$	11	0,09	1,6
12	плоска, наклонна	$8 \times 15^\circ$	14	0,36	0,8
13	плоска	$12f7(\begin{smallmatrix} -0,016 \\ -0,034 \end{smallmatrix})$	7	0,018	0,8
14	плоска	12	14	0,43	0,8
15	плоска	$8c11(\begin{smallmatrix} -0,08 \\ -0,17 \end{smallmatrix})$	11	0,09	0,2
16	фаска	$10 \pm 0,4 \times 5^\circ$	15	0,8	0,2
17	плоска	3	14	0,3	0,8
18	радіус	R2	14	0,3	0,4
19	плоска	$10 \pm 0,4 \times 5^\circ$	14	0,4	0,8
20	фаска	$7 \pm 0,2 \times 5^\circ$	14	0,4	0,2
21	плоска	2,5	14	0,3	0,8
22	радіус	R1,5	14	0,3	0,4
23	плоска	$7 \pm 0,2 \times 5^\circ$	14	0,4	0,8

1.1.5 Механічні властивості матеріалу

Матеріал деталі: Сталь Р6М5 ГОСТ 19625-85 (табл. 1.2).

Сталь Р6М5 застосовується у випадках, коли потрібна велика в'язкість ніж у сталі марки 12Х – для виготовлення холодних штамів високої стійкості проти стирання (переважно з робочою частиною округлої форми), що не піддаються сильним ударам і поштовхам, волочильних дошок і волок, для калібрування пруткового металу під накатку різьблення, гнуття і формувальних штамів, складних секцій кузовних штамів, які при загартуванню не повинні піддаватися значним об'ємним змінам і викривлення, матриць і пуансонів вирубних і просічних штамів.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, %

C	Cr	W	Mo	V	S	P	Mn	Si
0,8-088	3,8-4,4	5,5-6,5	3,0-5,5	0,15-0,3	до 0,025	до 0,03	до 0,5	до 0,5

Сталь Р6М5 використовується для виготовлення профілювальних роликів складних форм, секцій кузовних штамів складних форм, складних диетрошівочних матриць при формуванні листового металу, еталонних шестерень, накатних плашок, волок, матриць і пуансонів вирубних, просічних штамів (в тому числі поєднаних і послідовних) зі складною конфігурацією робочих частин, штамповок активної частини електричних машин. Механічні властивості Сталі Р6М5 наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості в залежності від температури відпустки

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	KCU (кДж / м ²)
-	2120	-	-	5,20

1.2 Визначення типу виробництва

Попередньо тип виробництва на початковій стадії розробки технологічного процесу визначають залежно від річної програми (100 шт.) Випуску і маси деталі (1,21 кг). Згідно таблиці 1.4 тип виробництва – дрібносерійне (табл. 1.5).

Таблиця 1.4 – Таблиця для попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, шт		
	Важкі, масою більше 100 кг	Середні, масою 10 – 100 кг	Легкі, масою до 10 кг
Одиничне	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 – 200	100 - 500
Серійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Багатосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	понад 1000	понад 5000	понад 50000

Остаточню тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій на ділянці або потокової лінії. Коефіцієнт закріплення - це відношення всіх деталей-операцій, які виконуються чи повинні бути виконані на ділянці протягом місяця, до кількості робочих місць.

Форма організації - змінно-потокова.

Кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{a \cdot N}{251}, \quad (1.1)$$

де $a = 2 \dots 16$ днів – період запуску партії;

$N = 100$ шт. – річна програма випуску.

Розрахуємо кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{15 \cdot 100}{251} = 6.$$

1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Виходячи з призначення деталі, умов її експлуатації і матеріалу, заготовку отримують зварюванням з двох полос, одна з яких виготовлена з матеріалу Сталь 40Х, а інша з швидкорізальної сталі – Сталь Р6М5. Полоси в свою чергу виготовляються гарячою прокаткою.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

У звичайному випадку конструкція деталі вважається технологічною, якщо вона забезпечує просте і економне виробництво. Загальними критеріями оцінки технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості – T і технологічної собівартості – B її виробництва. Оцінити показники T і B на початковому етапі проектування ТП неможливо через відсутність необхідних вихідних даних.

Технологічність деталі на початковому етапі проектування ТП можна визначити за допомогою ряду показників.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{m}{M_3}, \quad (1.2)$$

де m – маса деталі;

M_3 – маса заготовки.

Масу заготовки визначаємо за допомогою 3D моделі заготовки, виконаної в програмі КОМПАС 3D (рис. 1.3).

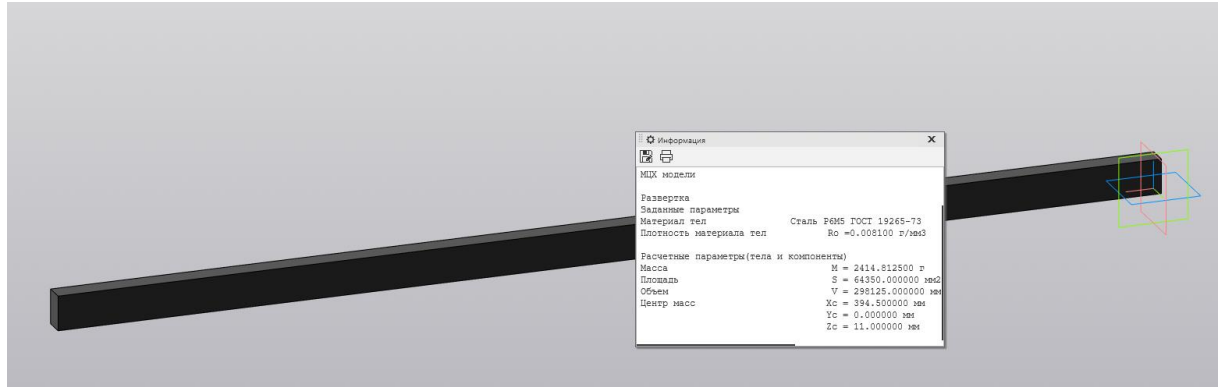


Рисунок 1.3 – Модель заготовки

$$\eta = \frac{1,21}{2,4} = 0,51,$$

За коефіцієнт використання матеріалу видно, що значна частина матеріалу йде у відходи (стружку). Тому за цим параметром деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструкції елементів деталі:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (1.3)$$

де: $Q_3 = 32$ – загальна кількість конструктивних елементів.

$Q_{y3} = 26$ – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{ye} = \frac{56}{68} = 0,82,$$

Так як коефіцієнт уніфікації $K_{ye} = 0,82 > 0,6$, то деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8, \quad (1.4)$$

де: A_{cp} – середнє значення квалітету точності.

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

де: A_i – квалітет точності i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету;

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 11 \cdot 2 + 14 \cdot 15 + 15 \cdot 1 + 20 \cdot 2}{23} = \frac{307}{23} = 13,3.$$

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{13,3} = 0,92.$$

Так як $K_{TO} = 0,92 > 0,8$ то деталь можна вважати технологічною за даним показником.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32, \quad (1.6)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості по робочим кресленням:

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.7)$$

де B_i – клас шорсткості i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{0,2 \cdot 5 + 0,4 \cdot 2 + 0,8 \cdot 15 + 1,6 \cdot 1}{23} = \frac{15,4}{23} = 0,67.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{0,67} = 1,5.$$

Так як, $K_{ш} = 1,5 > 0,32$ то можна сказати, що за показником коефіцієнта шорсткості деталь не є технологічною.

За двома з чотирьох показників деталь протяжка є технологічною. Якщо деталь хоч по одному показнику не є технологічною, то в цілому її можна вважати нетехнологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Поверхня 21,9_{-0,01}

Розробимо МОП на плоскій поверхні 21,9_{-0,01}. Параметри деталі:

- квалітет – 6. Допуск – $T = 0,01$ мм;
- шорсткість – $Ra = 0,2$. Клас шорсткості – $\nabla 9$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $\begin{smallmatrix} +0,4 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ [3, табл. 3.2, с. 16], квалітет – 15. Допуск – $T = 0,9$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];
- шорсткість – $Ra = 50$ [1, табл. 2.2, с. 34]. клас шорсткості – $\nabla 2$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}, \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{900}{10} = 90,0; \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{50}{0,2} = 250.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник шорсткості, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p = 2 \lg \varepsilon_o, \quad (1.9)$$

$$k_p = 2 \lg 250,0 = 4,79.$$

Приймаємо $k = 5$ переходів.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру:

IT15 $\Rightarrow$ h12 $\Rightarrow$ h9 $\Rightarrow$ h8 $\Rightarrow$ h7 $\Rightarrow$ h6;

– за шорсткістю поверхні:

$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 6 \Rightarrow \nabla 7 \Rightarrow \nabla 8 \Rightarrow \nabla 9$,

або краще

Ra 50 $\Rightarrow$ Ra 12,5 $\Rightarrow$ Ra 3,2 $\Rightarrow$ Ra 0,8 $\Rightarrow$ Ra 0,4 $\Rightarrow$ Ra 0,2.

За рекомендацією [2] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити плоским тонким шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове фрезерування, попереднє шліфування і чистове шліфування. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [2, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (табл. 1.6).

Поверхня $8c11_{-0,17}^{-0,08}$

Розробимо МОП на плоскій поверхні $8c11_{-0,17}^{-0,08}$. Параметри деталі:

- квалітет – 11. Допуск – $T = 0,09$ мм;
- шорсткість – $Ra = 0,2$. Клас шорсткості – $\nabla 9$ [1, табл. 2.5, с. 35].

Параметри заготовки:

- поле допуску – $_{-0,5}^{+0,4}$ [3, табл. 3.2, с. 16], квалітет – 16. Допуск – $T = 0,9$ мм [3, табл. 3.1, с. 14];
- шорсткість – $Ra = 50$ [1, табл. 2.2, с. 34]. клас шорсткості – $\nabla 2$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{oIT} &= \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, & \varepsilon_{oRa} &= \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}, \\ \varepsilon_{oIT} &= \frac{900}{90} = 10,0; & \varepsilon_{oRa} &= \frac{50}{0,2} = 250. \end{aligned} \quad (1.10)$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник шорсткості, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$\begin{aligned} k_p &= 2 \lg \varepsilon_o, \\ k_p &= 2 \lg 250,0 = 4,79. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Приймаємо $k = 5$ переходів.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру:

$IT16 \Rightarrow h14 \Rightarrow h12 \Rightarrow h11 \Rightarrow h11 \Rightarrow h11$;

– за шорсткістю поверхні:

$\nabla 2 \Rightarrow \nabla 4 \Rightarrow \nabla 6 \Rightarrow \nabla 7 \Rightarrow \nabla 8 \Rightarrow \nabla 9$,

або краще

$Ra\ 50 \Rightarrow Ra\ 12,5 \Rightarrow Ra\ 3,2 \Rightarrow Ra\ 0,8 \Rightarrow Ra\ 0,4 \Rightarrow Ra\ 0,2$.

За рекомендацією [2] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити плоским тонким шліфуванням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжні переходи: чорнове і чистове фрезерування, попереднє шліфування і чистове шліфування. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.6).

За [2, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і їхні добутки (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 – Маршрут обробки поверхонь

Характер і показники точності і якості поверхні деталі і заготовки	Показники	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			розрахункове	прийняте		i	Метод обробки	розміру	шорсткості	розміру	шорсткості
Плоска поверхня 21,9 _{-0,01} ; $Ra = 0,2$. Заготовка: $^{+0,4}_{-0,5}$, $\sim IT15$, $Ra = 50$.	T	90	4,79	5	$\Delta_{кв.} = 1T15 - h6 = 3+3+1+1+1$	0	Заготовка	900	50	-	-
					$IT15 \Rightarrow h12 \Rightarrow h9 \Rightarrow h8 \Rightarrow h7 \Rightarrow h6$	1	Фрезерування чорнове	210	12,5	4,28	4
	Ra	250			$\Delta_{кл.} = \nabla 9 - \nabla 2 = 2+2+1+1+1$	2	Фрезерування чистове	52	3,2	4,04	3,9
					$Ra 50 \Rightarrow Ra 12,5 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 0,8 \Rightarrow Ra 0,4 \Rightarrow Ra 0,2$.	3	Шліф. 1	33	0,8	1,57	4
							ТО				
						4	Шліф. 2	21	0,4	1,57	2
						5	Шліф. 3	10	0,2	2,1	2
											90
Плоска поверхня 8с11 $^{-0,08}_{-0,17}$; $T=0,09$ мм; $Ra = 0,2$. Заготовка: $^{+0,4}_{-0,5}$, $\sim IT15$, $Ra = 50$.	T	10	4,79	5	$\Delta_{кв.} = 1T15 - h6 = 3+3+1+1+1$	0	Заготовка	900	50	-	-
					$IT16 \Rightarrow h14 \Rightarrow h12 \Rightarrow h11 \Rightarrow h11 \Rightarrow h11$	1	Фрезерування чорнове	360	12,5	2,5	4
	Ra	250			$\Delta_{кл.} = \nabla 9 - \nabla 2 = 2+2+1+1+1$	2	Фрезерування чистове	150	3,2	2,4	3,9
					$Ra 50 \Rightarrow Ra 12,5 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 0,8 \Rightarrow Ra 0,4 \Rightarrow Ra 0,2$.	3	Шліф. 1	90	0,8	1,67	4
							ТО				
						4	Шліф. 2	90	0,4	1	2
						5	Шліф. 3	90	0,2	1	2
											10

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головне завдання технології – забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), а організаційні основи – при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, в якому на основі компонування раніше розроблених МОП встановлено склад і послідовність операцій технологічного процесу, зазначені тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, наведені вхідні і вихідні характеристики оброблюваних поверхонь і т.п.

Маршрут виготовлення деталі представлений на плакаті в графічній частині магістерської роботи.

1.5 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки

1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом

При розрахунку припусків аналітичним методом мінімальний операційний припуск визначається за формулами. При послідовній обробці протилежних поверхонь припуск визначається за формулою:

$$Z_i^{min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \quad (1.12)$$

При паралельній обробці протилежних поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i], \quad (1.13)$$

При обробці діаметральних зовнішніх і внутрішніх поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.14)$$

де: Rz – висота нерівностей профілю поверхні на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні обробленої на попередній операції;

Δ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на (i-1) операції;

ε_{i-1} – похибка установки заготовки на операції, що виконується.

Розрахунок припусків і технологічних розмірів механічної обробки поверхні 8c11 $_{-0,17}^{-0,08}$.

Вихідні дані:

Матеріал деталі – Сталь Р6М5; твердість – HRC 61...66; шорсткість поверхні – Ra 0,2; заготовка – прокат; маса заготовки 2,4 кг.

Технологічний маршрут обробки поверхні:

- 1) заготовка прокат;
- 2) фрезерування чорнове;
- 3) фрезерування чистове;
- 4) плоске шліфування 1;
- 5) ТО;
- 4) плоске шліфування 2;
- 5) плоске шліфування 3.

Для заготовки:

$R_{Z1} = 125 \text{ мкм}$, $h=150 \text{ мкм}$. [1,табл.2.4,с.35];

Сумарна похибка форми і просторового відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (1.15)$$

де: $\rho_{\text{см}} = 0,5 \text{ мм.}$, по [2, табл.17, с.186];

$\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot l$, де $\Delta_K = 1 \text{ мкм/мм}$. [2,табл.16,с.186]

$l = 800 \text{ мм}$;

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{500^2 + (1 \cdot 800)^2} = 943 \text{ мкм.}$$

Фрезерування чорнове:

$R_z = 32 \text{ мкм}$, $h = 50 \text{ мкм}$, [2, табл. 25, с.188].

$\Delta_1 = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y$, $K_y = 0,06$, [2, табл. 29,с.190].

$\varepsilon_1 = 200 \text{ мкм}$.

$$\Delta_1 = 943 \cdot 0,06 = 57 \text{ мкм.}$$

Фрезерування чистове:

$R_z = 10 \text{ мкм}$, $h = 15 \text{ мкм}$, [2, табл. 25 , с.188].

$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot K_y$, $K_y = 0,05$, [2, табл. 29, с. 190].

$\varepsilon_2 = 100 \text{ мкм}$.

$$\Delta_2 = 57 \cdot 0,05 = 3 \text{ мкм.}$$

Плоске шліфування 1:

$R_z = 10 \text{ мкм}$, $h = 20 \text{ мкм}$, [2, табл. 24, с. 187].

$$\Delta_3 = \Delta_2 \cdot K_y, K_y = 0,03, [2, \text{табл. 29, с. 190}].$$

$$\varepsilon_3 = 50 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_3 = 3 \cdot 0,03 \approx 0 \text{ мкм.}$$

Термообробка:

$$\Delta_4 = \sqrt{0^2 + (1 \cdot 800)^2} = 800 \text{ мкм}$$

Плоске шліфування 2:

$$R_z = 5 \text{ мкм}, h = 15 \text{ мкм}, [2, \text{табл. 24, с. 187}].$$

$$\Delta_5 = \Delta_4 \cdot K_y, K_y = 0,02, [2, \text{табл. 29, с. 190}].$$

$$\varepsilon_5 = 50 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_5 = 800 \cdot 0,02 = 16 \text{ мкм.}$$

Плоске шліфування 3:

$$R_z = 2,5 \text{ мкм}, h = 5 \text{ мкм}, [2, \text{табл. 24, с. 187}].$$

$$\Delta_6 = \Delta_5 \cdot K_y, K_y = 0,02, [2, \text{табл. 29, с. 190}].$$

$$\varepsilon_6 = 50 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_6 = 16 \cdot 0,02 \approx 0 \text{ мкм.}$$

Розрахуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.22).

$$\text{Фрезерування чорнове} - 2Z_{1min} = 2(125 + 150 + 943 + 200) = 2,836 \text{ мкм.}$$

Фрезерування чистове – $2Z_{2\min} = 2(32 + 50 + 57 + 100) = 0,478$ мкм.

Плоске шліфування 1 – $2Z_{3\min} = 2(10 + 15 + 3 + 50) = 0,156$ мкм.

Плоске шліфування 2 – $2Z_{5\min} = 2(10 + 20 + 800 + 50) = 1,86$ мкм.

Плоске шліфування 3 – $2Z_{6\min} = 2(10 + 15 + 1,2 + 50) = 0,152$ мкм.

Допуски на розміри призначаємо за [2, табл. 32, с. 192] з урахуванням квалітету допуску розміру. Результати заносимо в таблицю 1.7.

Допуск на розмір заготовки знаходимо за [3, табл. 3.2, с. 16], з урахуванням маси заготовки, групи матеріалу, ступеня складності штампування і розміру заготовки.

$$TA_{\text{заг}} = {}^{+0,4}_{-0,5} = 0,9 \text{ мм.}$$

Розрахуємо технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Максимальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$A_{6\max} = A_{6\text{ном}} + eiA_6; \quad (1.16)$$

$$A_{6\min} = 8 + (-0,08) = 7,92 \text{ мм.}$$

Далі максимальні розміри знаходимо за формулою:

$$A_{i\max} = A_{i+1\max} + 2Z_{i+1\min} + TA_i, \quad (1.17)$$

$$A_{5\max} = A_{6\max} + 2Z_{6\min} + TA_5 = 7,83 + 0,152 + 0,09 = 8,162 \text{ мм,}$$

$$A_{3\max} = A_{5\max} + 2Z_{5\min} + TA_3 = 7,83 + 1,86 + 0,09 = 10,112 \text{ мм,}$$

$$A_{2\max} = A_{3\max} + 2Z_{3\min} + TA_2 = 10,112 + 0,156 + 0,15 = 10,418 \text{ мм,}$$

$$A_{1\max} = A_{2\max} + 2Z_{2\min} + TA_1 = 10,418 + 0,478 + 0,36 = 11,256 \text{ мм,}$$

$$A_{\text{заг}\max} = A_{1\max} + 2Z_{1\min} + TA_{\text{заг}} = 11,256 + 2,836 + 0,9 = 14,992 \text{ мм.}$$

Мінімальні розміри поверхонь для переходів розрахуємо за формулою:

$$A_{i \min} = A_{i \max} - TA_i, \quad (1.18)$$

$$\begin{aligned} A_{6 \min} &= A_{6 \max} - TA_6 = 7,92 - 0,09 = 7,83 \text{ мм}, \\ A_{5 \min} &= A_{5 \max} - TA_5 = 8,162 - 0,09 = 8,072 \text{ мм}, \\ A_{3 \min} &= A_{3 \max} - TA_3 = 10,112 - 0,09 = 10,022 \text{ мм}, \\ A_{2 \min} &= A_{2 \max} - TA_2 = 10,418 - 0,15 = 10,268 \text{ мм}, \\ A_{1 \min} &= A_{1 \max} - TA_1 = 11,256 - 0,36 = 10,896 \text{ мм}, \\ A_{\text{заг} \min} &= A_{\text{заг} \max} - TA_{\text{заг}} = 14,992 - 0,9 = 14,092 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Розрахуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i \max} = A_{i-1 \max} - A_{i \min}, \quad (1.19)$$

$$\begin{aligned} 2Z_{6 \max} &= A_{5 \max} - A_{6 \min} = 8,162 - 7,83 = 0,332 \text{ мм}, \\ 2Z_{5 \max} &= A_{3 \max} - A_{5 \min} = 10,112 - 8,072 = 2,04 \text{ мм}, \\ 2Z_{3 \max} &= A_{2 \max} - A_{3 \min} = 10,418 - 10,022 = 0,396 \text{ мм}, \\ 2Z_{2 \max} &= A_{1 \max} - A_{2 \min} = 11,256 - 10,268 = 0,988 \text{ мм}, \\ 2Z_{1 \max} &= A_{\text{заг} \max} - A_{1 \min} = 14,992 - 10,896 = 4,096 \text{ мм}, \end{aligned}$$

Перевіримо правильність розрахунків, використовуючи нерівність:

$$TZ_O = Z_{O \max} - Z_{O \min} = TA_{\text{заг}} + TA_{\text{дет}}, \quad (1.20)$$

$$\text{де } Z_{O \max} = A_{\text{заг} \max} - A_{\text{дет} \min} = 14,992 - 7,83 = 7,16 \text{ мм}.$$

$$Z_{O \min} = A_{\text{дет} \min} - A_{\text{заг} \max} = 14,092 - 7,92 = 6,172 \text{ мм}.$$

$$7,16 - 6,172 = 0,99 \text{ мм}.$$

$$0,9 + 0,09 = 0,99 \text{ мм}.$$

Визначимо виконавчі технологічні розміри для переходів механічної обробки. Визначимо виконавчий розмір заготовки:

Виконавчий розмір заготовки – $14,6^{+0,4}_{-0,5}$.

Виконавчі розміри для інших переходів поставимо в системі валу – h , тобто за номінальний розмір приймемо максимальний розмір поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення см. розрахункову табл. 1.7.

