

[13:57:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №672 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:00:43] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №677 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:03:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №682 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:03:31] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №687 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:03:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №692 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №697 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №702 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №707 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:04:54] Тип проверки: *Стандартная*

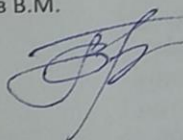
[14:04:54] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно!** (Обнаружено ошибок: 26%)

[14:04:54] **Уникальность текста 78%** (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Таран А.О., провів

зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

16.12.2018р.





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

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Підвищення ефективності механічної обробки та
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
корозійної стійкості деталей „Вал“

Студент Таран Андрій Олексійович

Спеціальність « Технологія машинобудування » ,група МЗ-НЗм

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 8,5 А1

Кількість сторінок пояснювальної записки 111

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень в магістерській
роботі розглянутий шляхи підвищення ефективності механічної обробки
та корозійної стійкості деталей „Вал“

б) висновок про відповідність проекту завданню відповідає

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

виконано з відповідністю останнім досягненням науки
і техніки.

г) негативні особливості виконання проекту відсутні

д) позитивні особливості _____

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту

графічна частина виконана на нормальній рівні

є) відгук про роботу загалом робота виконана на нормальній

кваліфікаційно-методичній рівні

ж) інші зауваження включити робочого приписування бюржесів

читачів для полегшення інструкцій

з) оцінка проекту нагістурна робота виконана згідно

вимогам, що висуваються до роботи, що виконується на асфальті
"добре"

Рецензію склав

доц. каф. ІІІ МБ ЗНТУ Логодінов В.О.

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

(підпис)

« 20 » листопада 20 18 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
(доцільно заповнювати дирекція навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра Технології машинобудівництва
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) Доктор (магістр)
 Спеціальність 131 Експлуатація механізмів
(код спеціальності)
 Напрямок підготовки _____
(код напрямку)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою Т.М.Б.
П.М. 12 2017 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

- Тема Аналіз експлуатаційних характеристик
(привести, якщо необхідно, повну назву)
 1. Тема проекту (роботи) Експлуатаційні характеристики машинної обробки та
корозійної стійкості сталі 16Х
 керівник проекту (роботи) Бірюков Т.В. з.м. К.Т.Н.
(привести, якщо необхідно, повну назву, посаду, ступінь, місце роботи)
 затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2017 року № 1-2
 2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.12.2017р.
 3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення сталі 16Х, d=5000mm

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Терміном 1 місяць, конструюючи деталі, проводячи експериментальні дослідження, оцінюючи вплив параметрів на міцність та довговічність матеріалу

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

Креслення сталі 16Х; креслення деталей машинної обробки сталі 16Х; роботи приєднання; креслення приєднання; креслення з'єднання; 2 зображення з'єднання.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)		Підпис, дата
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання виконано
Технічний та економічний	Лукьяненко Г.Б., к.т.н., доц.	4.09.18 / 10.09.18
Конструктивний	Лукьяненко Г.Б., к.т.н., доц.	4.09.18 / 10.09.18
Проектно-конструктивний	Лукьяненко Г.Б., к.т.н., доц.	4.09.18 / 10.09.18
Системно-конструктивний	Лукьяненко Г.Б., к.т.н., доц.	4.09.18 / 10.09.18
Організаційно-технічний	Шмирко В.І., к.т.н., доц.	05.09.18 / 10.09.18
Інформаційно-технічний	Козлова О.Б.	05.09.18 / 10.09.18

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Керівник проекту (роботи)

Подпись: Григорьев (Подпись) Григорьев (Подпись)

РЕФЕРАТ

Текст пояснювальної записки складається з сторінок основного тексту і сторінок додатку, таблиць, малюнків, використаних джерел. Графічна частина складається з креслень формату А1, 1 креслення А2.

Метою магістерської роботи з технології машинобудування є закріплення і поглиблення отриманих знань, поповнення їх новими досягненнями сучасної прогресивної технології і застосування новітнього обладнання. Вдосконалення систем автоматизації та механізації технологічних процесів, отримання досвіду самостійної інженерної діяльності по розробці технології виготовлення деталі з підвищеною стійкістю до корозії, конструювання технологічної оснастки і контрольного пристосування.

Графічна частина проекту складається з робочого креслення валу, заготовки, креслень пристосувань верстатного для фрезерування пазів і контрольного для перевірки биття, введення автоматизованного контролю, плаката по спецзавданням.

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

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
АВТОМАТИЗАЦІЯ, РЕЖИМ РІЗАННЯ, КОНТРОЛЬНЕ
ПРИСТОСУВАННЯ, ВАЛ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЄСКД	Єдина система конструкторської документації
КГШП	Кривошипно-гарячештампувальний прес
МОП	Маршрут обробки поверхонь
МОЗ	Маршрут обробки заготовки
ТУ	Технічні умови
РТК	Розрахунково-технологічна карта
ЧПК	Числове програмне керування
ТО	Термічна обробка
ТВ	Технічні вимоги
КЭ	Карта ескізів
МК	Маршрутна карта
ОК	Операційна карта
ТЛ	Титульний лист
КЗ	Карта заготовки
КК	Контрольна карта
СНіП	Система норм і правил

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП	13
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	14
1.1.1 Опис виробу.....	14
1.1.2 Призначення деталі	9
1.1.3 Технологічний контроль креслення	16
1.1.4 Механічні властивості матеріалу.....	172
1.2 Визначення типу виробництва	183
1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки.....	183
1.4 Вибір основних способів базування	249
1.5 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	249
1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	19
1.5.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	272
1.6 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки	349
1.6.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом	349
1.6.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом	Ошибка! Закладка не определена.2
1.7 Розрахунок режимів різання.....	42
1.7.1 Операція 015 (токарна)	Ошибка! Закладка не определена.2
1.7.2 Операція 020 (токарна)	45
1.7.3 Операція 045 (круглошліфувальна).....	48
1.7.4 Операція 075 (фрезерна).....	51
1.8 Нормування операцій	5954
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	63
2.1 Проектування робочого пристосування.....	63
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	63
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	63
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	67
2.1.4 Визначення необхідної сили затиску	69
2.1.5 Визначення необхідної сили затиску	70
2.1.6 Визначення необхідної сили затиску	71

	12
2.2 Проектування контрольного пристосування	72
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗАДАНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ НА ВЕРСТАТАХ.....	74
3.1 Режим роботи цеху ділянки.....	74
3.2 Розрахунок кількості обладнання на ділянці.....	74
3.3 Визначення кількості робітників	80
3.4 Планування обладнання та робочих місць на ділянці	80
3.5 Заходи щодо підвищення якості продукції.....	82
3.6 Організація обслуговування робочих місць і ділянки	85
4 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ПАСИВАЦІЯ.....	87
4.1 Сутність пасивації.....	87
4.1 Пригнічення і пасивація цинкових покриттів ванадат і молібдат.....	88
4.3 Поєднання термодифузійного цинкування і пасивування виробів зі сталі та чавуна.....	Ошибка! Закладка не определена.
Поєднання термодифузійного цинкування і пасивування виробів зі сталі та чавуна	
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	76
5.1 Аналіз потенційних небезпек	76
5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	77
5.3 Організаційні принципи забезпечення охорони праці.....	77
5.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	81
5.5 Заходи з пожежної безпеки.....	82
5.6 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	82
ВИСНОВОК.....	85
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	86
ДОДАТОК А.....	87
ДОДАТОК Б	88

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.

Для зменшення собівартості виробу впроваджують більш технологічні методи виробництва, застосовують сучасні методи обробки та найновіше обладнання для скорочення часу на обробку та допоміжні операції, зменшення кількості відходів виробництва.

Скорочення часу на обробку та допоміжні операції можна досягти шляхом застосування автоматизованого виробничого та вспоміжного обладнання.

Тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва можна значно скоротити, використовуючи новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва.

При виготовленні деталей радіолокаційних станцій актуальним є впровадження технологій, що зможуть забезпечити збільшення довговічності деталей, що знаходяться зовні і піддаються впливу навколишнього середовища. Це доречно тому, що станції використовуються у місцях з суворими кліматичними умовами (вологість, присутність солей у повітрі, екстремально низькі та високі температури). До таких деталей належить вал.

Метою магістерської роботи є виявлення особливостей виготовлення вищеназваної деталі.

Для цього треба вирішити наступні завдання:

- визначити спосіб отримання заготовки;
- розробити маршрут обробки;
- розрахувати припуски, режими різання;
- призначити обладнання, інструмент, пристосування
- виконати технічне нормування.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

1.1.1 Опис виробу

Виріб являє собою причіп з кабіною (рисунок 1.2), на якій розміщена ферма (металевий каркас). На фермі кріпиться відображаюче полотно. Виріб має два положення транспортне і робоче (бойове).



Рисунок 1.1 – Виріб 36Д6

Антенна уявляє собою два елементи: відбивач і одержувач. На задній стороні відбивача знаходиться вузол фіксації антени в певному положенні. Залежно від рельєфу місцевості антена встановлюється під певним кутом.

1.1.2 Призначення деталі

Маса деталі - 1,28 кг. Габарити деталі - $\varnothing 45 \times 220$.

Вал (рисунок 1.2) входить до складу виробу 36Д6. Воно призначене для виявлення низько цілей.



Рисунок 1.2 – Тривимірна модель вала

На поверхню $\varnothing 22$ з допуском $k6$ і якістю поверхні $Ra0,8$, одягається шків. Для запобігання обертання шківа щодо валу передбачено шпонкові з'єднання.

Праворуч від посадкового місця під шків на валу нарізана різьба $M18 \times 1,5$. На неї нагвинчується шліцева гайка, яка запобігає переміщенню шківа в осьовому напрямку. Поперек різьблення (уздовж осі валу) прорізаний паз під стопорну багатолапчатую шайбу. Шайба є проміжною ланкою між внутрішнім кільцем шківа і гайкою і служить для фіксації останньої в певному положенні на різьбі (усуває явище саморозгвинчування).

На поверхню $\varnothing 25$ з допуском $d11$ і якістю поверхні $Ra0,8$, надівається кронштейн.

На поверхню Ø30 з допуском $h6$ і якістю поверхні $Ra0,8$, надівається кільце, яке стосується упору кронштейна стопора.

При фіксації антени за допомогою тросів відбувається поворот шківа, що веде до повороту валу, при цьому ексцентрик надає руху кронштейну стопора, що призводить до замикання ланки.

Для зменшення зносу ексцентрика під дією навантажень його піддають відпалу в ТВЧ, що забезпечує високу твердість ексцентрика в порівнянні з іншими поверхнями валу.

1.1.3 Технологічний контроль креслення

Деталь - вал. Робоче креслення деталі представлено у графічній частині дипломного проекту.

Креслення містить всі необхідні види, відомості про шорсткості і точності поверхонь, допустимі відхилення розмірів, форму і взаємне розташування поверхонь; обмовляється точність вільних поверхонь, матеріал деталі.

З креслення видно, що всі поверхні вала піддаються механічній обробці. Поверхні з шорсткістю $Ra0,8$ є основними при складанні. Для всіх цих поверхностей вказані вимоги по радіальному биттю щодо баз В і Г.

Поверхні, на яких нарізана різьба мають шорсткість $Ra6,3$.

Креслення містить відомості про величину шорсткості поверхонь, на яких вона безпосередньо не проставлена (незазначена шорсткість).

У технічних вимогах вказана твердість деталі, що дає можливість визначити вид термічної обробки, якої піддавалася заготовка в процесі обробки.

Також технічні вимоги містять інформацію про вид захисного покриття (хімічна пасивація).

Креслення містить відомості про матеріал і масу деталі.

Креслення деталі зроблений згідно СТ РЕВ 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.

1.1.4 Механічні властивості матеріалу

Матеріал деталі: Сталь 25X13H2.

Сталь 25X13H2 має підвищену прокаливаемость при термообробці (ТО).

Твердість при цьому знаходиться в межах 28 ... 32 HRC.

Сталь схильна до відпускнуї крихкості, флокеночутлива і має високу корозійну стійкість.

Гаряча деформація проводиться в інтервалі 1250 ... 800 ° С. Охолодження поковок має бути уповільненим.

Матеріал важкозварювальний. Для отримання якісних зварних з'єднань потрібні додаткові операції: підігрів до 200 ... 300 ° С при зварюванні, термообробка після зварювання - відпал.

Хімічний склад Сталі 25X13H2 показаний в табл. 1.1. Механічні властивості Сталі 25X13H2 наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад, %

C	Cr	Cu	Mn	Ti	P	S	Si	Ni
0,2-0,3	12-14	0,3	0,5-1,2	0,05-0,2	0,08-0,15	0,15-0,25	0,1-0,5	1,5-2

Таблиця 1.2 – Механічні властивості в залежності від температури відпустки

t, °C	$E \cdot 10^{-5}$, МПа	$\alpha \cdot 10^6$, 1/°C	λ , Вт/(м·°C)	ρ , кг/м ³	C, Дж/(кг·°C)	$R \cdot 10^9$, Ом·м
20	2,14	-	18	7680	-	210
100	2,11	11,6	19	7640	-	285
200	2,06	12,0	20	7620	-	346
300	2,03	12,4	22	7590	-	425
400	1,85	12,8	21	7570	-	528

Примітка: t - температура матеріалу, E - модуль пружності першого роду, α - коефіцієнт температурного (лінійного) розширення, λ - коефіцієнт теплопровідності (теплоємність матеріалу), ρ - щільність, C - питома теплоємність, R - питомий електроопір.

1.2 Визначення типу виробництва

Попередньо тип виробництва на початковій стадії розробки технологічного процесу визначають залежно від річної програми (5000 шт.) Випуску і маси деталі (1,28 кг). Згідно таблиці 1.4 тип виробництва - крупносерійне (табл. 1.3).

У зв'язку крупносерійним типом виробництва найбільш зручно буде застосувати змінно-потоккову форму організації виробництва, при якій деталі надходять на ділянку партіями, але обробка їх здійснюється поточковим методом.

Таблиця 1.3 – 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

Кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{253} \quad (1.1)$$

де $\alpha=2\dots10$ днів – період запуску партії;

$N=5000$ шт. – річна програма випуску.

Розрахуємо кількість деталей настроювальної партії:

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{253} = 98 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір і обґрунтування методу отримання заготовки

Одну й ту ж деталь можна виготовити із заготовок, отриманих різними способами. Одним з найважливіших принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечує її максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку істотно скорочуються витрати металу, об'єм

механічної обробки та виробничий цикл виготовлення деталі. Однак при цьому в заготівельному виробництві збільшуються витрати на технологічне обладнання та оснащення, їх ремонт та обслуговування.

У заводському технологічному процесі (ТП) заготівкою є прокат круглий. В якості альтернативного методу отримання заготовки пропоную використовувати штампування на молотах і штампування на кривошипних горячештаповочних пресах (КГШП). Проведемо порівняння і виберемо більш раціональний спосіб.

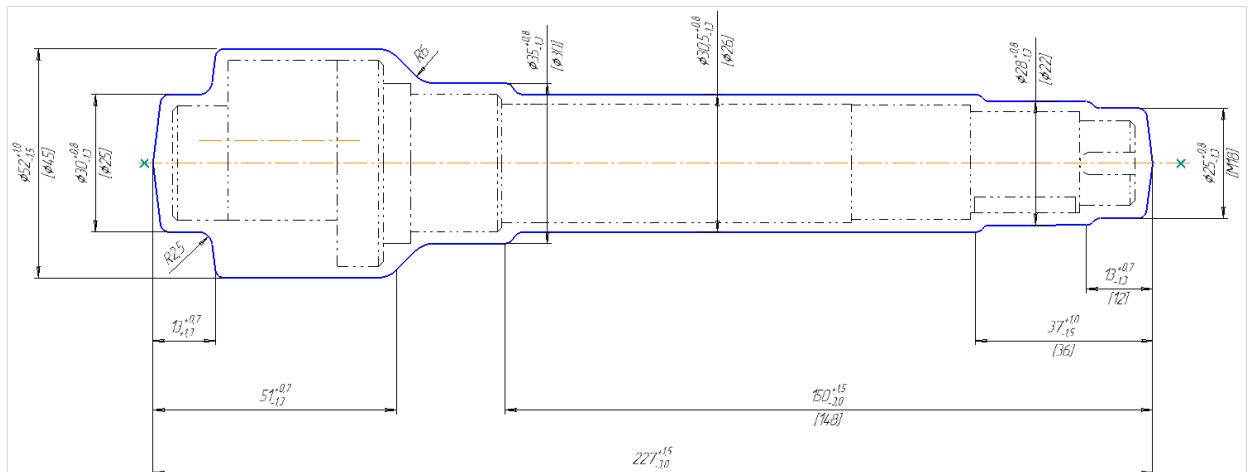


Рисунок 1.3 – Штамповка на КГШП

Розраховуємо об'єм заготівлі, отриманої штампуванням на КГШП, за формулою:

$$V_{\text{шт}} = \frac{\pi}{4} (D_1^2 L_1 + D_2^2 L_2 + D_3^2 L_3 + D_4^2 L_4 + D_5^2 L_5 + D_6^2 L_6), \quad (1.2)$$

де $D_1 \dots D_6$ - діаметральні розміри елементарних обсягів, на які можна розбити заготівлю, м;

$L_1 \dots L_5$ - довжини відповідних елементарних обсягів, м.

Згідно (1.2):

$$V_{\text{шт}} = \frac{3,14}{4} (30^2 \cdot 13 + 52^2 \cdot 38 + 40^2 \cdot (150 - 51) + 30^2 \cdot 113 + 28^2 \cdot 37 - 25^2 \cdot 13) \cdot 10^{-9} = 2,253 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

Розраховуємо масу заготовки-штампування за формулою:

$$Q = \rho \cdot V, \quad (1.3)$$

де $\rho = 7680 \text{ кг/м}^3$ – плотність сталі 25Х13Н2;

V – об'єм заготовки, м^3 .

Підставивши числові значення в (1.4), отримаємо:

$$Q_{\text{шт}} = 7680 \cdot 2,253 \cdot 10^{-4} = 1,73 \text{ кг},$$

Маса деталі при цьому становить 1,28 кг.

Коефіцієнт використання матеріалу знайдемо за допомогою наступного математичного виразу:

$$K_{\text{им}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{з}}}, \quad (1.4)$$

де $Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$Q_{\text{з}}$ – маса заготовки, кг.

$$K_{\text{им}}^{\text{шт}} = \frac{1,28}{1,73} = 0,74,$$

Розраховуємо собівартість штампованої заготовки за формулою:

$$C_{\text{шт}} = \frac{C}{1000} \cdot Q_{\text{шт}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}} - (Q_{\text{шт}} - q) \cdot \frac{C_{\text{о}}}{1000}. \quad (1.5)$$

де C - базова вартість однієї тонни заготовок, грн;

$Q_{\text{шт}}$ - маса заготовки-штампування, кг;

$K_{\text{Т}}$ - коефіцієнт, що залежить від класу точності;

$K_{\text{С}}$ - коефіцієнт, що залежить від групи складності;

$K_{\text{В}}$ - коефіцієнт, що залежить від маси;

$K_{\text{М}}$ - коефіцієнт, що залежить від матеріалу;

$K_{\text{П}}$ - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок.

q - маса деталі, кг;

$C_{\text{о}}$ - базова вартість однієї тонни відходів (стружки), грн.

$$C_{\text{шт}} = \frac{19600}{1000} \cdot 1,73 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,93 \cdot 0,9 \cdot 0,77 - (1,73 - 1,28) \cdot \frac{1360}{1000} = 18,14 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу знайдемо за допомогою наступного математичного виразу:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{Q_{\text{д}}}{Q_{\text{з}}}, \quad (1.8)$$

де $Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$Q_{\text{з}}$ – маса заготовки, кг.

$$K_{\text{ИМ}}^{\text{шт}} = \frac{1,28}{2,48} = 0,51$$

Розраховуємо собівартість штампованої заготовки за формулою:

$$C_{\text{шт}} = \frac{C}{1000} \cdot Q_{\text{шт}} \cdot K_{\text{Т}} \cdot K_{\text{С}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{П}} - (Q_{\text{шт}} - q) \cdot \frac{C_{\text{о}}}{1000}, \quad (1.8)$$

де C - базова вартість однієї тонни заготовок, грн;

$Q_{\text{шт}}$ - маса заготовки-штампування, кг;

$K_{\text{Т}}$ - коефіцієнт, що залежить від класу точності;

$K_{\text{С}}$ - коефіцієнт, що залежить від групи складності;

$K_{\text{В}}$ - коефіцієнт, що залежить від маси;

$K_{\text{М}}$ - коефіцієнт, що залежить від матеріалу;

$K_{\text{П}}$ - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва заготовок.

q - маса деталі, кг;

$C_{\text{о}}$ - базова вартість однієї тонни відходів (стружки), грн.

$$C_{\text{шт}} = \frac{19600}{1000} \cdot 2,48 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 0,93 \cdot 0,9 \cdot 0,77 - (2,48 - 1,28) \cdot \frac{1360}{1000} = 24,36 \text{ грн}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.4.

Так як собівартість заготовки-поковки на КГШП нижче, ніж заготовок отриманих на молотах, то приймаємо заготовку-штампування на КГШП.

Розраховуємо річну економію по вартості виготовлення заготовок за формулою 1.5:

$$E_{\text{В}} = (B_{\text{мол}} - B_{\text{КГШП}}) \cdot П, \quad (1.10)$$

де $B_{\text{КГШП}}$, $B_{\text{ГКМ}}$ – вартість однієї заготовки, виготовленої на КГШП та на молотах відповідно, грн.;

П – річна програма випуску, шт.

Підставляємо числові значення до формули 1.5 та отримуємо:

$$E_B = (24,36 - 18,14) \cdot 1000 = 6220 \text{ грн.}$$

Розраховуємо річну економію матеріалу за формулою 1.11:

$$M_1 = \frac{q \cdot (\eta_{\text{КГШП}} - \eta_{\text{мол}})}{\eta_{\text{КГШП}} \cdot \eta_{\text{мол}}} \cdot П; \quad (1.11)$$

$$M_1 = \frac{1,28 \cdot (0,74 - 0,51)}{0,74 \cdot 0,51} \cdot 1000 = 780,07 \text{ кг.}$$

Таблиця 1.4 - Результати розрахунку собівартості заготовок

Показники	Позн.	Одиниці виміру.	Варіанти	
			Поковка на молотах	Поковка на КГШП
1	2	3	4	5
Маса деталі	$Q_{\text{дет}}$	кг	1,28	
Маса заготовки	$Q_{\text{заг}}$	кг	2,48	1,73
К-т використаного матеріалу	$K_{\text{им}}$		0,51	0,74
Ціна тони заготівок	C_i	грн	19600	19600
Коефіцієнти	K_T		1,0	1,0
	K_M		0,83	0,83
	K_C		0,93	0,93
	K_B		0,9	0,9
	K_P		0,77	0,77
Цена за тонну стружки	$C_{\text{отх}}$	грн	1360	1360
Стоимость одной заготовки	$C_{\text{заг}}$	грн	24,36	18,14

Зробивши розрахунок бачимо, що отримання заготівок штампуванням на КГШП при партії 1000 шт. економічно вигідніше, ніж поковки на молотах,

річна економія по вартості виготовлення заготовок становить 6220 грн. річна економія матеріалу склала 780,07 кг.

1.4 Вибір основних способів базування

Розглянемо найбільш характерні установчі бази для типових операцій.