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Допуск T, мкм	Мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм	Максимальний припуск $2Z_{\max}$, мкм	Мінімальний розмір, мм	Максимальний розмір, мм	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Виконавчий технологічний розмір, мм
		Rz	h	r	e								
	Внутрішня циліндрична поверхня 8с11 ^{-0,08} _{-0,17}												
0	Заготовка	125	150	943	0	-	900	—	—	14,092	14,992	14,592	14,6 ^{+0,4} _{-0,5}
1	Фрезерування чорнове	32	50	57	200	2836	360	2836	4096	10,896	11,256	11,256	11,3 _{-0,36}
2	Фрезерування чистове	10	15	3	100	478	150	478	988	10,268	10,418	10,418	10,4 _{-0,15}
3	Плоске шліфування 1	10	20	0	50	156	90	156	396	10,022	10,112	10,112	10,1 _{-0,9}
4	ТО			800				—	—				
5	Плоске шліфування 2	10	15	1,2	100	1860	90	1860	2040	8,072	8,162	8,162	8,16 _{-0,9}
6	Плоске шліфування 3	5	10	0	50	152	90	152	332	7,83	7,920	7,920	8с11 ^{-0,08} _{-0,17}

1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом

Розрахуємо припуски для однієї циліндричної поверхні та однієї торцевої поверхні $21,9_{-0,01}$.

Мінімальні припуски для переходів вибираємо по [3, табл. 4.21-4.22, с. 57-58]. Значення допусків вибираємо по [3, табл. 3.10, с. 27].

Розрахунок технологічних розмірів робимо методом розмірних ланцюгів. Обрані значення мінімальних припусків та допусків заносимо до розрахункової таблиці (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Розрахунок припусків та технологічних розмірів табличним методом

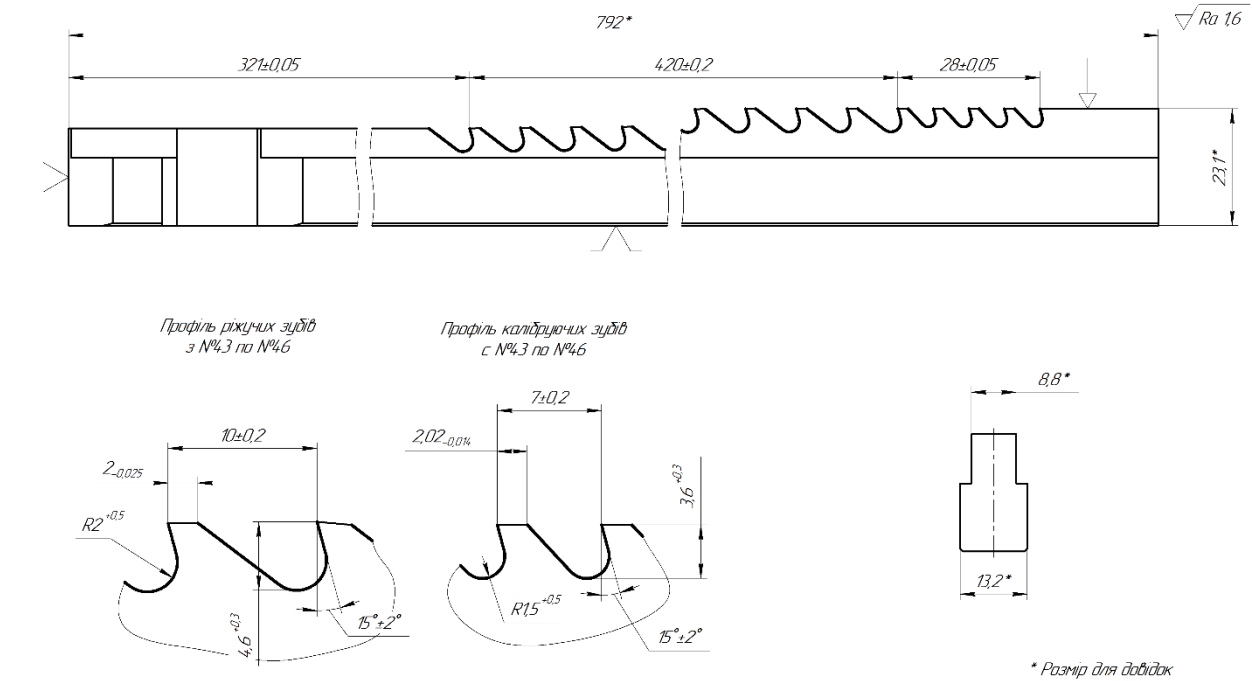
i	Найменування технологічних переходів			Допуск T, мм	Граничні значення припусків, мм		Граничні значення припусків, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
		Припуск 2Z _{min} , мм	Размер, мм		D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
		5	6	7	8	9	10	11	12
	Плоска поверхня 12f7^{(-0,016}_{-0,034)}								
0	Заготовка	-	14,834	0,9	15,234	14,334	—	—	14,8 ^{+0,4} _{-0,5}
1	Фрезерування чорнове	1,1	13,234	0,18	13,234	13,054	2,180	1,100	13,2 _{-0,18}
2	Фрезерування чистове	0,5	12,554	0,043	12,554	12,511	0,723	0,500	12,55 _{-0,043}
3	Плоске шліфування 1	0,3	12,211	0,027	12,211	12,184	0,370	0,300	12,24 _{-0,027}
4	ТО								
5	Плоске шліфування 2	0,2	11,984	0,018	11,984	11,966	0,245	0,200	12 ^{-0,016} _{-0,034}
	Плоска поверхня 21,9_{-0,01}								
0	Заготовка	-	24,916	0,9	25,316	24,416	—	—	25 ^{+0,4} _{-0,5}
1	Фрезерування чорнове	1,1	23,316	0,21	23,316	23,106	2,210	1,100	22,3 _{-0,21}
2	Фрезерування чистове	0,5	22,606	0,052	22,606	22,554	0,762	0,500	12,6 _{-0,52}
3	Плоске шліфування 1	0,3	22,254	0,033	22,254	22,221	0,385	0,300	22,25 _{-0,033}
4	ТО								
5	Плоске шліфування 2	0,2	22,021	0,021	22,021	22,233	0,021	0,200	22,02 _{-0,021}
6	Плоске шліфування 3	0,1	21,900	0,01	21,90	21,89	0,131	0,100	21,9 _{-0,01}

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 040 (фрезерна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.4;
 - матеріал – Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73 (VI гр. [24, с. 306]);
 - заготовка – прокат. Твердість – 255...341 НВ;
- Верстат – консольний вертикально-фрезерный з ЧПК 6Н13ГЕ2.



Допуск	0,03																						
Висота зуба	21,2	21,3	21,4	21,5	21,6	19,7	19,8	19,9	20,0	20,1	20,2	20,3	20,4	20,5	20,6	20,7	20,8	20,9	21,0	21,1	21,2	21,3	21,4
Номер зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Допуск	0,03																		0,02				
Высота зуба	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	2305	2309	231	231	231	231	231
Номер зуба	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46

Рисунок 1.4 – Ескіз обробки

Обробка виконується за один перехід дисковою фрезою.

Інструмент: фреза дискова спеціальна, $D = 63$ мм, $B = 4$ мм, $z = 16$; P6M5.

МОР: 5%-ий розчин Укринол-1 [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 4$ мм (див. схему [4, с. 392]).

Подача визначається за формулою [4, с. 306]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ}; K_{SZ} = K_{SZC} \cdot K_{SZH} \cdot K_{SZd} \cdot K_{SZ\Phi}, \quad (1.21)$$

де S_{Zm} – табличне значення подачі на зуб, мм;

K_{SZC} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SZH} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези;

K_{SZR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість обробленої поверхні;

$K_{SZ\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні.

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 112, с. 304] – $S_{Zm} = 0,15$ мм/зуб.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 108, 109, 114, с. 299-305]: $K_{SZC} = 0,85$; $K_{SZH} = 1,0$; $K_{SZR} = 0,25$; $K_{SZ\Phi} = 0,66$. Розрахункове значення подачі на зуб:

$$S_Z = 0,15 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,66 = 0,02, \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vH} \cdot K_{v\Pi} \cdot K_{vC} \cdot K_{v\Phi} \cdot K_{vO} \cdot K_{vB} \cdot K_{v\varphi} \quad (1.22)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{v\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vC} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

$K_{v\phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

K_{vB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної;

$K_{v\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 149, с. 332] –
 $v_m = 49 \text{ м/хв.}$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 1, 149, с. 24, 332]: $K_{vM} = 0,41$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vП} = 1,0$, $K_{vC} = 1,1$, $K_{v\phi} = 1,0$, $K_{vO} = 1,0$, $K_{vB} = 1,0$, $K_{v\varphi} = 0,7$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 49 \cdot 0,41 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 20,1 \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 20,1}{3,14 \cdot 63} = 101,6 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 100 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 100}{63} = 19,8 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення хвилинної подачі:

$$S_{\text{ХВр}} = S_{Zp} \cdot z \cdot n \quad (1.23)$$

$$S_{\text{ХВр}} = 0,02 \cdot 16 \cdot 100 = 33,66 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по верстату – $S_{мв} = 30$ мм/хв.

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{рез} + y, \quad (1.30)$$

де $L_{рез} = 9 + 3 = 12$ мм – довжина різання;

$y = 3$ мм – довжина врізання і перебігу [5, карта 68, с. 448].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{p.x}}{S_{хв}} \quad (1.31)$$

$$t_{оз} = 46 \cdot \frac{12}{100} = 6,4 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 035 (фрезерна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.5;
- матеріал – Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73 (VI гр. [24, с. 306]);
- заготовка – прокат. Твердість – 255...341 НВ;

Верстат – горизонтально-фрезерний 6Р82.

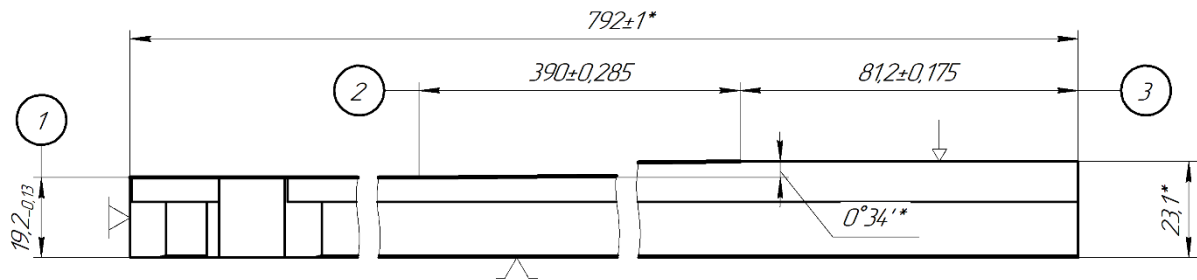
Обробка виконується за один перехід циліндричною фрезою.

Інструмент: фреза циліндрична, $D = 63$ мм, $B = 4$ мм, $z = 14$; Р6М5
(Позначення: Фреза 2200-0307 ГОСТ 29092-91).

МОР: 5%-ий розчин Укринол-1 [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 2$ мм (див. схему [4, с. 392]).



* Розмір для довідок

Рисунок 1.5 – Ескіз обробки

Подача визначається за формулою (1.21).

Табличне значення подачі дорівнює [4, табл. 112, с. 305] – $Sz_m = 0,28$ мм/зуб.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 108, 109, 114, с. 299-305]: $K_{SzC} = 0,85$; $K_{SzH} = 1,0$; $K_{SzR} = 0,25$; $K_{Sz\phi} = 1,0$. Розрахункове значення подачі на зуб:

$$S_z = 0,28 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 0,25 \cdot 0,66 = 0,0595, \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.22).

Табличне значення швидкості різання дорівнює [4, табл. 140, с. 326] – $v_m = 66$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 1, 141, с. 24, 327]: $K_{vM} = 0,41$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vП} = 1,0$, $K_{vC} = 1,0$, $K_{v\phi} = 1,0$, $K_{vO} = 1,2$, $K_{vB} = 1,0$, $K_{v\varphi} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 66 \cdot 0,41 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,0 = 32,5 \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 32,5}{3,14 \cdot 63} = 164,1 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 160 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{1000 \cdot 3,14 \cdot 160}{63} = 31,7 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення хвилинної подачі:

$$S_{\text{хвр}} = 0,0595 \cdot 14 \cdot 160 = 133,28 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по верстату – $S_{\text{мв}} = 125 \text{ мм/хв.}$

Довжина робочого ходу: $L_{p.x} = L_{\text{рез}} + y = 710 + 12 = 722 \text{ мм.}$ Де $L_{\text{рез}} = 710 \text{ мм}$ – довжина різання, $y = 12 \text{ мм}$ – довжина врізання і перебігу [5, карта 68, с. 448].

Основний час:

$$t_{\text{оз}} = \frac{722}{125} = 5,78 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 060 (плоскошліфувальна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.6;
- матеріал – Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73 (VI гр. [24, с. 306]);
- заготовка – прокат. Твердість – 255...341 НВ;

Верстат – плоскошліфувальний 3Б722.

Обробка виконується за 2 установи

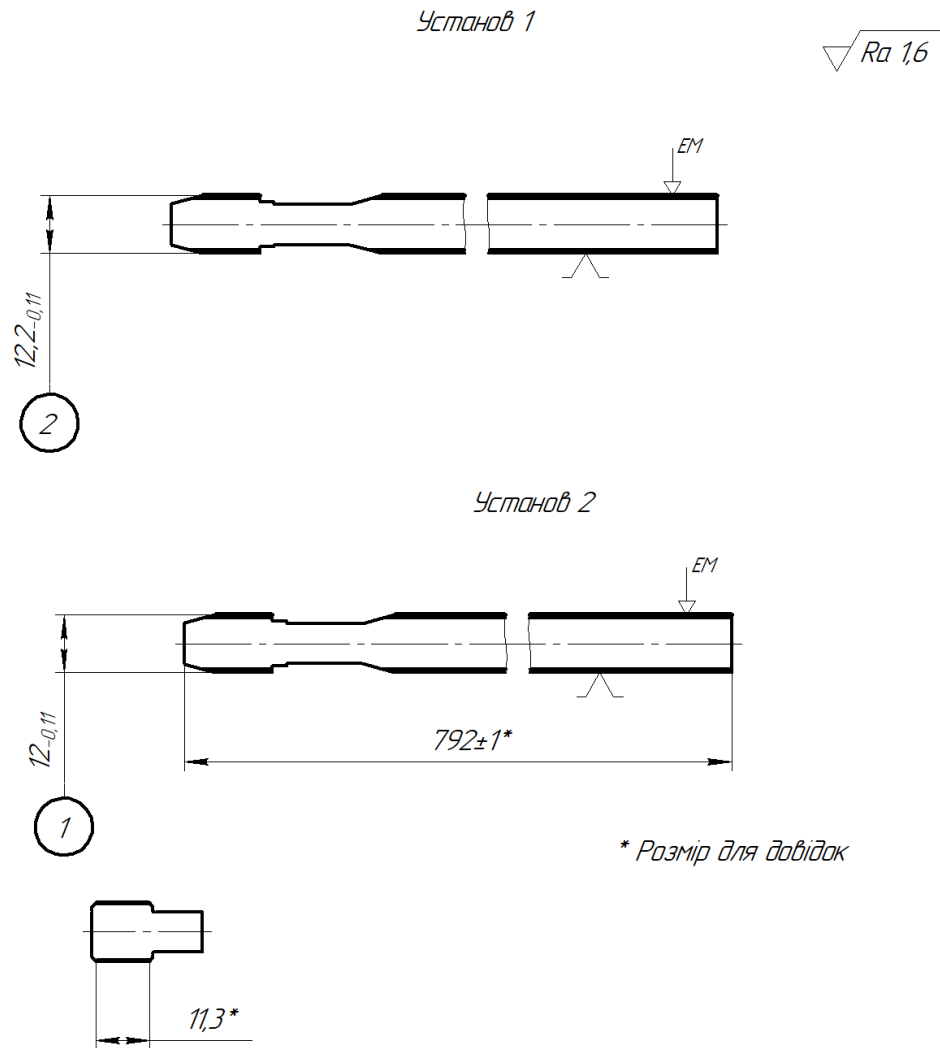


Рисунок 1.6 – Ескіз обробки

Інструмент: круг прямого профілю, абразив – 14А (нормальний електрокорунд), зернистість – F 46, твердість – О (СТ1), структура – 6, зв'язка – V [4, табл. 158 с. 340] (позначення – Круг 1 350×40×127 14AF46O6V35БЗ ГОСТ Р 52781-2007).

МОР: 5%-ий розчин Укринол-1 [4, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Величина припуску, що знімається дорівнює: $h = 0,2$ мм. Розрахуємо швидкість шліфувального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60} \quad (1.32)$$

де: $D = 350$ мм – діаметр круга;

$n_{кр} = 1112$ об/хв – частота обертання шліфувального круга по верстату.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 20,3 \text{ м/с.}$$

Вибираємо швидкість деталі по [4, табл. 175 с. 357] – $v_d = S_{хв} = 10$ м/хв.

Частота обертання столу:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 134} = 60 \text{ об/хв.}$$

Призначаємо по верстату $n_{вст} = 60$ об/хв.

Визначаємо вертикальну подачу за формулою:

$$S_t = S_{t_T} \cdot K_{St}; K_{St} = K_{SM} \cdot K_{SH} \cdot K_{SB} \cdot K_{SD} \cdot K_{ST} \cdot K_{SIT} \cdot K_{Sl} \quad (1.33)$$

де St_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_M – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{SH} – коефіцієнт, що враховує товщину деталі;

K_{SB} – коефіцієнт, що враховує ширину деталі;

K_{SD} – коефіцієнт, що враховує діаметр шліфувального круга;

K_{ST} – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_{SIT} – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує довжину оброблюваної поверхні.

Табличне значення вертикальної подачі дорівнює [4, табл. 178, с. 359] –
 $St_m = 0,025$ мм.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 181, с. 361-362]:

$K_M = 1,0$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{SB} = 1,0$, $K_{SD} = 1,5$, $K_{ST} = 1,0$, $K_{SIT} = 1,0$, $K_{Sl} = 1,0$.

$$S_t = 0,021 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,0315 \text{ мм/дв. ход.}$$

Приймаємо $S_t = 0,02$ мм/дв. ход.

Основний час:

$$t_o = \frac{h}{S_t} \cdot \frac{L_{p.x}}{1000 \cdot v_d} \cdot K \cdot i \quad (1.34)$$

де $K = 1,3$ – коефіцієнт виходжування.

$$t_o = \frac{0,2}{0,02} \cdot \frac{800}{1000 \cdot 10} \cdot 1,3 \cdot 2 = 2,1 \text{ хв.}$$

1.6.4 Операція 105 (плоскошліфувальна)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.6;
- матеріал – Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73 (VI гр. [24, с. 306]);
- заготовка – прокат. Твердість – 255...341 НВ;

Верстат – плоскошліфувальний 3Б722.

Інструмент: круг прямого профілю, абразив – 14А (нормальний електрокорунд), зернистість – F 46, твердість – О (СТ1), структура – 6, зв'язка – V [4, табл. 158 с. 340] (позначення – Круг 1 350×40×127 14AF46O6V35Б3 ГОСТ Р 52781-2007).

МОР: 5%-ий розчин Укринол-1 [4, табл. 24, с. 233].

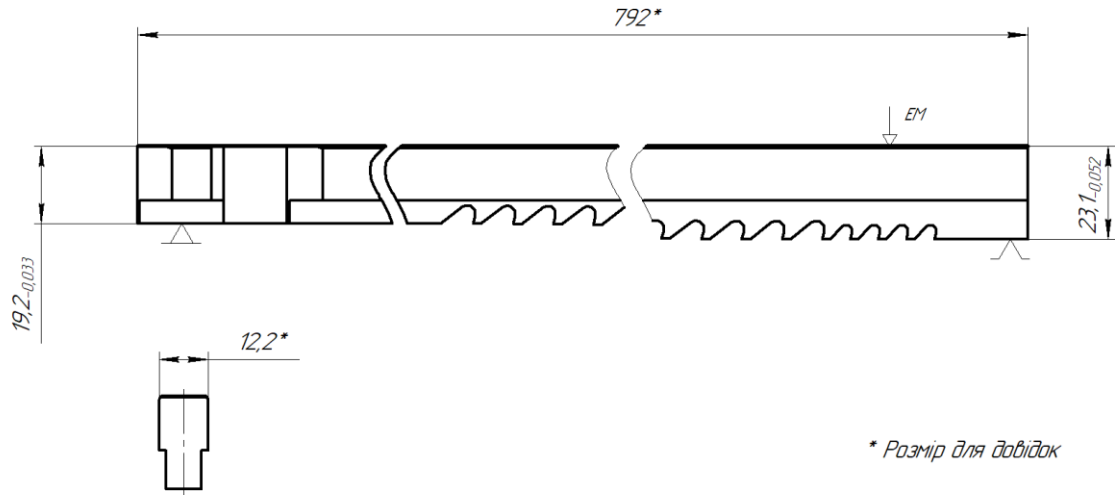


Рисунок 1.6 – Ескіз обробки

Призначаємо режими різання.

Величина припуску, що знімається дорівнює: $h = 0,15$ мм. Розрахуємо швидкість шліфувального круга:

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60} \quad (1.32)$$

де: $D = 350$ мм – діаметр круга;

$n_{кр} = 1112$ об/хв – частота обертання шліфувального круга по верстату.

$$v_{кр} = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 20,3 \text{ м/с.}$$

Вибираємо швидкість деталі по [4, табл. 175 с. 357] – $v_d = Sxv = 10$ м/хв.

Частота обертання столу:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 134} = 60 \text{ об/хв.}$$

Призначаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 60$ об/хв.

Визначаємо вертикальну подачу за формулою:

$$S_t = S_{t_T} \cdot K_{St}; K_{St} = K_{SM} \cdot K_{SH} \cdot K_{SB} \cdot K_{SD} \cdot K_{ST} \cdot K_{SIT} \cdot K_{Sl} \quad (1.33)$$

де S_{t_m} – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_M – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{SH} – коефіцієнт, що враховує товщину деталі;

K_{SB} – коефіцієнт, що враховує ширину деталі;

K_{SD} – коефіцієнт, що враховує діаметр шліфувального круга;

K_{ST} – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_{SIT} – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує довжину оброблюваної поверхні.

Табличне значення вертикальної подачі дорівнює [4, табл. 178, с. 359] –
 $S_{t_m} = 0,025$ мм.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [4, табл. 181, с. 361-362]:

$K_M = 1,0$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{SB} = 1,0$, $K_{SD} = 1,5$, $K_{ST} = 1,0$, $K_{SIT} = 1,0$, $K_{Sl} = 1,0$.

$$S_t = 0,021 \cdot 1,0 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,0315 \text{ мм/дв. ход.}$$

Приймаємо $S_t = 0,02$ мм/дв. ход.

Основний час:

$$t_o = \frac{h}{S_t} \cdot \frac{L_{p.x}}{1000 \cdot v_d} \cdot K \quad (1.34)$$

де $K = 1,3$ – коефіцієнт виходжування.

$$t_o = \frac{0,15}{0,02} \cdot \frac{800}{1000 \cdot 10} \cdot 1,3 = 0,8 \text{ хв.}$$

1.7 Нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

Норма часу в серійному виробництві називається штучно-калькуляційної нормою часу:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}, \quad (1.35)$$

де: n – число деталей в партії;

$t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв;

$t_{\text{шт}}$ – штучний час на одну деталь, хв.

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{доп}} + t_{\text{об}} + t_{\text{відп}}, \quad (1.36)$$

де: t_o – основний (машинний) час, хв;

$t_{\text{доп}}$ – допоміжний час, хв;

$t_{\text{об}}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{\text{відп}}$ – час перерви на відпочинок, хв.

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{у.з}} + t_{\text{з.в}} + t_{\text{у.п}} + t_{\text{вим}}, \quad (1.37)$$

де: $t_{\text{у.з}}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$t_{з.з}$ – час на закріплення і відкріплення деталі, хв;

$t_{у.п}$ – час на прийоми управління, хв;

$t_{вим}$ – час на вимірювання деталі, хв.

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп}, \quad (1.38)$$

де: t_o – машинний час;

$t_{з}$ – допоміжний час.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$t_{обс} + t_{відп} = (t_o + t_{доп}) \cdot \left(\frac{\alpha_{обс} + \alpha_{відп}}{100} \right), \quad (1.39)$$

де: $\alpha_{обс}$ и $\alpha_{відп}$ – час на обслуговування робочого місця, перерва на відпочинок і природні потреби в % від оперативного часу.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначено за формулою (1.1) – $n = 6$ деталей:

Проведемо розрахунок технічної норми часу для фрезерної операції 040.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування (25 хв), і отримання та здача інструменту і пристосування (10 мин). Таким чином $t_{п-з} = 35$ хв, [6, табл. 6.6, с.219] (група верстата III).

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{у.з} + t_{з.в} + t_{у.п} + t_{вим} = 0,84 + 0,2 + 1,05 = 2,09 \text{ хв},$$

де: $t_{у.з} + t_{з.з} = 0,84$ хв – час на установку і зняття деталі [7, табл. 93, с. 159];

$t_{у.п} = 0,48$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 93, с.159];

$t_{вим} = 0,09 \cdot 5 + 0,12 \cdot 5 = 0,42$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{оп} = t_o + t_{доп} = 6,4 + 2,09 = 8,49$ хв.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 4,1% від оперативного часу [7, табл. 94, с.160]:

$$t_{обс} + t_{відп} = (t_o + t_{доп}) \cdot \left(\frac{\alpha_{обс} + \alpha_{відп}}{100} \right) = 8,49 \cdot 0,041 = 0,35 \text{ хв}, \quad (1.39)$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{обс} + t_{відп} = 8,49 + 0,35 = 8,84 \text{ хв}, \quad (1.39)$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{шт-к} = 8,84 + \frac{35}{6} = 14,67 \text{ хв}. \quad (1.35)$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для фрезерної операції 035.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування (25 хв), і отримання та здача інструменту і пристосування (10 хв). Таким чином $t_{н-з} = 35$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{у.з} + t_{з.в} + t_{у.п} + t_{вим} = 0,84 + 0,2 + 0,12 = 1,22 \text{ хв},$$

де: $t_{у.с.} + t_{з.о} = 0,84$ хв – час на установку і зняття деталі [7, табл. 93, с. 159];

$t_{уп.} = 0,2$ хв – время на приёмы управления [7, табл. 93, с.159];

$t_{вим} = 0,09 \cdot 2 + 0,12 \cdot 2 = 0,42$ хв хв – время на измерение детали шаблоном и штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{on} = t_o + t_{don} = 5,78 + 1,74 = 7,52$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 4,1% від оперативного часу [7, табл. 94, с.160]:

$$t_{обс} + t_{відп} = (t_o + t_{доп}) \cdot \left(\frac{\alpha_{обс} + \alpha_{відп}}{100} \right) = 7,52 \cdot 0,041 = 0,31 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{обс} + t_{відп} = 7,52 + 0,31 = 7,83 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{ш-к} = 7,83 + \frac{35}{6} = 13,66 \text{ хв}.$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для плоскошліфувальної операції 060.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування ($5,5 + 2,5 + 1,5 = 9,5$ хв), отримання і здачі інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{н-з} = 16,5$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{у.з} + t_{з.в} + t_{у.п} + t_{вим} = 0,37 + 0,35 + 0,16 = 0,88 \text{ хв},$$

де: $t_{у.с.} + t_{з.о} = 0,13 + 0,04 = 0,37$ хв – час на установку і зняття деталі [6, карта 16, с. 54];

$t_{уп.} = 0,35$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 109, с. 187];

$t_{вим} = 0,16$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{on} = t_o + t_{don} = 2,1 + 0,88 = 2,98$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 5,2% від оперативного часу [7, табл. 110, с.188]:

$$t_{обс} + t_{відп} = (t_o + t_{доп}) \cdot \left(\frac{\alpha_{обс} + \alpha_{відп}}{100} \right) = 2,98 \cdot 0,052 = 0,19 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{обс} + t_{відп} = 2,98 + 0,19 = 3,17 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{шт-к} = 3,17 + \frac{19,5}{6} = 6,42 \text{ хв}.$$

Проведемо розрахунок технічної норми часу для плоскошліфувальної операції 105.

Підготовчо-заключний час складається з часу на наладку верстата, інструменту та пристосування ($5,5 + 2,5 + 1,5 = 9,5$ хв), отримання і здачі інструменту і пристосування (7 хв). Таким чином $t_{п-з} = 16,5$ хв, [6, табл. 6.6, с.219].

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{у.з} + t_{з.в} + t_{у.п} + t_{вим} = 0,37 + 0,35 + 0,16 = 0,88 \text{ хв},$$

де: $t_{у.с.} + t_{з.о} = 0,13 + 0,04 = 0,37$ хв – час на установку і зняття деталі [6, карта 16, с. 54];

$t_{уп.} = 0,35$ хв – час на прийоми управління [7, табл. 109, с. 187];

$t_{вим} = 0,16$ хв – час на вимірювання деталі шаблоном і штангенциркулем. [5, карта 67, с. 446].

Оперативний час дорівнює – $t_{on} = t_o + t_{don} = 0,8 + 0,88 = 1,68$ мин.

Час на обслуговування робочого місця і природні потреби становить 5,2% від оперативного часу [7, табл. 110, с.188]:

$$t_{обс} + t_{відп} = (t_o + t_{доп}) \cdot \left(\frac{\alpha_{обс} + \alpha_{відп}}{100} \right) = 1,68 \cdot 0,052 = 0,11 \text{ хв},$$

Штучний час дорівнює:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{обс} + t_{відп} = 1,68 + 0,11 = 1,79 \text{ хв}.$$

Штучно-калькуляційний час дорівнює:

$$t_{ш-к} = 1,79 + \frac{19,5}{6} = 5,04 \text{ хв}.$$

1.8 Розробка технологічної операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM

1.8.1 Розробка фрезерної операції

Розробимо керуючу програму на фрезерну операцію з ЧПК 040. Розробку операції будемо проводити на основі геометричної 3D моделі деталі і заготовки (рис. 1.7 та 1.8). Поєднавши в одному файлі геометрію деталі і заготовки переходимо до створення операції механічної обробки (рис. 1.8)

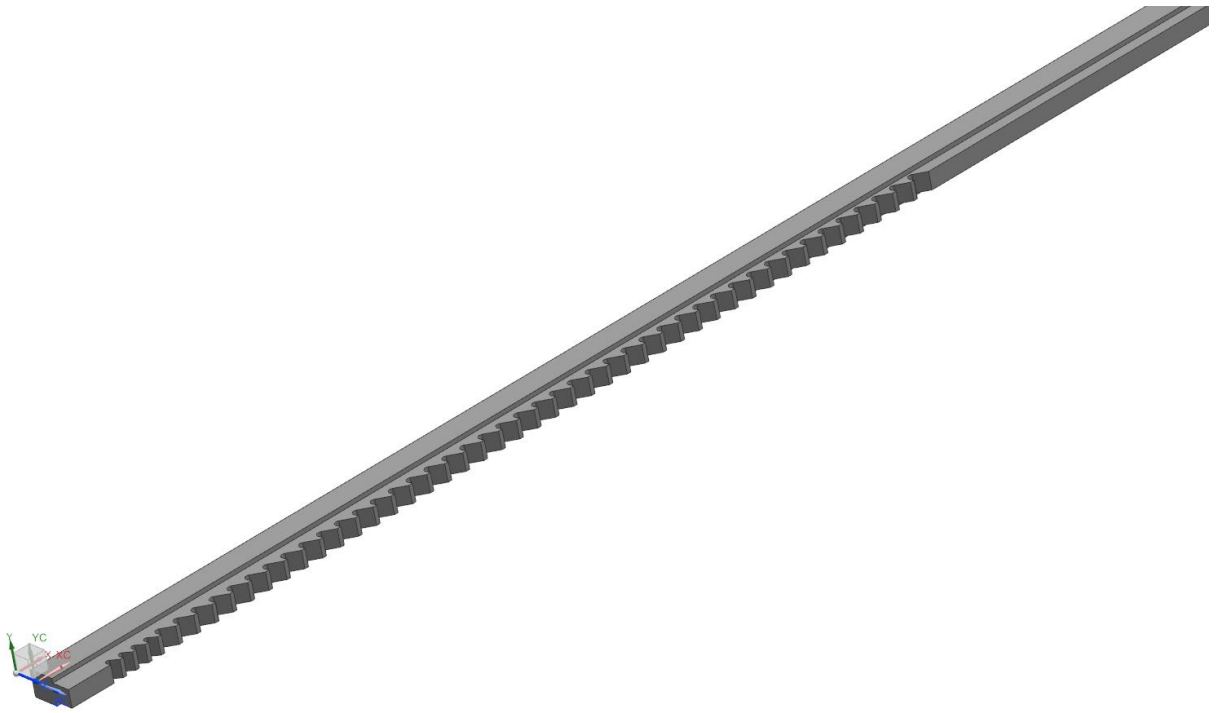


Рисунок 1.7 – Вигляд деталі після обробки

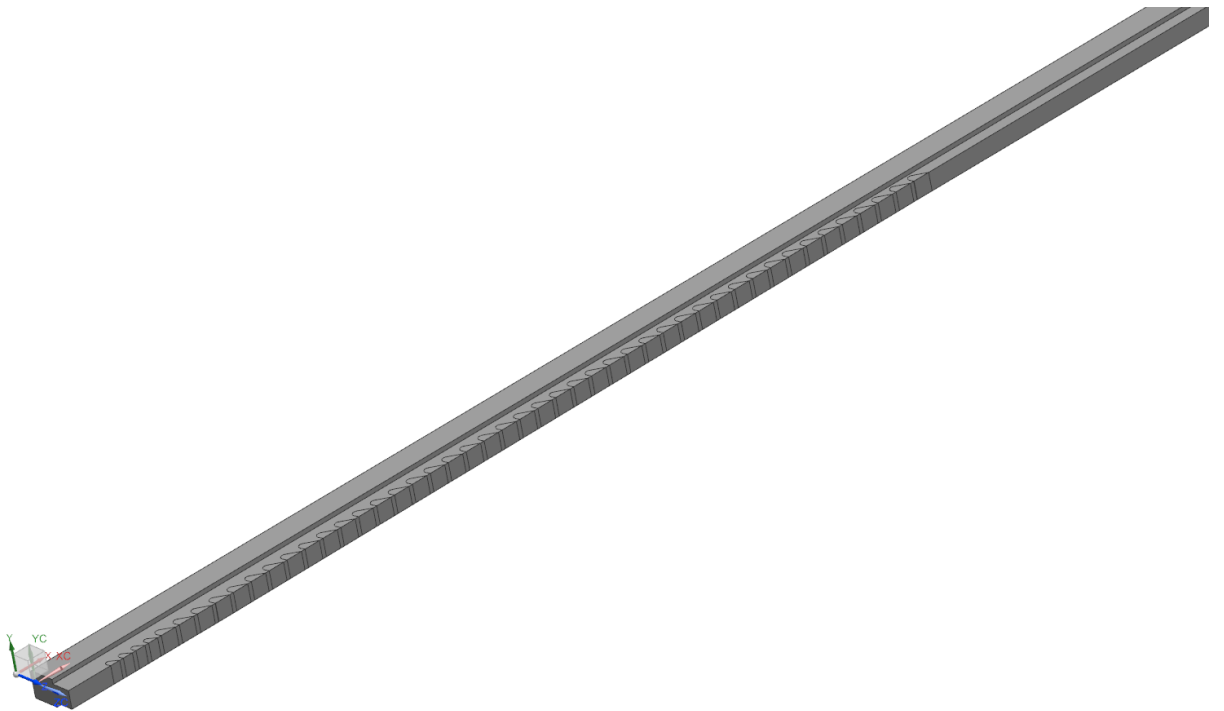


Рисунок 1.8 – Вигляд деталі до обробки

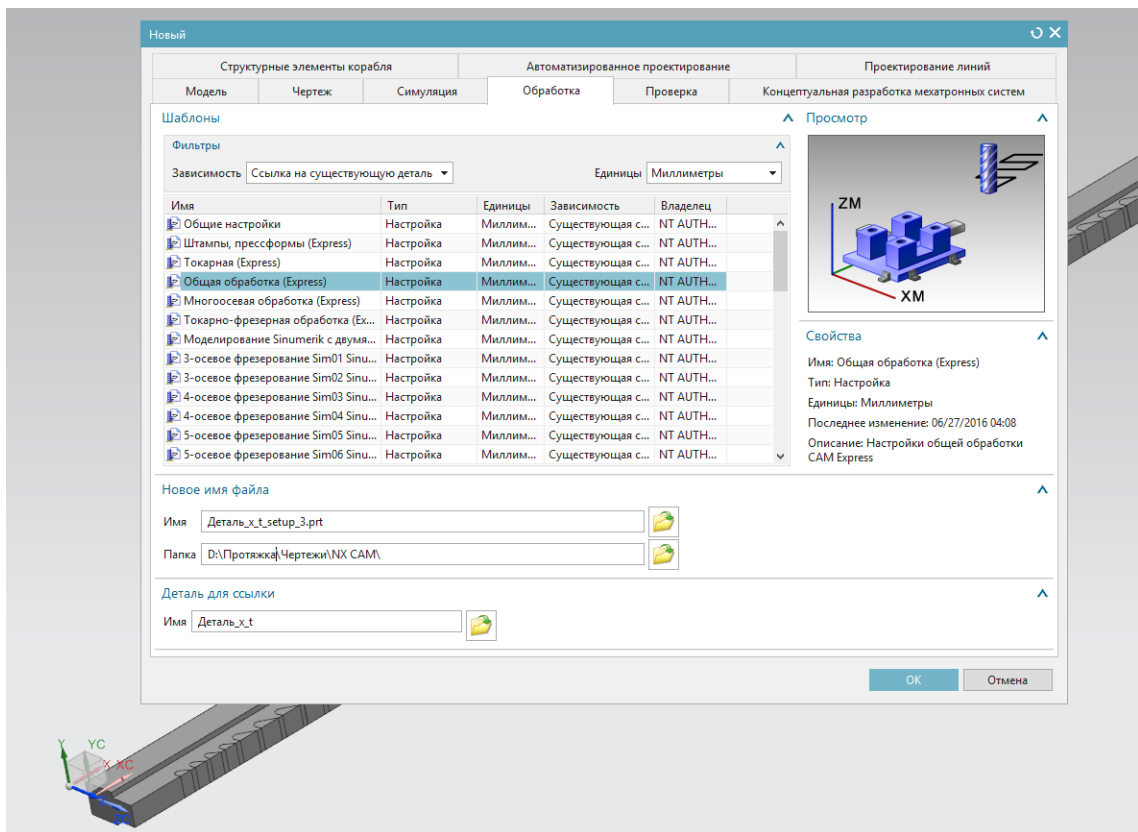


Рисунок 1.9 – Створення операції фрезерної обробки

Далі переходимо до створення Системи координат верстата. Система координат верстата створюється в геометричній групі MSC_MILL. Для цього двічі клацаємо по MSC_MILL в навігаторі операцій (вид геометрії). З'явиться діалогове вікно (рис. 1.10), виконуємо команду Меню СК, відкриється ще одне діалогове вікно. Якщо встановлений тип Динаміка, то в графічній області СКВ відобразиться з динамічними маркерами, за допомогою яких систему координат можна переміщати і переорієнтувати (рис. 1.11). Беремо СК мишкою за маркер початку СК і переміщуємо так як показано на малюнку. Переорієнтація нам не потрібна (для 3-осьового фрезерування вісь інструменту повинна збігатися з віссю Z).

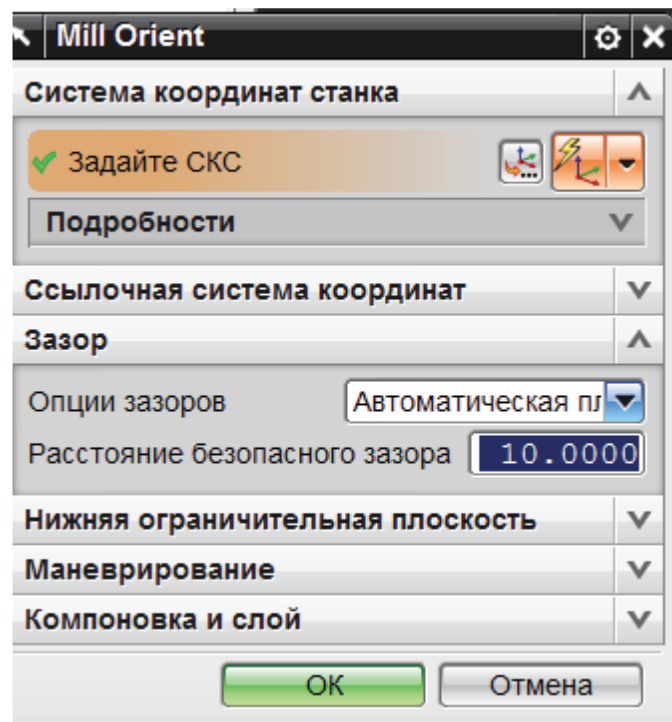


Рисунок 1.10 – Діалогове вікно роботи з системою координат верстата

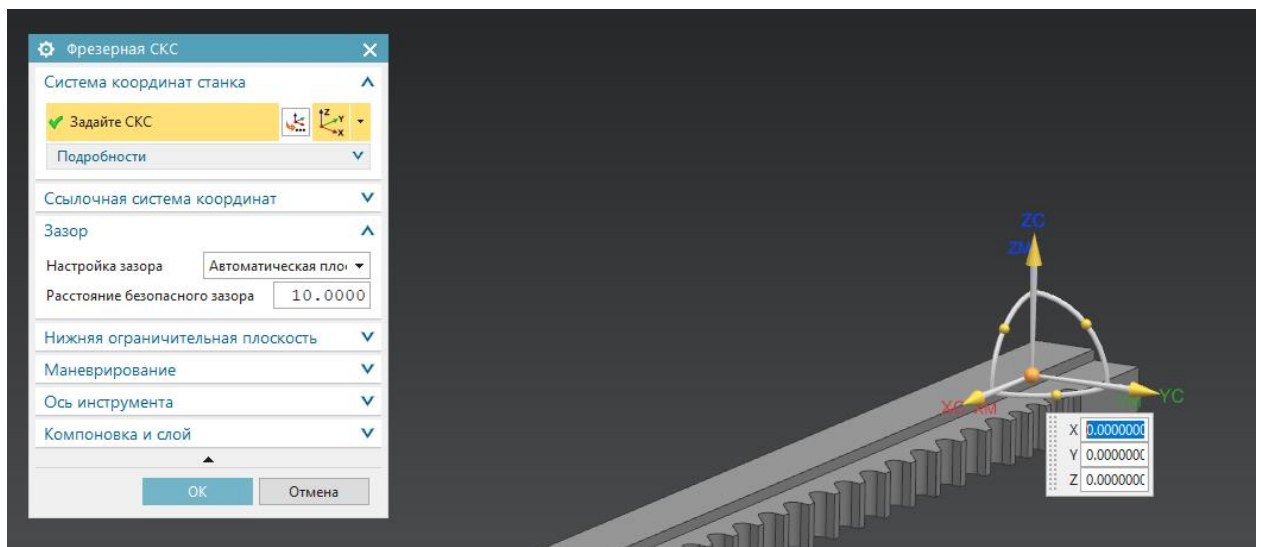


Рисунок 1.11 – Прив'язка СКВ до 3D моделі

Далі переходимо до створення операції. Вибираємо тип операції Глибинное фрезерування – CAVITY MILL (рис. 1.12). Задаємо геометрію заготовки, деталі, визначаємо границі різання. Метод різання – FINISH. Шаблон різання – профіль. Задаємо параметри різання і геометрію інструмента (рис. 1.13)

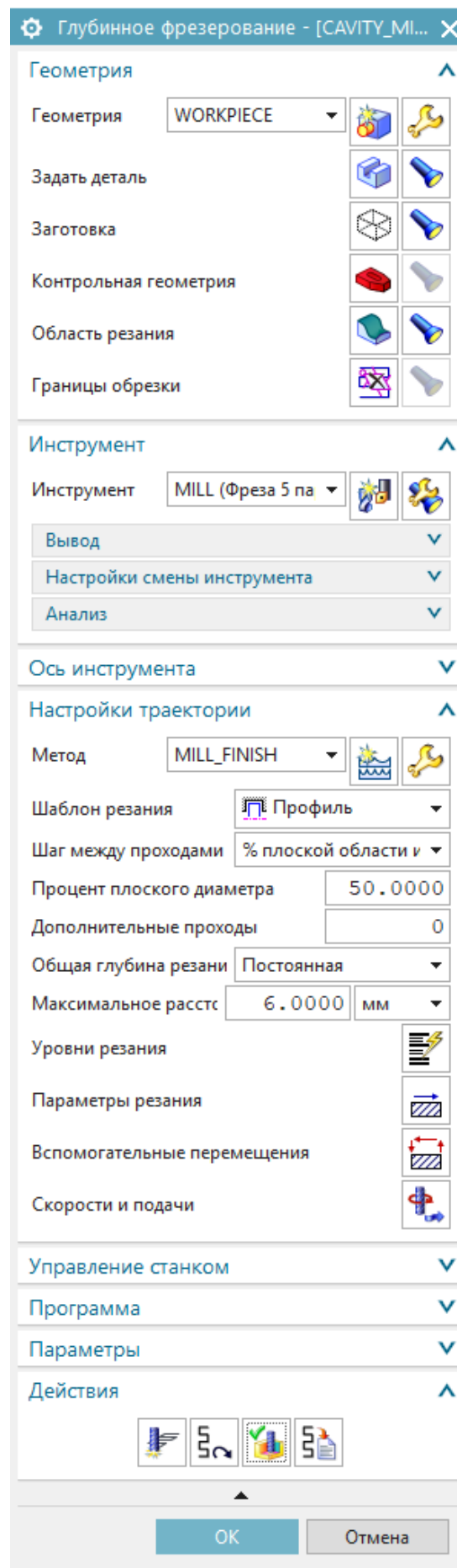


Рисунок 1.12 – Параметры операции CAVITY MILL

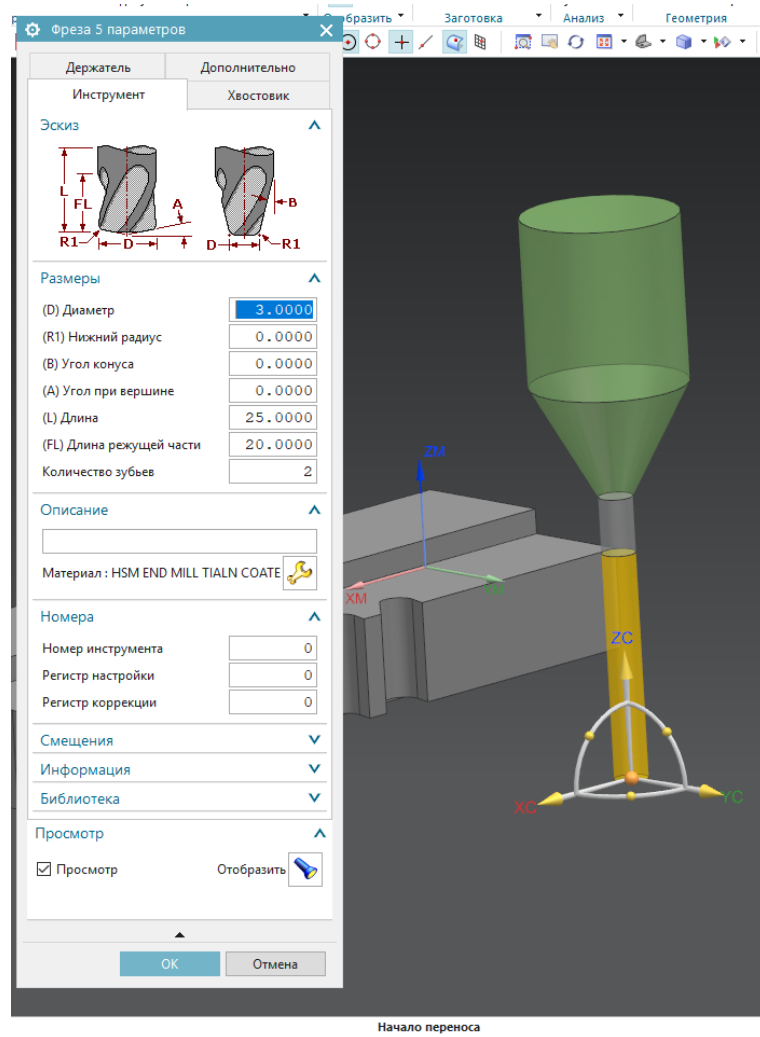


Рисунок 1.13 – Визначення геометрії інструмента

Далі генеруємо траєкторію руху інструмента і проводимо її верифікацію (рис. 1.14).