Для токарних операцій використовуємо базування в центрах з хомутом на поверхні $\varnothing 25d11$ або різьбовим кільцем на поверхні $M18 \times 1,5$

Для фрезерних операцій використовуємо базування на призми по поверхнях $\varnothing 30h6$ і $\varnothing 22k6$.

Для шліфувальних операцій - базування в центрах з хомутом на поверхні $\varnothing 25d11$ або різьбовим кільцем на поверхні $M18 \times 1,5$

1.5 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Технологічність конструкції деталі - це сукупність властивостей, які проявляються в можливості досягнення оптимальних витрат праці, коштів, матеріалів і часу при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті в порівнянні з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні встановлених значень показників якості та прийнятих умов виготовлення, експлуатації та ремонту.

Загальними критеріями технологічності конструкції деталі є абсолютне значення трудомісткості і технологічної собівартості. Але визначити ці показники на етапі проектування технологічного процесу (ТП) виготовлення деталі неможливо через відсутність необхідних вихідних даних. Тому технологічність конструкції оцінюють іншими якісними і кількісними ознаками.

Проведемо аналіз деталі на технологічність за допомогою якісних показників

Матеріал деталі - сталь 25X13H2 - має знижену різанням. Після гарту з відпусткою легко досягається задана шорсткість.

Заготівля (штампування на ГКР) не має великого перепаду розмірів циліндричних поверхонь, за винятком консольного ділянки. Але це не створює особливих труднощів на заготівельній операції.

Поверхні деталі є простими і не потребують складного оснащення для їх обробки.

На багатьох операціях принципи єдності і сталості баз дотримуються.

Так як деталь має відносно велику довжину, то на більшості токарних операцій вона поджимається центром задньої бабки.

Використання багатоінструментальною обробки є недоцільним.

Деталь практично не потребує застосування спеціального допоміжного інструменту. Обробка поверхонь є зручною.

Число квалитетов точності поверхонь деталі - чотири. Розміри в більшості своїй проставлені технологічно.

З огляду на все вищесказане, можна зробити висновок, що вал є технологічним за якісними показниками.

Проведемо аналіз деталі на технологічність за допомогою кількісних показників:

1) Коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{из} = \frac{q}{Q} \geq 0,8 \quad (1.12)$$

де q – маса деталі;

Q – маса заготовки.

Підставивши числові значення в (1.12), отримаємо:

$$K_{из} = \frac{1,28}{1,73} = 0,74$$

Так як $K_{из} < 0,8$, конструкція деталі за даним показником не є технологічною.

2) Коэффициент унификации конструктивных элементов детали:

$$K_{уэ} = \frac{Q_{уэ}}{Q_э} \geq 0,6 \quad (1.13)$$

де $Q_{уэ}$ – кількість уніфікованих елементів деталі;

$Q_э$ – загальна кількість конструктивних елементів деталі.

$$K_{y\bar{y}} = \frac{21}{23} = 0,91$$

З огляду на те, що $K_{y\bar{y}} > 0,6$ - конструкція деталі є технологічною за даним показником.

3) Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} \geq 0,8 \quad (1.14)$$

де A_{cp} – середнє значення квалітету точності розмірів деталі. Його можна визначити за допомогою наступного математичного виразу:

$$A_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{17} i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{17} m_i}, \quad (1.15)$$

де i – величина квалітету точності поверхні;

m_i – кількість поверхонь з i -тим квалітетом;

$\sum_{i=1}^{17} m_i$ – загальна кількість поверхонь деталі.

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 3 + 14 \cdot 17}{23} = 12,7$$

Підставивши результати у (1.14), отримаємо:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{12,7} = 0,92$$

так як $K_{то} > 0,8$, то конструкцію деталі з даним кількісним показником вважається технологічною.

4) Коэффициент шероховатости:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} \geq 0,32, \quad (1.16)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості. Його можна визначити за формулою:

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{14} Ra_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^{14} m_i} \quad (1.17)$$

де i – порядковий номер параметра шорсткості в ряду шорсткостей;

Ra_i – числове значення i -го параметра шорсткості;

m_i – кількість поверхонь з відповідним параметром шорсткості;

$\sum_{i=1}^{14} m_i$ – загальна кількість поверхонь деталі.

$$B_{cp} = \frac{0,8 \cdot 7 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 1 + 12,5 \cdot 9 + 25 \cdot 3}{23} = 9,52$$

Підставивши знайдене значення в (1.16), отримаємо:

$$K_{ш} = \frac{1}{9,52} = 0,105$$

Так як $K_{ш} < 0,32$ – конструкція деталі за даним показником вважається не технологічною.

З огляду на результати аналізу деталі на технологічність за якісними і кількісними ознаками, робимо висновок - конструкція валу не є технологічною.

1.5.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

МОП - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, так як саме в МОП, в технологічних переходах закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні і т.д. Процеси впливу на поверхню заготовки.

При проектуванні МОП зручно використовувати поняття уточнення, так як воно дозволяє по дослідно-статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготовки. Під уточненням розуміють відношення величини допуску, розглянутого показника якості партії заготовок, до величини допуску цього ж показника партії деталей. Поняття уточнення заготовки при механічній обробці виникло в зв'язку з тим, що поверхня обробляють кілька разів, тобто поверхня як би

поступово роблять більш точної (уточнюють), доводячи показники точності і якості до вимог креслення. Розрізняють загальне уточнення і уточнення по переходах.

Для проектування МОП виробляємо технологічну розмітку поверхонь деталі (рис.1.6). Використовуючи креслення деталі і рис.1.3, визначаємо характеристики основних поверхонь деталі і заносимо їх в таблицю 1.5.

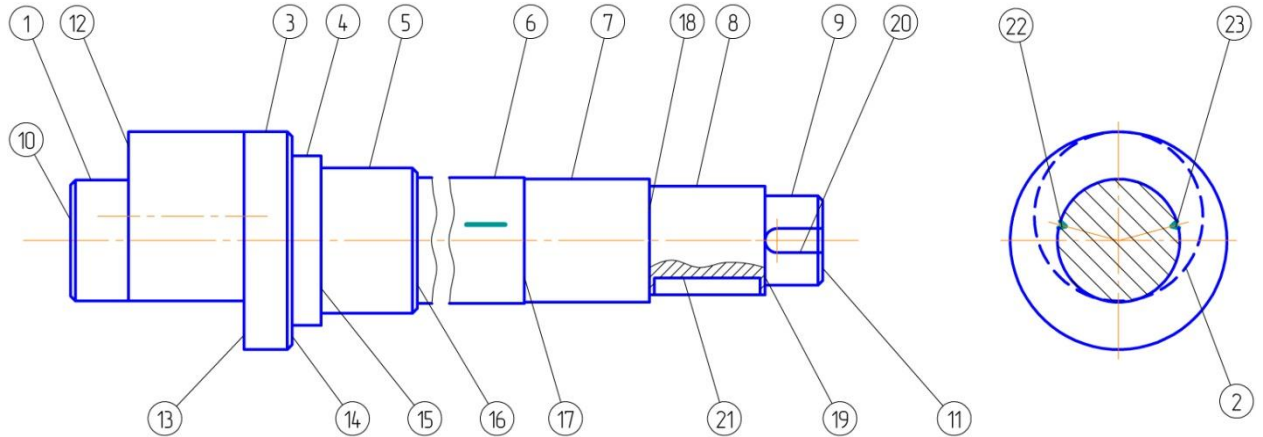


Рисунок 1.5 – Ескіз деталі з технологічної розміткою поверхонь

Визначаємо МОП для поверхні 1

Поверхня 1 - зовнішня циліндрична $\varnothing 25d11(-0,065 \atop -0,195)$

Загальні уточнення за показниками точності і якості поверхні визначаються за формулами:

$$\varepsilon_{dO} = \frac{Td_{\text{заг}}}{Td_{\text{дет}}}, \quad (1.18)$$

$$\varepsilon_{\Delta O} = \frac{\Delta_{\text{заг}}}{\Delta_{\text{дет}}}, \quad (1.19)$$

$$\varepsilon_{RaO} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}, \quad (1.20)$$

де ε_{dO} , $\varepsilon_{\Delta O}$, ε_{RaO} – загальні уточнення за показником точності геометричного розміру, точності форми і взаємного розташування, шорсткості поверхні відповідно;

$Td_{\text{заг}}$, $Td_{\text{дет}}$ – допуск розміру заготовки і деталі відповідно;

$\Delta_{\text{заг}}$, $\Delta_{\text{дет}}$ – допуск форми і взаємного розташування поверхонь заготовки і деталі відповідно;

$Ra_{\text{заг}}, Ra_{\text{дет}}$ – шорсткість поверхні заготовки і деталі відповідно.

Підставивши числові значення в (1.18) - (1.20), отримаємо:

$$\varepsilon_{d0} = \frac{2,1}{0,13} = 16,15,$$

$$\varepsilon_{\Delta 0} = \frac{1,0}{0,05} = 20,$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \frac{50}{0,8} = 62,5.$$

Згідно з отриманими результатами, найбільшого уточнення вимагає показник точності геометричного розміру. Його вважаємо превалюючим. По ньому розраховуємо кількість переходів механічної обробки:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{jo}, \quad (1.21)$$

де ε_{jo} – загальне уточнення по превалируючому показником точності і якості поверхні;

j – індекс показника точності і якості поверхні.

$$k = 2 \cdot \lg 62,5 = 3,59.$$

Приймаємо кількість переходів $k = 3$ для всіх показників точності і якості поверхні.

Наступним кроком є розробка послідовності показників точності і якості (ППТК) для переважаючого показника. Для цього знаходимо різницю між вхідним (заготівля) і виходять (деталь) показниками точності і якості:

$$\Delta IT = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}}, \quad (1.22)$$

де $IT_{\text{заг}}$ – квалітет точності геометричного розміру заготовки;

$IT_{\text{дет}}$ – квалітет точності геометричного розміру деталі.

$$\Delta IT = 17 - 11 = 6.$$

Отриману різницю розподіляємо між прийнятою кількістю переходів механічної обробки по закону прогресивного убуття:

$$\Delta IT = 6 = 3 + 3 + 0.$$

Таким чином отримуємо ППТК:

$$IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h11 \rightarrow TO \rightarrow d11.$$

Призначаємо переходи механічної обробки:

- 1) точіння чорнове;
- 2) точіння чистове;
- 3) шліфування чистове.

Допуски і шорсткість для проміжних переходів призначаємо відповідно до ППТК за таблицями [2].

Визначення МОП для поверхні 2

Поверхня 2 - зовнішня циліндрична $\varnothing 35 f9(-\frac{0,025}{0,087})$.

Визначаємо загальні уточнення за показниками точності і якості поверхні за формулами (1.18) і (1.20):

$$\varepsilon_{d0} = \frac{2,5}{0,062} = 40,3,$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \frac{50}{0,8} = 62,5.$$

Згідно з отриманими результатами, найбільшого уточнення вимагає показник точності геометричного розміру. Його вважаємо превалюючим.

За допомогою формули (1.21) розраховуємо кількість переходів механічної обробки:

$$k = 2 \cdot \lg 62,5 = 3,59.$$

Приймаємо кількість переходів $k = 3$ для всіх показників точності і якості поверхні.

Визначаємо різницю показників точності і якості поверхні (по превалюющому показником) за формулою (1.22):

$$\Delta IT = 17 - 9 = 8.$$

Отриману різницю розподіляємо між прийнятою кількістю переходів механічної обробки по закону прогресивного убуття:

$$\Delta IT = 8 = 3 + 3 + 2.$$

Таким чином отримуємо ППТК:

$$IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h11 \rightarrow TO \rightarrow f9.$$

Призначаємо переходи механічної обробки:

- 1) точіння чорнове;
- 2) точіння чистове;
- 3) шліфування чистове.

Допуски і шорсткість для проміжних переходів призначаємо відповідно до ППТК за таблицями [2].