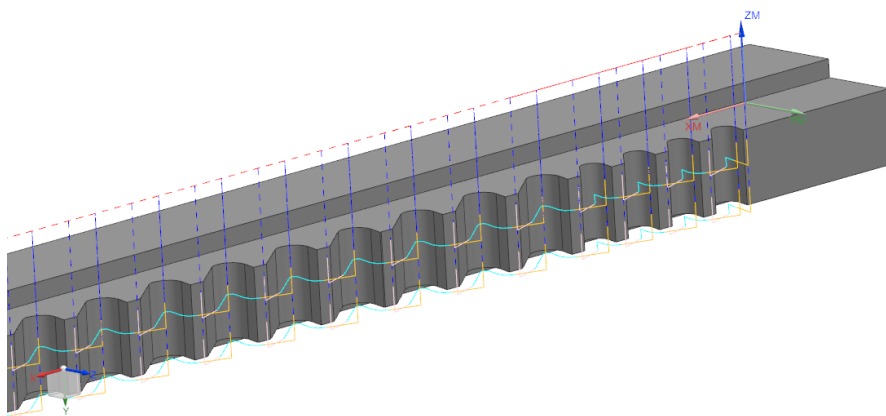


Рисунок 1.14 – Траєкторія руху інструмента

Останнім етапом в розробці операції є отримання програми в G-кодах за допомоги постпроцесора. Для генерації програми клацаємо на кнопку

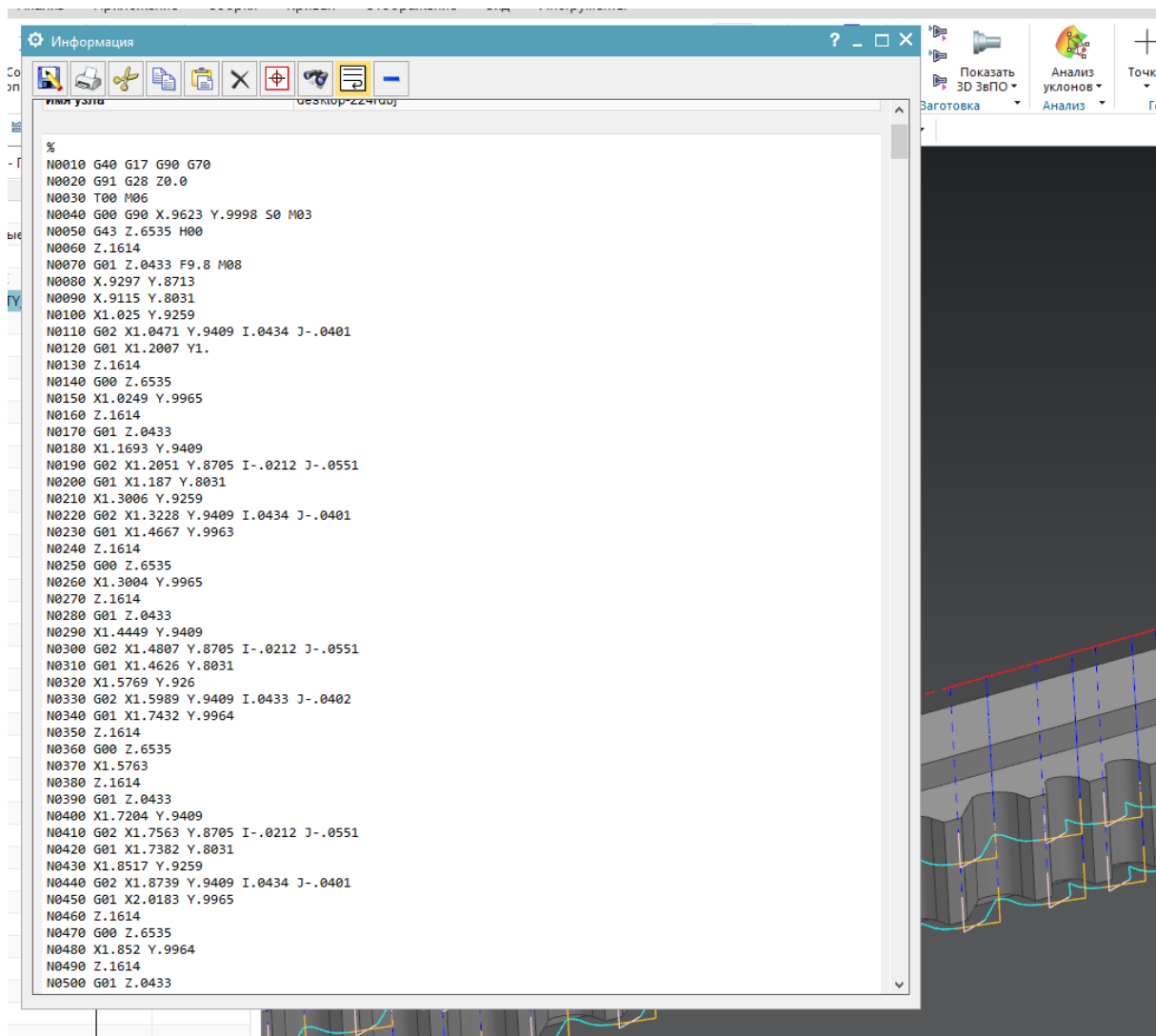
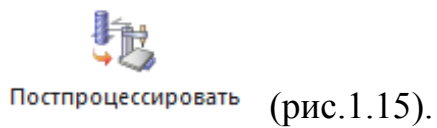


Рисунок 1.15 – Керуюча програма

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Робоче пристосування являє собою лещата з механо-пневматичним приводом (рис. 2.1). Оскільки протяжка має велику довжину порядку 800-900 мм, то для закріплення заготовок протяжок при їх обробці на фрезерних верстатах використовуються двоє лещат.

Лещата складаються з корпуса 2, що вставлені на основі 11, яка, в свою чергу, кріпиться на столі фрезерного верстата у Т-образних пазах. Заготовка закріплюється губками лещат 5, до яких прикладається сила закріплення, що створюється пневмоциліндром 1 і передається через втулку 3, вилку 4, гвинт 7, втулку 8, гайку 10 і притискач 9.

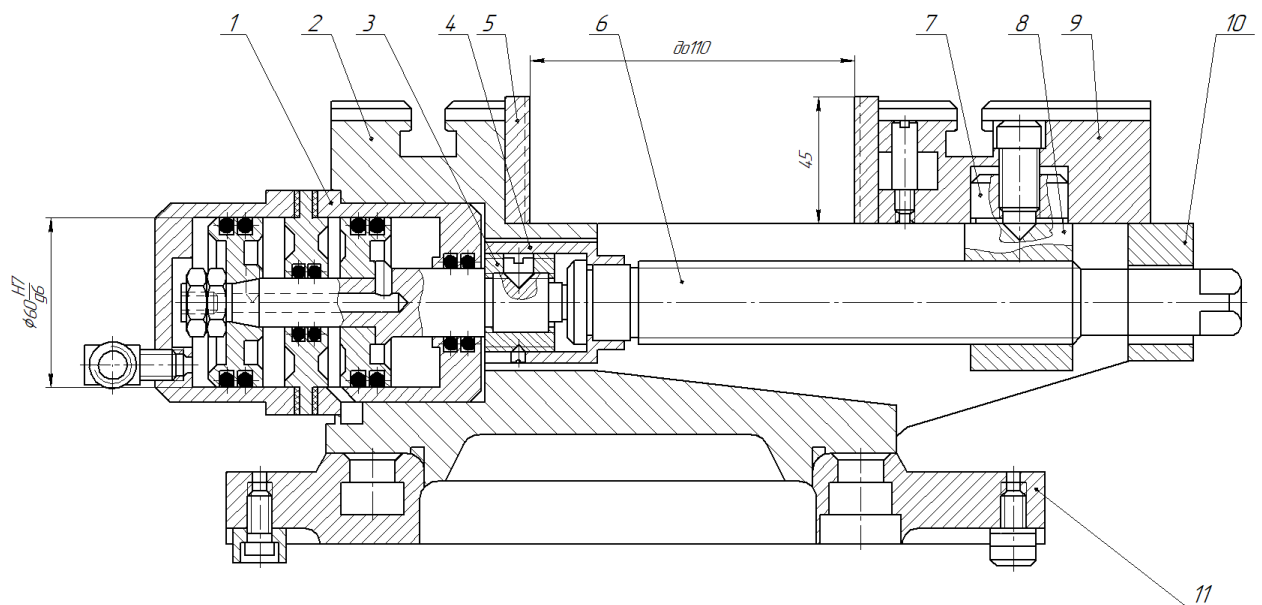


Рисунок 2.1 – Лещата з механо-пневматичним приводом

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок пристосування на точність базується на тому, що сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки.

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}}, \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{\text{уст}}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосування. Похибка установки дорівнює нулю, так як настроювальна база співпадає з установчою базою – $\varepsilon_{\text{уст}} = 0$ мм.

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення установчих елементів, їх зносу і установки пристосування на металорізальному верстаті.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (2.3)$$

де: Δ_1 – похибка, обумовлена неточністю виготовлення настановних елементів;

$$\Delta_1 = T_{\text{у.с.}} = 0,003 \text{ мм [10].}$$

$\Delta_2 = 0,001$ мм – похибка залежить від величини допустимого зношування установчих елементів [10];

Δ_3 – похибка яка виникає при установці пристосування на металорізальному верстаті [10]. В нашому випадку, вона дорівнює $\Delta_3 = 0$ мм,

оскільки цанга попередньо проточується на верстаті, в якому буде здійснюватись обробка.

$$\varepsilon_{np} = 0,003 + 0,001 + 0 = 0,004 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{настр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настроювальних елементів пристосування і процесу настройки, $\varepsilon_{настр} = 0,002 \text{ мм}$ [10].

$\varepsilon_{обр}$ – частина похибки обробки, що залежить від зношування ріжучого інструменту, геометричній неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД.

$$\varepsilon_{обр} = \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 + \Delta_7 \quad (2.4)$$

де $\Delta_4 = 0,001 \text{ мм}$ – величина допуску зношування ріжучого інструменту [10];

$\Delta_5 = 0,002 \text{ мм}$ – величина похибки, що залежить від геометричній неточності виготовлення металорізальних верстатів [10];

$\Delta_6 = 0,001 \text{ мм}$ – величина похибки, що залежить від деформацій системи ВПД [10];

$\Delta_7 = 0,001 \text{ мм}$ – величина похибки, що залежить від температурних деформацій системи ВПД [10];

Таким чином, похибка становить:

$$\varepsilon_{обр} = 0,001 + 0,002 + 0,001 + 0,001 = 0,005 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 + 0,004 + 0,002 + 0,005 = 0,011 \text{ мм},$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір.

Виконавчий розмір при фрезеруванні – $23,1^{+0,02}$.

Величина допуску на розмір обробки становить $T = 0,02$ мм, сума похибок $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0,011$ мм.

Дане пристосування дозволяє при токарній обробці витримати заданий розмір з допуском на нього $0,02$ мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Для визначення потрібної сили затискання і параметрів пневмопривода попередньо необхідно визначити силу, що виникає при фрезеруванні циліндричною фрезою на операціях чотрнкової обробки [11, с. 282]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u}{D^q n^w} K_{Mp}, \text{ Н} \quad (2.5)$$

де $C_p = 68,2$ [11, табл. 41, с. 291];

$t = 2$ мм;

$s_z = 0,06$ мм/об;

$n = 160$ об/хв;

$B = 9$ мм;

$D = 63$ мм;

$x = 0,86$ [11, табл. 41, с. 291];

$$\begin{aligned}
 y &= 0,1 \text{ [11, табл. 41, с. 291];} \\
 u &= 1 \text{ [11, табл. 41, с. 291];} \\
 q &= 0,86 \text{ [11, табл. 41, с. 291];} \\
 w &= 0 \text{ [11, табл. 41, с. 291];}
 \end{aligned}$$

Поправочний коефіцієнт на силу різання визначається за формулою:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (2.6)$$

де $\sigma_B = 2120$ МПа.

$$n = 0,75.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,06^{0,1} \cdot 9^1}{63^{0,86} \cdot 160^0} \left(\frac{2120}{750} \right)^{0,75} = 289, \text{ Н}$$

Згідно зі схемою затискного пристрою визначимо зусилля затискання:

$$Q = k \frac{P_z}{f_1 + f_2}, \quad (2.7)$$

де P_z – сила різання;

$f_1 = f_2 = 0,12$ – коефіцієнт тертя між заготовкою і губками лещат;

$k = 1,5$ – коефіцієнт запаса.

$$Q = 1,5 \frac{289}{0,12 + 0,12} = 1807, \text{ Н}$$

Виходячи з розрахункового зусилля на штоку і прийнятого тиску повітря в мережі – 4 атм., Вибираємо діаметр робочої порожнини циліндра $D=60$ мм. Діаметр штока дорівнює $d = 18$ мм.

Згідно з прийнятими даними, визначимо зусилля на штоку [12, табл. 6.11, с. 151]. Для пневмоциліндра двосторонньої дії сила, що штовхає шток, дорівнює:

$$W = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (2.10)$$

де $D = 60$ мм – діаметр робочої порожнини циліндра;

$d = 18$ мм – діаметр штока;

$p = 0,4$ МПа – тиск повітря в мережі;

$\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії;

$$W = \frac{3,14}{4} (60^2 - 18^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 927 \text{ Н},$$

В закріпленні заготовки задіяна пара лещат. Тому сумарна сила затискання подвоюється, тобто $2W = 1856$ Н.

Порівнюючи отримане значення зусилля на штоку з розрахунковим зусиллям, що залежать від сили різання, видно що $W > Q$, дана умова забезпечує надійне закріплення деталі.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для контролю висоти різальних і калібрувальних зубів протяжки (рис. 2.2).

Контрольне пристосування (рис. 2.2) складається з плити, яка встановлюється на чотирьох ножках. В плиті профрезерована площа по якій переміщується опора з закріпленою стійкою. По стійці переміщується в вертикальному напрямку кронштейн. В кронштейн встановлюється індикатор

годинникового типу. Для настройки пристосування використовується еталонна протяжка і набір плоскопаралельних мір довжини.

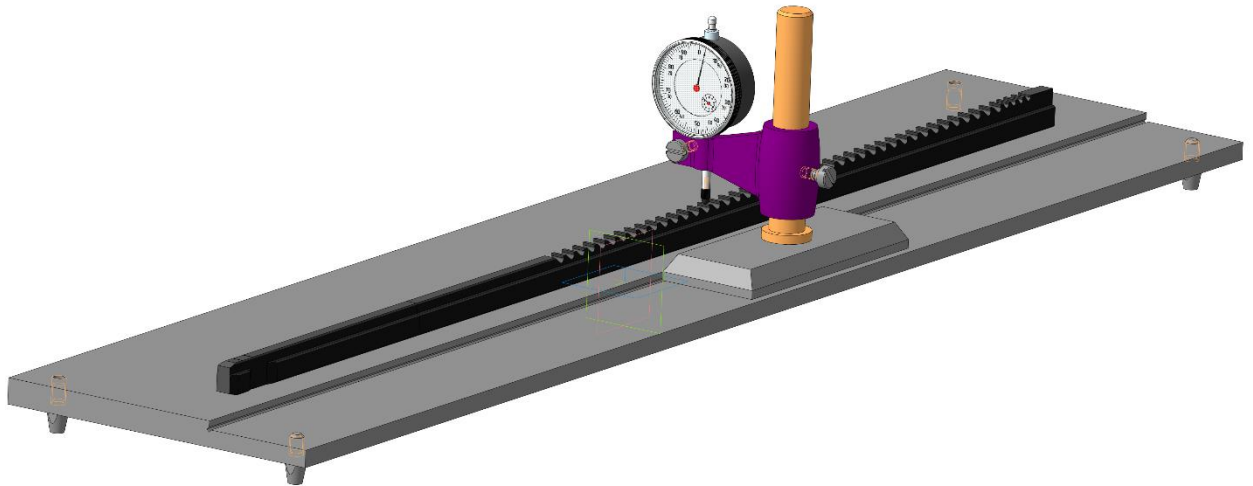


Рисунок 2.2 – Контрольне пристосування

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ТЕРМІЧНОЇ І ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТІВ У СОЛЯНИХ ВАННАХ

3.1 Загальні положення

Сучасний стан термічних цехів інструментальних заводів характеризується високим рівнем механізації і автоматизації більшості операцій термічної і хіміко-термічної обробки інструментів, які виконуються в соляних ваннах. До теперішнього часу на базі використання соляних ванн створені і працюють різноманітні напіваавтоматичні лінії та агрегати для термічної і хіміко-термічної обробки, в яких здійснюється механізоване переміщення касет з інструментами з однієї ванни в іншу через строго задані проміжки часу. У поєднанні з автоматичним регулюванням температури ванн це забезпечує можливість суворого дотримання встановлених технологічних процесів [16].

Все механізоване обладнання, в якому застосовуються соляні ванни, можна розділити на чотири групи:

- а) агрегати для загартування;
- б) агрегати для відпускання;
- в) потокові лінії для комплексної термічної обробки (загартування, відпускання, очищення від солей);
- г) агрегати для хіміко-термічної обробки інструментів.

В деякі лінії включається також механізована правка інструментів. Оснащення термічних цехів окремими напіваавтоматичними агрегатами для загартування або відпускання або поточними лініями для комплексної термічної обробки, а іноді і для очищення має свої переваги і недоліки.

Застосування окремих агрегатів для загартування або відпускання інструментів зручно тим, що неполадки і простої на якомусь одному агрегаті не сказуються на роботі інших агрегатів і можна здійснювати роздільний ремонт устаткування, яке застосовується на даній операції.

Однак при використанні окремих агрегатів виникає необхідність перевантажувати вироби з одного пристосування в інше, для чого потрібен додатковий час і додатковий обслуговуючий персонал.

При використанні поточкових ліній для комплексної термічної обробки й очищення, всі операції виконуються в одному і тому ж пристосуванні без проміжних перевантажень інструментів. Це дозволяє застосовувати в загальній лінії такий процес, як короткочасне відпускання інструментів з швидкорізальної сталі, в результаті чого значно скорочується тривалість всього технологічного циклу термічної обробки.

Однак експлуатація поточкових автоматичних ліній значно складніше, ніж окремих агрегатів, і вимагає від обслуговуючого персоналу більш уважного спостереження за роботою ліній. Устаткування в агрегатах і лініях встановлюють відповідно до технологічного процесу, в порядку виконання операцій або відповідно до циклограми, яка визначає порядок переміщення касет або інших пристосувань з інструментами з однієї ванни в іншу.

Розташування обладнання в агрегатах і лініях найчастіше буває прямолінійним; іноді при нестачі виробничих площ застосовують П-образне розташування обладнання. В якості транспортувального пристрою для перенесення інструментів з однієї ванни в іншу застосовують важільні перекидачі, ланцюгові конвеєри і оператори. Основний недолік важільних перекидачів полягає в тому, що вони не завжди забезпечують надійність перекидання підвісок з інструментами з однієї позиції на іншу і правильну установку їх на вживаному в цьому випадку горизонтальному конвеєрі, який слугує для пересування касет з інструментами. У цих агрегатах можливо також довільне переміщення штанг з підвісками, що приводить до порушення встановленого режиму. Одним з недоліків агрегатів з ланцюговими конвеєрами для перенесення інструментів з однієї ванни в іншу є вихід їх з ладу через ослаблення натягу ланцюга, в результаті чого відбувається зісковзування ланцюга із зірочок. Це призводить до перекосу штанг і, як наслідок, до різної глибини занурення інструментів в сольовий розплав. При

тривалій експлуатації відбувається також нагрів передавального ланцюга, в результаті чого він подовжується, зісковзує із зірочок, пристосування розгойдується і частина інструментів втрачається (падає в ванну).

Більш досконалими і надійними транспортними пристроями є автооператори, якими тепер оснащуються агрегати і лінії, що заново проектуються. Автооператор переміщує підвіски або кошики з виробами по заданій циклограмме. Слід зазначити, однак, що при виході з ладу агрегата з оператором налагодження його вимагає більш високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Агрегати з ланцюговим конвеєром є простішими в обслуговуванні, ніж агрегати з оператором, тому на ряді інструментальних заводів вони продовжують досить успішно експлуатуватися. Завантаження інструментів в пристосуваннях і розвантаження їх на діючих агрегатах і лініях, як правило, виконується ручним способом, переміщення ж пристосувань з інструментами механізовано.

На агрегатах і лініях застосовують два способи завантаження і розвантаження пристосувань з інструментами. При першому способі завантаження інструментами пристосувань і їх розвантаження проводиться з одного кінця агрегату (підвіски з інструментами повертаються до місця завантаження). При такій конструкції агрегат може обслуговуватися одним робітником.

При другому способі завантаження і розвантаження пристосувань з інструментами проводиться з протилежних кінців агрегату (або лінії), і для обслуговування необхідно дві-три людини.

З електродних соляних ванн, застосовуваних в агрегатах і поточних лініях для нагрівання та охолодження інструментів при загартуванні, найбільш зручними є ванни з прямокутною формою робочого простору. Розміри робочого простору цих ванн можуть змінюватися в залежності від необхідної продуктивності агрегату або лінії, розмірів завантажуваних інструментів і

застосовуваної температури нагріву. Відповідно підбираються по потужності пічні трансформатори електродних соляних ванн.