Таблиця 1.5 – Маршрут обробки поверхонь

Характер і показники точності і якості поверхні деталі і заготовки	Показники	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск, мкм		Уточнення, мкм		
			розрахункове	прийняте		i	Метод обробки	розміру	шорсткості	розміру	шорсткості	
Циліндрична поверхня $\varnothing 25d11^{(+0,065}_{-0,195})$; $Ra = 0,8$. Заготовка: $\varnothing 30^{+0,8}_{-1,3}$, $\sim IT17, Ra = 50$.	T	16,15	3,59	3	$\Delta_{\text{кв.}} = IT17 - d11 = 3 + 3 + 0$	1	Заготовка	1500	50	-	-	
					$IT17 \Rightarrow h14 \Rightarrow h11 \Rightarrow d11$	2	Точіння чорнове	350	12,5	4,29	4	
	Ra	62,5				3	Точіння чистове	87	3,2	4,0	3,9	
					$Ra 50 \Rightarrow Ra 12,5 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 0,8$	4	Шліф. однокр.	35	0,8	2,49	1,56	
											42,7	24,3
	Циліндрична поверхня $\varnothing 35f9^{(+0,025}_{-0,087})$; $Ra = 0,8$. Заготовка: $52^{+1,0}_{-1,5}$, $\sim IT17, Ra = 50$.	T	40,3	3,59		$\Delta_{\text{кв.}} = IT15 - f9 = 3 + 3 + 2$	1	Заготовка	1500	50	-	-
$IT17 \Rightarrow h14 \Rightarrow h11 \Rightarrow f9$;						2	Точіння чорнове	400	12,5	3,75	4	
Ra		62,5	2,6	3		3	Точіння чистове	250	3,2	1,6	3,9	
					$Ra 50 \Rightarrow Ra 12,5 \Rightarrow Ra 3,2 \Rightarrow Ra 0,8$	4	Шліф. однокр.	160	0,8	1,56	1,56	

Таблиця 1.6 – Маршрут обробки поверхонь

№ поверхні та геометричний розмір	Характер поверхні		Показники точності, взаємного розташування та якості поверхонь					
			Допуск та квалітет точності		Похибка форми/розташування		Шорсткість	
	вид	тип	дет.	заг.	дет.	заг.	дет.	заг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 – $\varnothing 45_{-0,24}^{-0,08}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,13 IT11	-	0,05	-	Ra 3,2	Ra 50
4 – $\varnothing 35_{-0,62}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,39 IT13	2,6 IT17	0,2	0,66	Ra 3,2	Ra 50
5 – $\varnothing 30_{-0,013}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,37 IT13	2,6 IT17	0,2	0,66	Ra 3,2	Ra 50
6 – $\varnothing 26_{-0,52}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,41 IT13	2,6 IT17	0,2	0,66	Ra 3,2	Ra 50
7 – $\varnothing 25_{-0,195}^{-0,065}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,13 IT11	-	0,05	-	Ra 3,2	Ra 50
8 – $\varnothing 22_{+0,002}^{+0,015}$	Циліндрич.	Зовнішня	0,35 IT12	2,6 IT17	0,15	0,66	Ra 3,2	Ra 50
9 – M18x1,5	Циліндрич.	Зовнішня	0,25 IT12	-	0,006	-	Ra 0,8	Ra 50

1.6 Визначення операційних припусків і розмірів заготовки

1.6.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом

Технологічний розмір - розмір, який визначається технологом і проставляється в технологічній документації. Він включає в себе припуск під подальшу обробку.

Припуск - це шар матеріалу, що містить різні дефекти, які не допустимі за умовами службового призначення, і який необхідно усунути з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні. Припуск слід розглядати як компенсатор погрешностей попередніх переходів.

До теперішнього часу розроблено два методи визначення припусків: розрахунково-аналітичний і дослідно-статистичний (табличний).

При визначенні припуску розрахунково-аналітичним методом визначають складові елементи припуску в залежності від конкретних умов обробки і стану заготовки по довідковій літературі, а потім розраховують Z_i^{min} для переходів механічної обробки.

При визначенні припуску дослідно-статистичним методом величину загального припуску Z_0^{min} або припуску на перехід Z_i^{min} вибирають з таблиць довідкової літератури.

Методи розрахунку технологічних розмірів: метод проф. В.М. Кована і метод розмірних ланцюгів.

Метод, заснований на теорії розмірних ланцюгів, дає загальне рішення розмірної завдання і охоплює весь спектр різних методів і схем обробки. Метод професора В.М. Кована доцільний, надійний і ефективний за умови, що всі переходи механічної обробки є однопрохідної обробкою на налаштованих верстатах, тобто коли при механічній обробці спостерігається явища копіювання або технологічної спадковості.

Зробимо розрахунок припусків і технологічних розмірів поверхні 3 (Ø45d11).

Маршрут обробки поверхні:

- 1) Заготівля-штампування (IT17)
- 2) Точіння чорнове (h14)
- 3) Точіння чистове (h11)
- 4) ТО
- 5) Шліфування чистове (d11)

Припуски призначаємо табличним методом.

Визначаємо мінімальний загальний припуск на обробку: $2Z_o^{min} = 5,8 \text{ мм}$ [2].

Призначаємо припуски по переходам механічної обробки поверхонь.

Мінімальний припуск на i -тий перехід механічної обробки визначається:

$$2Z_i^{min} = \gamma_i \cdot 2Z_o^{min}, \quad (1.23)$$

де γ_i - коефіцієнт співвідношення припуску.

Коефіцієнти співвідношення припуску γ_i , оцінені на основі дослідно-статистичних даних, мають приблизні значення:

- при чорновому точінні $\gamma_{\text{черн}} = 0,65 \dots 0,75$;
- при чистовому точінні $\gamma_{\text{чист}} = 0,15 \dots 0,25$;
- при чорновому шліфуванні $\gamma_{\text{шл.черн}} = 0,05 \dots 0,10$;

При цьому сума прийнятих коефіцієнтів повинна бути:

$$\sum_i^k \gamma_i = 1. \quad (1.24)$$

Приймаємо: $\gamma_{\text{черн}}=0,82$, $\gamma_{\text{чист}}=0,15$, $\gamma_{\text{шл.черн}}=0,03$.

Підставивши числові значення в (1.23), отримаємо:

$$\begin{aligned} 2Z_2^{min} &= \gamma_{\text{черн}} \cdot 2Z_o^{min} = 0,82 \cdot 5 = 4,1 \text{ мм}, \\ 2Z_3^{min} &= \gamma_{\text{чист}} \cdot 2Z_o^{min} = 0,15 \cdot 5 = 0,75 \text{ мм}, \\ 2Z_4^{min} &= \gamma_{\text{шл.черн}} \cdot 2Z_o^{min} = 0,03 \cdot 5 = 0,25 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Технологічні розміри розраховуємо методом Кована.

Мінімальні значення розмірів визначаємо за формулою:

$$d_i^{min} = d_{i-1}^{max} - Td_i, \quad (1.25)$$

де d_i^{min} - шуканий технологічний розмір поверхні, мм;

d_{i-1}^{max} - розмір попередня (за i -тим) технологічного переходу, мм;

Td_i - допуск на перехід механічної обробки, мм;

$i = 1, 2, \dots, n$ - індекс номера технологічного переходу.

Використовуючи (1.25), отримаємо:

$$\begin{aligned}d_5^{min} &= d_5^{max} - Td_5 = 44,92 - 0,16 = 44,76 \text{ мм}, \\d_3^{min} &= d_3^{max} - Td_3 = 46,08 - 0,62 = 46,08 \text{ мм}, \\d_2^{min} &= d_4^{max} - Td_2 = 45,33 - 0,16 = 46,417 \text{ мм}, \\d_1^{min} &= d_1^{max} - Td_1 = 53,3 - 2,5 = 50,8 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Максимальні значення розмірів визначаються з наступного математичного виразу:

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2Z_i^{min} + Td_i, \quad (1.26)$$

де Td_i - допуск на відповідний технологічний розмір, мм.

Використовуючи (1.26), отримаємо:

$$\begin{aligned}d_3^{max} &= d_5^{max} + 2Z_5^{min} + Td_5 = 44,92 + 0,25 + 0,16 = 45,33 \text{ мм}, \\d_2^{max} &= d_3^{max} + 2Z_2^{min} + Td_2 = 45,33 + 0,75 + 0,62 = 46,7 \text{ мм}, \\d_1^{max} &= d_2^{max} + 2Z_2^{min} + Td_2 = 46,7 + 4,1 + 2,5 = 53,3 \text{ мм},\end{aligned}$$

Максимальні значення припусків по переходах механічної обробки знаходимо за формулою:

$$2Z_i^{max} = d_{i-1}^{max} - d_i^{min}, \quad (1.27)$$

де d_{i-1}^{max} - максимальний технологічний розмір поверхні на переході попередньому даному, мм.

Підставивши відповідні числові значення в (1.27), отримаємо:

$$\begin{aligned}2Z_2^{max} &= d_1^{max} - d_2^{min} = 53,3 - 46,08 = 7,22 \text{ мм}, \\2Z_3^{max} &= d_2^{max} - d_3^{min} = 46,7 - 45,17 = 0,62 \text{ мм}, \\2Z_5^{max} &= d_4^{max} - d_5^{min} = 45,33 - 46,76 = 0,57 \text{ мм}, \\2Z_3^{max} &= d_1^{max} - d_3^{max} = 58,692 - 51,832 = 6,86 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Для перевірки правильності обчислень визначимо допуск на припуск.

Спочатку обчислимо величину допуску на припуск через різницю припусків:

$$TZ_o = 2Z_o^{max} - 2Z_o^{min}, \quad (1.28)$$

де $2Z_o^{max}$ - максимальний загальний припуск на обробку, мм;
 $2Z_o^{min}$ - мінімальний загальний припуск на обробку, мм.

Максимальний і мінімальний загальні припуски на обробку знайдемо за допомогою формул:

$$2Z_o^{max} = \sum_{i=1}^n 2Z_i^{max}, \quad (1.29)$$

$$2Z_o^{min} = \sum_{i=1}^n 2Z_i^{min}. \quad (1.30)$$

$$2Z_o^{max} = 53,3 - 44,76 = 8,54 \text{ мм},$$

$$2Z_o^{min} = 50,8 - 44,92 = 5,88 \text{ мм}.$$

Підставивши знайдені величини в (1.28), отримаємо:

$$TZ_o = 8,54 - 5,88 = 2,66 \text{ мм}.$$

Знайдемо величину допуску на припуск через різницю допусків:

$$TZ_o = Td^{зар} + Td^{дет}, \quad (1.31)$$

де $Td^{зар}$ - допуск на розмір поверхні заготовки, мм;
 $Td^{дет}$ - допуск на розмір поверхні деталі, мм.

$$TZ_o = 2,5 + 0,16 = 2,66 \text{ мм}.$$

Так як числові значення допуску на припуск, знайденого за формулою (1.28), збігаються з величиною допуску на припуск, визначеного за допомогою математичного виразу (1.31), значить розрахунок технологічних розмірів виконаний вірно.

1.6.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом

Зробимо розрахунок припусків і технологічних розмірів поверхні 2 (Ø25d11).

Маршрут обробки поверхні:

- 1) Заготівля-штампування (IT17)
- 2) Точіння чорнове (h14)
- 3) Точіння чистове (h11)
- 4) ТО
- 5) Шліфування чорнове (d11)

Припуски визначаємо розрахунково-аналітичним методом.

Мінімальний припуск по переходах механічної обробки визначається за формулою:

$$2Z_i^{min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.32)$$

де Rz_{i-1} - висота мікронерівностей поверхні, отримана на попередньому переході, мм;

h_{i-1} - глибина дефектного шару, отримана на попередньому переході, мм;

ρ_{i-1} - просторові похибки поверхні після попереднього переходу, мм;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході, мм.