Соляні ванни, які застосовуються в агрегатах для відпускання інструментів, частіше нагріваються за допомогою трубчастих електронагрівачів, хоча в ряді випадків для цієї мети використовуються і електродні соляні ванни. Ванни повинні бути обладнані бортовими відсмоктувачами, що значно посилює видалення диму з дзеркала ванни в порівнянні з відсмоктуванням через загальний ковпак, що знаходиться вгорі над дзеркалом ванни; особливо це необхідно для ванн остаточного нагріву, що застосовуються при загартуванні інструменту зі швидкорізальної сталі, де без цього важко забезпечити правильне вимірювання і регулювання температури ванни. З великого числа діючих різноманітних агрегатів і потокових ліній для загартування, відпусткання і ціанування інструментів в табл. 3.1 наведені ті, що заслуговують на більшу увагу, і рекомендовані до застосування.

Таблиця 3.1 – Рекомендації по вибору автоматизованого обладнання для термічної і хіміко-термічної обробки ріжучих інструментів

Призначення	Рекомендоване обладнання		Максимальна продуктивність, кг/год	Завантажувально-транспортувальний пристрій
	найменування	тип		
Для інструментів з швидкорізальної сталі				
Загартування великогабаритного інструмента	Напівавтоматичний гартувальний агрегат	ТА-30	250	Оператор
Загартування інструментів середніх розмірів	Напівавтоматичні гартувальні універсальні агрегати	ТА-22	350	Ланцюговий конвеєр
		ТА-28	300	Оператор
		ТА-26	300	» » »
		ТА-07	375	» » »
		МФ-567	250	Ланцюговий конвеєр
Загартування хвостової і робочої частини інструментів	Напівавтоматичний гартувальний агрегат	УОТ-1	1200 шт / год (свердла діаметром 12 мм)	Важільні перекидачі
Загартування свердел з циліндричним хвостовиком із застосуванням механізованої правки	Напівавтоматичний гартувальний агрегат	МФ-570	250	Ланцюговий конвеєр
		ТА-34	250	Оператор
		ОИЗ-Ц1	6000 шт/ч	Важільні перекидачі
Триразове відпускання	Напівавтоматичні агрегати для відпускання	ТА-23	375	Оператор
		ТА-25	375	» » »
		ТА-08	375	» » »
		С-100Х3/560	350	» » »
Триразове відпускання і хімічне очищення	Напівавтоматична потокова лінія	ТХА-33	300	Оператор
Дворазове короткочасне відпускання і очищення	Те ж	УОТ-2		Важільні перекидачі та ланцюговий конвеєр

Продовження таблиці 3.1

Призначення	Рекомендоване обладнання		Максимальна продуктивність, кг/год	Завантажувально-транспортувальний пристрій
Комплексна термічна обробка і очищення зварного інструменту	Автоматичні лінії	УОТ-3 ТХА-15	1200 шт/год (свердла діаметром 12 мм) 300	» » » Оператор
Комплексна термічна обробка, правка і очищення свердел з циліндричним хвостовиком	Автоматичні лінії	ТХА-17	160	» » »
Термічна обробка хвостовій частині інструментів	Напівавтоматичний агрегат	МФ-573	600	Ланцюговий конвеєр
Ціанування з подальшим воронінням	Напівавтоматична лінія	ТХА-42	–	Оператор
Для інструментів з вуглецевої і низьколегованої сталі				
Комплексна термічна обробка круглих плашок	Автоматична лінія	АЛЗП	150	Ланцюговий конвеєр
Загартування інструментів з вуглецевої сталі	Напівавтоматичний агрегат	МФ-557	250	» » »
Відпускання інструментів з вуглецевої сталі	те ж	МФ	500	Оператор
Термічна обробка з одночасним оксидуванням корпусів збірного інструменту зі сталі 40Х	те ж	МФ-559	500	» » »

3.2 Агрегати для термічної обробки інструментів

Агрегат напівавтоматичний гартувальний ТА-22 призначений для загартування інструментів великих і середніх розмірів з швидкорізальної сталі. На рис. 3.1 представлена схема цього агрегату. Довжина гартувального агрегату 9 м, ширина (разом з трансформатором) 4,5 м, висота (при верхньому положенні траверси оператора) 4,5 м. До складу агрегату входять шахтна піч 1 для першого підігріву інструментів з електричним або газовим нагріванням до 300-500 °С; ванна соляна електродна 2 для другого підігріву до 850-880 °С; ванна соляна електродна 3 для остаточного нагрівання до 1200-1300 °С; ванна соляна 4 з температурою 400- 550 або 600-675 °С, призначена для ступеневої охолодження нагрітих інструментів; камера подстуживання 5, в якій інструменти охолоджуються струменем повітря. Після остаточного охолодження загартовані інструменти в пристроях повертаються до місця завантаження, де і розвантажуються [16].

Агрегат напівавтоматичний гартувальний ТА-28 (рис. 3.2) також призначений для загартування інструментів середніх розмірів з швидкорізальної сталі. Довжина агрегату 8,81, ширина (разом з трансформатором) 4,5 м, висота (при верхньому положенні траверси оператора) 5,0 м. До складу агрегату входять шахтна піч 1 для першого підігріву інструментів при 300-500 °С; ванна соляна електродна 2 для другого підігріву до 850-880 °С; ванна соляна електродна 3 для остаточного нагрівання до 1200-1300 °С; ванна соляна 4 з температурою 400-550 або 600-675 °С для ступеневої охолодження; камера подстужива-ня 5; стіл завантаження і вивантаження 6.

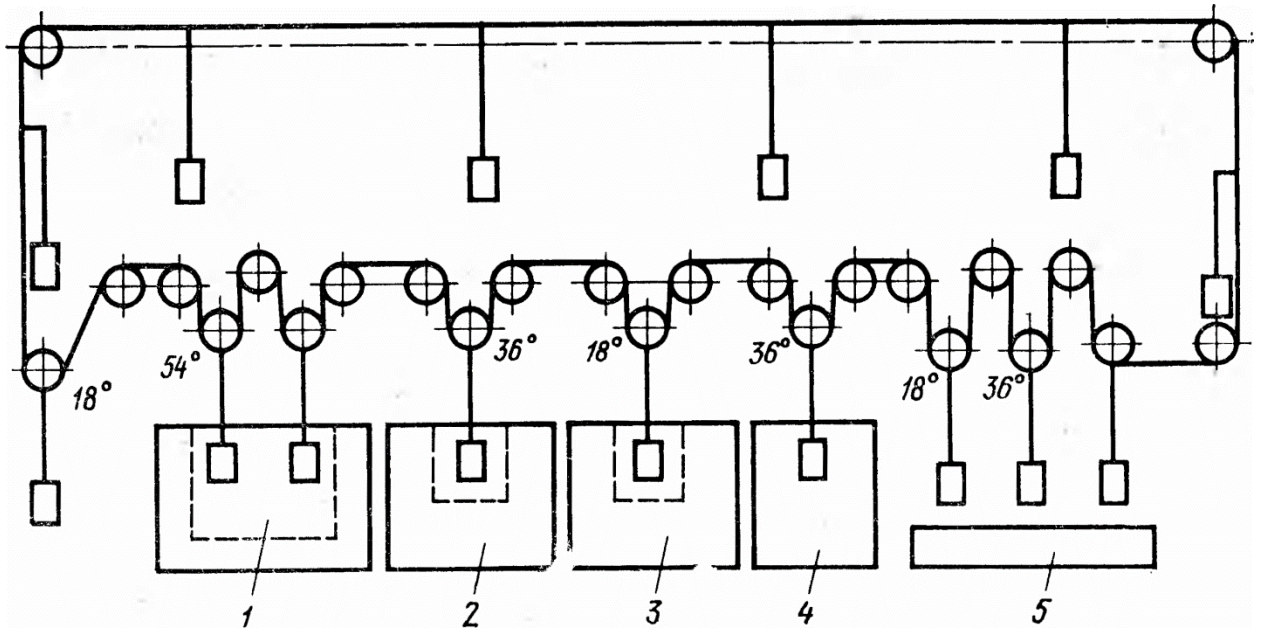


Рисунок 3.1 – Схема напівавтоматичного гартувального агрегату ТА-22

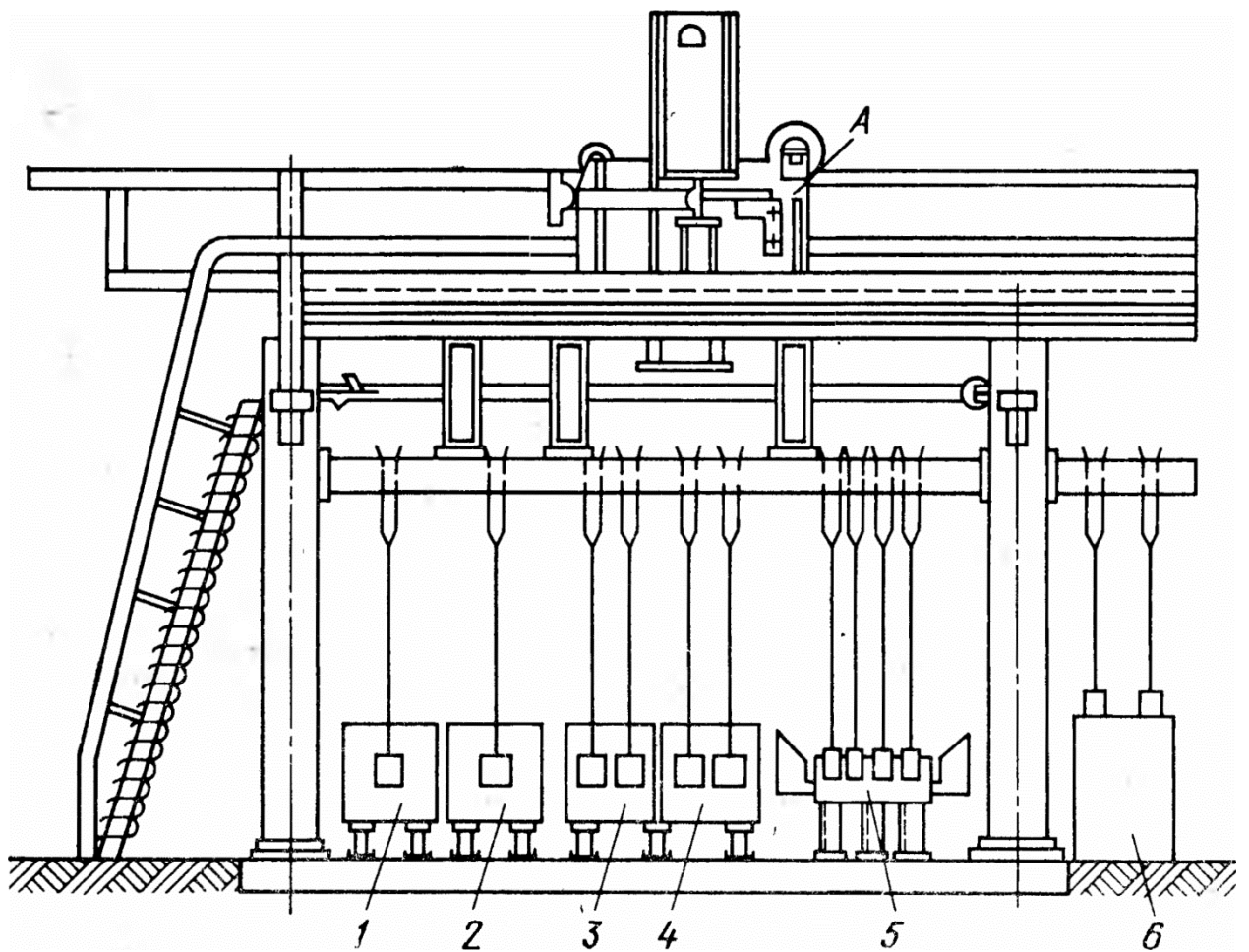


Рисунок 3.2 – Агрегат напівавтоматичний гартувальний ТА-28 (А – автооператор)

Агрегат напівавтоматичний гартувальний МФ-567 (рис. 3.3) призначений для загартування інструментів середніх розмірів з швидкорізальної сталі. Довжина агрегату 10,1 м, ширина (разом з трансформатором 7) 4,2 м, висота 4,3 м. До складу агрегату входять шахтна піч 1 для першого підігріву інструментів до 300- 500 ° С; ванна соляна електродна 2 для другого підігріву до 850-880 ° С; ванна соляна електродна 3 для остаточного нагрівання до 1200-1300 ° С; ванна соляна 4 з температурою 400- 550 або 600-675 ° С, призначена для ступеневої охолодження нагрітих інструментів; камера підстужувння 5, в якій інструменти охолоджуються струменем повітря; стіл для завантаження і вивантаження 6.

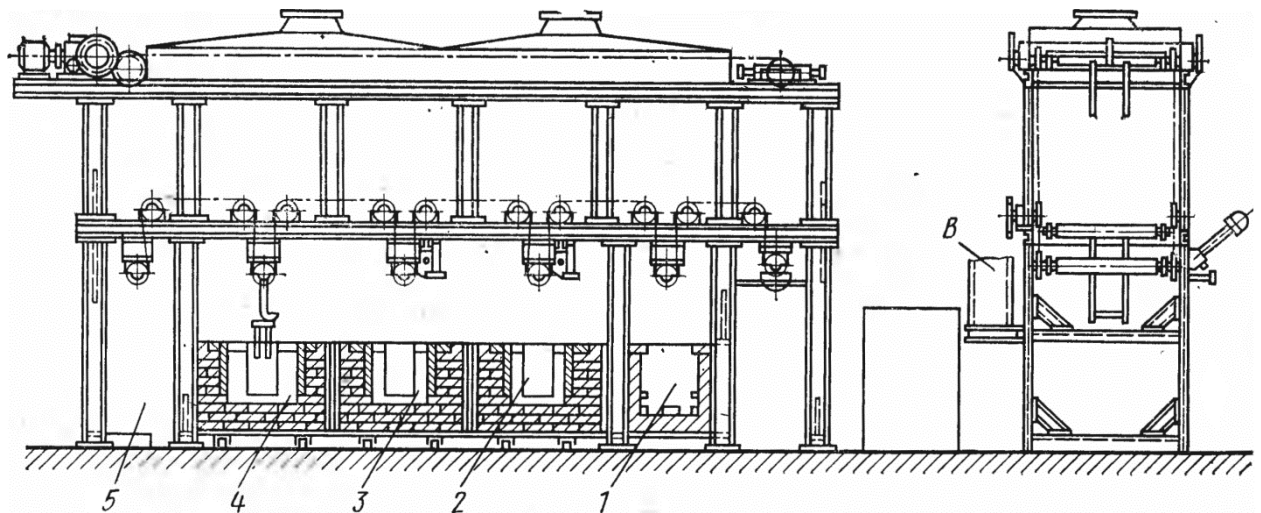


Рисунок 3.3 – Агрегат напівавтоматичний гартувальний МФ-567

Агрегат напівавтоматичний гартувальний VGT-1 (рис. 3.4) призначений для загартування хвостової і робочої частини зварних свердел з конічним хвостовиком. Довжина агрегату 14,2 м, ширина 1,5 м, висота 2,9 м. До складу агрегату входять стіл 1 для завантаження касет інструментом; ванна соляна електродна 2 з температурою 850° С для нагрівання під загартування лапок свердел; ванна 3 з проточною водою для охолодження лапок свердел при за-Калці; шахтна піч 4 з температурою 200-300 °С для просушування свердел; ванна соляна електродна 5 для попереднього підігріву до 850-880 °С; ванна соляна електродна 6 для остаточного нагрівання до 1200-1300 °С; ванна соляна

7 з температурою 400-550 або 600-675 °С для ступеневої охолодження інструменту; камера для охолодження водяним пилом або стисненим повітрям; стіл 9 для розвантаження касет з загартованими інструментами.

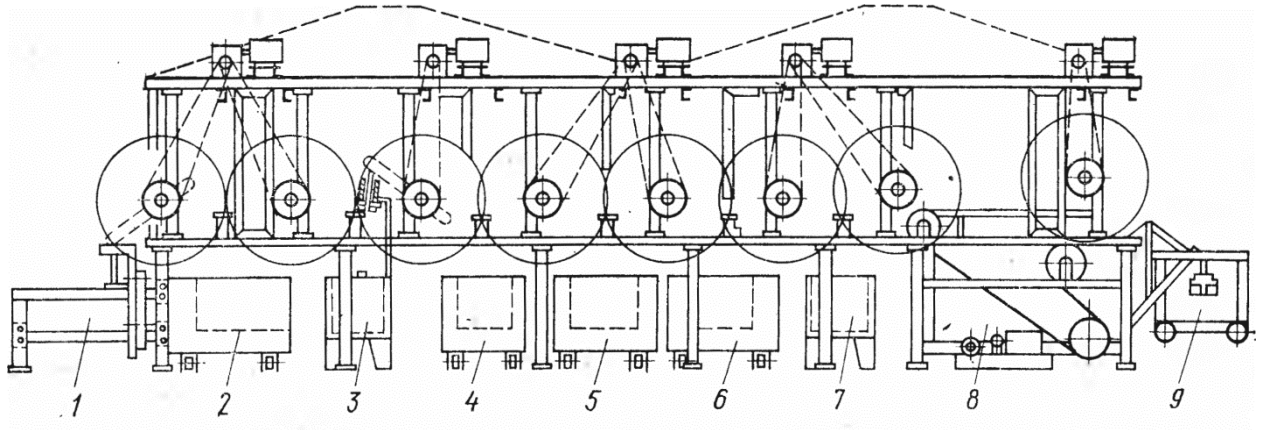


Рисунок 3.4 – Агрегат напівавтоматичний гартувальний VGT-1

Агрегат напівавтоматичний МФ-573 (рис. 3.5) призначений для термічної обробки хвостовій частині зварних інструментів. До складу агрегату входять стіл 1 для завантаження і вивантаження інструментів; шахтна піч 2 для підігріву до 200-300° С; ванна соляна електродна 3 для остаточного нагрівання до 850° С; ванна 4 з проточною водою для охолодження при загартуванні хвостовиків; шахтна піч 5 для підігріву хвостовиків до 200-300° С; соляна ванна 6 з температурою 200-300 °С для відпусткання загартованих хвостовиків.

Агрегат напівавтоматичний МФ-557 (рис. 3.6) призначений для гарту інструменту з вуглецевої сталі. Довжина агрегату 6,7 м, ширина 1,35 м, висота 3,7 м. До складу агрегату входять шахтна піч 1 для попереднього підігріву до 300-400 °С; ванна соляна електродна 2 для остаточного нагрівання до 800-820°С; ванна соляна 3 з трубчастими електронагрівачами для ступеневої охолодження при 160-180 °С; електрична ванна 4 з киплячою водою для промивання від солей; ванна 5 з пасивуючим розчином.

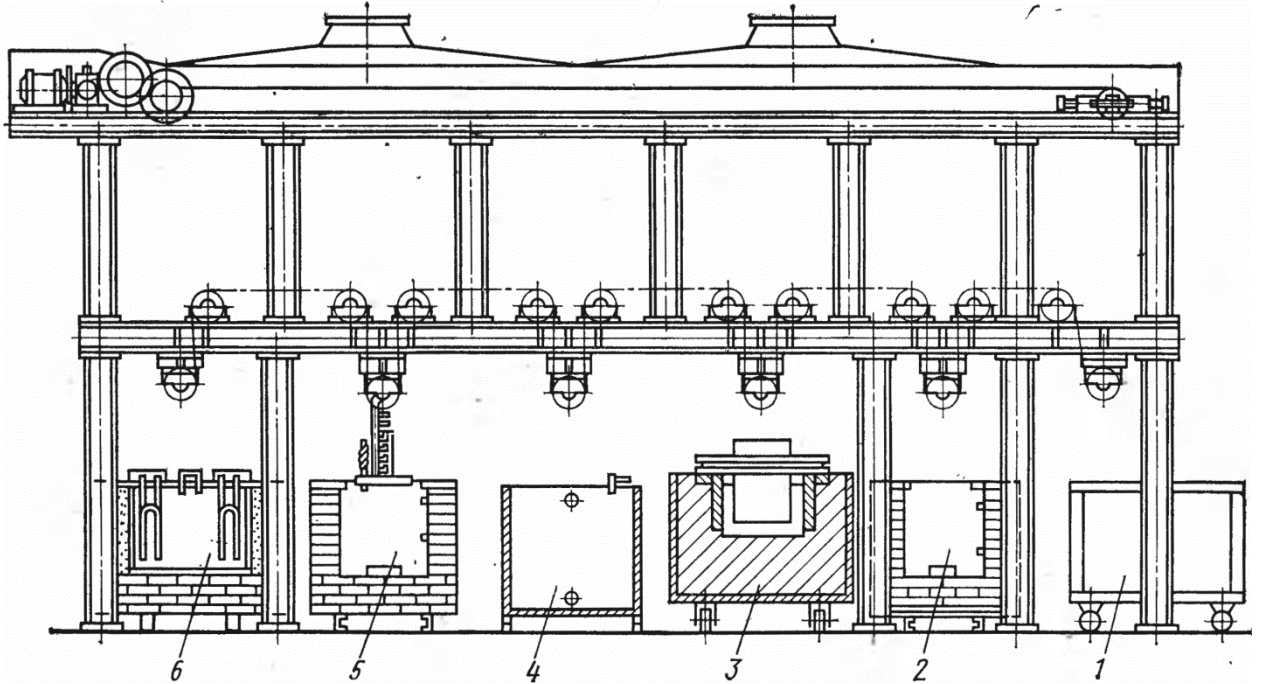


Рисунок 3.5 – Агрегат напівавтоматичний МФ-573 для термічної обробки хвостовій частині зварних інструментів

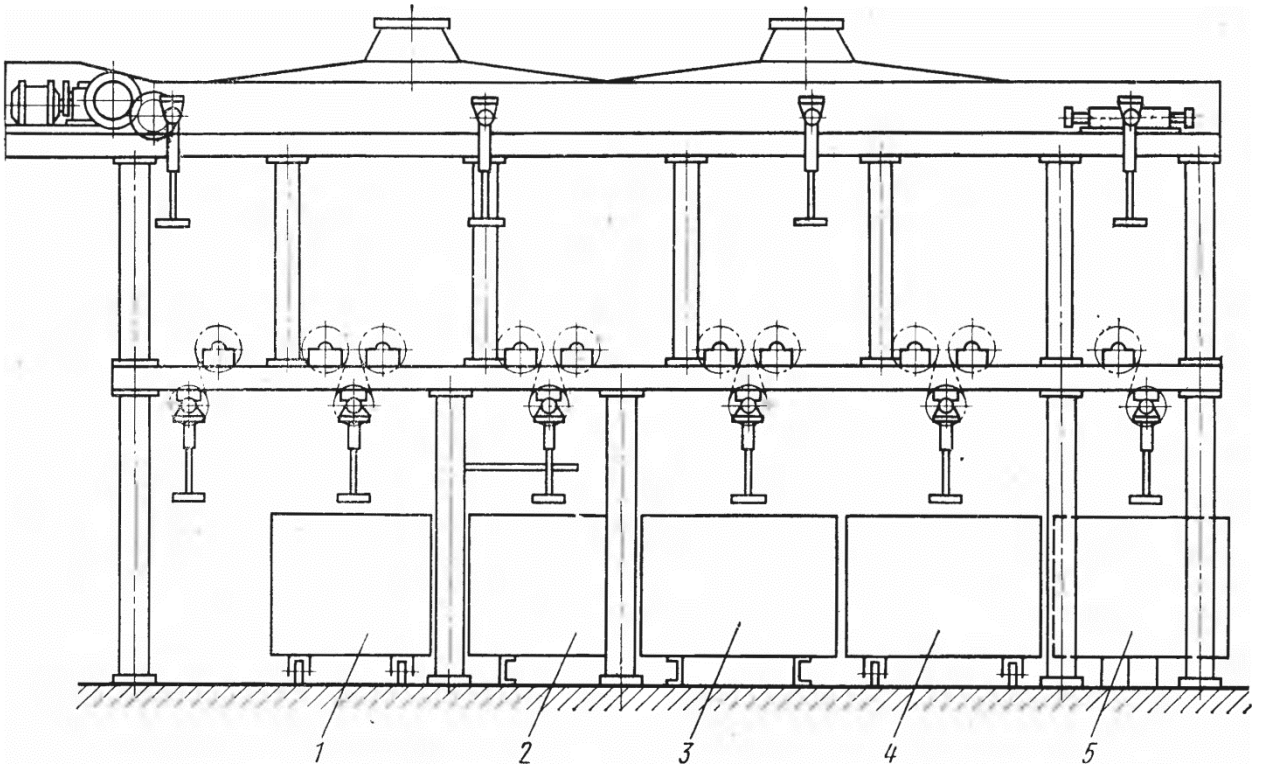


Рисунок 3.6 – Агрегат напівавтоматичний МФ-557 для загартування інструментів з вуглецевої сталі

Агрегат напівавтоматичний МФ (рис. 3.7) призначений для відпустки інструменту з вуглецевої сталі. Довжина агрегату 6,5 м, ширина 1,35 м, висота 2,1 м. До складу агрегату входять ванна 1 з трубчастими нагрівачами, використовувана для відпустки інструментів при 160-180 ° С; електрична ванна 2 з киплячою водою для промивання інструментів; ванна 3 з пасивуючим розчином і шахтна піч 4 з температурою 200-300 ° С для просушування інструментів.

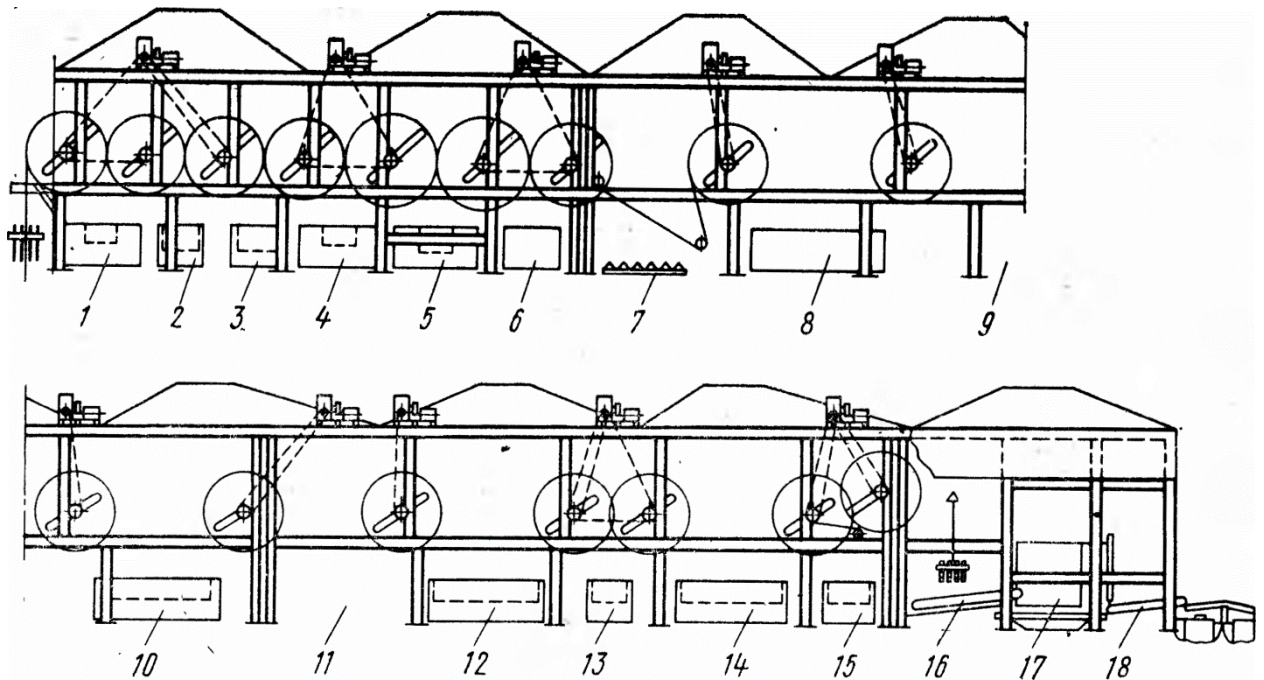


Рисунок 3.7 – Агрегат напівавтоматичний МФ для відпустки інструментів з вуглецевої сталі

3.2 Потоківі напівавтоматичної лінії для термічної обробки інструментів

Напівавтоматична конвеєр ТХА-33 (рис. 3.8) призначена для отпуску і хімічної очистки інструментів з швидкорізальної сталі. Довжина потокової лінії 19,3 м, ширина (разом з трансформатором) 4 м, висота (при верхньому положенні траверси оператора) 5 м. До складу потокової лінії входять ванна

соляна електродна 1 для першого відпусткання інструментів; камера охолодження 2 для підстижування в струмені повітря; ванна соляна електродна 3 для другого відпусткання; камера охолодження 4, ванна соляна електродна 5 для третього відпусткання; камера охолодження 6, ванна 7 з електричним нагріванням для промивання інструментів в гарячій воді; ванна 8 для травлення в кислоті; ванна 9 з душем для промивання у холодній воді; ванна для нейтралізації 10; ванна 11 для пасивування.

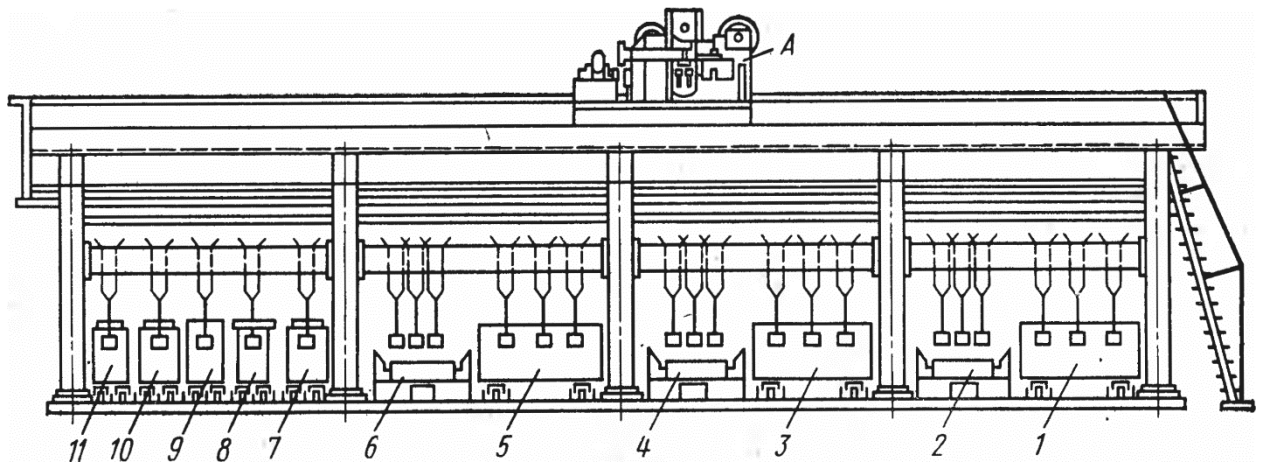


Рисунок 3.8 – Напівавтоматична потокова лінія ТХА-33 для відпусткання і хімічної очистки інструментів з швидкорізальної сталі (А - автооператор)

Напівавтоматична потокова лінія VGT-2 (рис 3.9) призначена для короткочасного дворазового відпусткання і очищення інструментів з швидкорізальної сталі, а також для виконання операцій очищення їх від солей. Довжина потокової лінії 17 м, ширина 1,8 м, висота 3,1 м. До складу потокової лінії входять ванна соляна електродна 1 для першого відпусткання при температурі 580-600 °С протягом 20-10 хв відповідно; стенд 2 з форсунками для охолодження інструментів до ~ 20 ° С; ванна соляна електродна 3 для другого відпусткання при температурі 580-600 °С протягом 20-10 хв; стенд 4 з форсунками для охолодження інструментів до ~ 20 °С; ванна електрична 5 з киплячою водою для виварювання відпущених інструментів; ванна 6 з проточною водою; ванна 7 з кислототривкої ізоляцією, яка використовується для травлення в кислоті; ванна 8 з проточною водою для видалення залишків

кислоти з поверхні інструментів; установка 9 барабанного типу для гідроочищення інструментів; транспортер 10 видачі готової продукції з душем з пасивуючого розчину.

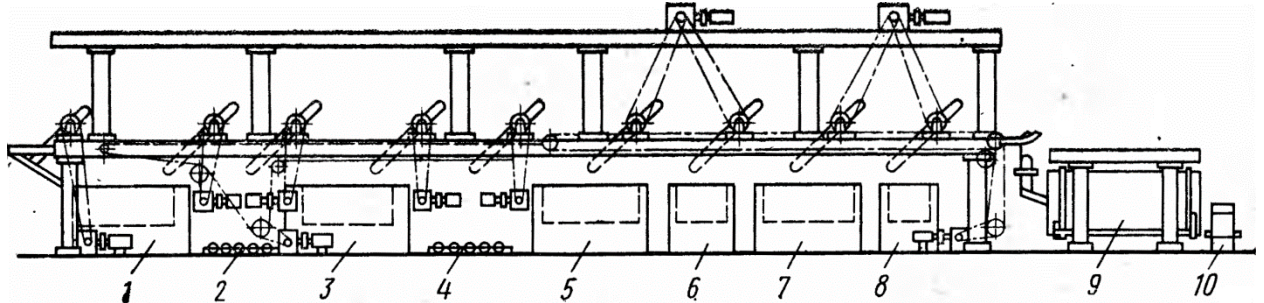


Рисунок 3.9 – Напівавтоматична потокова лінія VGT-2 для короткочасного відпусткання і очищення інструментів з швидкорізальної сталі

Напівавтоматична потокова лінія VGT-3 (рис. 3.10) призначена для комплексної термічної обробки і очищення зварних інструментів з конічним хвостовиком. На ній проводиться гарт лапок і робочої частини, відпустка і очищення зварних свердел, зенкерів і розгорток з робочою частиною зі швидкорізальної сталі і хвостовиком (КМ1-4) з конструкційної вуглецевої сталі. Довжина лінії 28,6 м, ширина (разом з трансформатором) 4 м, висота (при верхньому положенні траверси оператора) 5,4 м. До складу потокової лінії входять ванна соляна електродна 1 для нагріву лапок під загартування; ванна 2 з проточною водою для охолодження лапок при загартуванні; шахтна піч 3 для першого підігріву до 300 °С при загартуванні робочої частини інструментів; ванна соляна електродна 4 для другого прогріву до 850-880 °С при загартуванні робочої частини; ванна соляна електродна 5 для остаточного нагрівання до 1200-1300 °С при загартуванні робочої частини; соляна ванна 6 для ступеневої охолодження при 400-550 або 600-675 °С; стенд 7 з форсунками для остаточного охолодження при загартуванні інструментів; ванна електродний 8 для першого відпустки при 580-600 °С; стенд з форсунками для охолодження; ванна соляна електродна 10 для другого відпусткання при 580-600 °С; стенд 11 для охолодження; ванна 12 з

електричним нагріванням для виварювання інструментів після відпусткання; ванна 13 з душем для промивання інструментів; ванна 14 з кислототривкою ізоляцією для травлення поверхні інструментів; ванна 15 з душем для промивання інструментів в холодній воді; прес 16 для розвантаження інструментів з пристосувань; установка барабанного типу 17 для гідроочищення інструментів; транспортер 18 для видачі готових інструментів з душем з пасивуючого розчину.

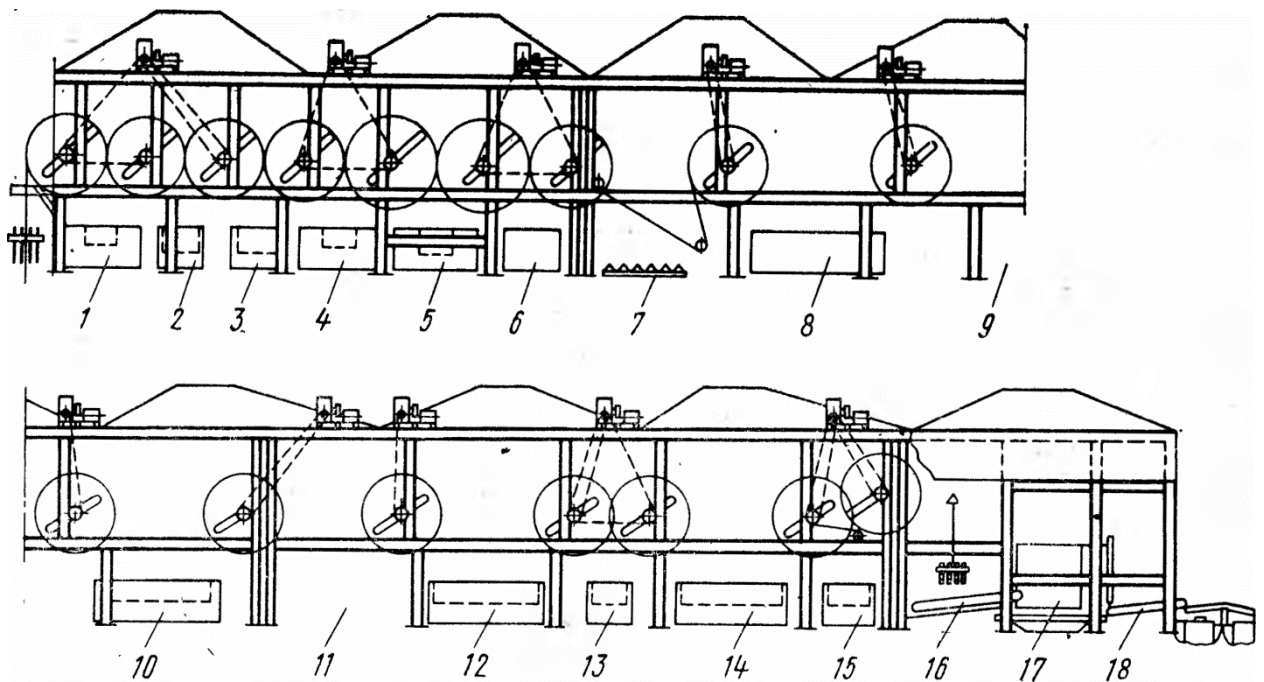


Рисунок 3.10 – Напівавтоматична конвеєр VGT-3 для комплексної термічної обробки і очищення зварного інструменту з конічним хвостовиком

4 ТЕРМІЧНА ОБРОБКА ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ПРОТЯЖОК

4.1 Особливості термічної обробки швидкорізальних сталей

Інструментальні сталі по праву відносять до одних з найбільш складних сплавів в зв'язку з характером протікають в них перетворень, структурою і різноманітністю властивостей, а також умовами термічної обробки.

Вибір відповідного матеріалу є тільки однією з умов виготовлення високоякісного інструменту. Конструкція, якість виготовлення і не в останню чергу термічна обробка з поверхневим зміцненням вирішальним чином впливають на термін служби інструменту, а отже, і на обсяг його виробництва. Термообробка може в широких межах змінити структуру, і властивості майбутнього інструменту.

4.2 Швидкорізальної сталі

Швидкорізальної сталі (ГОСТ 19265-73) містять 0,7-1,5% С, до 18% W, що є основним легуючим елементом, до 4,5% Cr, до 5% Mo, до 10% Co. У позначенні марок коштує буква Р від слова «рапід» - швидкість, цифри за цією буквою показують середній вміст вольфраму (Р18, Р9 і т.д.).

У порівнянні з інструментальними сталями, що не відрізняються високою теплостійкістю, швидкорізальні сталі забезпечують великі швидкості різання, при цьому стійкість ріжучої кромки зростає в 10-30 разів.

Швидкорізальна сталь використовується в якості інструментального матеріалу для виготовлення практично всіх видів різального інструменту. Крім того, швидкоріжуча сталь застосовується для ряду деталей, що працюють при підвищених температурах (підшипники кочення, штампи та ін.). Це пов'язано з тим, що швидкоріжуча сталь, як жоден інший інструментальний

матеріал, поєднує в собі високі фізико-механічні, технологічні та експлуатаційні властивості.

Якість інструменту в значній мірі залежить від правильного вибору марки стали для відповідного ріжучого інструменту з урахуванням основних властивостей стали. Наприклад, для інструментів простої форми при безперервному точінні термін служби лімітується вторинної твердістю, теплостійкістю і зносостійкістю. Для інструментів складної форми, а також для інструментів, використовуваних при переривчастому точенні, великого значення набувають міцність і в'язкість стали. Підвищення тієї чи іншої властивості досягається за рахунок зміни хімічного складу і технології виробництва сталі, а також режимів її термічної обробки.

Мета термічної обробки інструментальних сталей полягає в тому, щоб створити в стали певного складу структуру, що забезпечує такі фізико-механічні властивості, в яких є необхідність під час експлуатації даного інструменту.

Термічна обробка безпосередньо впливає на довговічність інструменту, так як властивості матеріалу, з якого виготовлений інструмент, що формуються під час обробки, стають остаточними.

4.3 Термічна обробка в соляній ваннах

Класична термічна обробка інструментальних сталей проводиться в соляних ваннах (рис. 4.1, 4.2). Перевага соляних ванн проявляється не тільки в швидкому нагріванні, швидкій передачі тепла, ефективному відводі тепла, економічності і можливості регулювання температури, але і в задовільним захистом поверхні від шкідливого впливу забруднень.

В інтервалі температур 1000-1350 °C застосовують сіль, яка містить BaCl_2 , або сіль, яка містить BaCl_2 і буру. Перша в значній мірі

зневуглецьовує сталь, а крім того вона погано змивається з деталей. Солі є практично нейтральними, але при збільшенні забрудненості ванни може відбутися процес зневуглецювання.



Рисунок 4.1 – Соляна піч-ванна



Рисунок 4.2 – Соляні пічі-ванни

Зневуглецювання можна послабити або зовсім уникнути за допомогою введення ціаністого натрію або нейтральних (інертних) речовин (феррокремнія, карбіди кремнію, бура). Така сіль змивається з деталей набагато простіше.

В інтервалі температур 700-950 °С використовують сіль містить NaCl і Na_2CO_3 , яка також має властивість зневуглецювання. Процес зневуглецювання в цьому випадку також можна зменшити додаванням ціаністого натрію. Така сіль легко змивається.

При 500-700 °С можна використовувати сіль містить BaCl_2 , NaCl і CaCl_2 (рис. 4.3). Через присутність хлориду кальцію ця сіль сильно поглинає вологу і викликає корозію.

Солі, що містять селітру, використовують в інтервалах температур 170-500 °С. Наявність в складі цих солей NaNO_3 поблизу верхньої межі температурного інтервалу робить їх вибухонебезпечними. Стали, що нагріваються вище 950 °С в соляній ванні, охолоджувати в селітрі недоцільно через її сильну окиснювальну дію на сталь: стан поверхні виробів буде погіршуватися, сталь починає частково розплавлятися. Ці солі легко змиваються з поверхні. Їх використовують для охолодження і головним чином для відпускання.



Рисунок 4.3 – Ванна з розплавом

Однак вироби з ванни, що містить сіль з концентрацією ціаністого натрію більш ніж 10%, не можна безпосередньо поміщати в соляну ванну, що містить селітру. У такі ванни строго заборонено підмішувати органічні речовини і особливо ціаністі сполуки, так як такі суміші є вибухонебезпечними.

Більшість солей, які застосовуються для нагріву деталей, містить різні отруйні речовини.

Якщо на поверхню виробу наноситься зносостійке покриття, то технологічний процес повинен передбачати операцію остаточної підготовки поверхні, яка включає в себе:

- попереднє знежирення з використанням високотоксичних трихлоретилену або чотирихлористого вуглецю;
- ультразвукове очищення з використанням соди і фосфорнокислого натрію;
- промивку в питної і дистильованої воді;
- промивку в спирті з ацетоном.

З вищесказаного випливає, що технологічний процес термічної обробки в соляних ваннах виключно складний, трудомісткий і характеризується високою токсичністю.

Крім того, підвищена швидкість нагрівання виробів в суміші солей призводить до виникнення високого градієнта температур між поверхнею і серцевиною, що в свою чергу визначає високий рівень термічних напруг і, як наслідок, – деформацію виробів. Висока швидкість нагріву обумовлює також різнозерністім структуру при аустенізації і подальшій загартовуванню. При обробці виробів в суміші солей практично неможливо уникнути зневуглицювання і втрати легуючих елементів в поверхневих шарах (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Структура ділянки інструменту з сильним знеуглецюванням поверхневого шару і яскраво вираженою різнозернистістю (світла область)

Розміри печей з соляними ваннами строго обмежені. Тому сучасна термічна обробка щоб уникнути утворення окалини і знеуглецювання інструментів великого розміру сьогодні вже не може обійтися без вакуумних пристроїв для термічної обробки, або використовують різні газоподібні захисні середовища.

4.4 Технологія термічної обробки великогабаритних протяжок в соляних ваннах

В таблиці 4.1 наведена традиційна технологія термічної обробки великогабаритних протяжок в соляних ванах.