Знайдемо елементи припуску для кожного технологічного переходу.

Елементи припуску після штампування вибираємо за відповідними таблицями [2]:

$$Rz_1=0,2 \text{ мм}, h_1=0,25 \text{ мм}, \rho_{cm}=1,2 \text{ мм}, \rho_k=0,072 \text{ мм}, \varepsilon_1=0.$$

Сумарна просторова похибка після штампування визначається за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_a^2 + \rho_b^2 + \dots + \rho_z^2}, \quad (1.33)$$

де $\rho_a, \rho_b, \dots, \rho_z$ - відповідні просторові похибки, що виникають під час штампування, мм;

a, b, ..., z - індекс, що позначає конкретний вид похибки.

Підставивши числові значення в (1.33), отримаємо:

$$\rho_1 = \sqrt{1,2^2 + 0,072^2} = 1,2 \text{ мм}.$$

Елементи припуску для чорнового точіння: $Rz_2=0,1$ мм, $h_2=0,1$ мм, $\varepsilon_2=0,58$ [2].

В результаті механічної обробки просторова похибка зменшується.

Залишкова величина похибки визначається за формулою:

$$\rho_i = Ky_i \cdot \rho_{i-1}, \quad (1.34)$$

де Ky_i - коефіцієнт уточнення для i -го технологічного переходу;
 ρ_{i-1} – просторова похибка після попереднього переходу, мм.

Підставивши відповідні числові значення в (1.34), отримаємо:

$$\rho_2 = Ky_2 \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 1,2 = 0,072 \text{ мм.}$$

Елементи припуску для 3-го технологічного переходу (точіння чистове) визначаються з вищевказаних джерел: $Rz_3=0,025$ мм, $h_3=0,025$ мм, $\varepsilon_3=0,04$ мм.

Величину просторової похибки після чистового точіння визначимо використовуючи (1.34):

$$\rho_3 = Ky_3 \cdot \rho_2 = 0,04 \cdot 0,072 = 0,0029 \text{ мм.}$$

Вибираємо елементи припуску після чорнового шліфування: $Rz_5=0,03$ мм, $h_5=0,023$ мм, $\varepsilon_5=0,03$ мм.

Величину просторової похибки після чорнового шліфування визначимо за формулою (1.34):

$$\rho_5 = Ky_5 \cdot \rho_4 = 0,03 \cdot 0,0232 = 0,7 \cdot 10^{-4} \text{ мм.}$$

Так як ρ_5 дуже мала величина, нею можна знехтувати. Приймаємо $\rho_5 = 0$.

Визначимо мінімальні значення припусків по переходах механічної обробки, підставивши відповідні числові значення в (1.33):

$$2Z_2^{min} = 2 \cdot (0,2 + 0,25 + \sqrt{1,2^2 + 0,58^2}) = 3,6 \text{ мм,}$$

$$2Z_3^{min} = 2 \cdot (0,1 + 0,1 + \sqrt{0,072^2 + 0,023^2}) = 0,55 \text{ мм,}$$

$$2Z_4^{min} = 2 \cdot (0,025 + 0,025 + \sqrt{0,0029^2 + 0,0007^2}) = 0,1 \text{ мм,}$$

Технологічні розміри по переходах механічної обробки визначаємо методом розмірних ланцюгів.

Максимальні значення технологічних розмірів знаходимо за формулою:

$$d_i^{max} = d_{i+1}^{max} + 2Z_{i+1}^{min} + Td_i, \quad (1.35)$$

де d_{i+1}^{max} - максимальне значення технологічного розміру для переходу, наступного за і-тим, мм;

$2Z_{i+1}^{min}$ - мінімальне значення припуску для переходу, наступного за і-тим, мм;

Td_i - допуск технологічного розміру на і-тому переході, мм.

Згідно (1.35):

$$d_3^{max} = d_4^{max} + 2Z_4^{min} + Td_4 = 24,935 + 0,1 + 0,13 = 25,165 \text{ мм},$$

$$d_2^{max} = d_3^{max} + 2Z_3^{min} + Td_3 = 25,165 + 0,55 + 0,52 = 26,235 \text{ мм},$$

$$d_1^{max} = d_2^{max} + 2Z_2^{min} + Td_2 = 26,235 + 3,6 + 0,21 = 31,935 \text{ мм}.$$

Мінімальні значення технологічних розмірів обчислимо за допомогою формули:

$$d_i^{min} = d_i^{max} - Td_i \quad (1.36)$$

$$d_1^{min} = d_1^{max} - Td_1 = 31,935 - 2,1 = 29,835 \text{ мм},$$

$$d_2^{min} = d_2^{max} - Td_2 = 26,235 - 0,52 = 25,715 \text{ мм},$$

$$d_3^{min} = d_3^{max} - Td_3 = 25,165 - 0,13 = 25,035 \text{ мм},$$

$$d_5^{min} = d_5^{max} - Td_5 = 25,935 - 0,13 = 24,805 \text{ мм}.$$

Максимальні значення припусків по переходах механічної обробки визначимо за формулою:

$$2Z_i^{max} = d_{i-1}^{max} - d_i^{min}, \quad (1.37)$$

де d_{i-1}^{max} - максимальне значення розміру на переході, що передує і-му, мм;

d_i^{min} - мінімальне значення розміру на і-тому переході, мм.

Підставивши відповідні числові значення в (1.37), отримаємо:

$$\begin{aligned} 2Z_2^{max} &= d_1^{max} - d_2^{min} = 31,935 - 25,715 = 6,22 \text{ мм}, \\ 2Z_3^{max} &= d_2^{max} - d_3^{min} = 26,235 - 25,035 = 1,2 \text{ мм}, \\ 2Z_5^{max} &= d_4^{max} - d_5^{min} = 25,165 - 24,805 = 0,36 \text{ мм}, \end{aligned}$$

Для перевірки правильності обчислень визначимо допуск на припуск.

Спочатку обчислимо величину допуску на припуск через різницю припусків:

$$TZ_o = 2Z_o^{max} - 2Z_o^{min}, \quad (1.38)$$

де $2Z_o^{max}$ - максимальний загальний припуск на обробку, мм;

$2Z_o^{min}$ - мінімальний загальний припуск на обробку, мм.

Максимальний загальний припуск на обробку знайдемо за допомогою формули:

$$2Z_o^{max} = d_{заг}^{max} - d_{дет}^{min}, \quad (1.39)$$

де $d_{заг}^{max}$ - максимальний розмір заготовки, мм;

$d_{дет}^{min}$ - мінімальний розмір деталі, мм.

$$2Z_o^{max} = 29,835 - 24,935 = 4,9 \text{ мм}.$$

Мінімальний загальний припуск на обробку визначимо за формулою:

$$2Z_o^{min} = d_{заг}^{min} - d_{дет}^{max}, \quad (1.40)$$

де $d_{заг}^{min}$ - мінімальний розмір заготовки, мм;

$d_{дет}^{max}$ - максимальний розмір деталі, мм.

$$2Z_o^{min} = 31,935 - 24,805 = 7,13 \text{ мм}.$$

Підставивши значення мінімального і максимального припусків в (1.38), отримаємо:

$$TZ_o = 7,13 - 4,9 = 2,23 \text{ мм}.$$

Знайдемо величину допуску на припуск через суму допусків:

$$TZ_o = Td^{\text{заг}} + Td^{\text{дет}}, \quad (1.41)$$

де $Td^{\text{заг}}$ - допуск на розмір поверхні заготовки, мм;

$Td^{\text{дет}}$ - допуск на розмір поверхні деталі, мм.

$$TZ_o = 2,1 + 0,13 = 2,23 \text{ мм.}$$

Так як числові значення допуску на припуск, знайденого за формулою (1.38), збігаються з величиною допуску на припуск, визначеного за допомогою математичного виразу (1.41), значить розрахунок технологічних розмірів виконаний вірно.

Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів інших циліндричних поверхонь проводиться аналогічно, за методиками розглянутим вище.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6, та таблиці 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								
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 25d11 \begin{smallmatrix} -0,65 \\ -0,195 \end{smallmatrix}$												
1	Заготовка	200	250	1200	0	-	2100	-	-	29,835	31,935	29,835	$\varnothing 30 \begin{smallmatrix} +0,7 \\ -1,4 \end{smallmatrix}$
2	Точіння чорнове	100	100	72	580	3600	700	3600	6220	25,715	26,235	26,235	$\varnothing 26,24_{-0,62}$
3	Точіння чистове	25	25	2,9	40	550	350	550	1200	25,035	25,165	25,165	$\varnothing 25,17_{-0,13}$
4	Термообробка	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування однократне	3	23	0	30	100	130	100	360	24,805	24,935		$\varnothing 25 \begin{smallmatrix} -0,065 \\ -0,195 \end{smallmatrix}$

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	Розмір, мм		Dmax	Dmin	2Zmax	2Zmin	
		5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø35f9 ^{-0,02} _{-0,087}								
1	Заготовка	-	41,393	2,5	41,393	38,893	-	-	40 ^{+0,8} _{-1,7}
2	Точіння чорнове	2,4	36,493	0,62	36,493	35,873	5,52	2,4	36,5 _{-0,62}
3	Точіння чистове	0,6	35,273	0,16	35,273	35,113	0,62	0,6	35,273 _{-0,16}
4	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування однократне	0,2	34,913	0,062	34,913	34,851	0,422	0,2	35 ^{-0,025} _{-0,087}
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø45d11 ^{-0,065} _{-0,195}								
1	Заготовка	-	53,3	2,5	53,3	50,8	-	-	52 ^{+0,8} _{-1,7}
2	Точіння чорнове	4,1	46,7	0,62	46,7	46,08	7,22	4,1	46,7 _{-0,62}
3	Точіння чистове	0,75	45,33	0,16	45,33	45,17	0,62	0,75	45,33 _{-0,16}
4	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування однократне	0,25	44,92	0,16	44,92	44,76	0,57	0,25	45 ^{-0,065} _{-0,195}
	Зовнішня циліндрична поверхня Ø35h14 _{-0,62}								
1	Заготовка	-	39,9	2,5	39,9	37,4	-	-	40 ^{+1,5} _{-1,0}
2	Точіння чорнове	2,4	35	0,62	35	34,38	5,52	2,4	35 _{-0,62}

Продовження таблиці 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	Розмір, мм		Dmax	Dmin	2Zmax	2Zmin	
		5	6	7	8	9	10	11	12
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 30h6_{-0,013}$								
1	Заготовка	-	36,083	2,1	36,083	33,983	-	-	35
2	Точіння чернове	2,4	31,583	0,52	31,583	31,063	5,02	2,4	31,6 _{-0,52}
3	Точіння чистове	0,6	30,463	0,13	30,463	30,333	1,25	0,6	30,45 _{-0,13}
4	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування однократне	0,1	30	0,013	30	29,987	0,146	0,1	30 _{-0,013}
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 26_{-0,52}$								
1	Заготовка	-	30,5	2,1	30,5	28,4	-	-	29
2	Точіння чернове	2,4	26	0,52	26	25,48	5,02	2,4	26 _{-0,52}
	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 22k6^{+0,012}_{-0,002}$								
1	Заготовка	-	28,098	2,1	28,098	25,998	-	-	27
2	Точіння чернове	2,4	23,598	0,52	23,598	23,078	5,02	2,4	23,6 _{-0,52}
3	Точіння чистове	0,6	22,478	0,13	22,478	22,348	1,25	0,6	22,48 _{-0,13}
4	Термообробка	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Шліфування однократне	0,1	22,015	0,013	22,015	22,002	0,126	0,1	22 _{-0,13}

1.7 Розрахунок режимів різання

1.7.1 Операція 015 – токарна

Поверхні, які обробляються на даній операції, показані на малюнку 1.6.

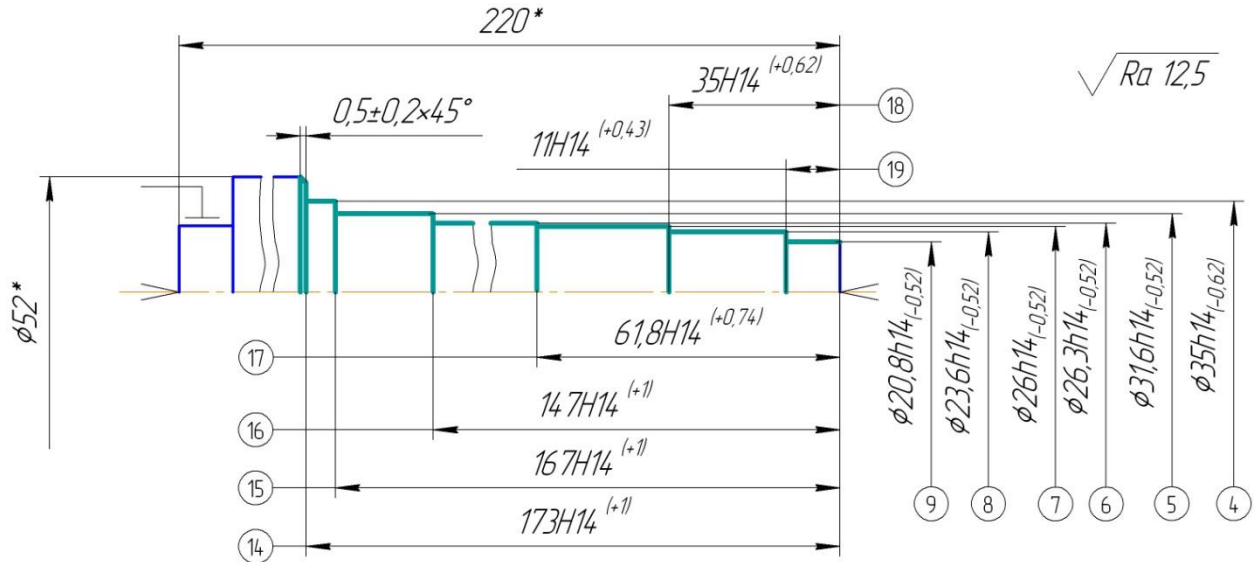


Рисунок 1.6 - Операційний ескіз для операції 015

Обробка проводиться на токарному верстаті з числовим програмним управлінням (ЧПУ) 16K20Ф3. Обґрунтування вибору представлено в п.1.5.4. Технічні характеристики верстата наведені в таблиці 1.8.

Так як обробляються зовнішні і прилеглі до них торцеві поверхні, то вибирається токарний збірний прохідний різець з механічним кріпленням твердосплавних пластин ГОСТ 21151-75: головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$, матеріал ріжучої частини ВК8, перетин державки 30×45 мм, довжина державки 280 мм, радіус заокруглення вершини різця $R = 0,5$ мм

Глибина різання: $t_9=2,4$ мм, $t_8=2,5$ мм, $t_7=3$ мм, $t_6=2,3$ мм, $t_5=2,5$ мм, $t_4=3,5$ мм.

Визначаємо розрахункове значення подачі за формулою:

$$S_o^P = S_o^T \cdot K_{1S} \cdot K_{2S}, \quad (1.42)$$

де S_o^T – табличне значення подачі, мм/об;

K_{1S} – поправочний коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу ($K_{1S}=0,9$ [2]);

K_{2S} – поправочний коефіцієнт, що враховує вид обробки ($K_{2S}=1$ [2]).

$$S_6^P = 0,30 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,270 \text{ мм/об},$$

Остаточно подачу при чорновому обточуванні вала на верстаті з ЧПУ приймаємо $S = 0,3 \text{ мм/об}$.

Визначаємо розрахункове значення швидкості різання по формулі:

$$V_P = V_T \cdot K_{1V} \cdot K_{2V} \cdot K_{3V} \cdot K_{4V} \cdot K_{5V} \cdot K_{6V} \quad (1.43)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, м/мин ;

K_{1V} – поправочний коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу ($K_{1V}=1,22$ [2]);

K_{2V} – поправочний коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу ріжучої частини ($K_{2V}=1,1$ [2]);

K_{3V} – поправочний коефіцієнт, що враховує головний кут різця в плані ($K_{3V}=0,82$ [2]);

K_{4V} – поправочний коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки ($K_{4V}=0,75$ [2]);

K_{5V} – поправочний коефіцієнт, що враховує жорсткість системи;

K_{6V} – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив охолодження ($K_{6V}=1$ [2]).

Підставивши відповідні числові значення в (1.43), отримуємо:

$$V_{P6} = 100 \cdot 1,22 \cdot 1,1 \cdot 0,82 \cdot 0,75 \cdot 0,39 \cdot 1 = 32,18 \text{ м/хв},$$

Знаходимо розрахункове значення частоти обертання шпинделя по формулі:

$$n_P = \frac{1000 \cdot V_P}{\pi \cdot D}, \quad (1.44)$$

де V_P – розрахункове значення швидкості різання, м/мин;

$\pi=3,14$ – математична постійна;

D – діаметр обробки.

$$n_P = \frac{1000 \cdot 32,18}{3,14 \cdot 26,3} = 379 \text{ об/хв},$$

Приймаються за паспортом верстата $n=315 \text{ об/хв}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (1.45)$$

де $\pi=3,14$ – математична постійна;

D – діаметр обробки;

n – частота обертання шпинделя, об/хв.

$$V = \frac{3,14 \cdot 26,3 \cdot 315}{1000} = 26,02 \text{ м/хв},$$

Знаходимо складову сили різання P_Z за допомогою формули:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.46)$$

де C_P – постійна для конкретних умов обробки ($C_P=300$ [2]);

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

V – швидкість різання при обробці;

x, y, n – показники ступені для конкретних умов обробки ($x=1, y=0,75, n=-0,15$ [2]);

K_p – поправочний коефіцієнт.

Поправочний коефіцієнт визначаємо за допомогою формули:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{p\varphi} \cdot K_{p\gamma} \cdot K_{p\lambda}, \quad (1.47)$$

де K_{mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу ($K_{pm}=1,24$ [2]);

$K_{p\varphi}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує головний кут різця в плані ($K_{p\varphi}=0,89$ [2]);

$K_{p\gamma}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує величину переднього кута різця ($K_{p\gamma}=1$ [2]);

$K_{p\lambda}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує нахил головної різальної крайки різця ($K_{p\lambda}=1$ [2]).

$$K_p = 1,24 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1.$$

Підставляючи числові значення в (1.46), отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,5^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 34,62^{-0,15} \cdot 1,24 = 6864 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{6864 \cdot 34,62}{1020 \cdot 60} = 4,12 \text{ кВт,} \quad (1.48)$$

Потужність на шпинделі верстата при роботі на заданій частоті обертання шпинделя становить $N_{\text{ст}}=6$ кВт. Отже, $N < N_{\text{ст}}$.

1.7.2 Операція 020 – токарная

Поверхні, які обробляються на даній операції, показані на малюнку 1.7.

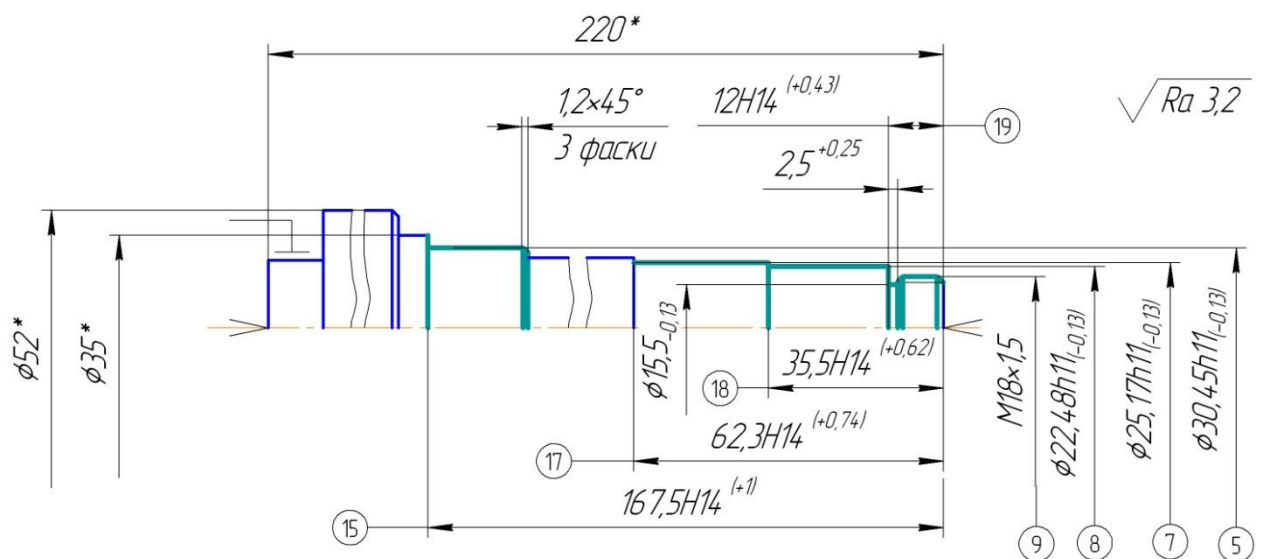


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз для операції 020

Обробка проводиться на токарному верстаті з числовим програмним управлінням (ЧПУ) 16K20Ф3. Обґрунтування вибору представлено в п.1.5.4.

Розраховуємо режими різання для кожного переходу.

Перехід 01 - токарна чистова обробка поверхонь 5,7,8 і чорнова обробка 9

Так як обробляються зовнішні і прилеглі до них торцеві поверхні, то вибирається токарний збірний прохідний різець з механічним кріпленням твердосплавних пластин ГОСТ 21151-75: головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$, матеріал ріжучої частини ВК8, перетин державки 30×45 мм, довжина державки 280 мм, радіус заокруглення вершини різця $R = 0,5$ мм

Глибина різання: $t_9=0,3$ мм, $t_8=0,37$ мм, $t_7=0,37$ мм, $t_5=0,38$ мм.

Визначаємо розрахункове значення подачі за формулою (1.42), з огляду на, що

$$S_9^P = 0,31 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,27 \text{ мм/об},$$

$$S_8^P = 0,31 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,27 \text{ мм/об},$$

$$S_7^P = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,27 \text{ мм/об}.$$

$$S_5^P = 0,31 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,27 \text{ мм/об}.$$

Остаточно подачу при чистовому обточування вала на верстаті з ЧПУ приймаємо $S = 0,25$ мм/об.

Визначаємо розрахункове значення швидкості різання по (1.43), з огляду на, що $V_T=134$ м/хв, $K_{1V}=1,22$, $K_{2V}=1,1$, $K_{3V}=0,82$, $K_{4V}=0,75$, $K_{5V}=0,67$, $K_{6V}=1$.

$$V_P = 134 \cdot 1,22 \cdot 1,1 \cdot 0,82 \cdot 0,75 \cdot 0,67 \cdot 1 = 74,01 \text{ м/хв}.$$

Знаходимо розрахункове значення частоти обертання шпинделя по формулі (1.44)

$$n_P = \frac{1000 \cdot 74,01}{3,14 \cdot 30,45} = 748 \text{ об/хв}.$$

Приймаються за паспортом верстата $n=710$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.45)

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30,45 \cdot 710}{1000} = 67,88 \text{ м/хв}.$$

Знаходимо складову сили різання P_z за допомогою формули (1.46), з огляду на те, що $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$.