Таблиця 4.1 – Технологія термічної обробки великогабаритних протяжок

в соляних ваннах

Таблиця – Термічна обробка великогабаритних протяжок

Номер операції	Найменування операції	Обладнання	Зміст операції
05	Розгрузка	Кран балка Q = 3000 кг	Знімають тару з протяжками і встановлюють на місце зберігання
10	Підготовка		Перевіряють маркування умовного позначення протяжки. Перевіряють візуальний огляд протяжок на відсутність дефектів (забоїн, ум'ятин, чорноти та ін.) Перевіряють жолоблення протяжок до ТО. Підготовлюють ванни до роботи. Встановлюють протяжки на кришку
15	Завантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Загружають кришку в електричну піч
20	Високе відпускання	Н-45 – електрична камерна піч	Протяжки витримують при температурі $(680 \pm 20)^{\circ}\text{C}$ на протязі 5-6 годин у повітряному середовищі. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою. Допустимий перепад температури в печі $\pm 10^{\circ}\text{C}$
25	Вивантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Вивантажити деталі з електричної печі
30	Охолодження		Охолодити кришки з протяжками до температури навколишнього середовища
35	Завантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Завантажити кришку в електричну піч
40	Нагрівання (1-й підігрів)	Н-45 – електрична камерна піч	Протяжки витримують при температурі $(550^{+10})^{\circ}\text{C}$ на протязі 5,0-5,5 годин у повітряному середовищі. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою
45	Вивантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Вивантажити деталі з електричної печі

Продовження таблиці 4.1

Номер операції	Найменування операції	Обладнання	Зміст операції
50	Завантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Завантажити одну протяжку за допомогою кран-балки в електричну піч-ванну
55	Нагрівання (2-й підігрів)	СПЗ-75 –піч ванна	Протяжку витримують при температурі (840...860)°C на протязі 20...25 хвилин в печі-ванні. Час витримки рахувати з моменту виходу ванни на температуру за термограмою. Допустимий перепад температури в печі ±10°C
60	Вивантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Вивантажити протяжку з печі-ванни і перенести на остаточне нагрівання
65	Завантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Завантажити одну протяжку за допомогою кран-балки в електричну піч-ванну
70	Загартування	СПЗ-75 –піч ванна	Протяжку витримують при температурі (1200...1210 ⁺⁶)°C на протязі 5...6,5 хвилин в печі-ванні. Час витримки рахувати за секундоміром. Допустимий перепад температури в печі ±5°C
75	Вивантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Вивантажити протяжку з печі-ванни. Підстудити протяжку на повітрі на протязі ≈2 хвилин
80	Охолодження	Масляний бак. Кран балка Q = 3000 кг	Протяжку занурюють в бак в підвішеному стані з максимальною циркуляцією масла. Час витримки в маслі 7...8 хвилин, температура масла (20...70)°C, після цього на повітрі
85	Правка	Д-371, прес ручний рихтувальний. Пристосування для рихтування протяжок	Правити при необхідності. В разі підвищеного короблення протяжку підрихтовувати, а після цього закріпити в пристосування і посадити на відпускання
90	Завантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Загружають протяжку на кришці в електричну піч при температурі (550±10)°C

Продовження таблиці 4.1

95	Відпускання I	Н-45 – електрична камерна піч	Протяжки витримують при температурі $(550\pm 10)^{\circ}\text{C}$ на протязі 4-4,5 годин у повітряному середовищі. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою. Допустимий перепад температури в печі $\pm 10^{\circ}\text{C}$
100	Вивантаження	Кран балка $Q = 3000 \text{ кг}$	Вивантажити кришку з печі. Перевірити протяжку на жолоблення. В разі жолоблення більше 0,3 мм протяжку підрихтувати
105	Завантаження	Кран балка $Q = 3000 \text{ кг}$	Загружають протяжку на кришці в електричну піч при температурі $(550\pm 10)^{\circ}\text{C}$
110	Відпускання II	Н-45 – електрична камерна піч	Протяжки витримують при температурі $(550\pm 10)^{\circ}\text{C}$ на протязі 4-4,5 годин у повітряному середовищі. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою. Допустимий перепад температури в печі $\pm 10^{\circ}\text{C}$
115	Вивантаження	Кран балка $Q = 3000 \text{ кг}$	Вивантажити кришку з печі. Перевірити протяжку на жолоблення. В разі жолоблення більше 0,3 мм протяжку підрихтувати
120	Завантаження	Кран балка $Q = 3000 \text{ кг}$	Загружають протяжку на кришці в електричну піч при температурі $(550\pm 10)^{\circ}\text{C}$
125	Відпускання III	Н-45 – електрична камерна піч	Протяжки витримують при температурі $(550\pm 10)^{\circ}\text{C}$ на протязі 4-4,5 годин у повітряному середовищі. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою. Допустимий перепад температури в печі $\pm 10^{\circ}\text{C}$
130	Вивантаження	Кран балка $Q = 3000 \text{ кг}$	Вивантажити кришку з печі. Перевірити протяжку на жолоблення. В разі жолоблення більше 0,3 мм протяжку підрихтувати
135	Виготовлення шліфів	Шліф. круг. Пневматична шліф. машина	Виготовити шліф
140	Контроль	ММУ-3 – мікроскоп	Перевірити мікроструктуру протяжок. Результати записати в паспорт
150	Завантаження	Кран балка $Q = 3000 \text{ кг}$	Завантажити протяжку у ванну

Продовження таблиці 4.1

155	Загартування (хвостовиків)	СПЗ-75 –піч ванна	Витримати хвостовик протяжки при температурі $(860\pm 10)^{\circ}\text{C}$ на протязі 15...20 хвилин. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою
160	Вивантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Вивантажити протяжку з печі-ванни
165	Завантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Завантажити протяжку в масляний бак
170	Охолодження	Масляний бак. Кран балка Q = 3000 кг	Охолодити протяжку в маслі
175	Відпускання	Н-45 – електрична камерна піч	Протяжки витримують при температурі $(400\pm 10)^{\circ}\text{C}$ на протязі 1-1,3 години у повітряному середовищі. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою
180	Вивантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Вивантажити протяжки з печі
185	Гідро-піскоструминна	Гідропіскоструминна камера	Очистити деталі від окалини та солей
190	Зачищення	Верстак плоскошліфувальний	Шліфувати протяжку
195	Контроль	Роквелл-твердомір	Перевірити режим ТО за термограмою. Перевірити твердість протяжок. Перевірити зовнішній вид протяжок. Окалина. Корозія не допускається. Перевірити жолоблення протяжок. Биття не більше 0,2 мм
200	Підготовка		Помістити протяжку на кришку в один ряд на піску
205	Завантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Завантажити кришку в електричну піч
210	Старіння стабілізуюче	Н-45 – електрична камерна піч	Протяжки витримати при температурі $(350...400)^{\circ}\text{C}$ на протязі 2,5-4,0 години. Час витримки рахувати з моменту відновлення температури за термограмою
215	Вивантаження	Кран балка Q = 3000 кг	Вивантажити кришку з печі
220	Контроль		Перевірити режим ТО за термограмою

4.4 Термічна обробка у вакуумних печах

На сьогоднішній день вдосконалення та автоматизація вакуумного обладнання справили, по суті, революцію в термічній обробці [17].

Перелічимо основні переваги термічної обробки у вакуумі в порівнянні з традиційними методами обробки:

- висока стабільність властивостей оброблюваних деталей від партії до партії, від деталі до деталі;
- відсутність обезуглероженного і обезлегірованого шару;
- зменшення деформацій;
- відсутність забруднень навколишнього середовища і поліпшення умов праці;
- спрощення контролю і управління технологічним процесом;
- висока простежуваності параметрів процесу.

Істотний недолік один – високі капіталовкладення при закупівлі та введення вакуумного обладнання в експлуатацію.

В даний час термічна обробка інструменту зі швидкорізальної сталі здійснюється в основному в однокамерних горизонтальних вакуумних печах з загартуванням в потоці інертного газу, в тому числі під надлишковим тиском.

Найбільшою популярністю у дрібних і середніх підприємствах машинобудівного комплексу користуються конструкції однокамерних печей, в яких можна здійснювати повний цикл термічної обробки в автоматичному режимі без проміжного вилучення садки з робочої камери. Це вакуумні печі з конвекційним нагріванням і високонапірним газовим охолодженням.

Термічна обробка в вакуумі повністю захищає від окислення і знеуглецювання поверхню виробу і викликає дегазацію садки. Перш ніж починати попереднє нагрівання і аустенізацію, доцільно вакуумувати садку з деталями до 10^{-4} - 10^{-5} мбар, це дозволить видалити оксидні плівки і захистить поверхню заготовок. При аустенізації ж не рекомендується високий вакуум, так як це може сприяти випаровуванню окремих компонентів. Парціальний тиск парів окремих компонентів є значним при термічній обробці в звичайному інтервалі температур. Тиск пару таких компонентів, як Mn, Cr, Co при 1000 °C становить 10^{-2} - 10^{-4} мбар, що збігається з використовуваними в практиці значеннями тиску вакуумних пристроїв. В таких умовах доводиться

зважати на можливість випаровування окремих компонентів або при більш високих температурах зберігати вакуум в діапазоні 10^{-1} -1 мбар.

При термічній обробці в вакуумних печах необхідно дуже строго дотримувати чистоту деталей. Деталі перед термічною обробкою слід ретельно очищати від забруднень. Так, наприклад, 1 мг масляних забруднень при кімнатній температурі і 10^{-5} мбар перетворюється в 14 м^3 масляних парів, які необхідно видалити з вакуумного простору. Дуже шкідливим є також наявність води і інших домішок (прилип частинки алюмінію, пластмас, залишки кислот) – вони можуть завдати істотної шкоди.

Компресійні вакуумні печі дозволяють здійснювати нагрів виробів в вакуумі, а загартування проводити в середовищі інертного газу під надлишковим тиском, що дозволяє:

- розширити можливості використання вакуумного обладнання для термічної обробки виробів, що виготовляються з менш легованих сталей;
- проводячи загартування в інертному газі під тиском забезпечувати чисту, неокислену поверхню виробів, що в свою чергу дає можливість наносити захисні і зміцнюючі покриття без попередньої підготовки поверхні;
- за рахунок зміни тиску автоматично регулювати швидкість охолодження садки, знижуючи величину деформацій виробів, забезпечуючи оптимальні умови для структурних перетворень.

За рахунок застосування найсучасніших ізоляційних матеріалів нагрівальних елементів процес обробки відрізняється високою температурною однорідністю і стабільністю.

У робочій камері застосовується конвективний нагрів, що також якісним чином впливає на рівномірність і однорідність нагріву. Нагріте газовий потік, проходячи через садку, віддає їй тепло і забезпечує швидкий і в той же час рівномірне заповнення області низьких температур.

У вакуумних печах з конвекційним нагріванням і багатоцільовою системою газового охолодження передбачено використання додаткових термоелементів, що розташовуються в критичних точках садки, для

забезпечення автоматичного контролю охолодження вирівнюванням температури по перетину перед мартенситним перетворенням. Зазначимо переваги конвекційного нагріву перед нагріванням без конвекції:

- підвищення на 30% швидкості нагрівання садки в інтервалі температур 20-800 ° С, що дозволяє скорочувати цикл термічної обробки і економити електроенергію;
- скорочення близько 50% часу термічної обробки виробів зі швидкорізальної і штампувальної сталей;
- зменшення градієнта температур між поверхнею виробу і серцевиною;
- зниження утворення тріщин, що пов'язано з рівномірністю прогріву виробу по перетину і зниженням рівня термічних напруг;
- можливість завантаження садки з мінімальним відстанню між деталями;
- можливість проведення повного циклу термічної обробки виробів без вивантаження садки з печі.

На кінцевий результат важливу роль відіграє правильне формування садки (рис. 4.5). Тонкостінні, нежорсткі деталі, які в значній мірі сприйнятливі до нерівномірності нагрівання та охолодження, слід правильно розміщувати в робочому просторі печі. Необхідно уникати розташування таких деталей в безпосередній близькості до нагрівальних елементів і охолоджуючих форсунок. У той же час краще вертикальне розташування деталей. Кращий ефект досягається шляхом вивішування деталей, однак це рішення не завжди прийнятно.

Умови аустенізації у вакуумній печі відрізняються від умов аустенізації в соляних ваннах. Повільний і рівномірне заповнення вакуумних печей створює сприятливі умови для більш повного розчинення первинних карбідів і підвищення легування аустеніту, при цьому верхня межа гартівних температур можна знизити на 20-30 °С і на 15-20% зменшити різнозерністимі в структурі швидкорізальної сталі в порівнянні з нагріванням в соляній ванні. Тривалість аустенізації в вакуумних печах, як правило, не перевищує 25 хвилин в залежності від поперечного перерізу і щільності упаковки садки

(витримка вибирається з розрахунку 40-60 секунд на 1 мм перерізу). У разі, коли інструмент нагрівається в пристроях, час збільшують на 15-20%.

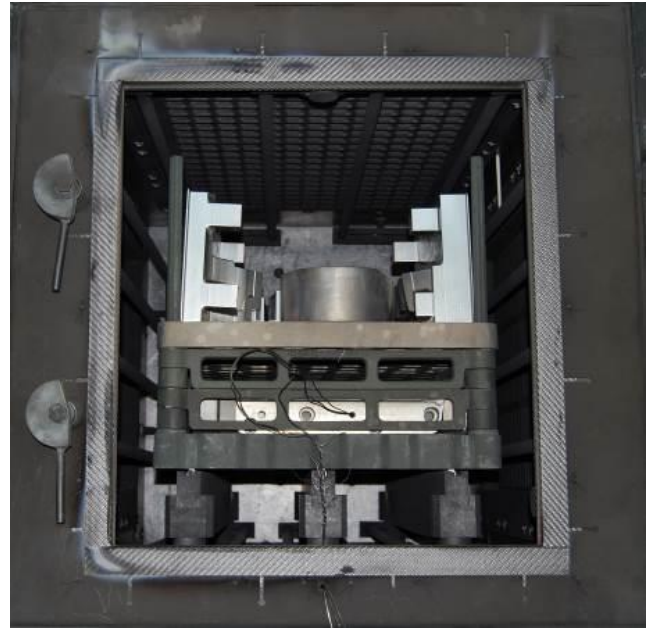


Рисунок 4.5 – Садка з деталями

Мікроструктура (рис. 4.6) загартованої швидкорізальної сталі складається з мартенситу, залишкового аустеніту (до 30%) і великої кількості первинних карбідів. Кількість залишкового аустеніту і положення точок початку і кінця мартенситного перетворення залежать від температури перед загартуванням.

Залишковий аустеніт різко погіршує ріжучі властивості, тому загартований інструмент піддають відпустці. Після триразового відпустки при 560 °С з витримкою протягом години кількість залишкового аустеніту зменшується до 2-3% і очікуваний рівень твердості 64-65 HRC.

При термічній обробці швидкорізальних сталей широко застосовують обробку холодом (рис. 4.7). Загартовану сталь охолоджують до температур нижче точки кінця мартенситного перетворення цієї сталі, звичайно це від мінус 80 до мінус 100 °С. Після обробки холодом, для зняття внутрішніх напружень сталь піддають однократному відпусканню при температурі 560 °С протягом години. Обробку холодом слід проводити відразу після

загартування, інакше відбудеться стабілізація залишкового аустеніту і подальший процес трансформації буде або утруднений, або неможливий.

Аустенітна фаза в інтервалі температур 625-350 °С надзвичайно стійка і протягом довгого часу не зазнає змін. Витримка при охолодженні в цьому інтервалі температур не змінює положення точки початку мартенситного перетворення і при наступному охолодженні стійкість аустеніту не відрізняється від звичайної. Ця обставина дозволяє проводити ступінчасте ізотермічне загартування.

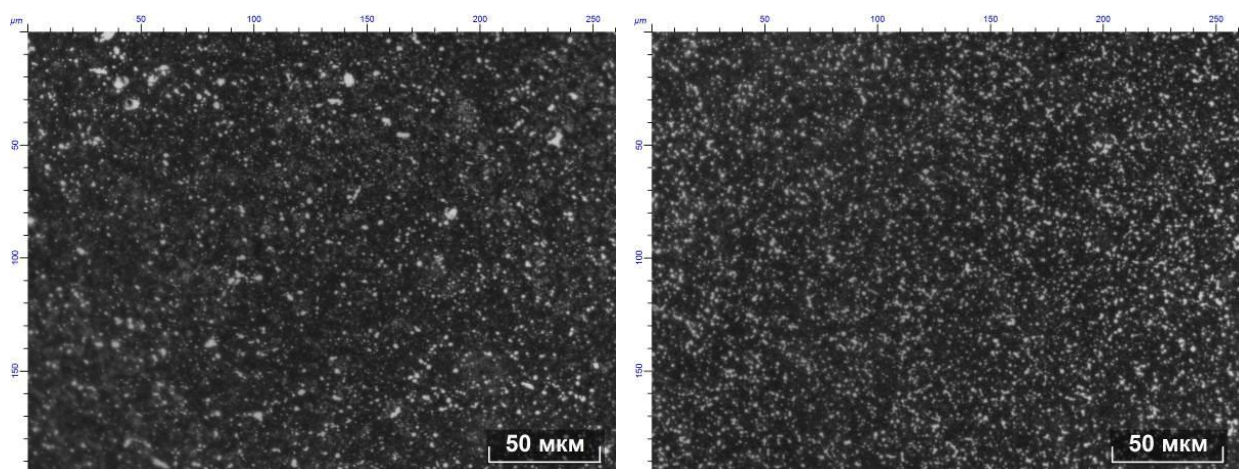


Рисунок 4.6 – Мікроструктура швидкорізальної сталі Р6М5 після повного циклу термічної обробки у вакуумній печі

Застосування ізотермічного загартування дозволяє істотно зменшити геометричні зміни деталей і можливість появи тріщин, оскільки при цьому загартуванню вдається усунути виниклі раніше теплові напруження до моменту перетворення аустеніту, внаслідок нерівномірного охолодження виробів по перетину, а різке бездифузійне мартенситне перетворення замінюється більш повільним дифузійним перетворенням в голчастий троостіт і частково в мартенсит.

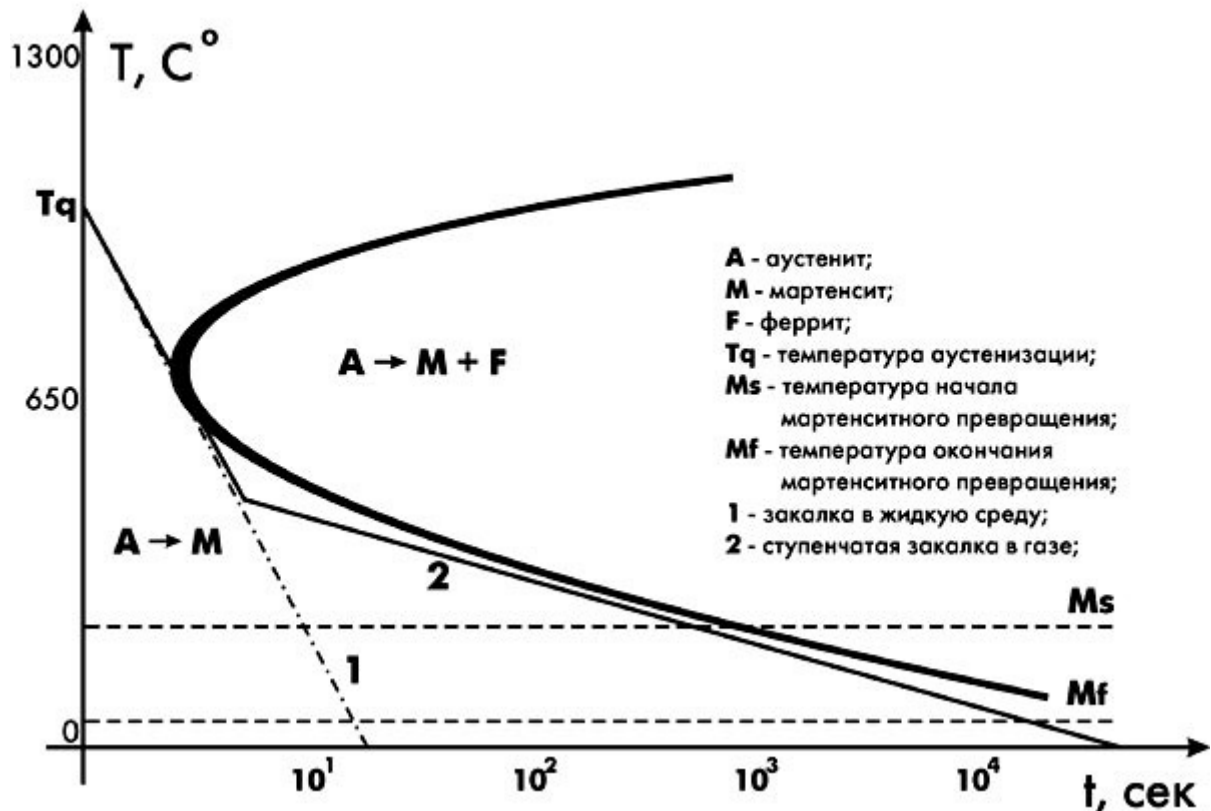


Рисунок 4.7 – Крива ізотермічного перетворення аустеніту

До відносно недавнього часу ці процеси можна було реалізувати при загартуванні в соляних ваннах. На сьогоднішніх день вакуумні технології успішно застосовуються при обробці широкого спектру матеріалів, в тому числі при термообробці матриць великих розмірів і перетинів, що виготовляються з інструментальної сталі і призначених для роботи при високих температурах.

Сучасні інтерфейси значно полегшує роботу на термообробних обладнанні (рис. 4.8). Контроль процесу охолодження виробів дозволяє управляти формуванням мікроструктури, підвищувати їх надійність та експлуатаційну стійкість. Вся інформація про хід процесу і стану печі зображується на моніторі комп'ютера. Оператор має в своєму розпорядженні відомості, які дозволяють йому оперативно впливати на хід обробки, вносячи необхідні корективи в технологічний процес.

Ставлячи програму, можна проводити повний цикл термічної обробки в автоматичному режимі без проміжного вилучення садки з нагрівальної

камери. Наприклад: ступінчастий нагрів → витримка → ізотермічне гартування → триразове відпусткання.



Рисунок 4.8 – Панель оператора вакуумної печі в робочому режимі

При необхідності після вилучення садки з печі вироби можна відразу без підготовки поверхні поміщати в установку для нанесення зміцнюючих покриттів.

Виділимо переваги вакуумної термічної обробки в порівнянні з соляними ваннами:

- відсутність забруднення навколишнього середовища;
- підвищення якості термічної обробки за рахунок: отримання високих стабільних властивостей; більш рівномірного прогріву виробів по перетину, що знижує термічні напружки і зменшує величину деформацій; повільного нагріву в інтервалі аустенітного перетворення, що створює умови для підвищення легування аустеніту через більш повного розчинення карбідів, перешкоджає утворенню різнозерністими і знижує верхню межу гартівних температур; відсутності знеуглецьована і обезлерірованія; отримання чистої і світлої поверхні виробів;
- зниження вартості термічної обробки за рахунок: усунення витрат, пов'язаних з очищенням і промиванням виробів, а також з підготовкою

поверхні для нанесення зміцнюючих покриттів; економії електроенергії; автоматизації процесу; істотного поліпшення умов праці; мінімізації або повної відсутності впливу людського фактора; більшої гнучкості в експлуатації (можливість використання обладнання для різних технологічних процесів термічної обробки, при необхідності поєднуючи операцію відпуски з нанесенням зміцнюючих покриттів або наприклад, проведення після гартування кріогенної обробки з наступним відпусканням).

Значимість вакуумної термічної обробки і необхідного для неї обладнання безперервно підвищується. Якісна термообробка сучасного інструменту має ключове значення в обробній промисловості. На сьогоднішній день вакуумні газонапірні печі по швидкості охолодження не поступаються швидкості масляного гартування, що робить процес обробки екологічно чистим, економічно ефективним. Вакуумні газонапірні печі є значущою альтернативою по відношенню до більшості атмосферних технологій термообробки і масляного гартування.

5 ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ДЕТАЛІ

5.1 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі

Протяжка являє собою металорізальний інструмент. Тому в експлуатації вона піддається, в основному, дії сил різання. Сила різання при обробці деталі діє на різальні зуби протяжки пропорційно перерізу стружки, чка зрізається кождним зубом. Оскільки глибина різання рівномірно розподіляється між різальними зубами на них діють приблизно однакові сили різання. Враховуючи цей факт можна модулювати лише один зуб.

Крім того, враховуючи форму протяжки, її можна моделювати викорустовуя 2D скінчені елементи (рис. 5.1).