Поправочний коефіцієнт визначаємо за допомогою формули (1.47), з огляду на те, що $K_{pm}=1,24$, $K_{p\varphi}=0,89$, $K_{p\gamma}=1$, $K_{p\lambda}=1$.

$$K_p = 1,24 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1.$$

Підставляючи числові значення в (1.46), отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,38^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 67,88^{-0,15} \cdot 1,1 = 2354 \text{ Н.}$$

Потужність різання визначаємо за формулою (1.48)

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2354 \cdot 30,45}{1020 \cdot 60} = 1,17 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата при роботі на заданій частоті обертання шпинделя становить $N_{ст}=6$ кВт. Отже, $N < N_{ст}$.

Перехід 02 - точіння канавки 19.

Інструмент - різець канавковий ГОСТ 26611-85: $b = 2,5$ мм, $R = 0,5$ мм, матеріал ріжучей частини ВК8.

Глубина різання $t=2,72$ мм.

Визначаємо розрахункове значення подачі при точінні за формулою (1.42), з огляду на те, що $S_o^T=0,08$ мм/об, $K_{1S}=0,9$, $K_{2S}=1,0$.

$$S_o^P = 0,08 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,07 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_o=0,07$ мм/об.

Визначаємо розрахункове значення швидкості різання при точінні за формулою (1.45), з огляду на те, що $V_T=132$ м/хв, $K_{1V}=0,9$, $K_{2V}=0,8$, $K_{3V}=1,1$, $K_{4V}=0,66$, $K_{5V}=0,67$, $K_{6V}=1$.

$$V_p = 132 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 0,67 \cdot 1 = 52,02 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо розрахункове значення частоти обертання шпинделя по формулі (1.44)

$$n_p = \frac{1000 \cdot 52,02}{3,14 \cdot 15,28} = 1083,33 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n=1000$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.45)

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 15,28 \cdot 1000}{1000} = 47,97 \text{ м/хв.}$$

Перехід 03 - нарізання різьби на поверхні 9.

Інструмент - різець різьбовий, головний кут в плані $\varphi = 60^\circ$, матеріал ріжучої частини ВК8.

Подача $S_9 = 1,5$ мм/об

Визначаємо розрахункове значення швидкості різання по (1.45), з огляду на те, що $V_T=120,55$ м/хв, $K_{1V}=0,36$, $K_{2V}=0,8$, $K_{3V}=1$, $K_{4V}=0,66$, $K_{5V}=0,67$, $K_{6V}=1$.

$$V_p = 120,55 \cdot 0,36 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 0,67 \cdot 1 = 15,35 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо розрахункове значення частоти обертання шпинделя по формулі (1.44)

$$n_p = \frac{1000 \cdot 15,35}{3,14 \cdot 18} = 273 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n=250$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.45):

$$V = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 250}{1000} = 14,13 \text{ м/хв.}$$

1.7.3 Операція 045 – круглошліфувальна

Оброблювані поверхні і характер закріплення деталі показані на малюнку 1.8.

Операція виконується на кругло-шліфувальному верстаті 3М151. Основні технічні характеристики верстата представлені в таблиці 1.9.

Операція здійснюється за три переходи.

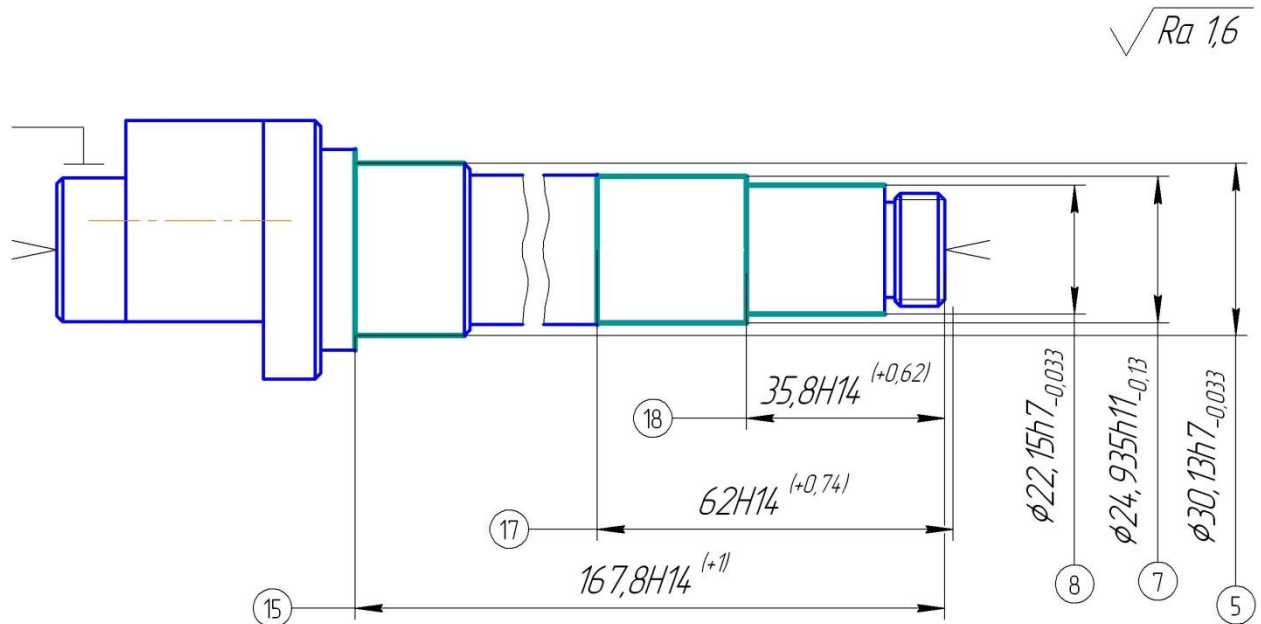


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз для операції 045

Шліфування поверхні здійснюємо методом врізання. Як інструмент при обробці використовується шліфувальний круг 450×63×40 23А 40-П СТ1 7 К8 30 м/с А1 кл. ГОСТ 2424-83.

Виконуємо розрахунок режимів різання для кожного переходу.

Перехід 01 - чорнове шліфування поверхні 8

Глибина різання $t = 0,18$ мм.

Визначаємо розрахункове значення радіальної подачі за формулою:

$$S_t^p = S_{tT} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{VK} \cdot K_T \cdot K_{IT} \cdot K_h, \quad (1.49)$$

де S_{tT} – табличне значення подачі, мм/об ($S_{tT}=0,01$ мм/зуб [4]);

K_M – поправочний коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал ($K_M=1,0$ [5]);

K_R – поправочний коефіцієнт, що враховує радіус галтелі деталі ($K_R=0,85$ [4]);

K_D – поправочний коефіцієнт, що враховує величину діаметра кола ($K_D=0,75$ [4]);

K_{V_k} – поправочний коефіцієнт, що враховує швидкість кола ($K_{V_k}=1,0$ [4]);

K_T – поправочний коефіцієнт, що враховує стійкість кола ($K_T=0,6$ [4]);

K_{I_T} – поправочний коефіцієнт, що враховує точність обробки ($K_{I_T}=0,8$, [4]);

K_h – поправочний коефіцієнт, що враховує припуск на обробку ($K_h=1$, [4]).

$$S_t^p = 0,01 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,003 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_t=0,003$ мм/об.

Швидкість обертання деталі приймаємо рівною $V_d=20$ м/хв [4].

Частота обертання деталі визначається за формулою (1.44):

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 22,15} = 287 \text{ об/хв.}$$

Перехід 02 - чорнове шліфування поверхні 7.

Глибина різання $t=0,31$ мм.

Визначаємо розрахункове значення радіальної подачі за формулою (1.61), з огляду на те, що $S_{tT}=0,01$ мм/зуб [5], $K_M=1,0$, $K_R=0,85$, $K_D=0,75$, $K_{V_k}=1$, $K_T=0,6$, $K_{I_T}=0,8$, $K_h=1$ [4]:

$$S_t^p = 0,01 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,003 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_t=0,003$ мм/об.

Швидкість обертання деталі приймаємо рівною $V_d=20$ м/хв [4].

Частота обертання деталі визначається за формулою (1.44):

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 24,935} = 255 \text{ об/хв.}$$

Перехід 03 - чорнове шліфування поверхні 5.

Глибина різання $t=0,16$ мм.

Визначаємо розрахункове значення радіальної подачі за формулою (1.92), з огляду на те, що $S_{tT}=0,01$ мм/зуб [5], $K_M=1,0$, $K_R=0,85$, $K_D=0,75$, $K_{V_k}=1$, $K_T=0,6$, $K_{I_T}=0,8$, $K_h=1$ [4]:

$$S_t^p = 0,01 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,003 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_t=0,003$ мм/об.

Швидкість обертання деталі приймаємо рівною $V_d=20$ м/хв [4].

Частота обертання деталі визначається за формулою (1.44):

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 30,13} = 211 \text{ об/хв.}$$

1.7.4 Операція 075 – фрезерна.

Оброблювані поверхні і характер закріплення деталі показані на малюнку 1.9.

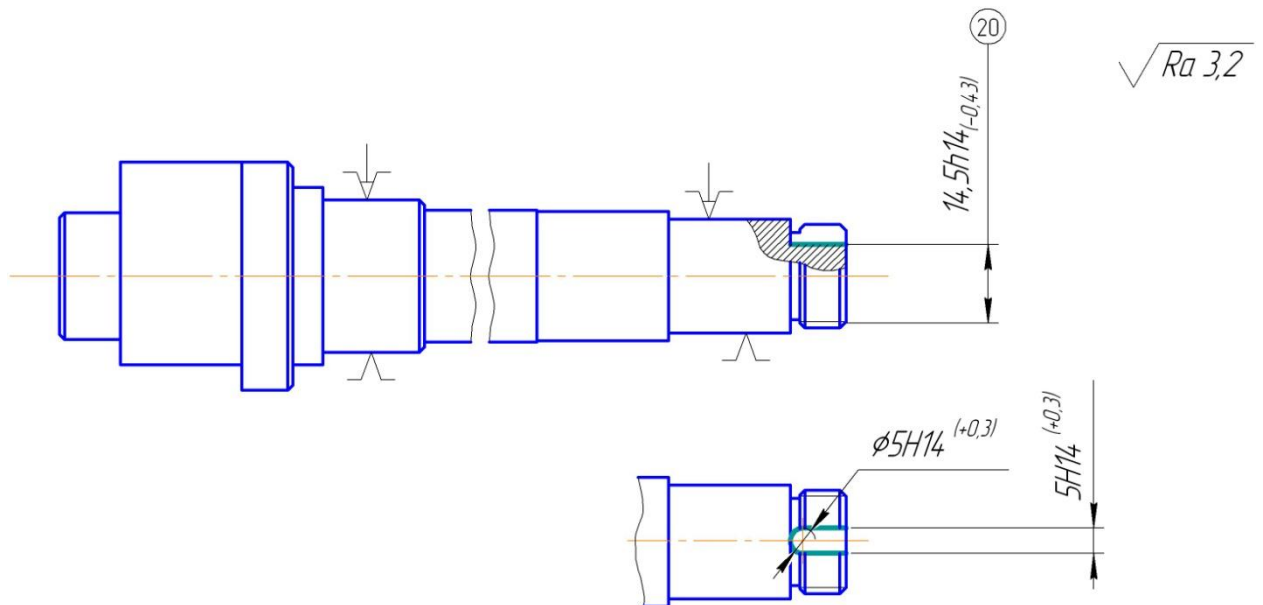


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз для операції 075

Зміст операції - фрезерування паза (поверхні 24 і 25).

Операція виконується на універсальному фрезерному верстаті моделі 676.

Технічні характеристики верстата наведені в таблиці 1.10.

Інструмент - кінцева фреза ГОСТ 17025-71: Ø5 мм, Р10, Z=4.

Виконуємо розрахунок режимів різання.

глибина різання $t=2,5$ мм, кількість проходів – 1.