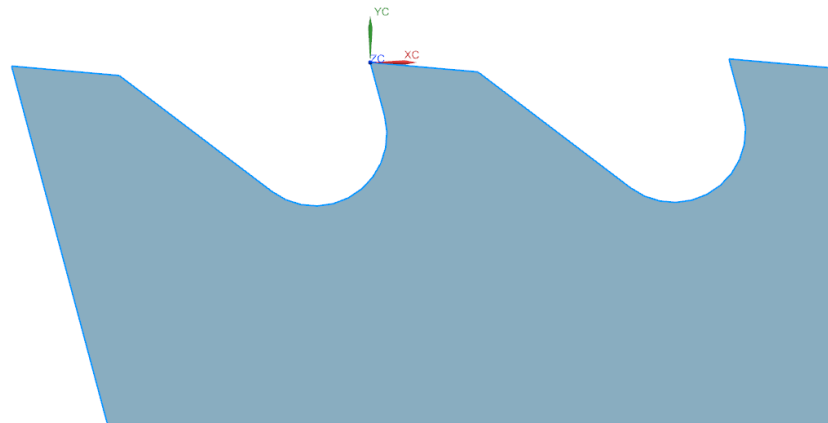


Рисунок 5.1 – Модель зуба протяжки

Моделювання і розрахунок зуба протяжки на міцність будемо розраховувати в системі Siemens NX. Розіб'ємо модель на скінчені елементи (рис. 5.2). Задаємо параметри матеріалу і товщину деталі (необхідний параметр, оскільки моделюємо в 2D). Далі прикладаємо головну складову сили різання па передню кромку і закріплюємо модель за нижню сторону (рис. 5.3).

Задасмо параметри розрахункового модуля і проводимо розрахунок. Результати показані на рис. 5.4. Показані напруження по 4-й теорії міцності, оскільки ми маємо справу з розрахунком деталі із сталі.

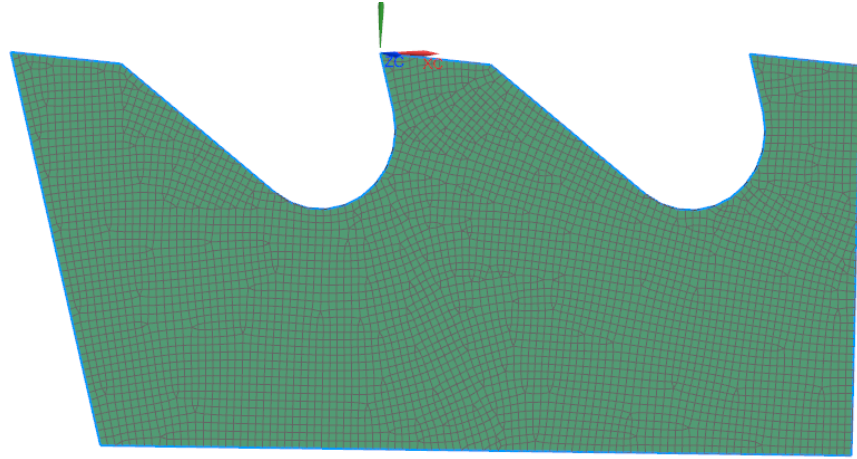


Рисунок 5.2 – Сітка скінчених елементів

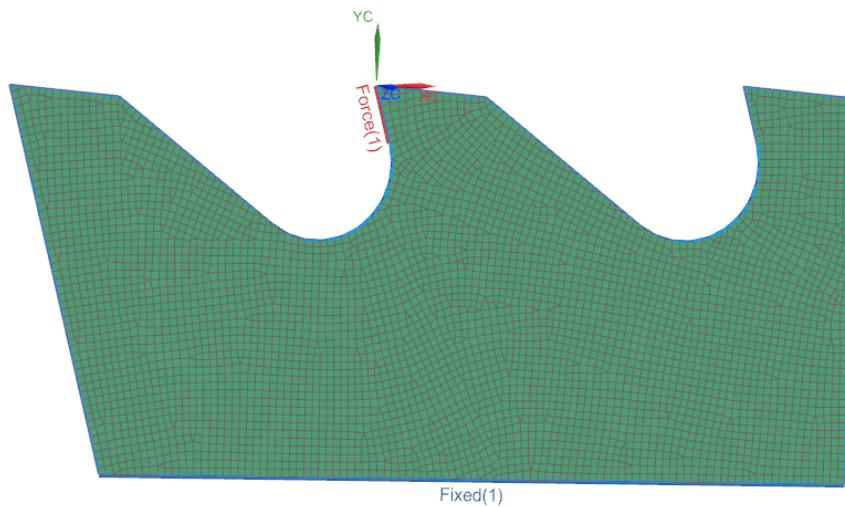


Рисунок 5.3 – Прикладення сили і закріплення моделі

sim1 : Solution 1 Результат
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
 Напряжение - По элементам/узлам, Неусредненный, По Мизесу
 Сечение оболочки : Сверху
 Мин. : 0.00, Макс. : 118.83, Единицы = Н/мм²(МПа)
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина

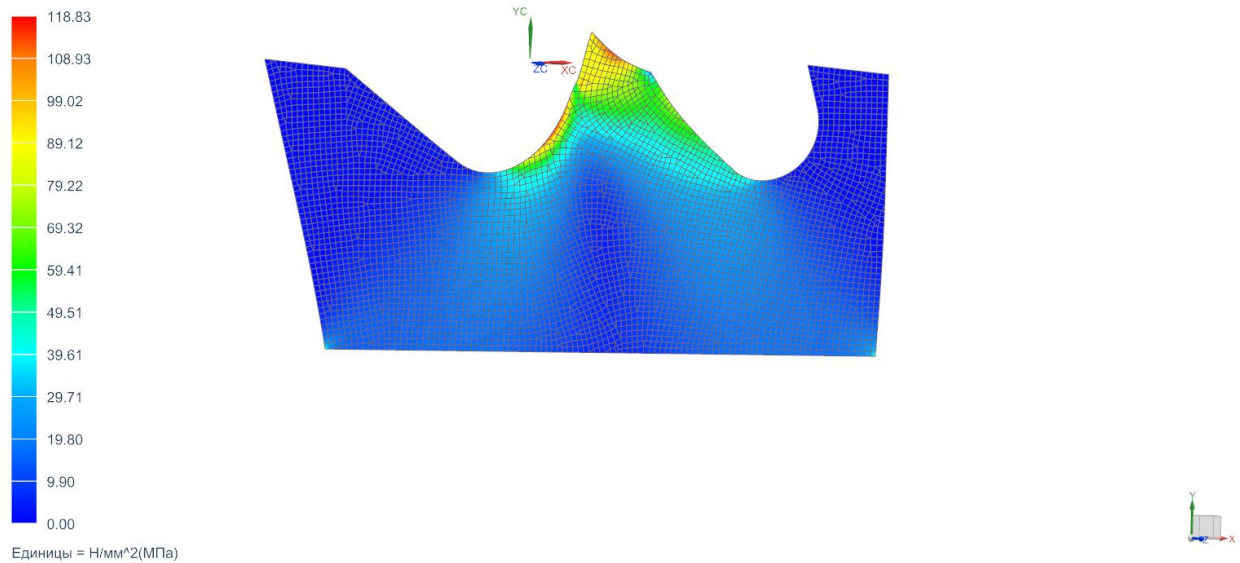


Рисунок 5.4 – Напруження по 4-й теорії міцності (за Мізесом)

5.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Як видно з рис. 5.4 зменшити напруження, що виникають в зубі протяжки можна трьома шляхами.

Перший – збільшити передній кут різального клина. Але це змінить умови різання і тому це неприпустимо.

Другий – зменшити стружкову канавку. В цьому випадку може виникнути ситуація коли стружка, що зрізається, не поміститься в канавку. Це також неприпустимо.

Третій – збільшити товщини зуба. Але це призведе до збільшення довжини протяжки, яка і так є інструментом з великою довжиною. Велика довжина протяжок ускладнює процес їх механічної обробки, а особливо ТО.

Треба також розуміти, що шпонкові протяжки виготовляються згідно з ГОСТом (ГОСТ 16491-80 Протяжки шпонкові. Технічні умови, ГОСТ 18217-90 Протягання шпонкові. Конструкція, ГОСТ 18219-90 Протяжки шпонкові з фасочною зубами. Конструкція, ГОСТ 18218-90 Протяжки шпонкові з потовщеним тілом. Конструкція та ін.) і внесення змін до конструкції протяжок є нераціональним.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

- При використанні електроприладів існує небезпека ураження людини електричним струмом. Найбільш часто причиною поразки людини електрострумом є дотик його до неізольованих електродротів, до електропровідників з пошкодженою ізоляцією, а також до металевих конструктивних елементів машин, механізмів і апаратів, випадково опинилися під напругою. Іноді електропоразки відбуваються при користуванні несправними захисними засобами. Причиною також може бути виникнення крокової напруги на поверхні землі або підлоги, на якій стоїть людина, в результаті замикання проводу на землю або несправності заземлення. Одна з головних причин електротравм - слабе знання людьми правил електробезпеки.

Проходячи через організм людини, електрострум виробляє термічну, електролітичну, механічну і біологічну дію. При цьому можливі незворотні порушення функціональної діяльності життєво важливих органів людини. Небезпечна і шкідлива дія на людину електроструму, електричної дуги і електромагнітних полів проявляється у вигляді електротравм і професійних захворювань.

Термічна дія струму проявляється опіками окремих ділянок іла, нагріванням до високої температури тканин тіла, кровоносних судин, нервів, серця та інших органів, котрі знаходяться на шляху струму.

Електролітична (електрохімічна) дія струму веде до розкладання органічних рідин (кров, лімфа і плазма) і порушення їх фізико-хімічного складу.

Механічна дія полягає в розшаруванні, розриві та інших механічних пошкодженнях тканин організму, зокрема, м'язової, стінок судин, судинлегенів, внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари з тканинної рідини і крові внаслідок теплової дії електроструму

Біологічна дія проявляється в подразненні і порушенні живої тканини, а також в порушенні внутрішніх біоелектричних процесів, що протікають в організмі і безпосередньо пов'язаних з його життєвими функціями. Це може супроводжуватися мимовільним, судинним скороченням м'язів, в тому числі м'язів серця і легенів. При цьому порушується кровообіг і робота органів дихання або повністю зупиняється їх діяльність.

Результат поразки людини електрострумом залежить від багатьох чинників: сили струму і часу його проходження через організм, характеристики струму (змінний або постійний), шлях струму в тілі людини, при змінному струмі – від частоти коливань.

Небезпека електроструму для людини зростає зі збільшенням тривалості впливу його на організм, ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

2. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця; в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

б) захащення заготовками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

г) пошкодження шкіряного покриву рук гострими кромками, шороховатістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.

3. При порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спец. одягу.

4. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя

5. Неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості.

6. Нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру.

7. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.

8. Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.

9. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

10. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.

11. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

12. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

13. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

6.2 Аналіз потенційних небезпек

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий піл в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; – додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ГОСТом 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ і ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001). Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше– 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні 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») в конструкторському бюро та інших робочих кімнатах, де співробітники застосовують персональні комп'ютери (ПК), площа на одне робоче місце становить не менше 6 м^2 , а об'єм – не менше 20 м^3 . Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (ПК, дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ має регулюватися в межах 680...800 мм, а ширина і глибина - забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина - 800...1000 мм). Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край - заокругленим. Обладнання і організація робочого місця працюючих з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На проектуємій ділянці

передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогу ГОСТу 12.4.026-76 (1987) «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности». Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження.

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.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання

місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобі та вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат 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 на дільниці: 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 на дільниці належать до

категорії Па – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

- у теплий період року: температура 21-23С; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання».

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 обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені 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».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року

№ 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючий його від збудників багатьох хвороб (наприклад, вірусу грипу). Окрім того, природне світло має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям.

Природному освітленню властиві і недоліки: воно непостійне, в різні періоди доби та року, в різну погоду; нерівномірно розподіляється по площі виробничого приміщення; при незадовільній його організації може викликати засліплення органів зору.

На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі

приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно як зсередини так і ззовні приміщення.

Оскільки природне освітлення непостійне впродовж дня, кількісна оцінка цього виду освітлення проводиться за відносним показником — коефіцієнтом природного освітлення (КПО).

Згідно з вимогами ДБНВ.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» приміщення з постійним перебуванням людей повинно мати, як правило, природнеосвітлення. Без природного освітлення допускається проектування приміщень, які визначені державними будівельними нормами на проектування будинків і споруд, нормативними документами з будівельного проектування будинків і споруд окремих галузей промисловості, затвердженими в установленому порядку, а також приміщення, розміщення яких дозволено в підвальних поверхах будинків.

Кількісною характеристикою освітлення є освітленість. Освітленість визначається як відношення світлового потоку, що падає на елемент поверхні, до площі цього елемента:

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (6.1)$$

де Φ – світловий потік лм;

S – площа елемента, m^2 ;

За одиницю освітленості прийнято люкс (лк).

Для розрахунку природної освітленості за вихідні дані візьмемо лабораторію розмірами 8х4х3 м з боковим освітленням.

Для нормування та розрахунку природного освітлення приміщень використовують коефіцієнт природної освітленості (КПО):

$$K_{po} = \frac{E_{min}}{E_{norm}} \quad (6.2)$$

де K_{po} – коефіцієнт природної освітленості;

E_{min} – освітлення в даній точці приміщення, що створюється світлом небосхилу, лк;

освітленість зовнішньої горизонтальної поверхні, що створюється світлом відкритого небосхилу, лк.

При нормуванні природної освітленості визначаються: найменший розмір об'єкту розрізнення, відповідний йому розряд зорової роботи; нормований коефіцієнт природної освітленості.

За [20, с.12, дод. А] визначимо розряд та характеристику зорової роботи; КПО та розрахуємо .

Так як для проведення вимірів необхідно дотримуватись точності, фокусуватись на достатньо малих об'єктах, то розряд зорової роботи приймаємо 3 (висока точність) та підрозряд А.

За цими даними отримуємо КПО 2%.

Нормовані значення КПО визначається за формулою:

$$(6.3)$$

де нормоване значення КПО для 3 поясу світлового клімату;
коефіцієнт світлового клімату для України;
коефіцієнт сонячності клімату за [20, с.13, дод. В].

При розрахунку природного освітлення визначають сумарну площу вікон та ліхтарів, потрібних для забезпечення нормованого значення КПО на робочих місцях.

При боковому освітленні площі світлових прорізів розраховують за допомогою формули:

$$(6.4)$$

де площа вікон;
коефіцієнт запасу;
світлова характеристика вікон за [20, с.14, дод. Д];

площа підлоги приміщень;

коефіцієнт затінення вікон будівлями, що стоять навпроти за [19, с.13, дод. Г];

коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні за рахунок світла, відбитого від поверхонь приміщення;

загальний коефіцієнт світлопропускання:

$$(6.5)$$

де коефіцієнт світлопропускання скла за [20, с.14, дод. Е];

коефіцієнт, що враховує втрату світла у віконній рамі за [20, с.14, дод. Е];

коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні – 1; при верхньому – 0,8...0,9);

коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях за [20, с.14, дод. Е].

Розміри вікон приймаємо 2х3м. Достатня кількість вікон на дану площу приміщення – 2 вікна.

6.4 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 безпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця 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 адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежебезпечної 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) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2шт. на кожні 20м² 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 механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПІ-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 в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Гідродинамічні аварії і пов'язані з ними надзвичайні ситуації виникають після аварій на гідродинамічних спорудах. Гідродинамічні аварії – це надзвичайна подія, пов'язана з виходом з ладу гідродинамічної споруди чи її частини і некерованим переміщенням великих мас води, які несуть руйнування і затоплення великих територій.

Руйнування гідродинамічних споруд відбувається у результаті дії сил природи (землетрусів, ураганів, розмивання гребель) або впливу людини (нанесення ударів ядерною чи звичайною зброєю по гідротехнічних споруд або по великих природних греблях), а також через конструктивні дефекти чи

помилки проектування. До основних гідродинамічних споруд, руйнування яких призводить до гідродинамічних аварій відносяться греблі, водозабірні і водозбірні споруди (шлюзи). Греблі-гідротехнічні споруди (штучні чи природні), які створюють різницю рівнів по руслу річки. Штучні греблі - гідротехнічні споруди, створені людиною для їх потреб, які включають власне греблі гідроелектростанцій, водозаборів в іригаційних системах, дамби, перемички, загати та інше. Природні греблі створюються дією природних сил, наприклад, у результаті зсувів, селів, лавин, обвалів, землетрусів. Перед греблею вгору по водостоку накопичується вода і утворюється штучне чи природне водоймище.

Ділянка річки між двома сусідніми греблями на річці або ділянка каналу між двома шлюзами називається б'єфом (верхнім чи нижнім).

Водоймища можуть бути довгостроковими, наприклад, водойми ще верхнього б'єфа греблі гідроелектростанції, зрошувальної системи, або короткостроковими, які виникають у результаті перекриття ріки рихлим ґрунтом, снігом чи льодом.

Греблі мають водоспуски: для штучних – направлені, для природних – випадково утворених. Прорив греблі є початковою фазою гідродинамічної аварії і являє собою процес утворення прорану і некерованого потоку води водоймища з верхнього б'єфа, що спрямовується через проран у нижній б'єф.

Проран – вузька протока в тілі греблі, коси, міліні, у дельті річки або спрямлена ділянка річки, яка утворилася в результаті розмиву закруту в повінь. Хвиля прориву – хвиля, яка утворюється у фронті потоку води, що спрямовується в проран, і має значну висоту гребеня, швидкість руху і велику руйнівну силу. Висота хвилі прориву і швидкість її поширення залежить від розміру прорану, різниці рівнів води у верхньому та нижньому б'єфі, гідрологічних і топографічних умов русла річки і її заплави. Швидкість посування води прориву коливається в межах від 3 до 25 км/год, а для гірських і до 100 км/год. Висота хвилі прориву знаходиться в діапазоні від 2 до 12 метрів. Основним наслідком аварії є катастрофічне затоплення місцевості.

Катастрофічне затоплення – це гідродинамічне лихо, яке є результатом руйнування штучної чи природної греблі і полягає в стійкому затопленні хвилею прориву нижче розташованої місцевості і виникнення повеню. Характеризується параметрами:

- максимально можливими висотою і швидкістю хвилі прориву;
- розрахунковим часом приходу греблі і фронту хвилі прориву у відповідний створ;
- межами зони можливого затоплення; Максимальною глибиною затоплення конкретної ділянки;
- тривалістю затоплення.
- великі території затоплюються шаром води від 0.5 до 10 метрів, тривалість затоплення може коливатися від 4 годин до декількох діб. Параметри зони затоплення залежать від розмірів водоймища, напору води й інших характеристик конкретного гідровузла, а також від гідрологічних і топологічних особливостей місцевості. Прогнозування часу прориву базується на прогнозуванні підйому води до 80-85% висоти перемички водоймища з урахуванням даних прогнозу найближчої метеостанції.

Наслідками гідродинамічних аварій є:

- ушкодження і руйнування гідровузлів та короткочасне чи довгострокове припинення виконання ними своїх функцій;
- ураження людей і руйнування споруд хвилею прориву;
- затоплення великих територій.

Найтяжчими наслідками є катастрофічні затоплення. Масштаби наслідків залежать від параметрів і технічного стану гідровузла, характеру і розмірів руйнувань греблі, обсягу запасів води у водосховищі, характеристик хвилі прориву і катастрофічної повені, рельєфу місцевості, сезону і часу доби події. Основними факторами катастрофічного затоплення є руйнівна хвиля прориву, водяний потік і спокійні води, які затопили територію суші й об'єкти. Дія хвилі прориву схожа на дію ударної хвилі під час вибуху. Істотними

відмінностями цих вражаючих факторів є набагато менша швидкість і вища щільність речовини в хвилі прориву.

Під час великих гідродинамічних аварій переривається подача електроенергії в енергетичних системах, припиняється функціонування іригаційних та інших водогосподарських систем, об'єктів ставкового рибного господарства, руйнуються чи опиняються під водою. Населені пункти і промислові підприємства, виводяться з ладу комунікаційні та інші елементи інфраструктури, гинуть посіви і худоба, виводяться з сільського господарювання угіддя, порушується життєдіяльність населення. Вторинними наслідками є забруднення води і місцевості речовинами зі зруйнованих сховищ, промислових і сільськогосподарських підприємств, масові захворювання людей і тварин, аварії на транспортних магістралях, зсуви і обвали. Довгострокові наслідки пов'язані із залишковими факторами затоплення – наносами, забрудненнями, зміною елементів природного середовища. В цілому, наслідки характеризуються величиною збитків, які наносяться народному господарству.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на магістерську роботу розглянуті шляхи підвищення ефективності виготовлення шпонкових протяжок. Детально розроблений технологічний процес виготовлення і термічної обробки шпонкової протяжки. Вибрана заготовка. Призначені припуски на заготовку. Розраховані режими різання і технічні норми часу, які визначені за рекомендаціями нормативних документів. Розроблена операція фрезерування на верстаті з ЧПК з використанням модуля NX CAM системи Siemens NX. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектоване верстатне пристосування, яке дозволяє швидко і надійно закріпити заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва дуже важливо.

В роботі розглянуті можливості по автоматизації термічної обробки протяжок. Використання напіваавтоматичних ліній дозволить виключити вплив людського фактору на параметри процесі термічної обробки.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки поршня з точки зору безпеки проведення робіт, проведена характеристика за ступенем пожежної безпеки, виконаний план евакуації з адміністративних приміщень цеху.

В розділі спецзавдання розглянуті шляхи підвищення ефективності виготовлення шпонкових протяжок. Збільшити якість виготовлення інструментів зі швидкорізальної сталі можна досягти використанням вакуумних печей при термічній обробці.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення протяжки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методические указания к практическим занятиям по технологии машиностроения (раздел – проектирование технологических процессов) для студентов специальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102, 8.090211 всех форм обучения / В. Д. Хорошков, О. В. Алексеенко, Д. В. Павленко – Запорожье, ЗГТУ, 1999. – 78 с.
2. 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. 656 с., ил.
3. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
4. Прогрессивные режущие инструменты режимы резания металлов. Справочник. / Под ред. Баранчикова В. И. – М.: Машиностроение. 1990. 274с.
5. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2/ Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: МАШГИЗ, 1961. 892 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительного-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.
7. Миллер Э.Э. Техническое нормирование труда в машиностроении / Э.Э. Миллер. – М.: Машиностроение, 1972. – 248 с.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіабудування та машинобудування для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” /8.090202/, та “Двигуни та енергетичні установки

літальних апаратів” /7.100.102/, Склали: Яценко В. К., Ципак В. І., Кореневский Є. Я., Кононов В. В. та інші. – Запаріжжя, ЗДТУ, 2000 – 244с.

9. Антонюк В.Е. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. – Минск.: «Беларусь», 1969. – 392 с., ил.

10. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.

11. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 574 с., ил.

12. Приложения к методическим указаниям “Расчёт технологических размеров при проектировании технологических процессов механической обработки”, для выполнения курсовых и дипломных проектов по технологии машиностроения /7.090202/, авиационных двигателей и энергетических установок /7.100103/. 55с.

13. Справочник режимы резания металлов. / Под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. 409с.

14. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – 4 изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа. 1983. 256с.

15. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 302с.

16. Смольников Е.А. Термическая обработка инструментов в соляных ваннах. – М.: Машиностроение, 1981. – 263 с.

17. Особенности термической обработки быстрорежущих сталей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://finval.ru/about/articles/osobennosti-termicheskoy-obrabotki-bystrorezhushchikh-staley/>.

ДОДАТОК А
СПЕЦИФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ

ДОДАТОК Б
СПЕЦИФІКАЦІЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