Визначаємо розрахункове значення подачі за формулою:

$$S_z^p = S_{zT} \cdot K_{1Sz} \cdot K_{2Sz} \cdot K_{3Sz} \cdot K_{4Sz} , \quad (1.50)$$

де S_{zT} – табличне значення подачі, мм/зуб ($S_{zT}=0,07$ мм/зуб [4]);

K_{1Sz} – поправочний коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування ($K_{1Sz}=1$ [4]);

K_{2Sz} – поправочний коефіцієнт, що враховує матеріал фрези ($K_{2Sz}=0,66$ [4]);

K_{3Sz} – поправочний коефіцієнт, що враховує шорсткість обробленої поверхні ($K_{3Sz}=1$ [4]);

K_{4Sz} – поправочний коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні ($K_{4Sz}=1$ [4]).

$$S_z^p = 0,07 \cdot 1 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 1 = 0,04 \text{ мм/зуб.}$$

Приймаємо $S_z=0,04$ мм/зуб.

Визначаємо розрахункове значення швидкості різання за формулою:

$$V_p = V_T \cdot K_{1V} \cdot K_{2V} \cdot K_{3V} \cdot K_{4V} \cdot K_{5V} \cdot K_{6V} , \quad (1.51)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, м/хв ($V_T=45$ м/хв [4]);

K_{1V} – поправочний коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу ($K_{1V}=0,53$ [4]);

K_{2V} – поправочний коефіцієнт, матеріал інструменту ($K_{2V}=1,0$ [4]);

K_{3V} – поправочний коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні ($K_{3V}=1,0$ [4]);

K_{4V} – поправочний коефіцієнт, що враховує характер оброблюваної поверхні ($K_{4V}=1,0$ [4]);

K_{5V} – поправочний коефіцієнт, що враховує умови обробки ($K_{5V}=0,57$ [4]);

K_{6V} – поправочний коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування ($K_{6V}=1,2$ [4]).

$$V_p = 35 \cdot 0,53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1,2 = 12,68 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо розрахункове значення частоти обертання шпинделя по формулі(1.44):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 12,68}{3,14 \cdot 5} = 732 \text{ об/хв.}$$

Приймаються за паспортом верстата $n=700$ об/хв.

озраховуємо величину головною складовою сили різання при фрезеруванні - окружної сили P_z по формулі:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (1.52)$$

де C_p – постійна для конкретних умов обробки ($C_p=68,2$ [2]);

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/зуб;

V – швидкість різання при обробці, м/хв;

x, y, u, q, w – показники ступеня для конкретних умов обробки ($x=0,86, y=0,72, u=1, q=0,86, w=0$ [2]);

K_{MP} – поправочний коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу ($K_{PM}=1,24$ [2]).

Підставляємо відповідні числові значення в (1.52):

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 5^{1 \cdot 4}}{5^{0,86} \cdot 630^0} \cdot 1,24 = 478 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання при фрезеруванні за допомогою формули (1.48):

$$N = \frac{478 \cdot 12,68}{1020 \cdot 60} = 0,12 \text{ кВт.}$$

Потужність на шпинделі верстата при роботі на заданій частоті обертання шпинделя становить $N_{ст}=1,7$ кВт. Отож, $N < N_{ст}$.

1.8 Нормування операцій

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

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

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{t_{п.з}}{n}, \quad (1.53)$$

де n – число деталей в партії;

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

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

$$t_{шт} = t_o + t_{доп} + t_{об} + t_{відп}, \quad (1.54)$$

де t_o – основний (машинний) час, хв;

$t_{доп}$ – допоміжний час, хв;

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

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

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{у.з} + t_{з.в} + t_{у.п} + t_{вим}, \quad (1.55)$$

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

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

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

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

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп}, \quad (1.56)$$

де t_o – машинний час;

$t_{доп}$ – допоміжний час.

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби:

$$t_{обс} + t_{відп} = (t_o + t_{доп}) \cdot \left(\frac{\alpha_{обс} + \alpha_{відп}}{100} \right), \quad (1.57)$$

де $a_{обс}$ и $a_{відп}$ – 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) – $n = 60$ деталей.

Виробляємо нормування операції 015.

Визначаємо основний час на операцію по формулі:

$$T_{осн} = \frac{l}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (1.58)$$

де l – сума довжин різання, врізання та перебігу мм;

S_o – подача, мм/об;

n – частота обертання шпинделя, об/хв;

i – кількість проходів.

$$n = \frac{11 + 24 + 26,8 + 85,2 + 6 + 8,5 + 1,7 + 2 + 0,3}{0,3 \cdot 315} \cdot 1 + \frac{20 + 1,5}{0,3 \cdot 315} = 2,9 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час на операцію по формулі:

$$T_B = T_{уст} + T_{упр} + T_{изм}, \quad (1.59)$$

де $T_{уст}$ – час на установку і зняття деталі, хв;

$T_{упр}$ – час на управління верстатом, хв;

$T_{изм}$ – час на вимірювання, хв.

Згідно [3], час на установку і зняття деталі становить $T_{уст}=0,5$ хв.

Комплекс прийомів на управління верстатом включає в себе:

- включення і виключення верстата (0,08 хв);
- включення пульта механізму протягування стрічки (0,08 хв);
- включення механізму протягування стрічки (0,08 хв);
- засунути і відвести щиток (0,08 хв).

Таким чином $T_{упр} = 0,08 + 0,08 + 0,08 + 0,08 = 0,32$ хв.

Час на вимірювання включає в себе:

- вимір скобою (0,11 хв);
- вимір шаблоном (0,05 хв)

Підставляємо відомі величини в (1.59):

$$T_B = 0,5 + 0,32 + 0,11 \cdot 6 + 0,05 \cdot 6 = 1,78 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = T_{осн} + T_B = 2,9 + 1,78 = 4,68 \text{ хв.} \quad (1.60)$$

Розраховуємо додатковий час за формулою:

$$T_{доп} = (\alpha_{орг} + \alpha_{тех} + \alpha_{отд}) \cdot T_{оп} , \quad (1.61)$$

де $\alpha_{орг}$ – частка оперативного часу на організацію робіт, %;

$\alpha_{тех}$ – частка оперативного часу на технічне обслуговування робочого місця, %;

$\alpha_{отд}$ – частка оперативного часу на відпочинок і природні потреби, %.

Згідно [3]: $\alpha_{орг}=2\%$, $\alpha_{тех}=2\%$, $\alpha_{отд}=2\%$.

Підставляємо числові значення в (1.61):

$$T_{доп} = (0,02 + 0,02 + 0,02) \cdot 4,68 = 0,25 \text{ хв.}$$

Визначаємо величину штучного часу по формулі:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп} = 4,68 + 0,25 = 4,93 \text{ хв.} \quad (1.62)$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за допомогою формули:

$$T_{п-з} = T_{п-з1} + T_{п-з2} , \quad (1.63)$$

де $T_{п-з1}$ – час на заміну інструменту, настройку нуля супорта, установку программоносителя, прискорену опрацювання програми в холостому режимі;

$T_{п-з2}$ – час на додаткові роботи.

$T_{п-з1}=8 \text{ хв}$, $T_{п-з2}=20 \text{ хв}$ [3].

$$T_{п-з} = 8 + 20 = 28 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{n}, \quad (1.64)$$

де n – кількість деталей в партії, шт.

$$T_{\text{шт-к}} = 4,93 + \frac{28}{98} = 5,18 \text{ хв.}$$

Виробляємо нормування операції 020.

Визначаємо основний час на операцію по формулі:

$$T_o = \sum_{j=1}^n T_{oj}, \quad (1.65)$$

де T_{oj} – основний час на j -том переході, хв;

$j=1, 2, 3, \dots, n$ – номер переходу механічної обробки;

n – кількість переходів.

Визначаємо основний час на перехід по формулі:

$$T_{oj} = \frac{l}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (1.66)$$

де l – сума довжин різання, врізання та перебігу мм;

S_o – подача, мм/об;

n – частота обертання шпинделя, об/хв;

i – кількість проходів.

$$\begin{aligned} T_{o1} &= \frac{12}{0,25 * 710} \cdot 1 + \frac{23,5}{0,25 * 710} \cdot 1 + \frac{26,8}{0,25 * 710} \cdot 1 + \frac{20}{0,25 * 710} \cdot 1 \\ &+ \frac{2,5}{0,25 * 710} \cdot 1 + \frac{0,3}{0,25 * 710} \cdot 1 + \frac{1,5}{0,25 * 710} \cdot 1 + \frac{1,5}{0,25 * 710} \\ &= 2,9 \text{ хв,} \end{aligned}$$

$$T_{o2} = \frac{3,5}{0,07 * 1000} = 0,05 \text{ хв,}$$

$$T_{o1} = \frac{12}{1,5 * 250} = 0,25 \text{ хв.}$$

Підставляємо відповідні числові значення у (1.65):

$$T_o = 0,6 + 0,05 + 0,25 = 0,9 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час на операцію по формулі (1.52)

Згідно [3], час на установку і зняття деталі становить $T_{уст}=0,5$ хв.

Комплекс прийомів на управління верстатом включає в себе:

- включення і виключення верстата (0,08 хв);
- включення пульта механізму протягування стрічки (0,08 хв);
- включення механізму протягування стрічки (0,08 хв);
- засунути і відвести щиток (0,08 хв).

Таким чином, $T_{упр} = 0,08 + 0,08 + 0,08 + 0,08 = 0,32$ хв.

Час на вимірювання включає в себе:

- вимір скобою (0,11 хв);
- вимір шаблоном (0,05 хв)

Підставляємо відомі величини в (1.59):

$$T_B = 0,5 + 0,32 + 0,11 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 = 1,5 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.53)

$$T_{оп} = T_{очн} + T_B = 0,9 + 1,5 = 2,4 \text{ хв.}$$

Розраховуємо додатковий час за формулою (1.61), враховуючи, що $\alpha_{орг}=2\%$, $\alpha_{тех}=2\%$, $\alpha_{отд}=2\%$.

$$T_{доп} = (0,02 + 0,02 + 0,02) \cdot 2,4 = 0,11 \text{ хв.}$$

Визначаємо величину штучного часу по формулі (1.62)

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп} = 2,4 + 0,11 = 2,51 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за допомогою формули (1.63), враховуючи, що $T_{п-31}=8$ хв, $T_{п-32}=20$ хв.

$$T_{п-з} = 8 + 20 = 28 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.64):

$$T_{шт-к} = 2,51 + \frac{28}{98} = 2,74 \text{ хв.}$$

Визначаємо змінну норму виробітку за формулою (1.58), враховуючи, що $f_{см}=482$ хв.

$$q_{см} = \frac{492}{2,74} = 179 \text{ шт.}$$

Виробляємо нормування операції 045.

Визначаємо основний час на операцію по формулі (1.66):

$$T_{01} = \frac{0,18}{0,003 * 287} = 0,2 \text{ хв,}$$

$$T_{01} = \frac{0,31}{0,003 * 287} = 0,36 \text{ хв,}$$

$$T_{01} = \frac{0,16}{0,003 * 287} = 0,18 \text{ хв.}$$

Визначаємо основний час на операцію по формулі (1.65):

$$T_o = 0,2 + 0,36 + 0,18 = 0,74 \text{ хв.}$$

Час на установку і зняття деталі на верстаті становить $T_{уст}=0,5$ хв [3].

Комплекс заходів з управління верстатом включає в себе наступні складові:

- засунути щиток (0,09 хв);
- час, пов'язане з переходом при чорновому шліфуванні (0,07 хв);
- перемикання частоти обертання деталі і подачі (0,07 хв);
- відведення і підведення кола в поперечному напрямку (0,12 хв).

Відповідно

$$T_{упр}=0,09 + 0,07 + 0,12 = 0,26 \text{ хв.}$$

$T_{изм1}=0,11$ хв – вимірювання скобою;

$T_{изм2}=0,05$ хв – вимірювання шаблоном.

Допоміжний час визначається за формулою(1.59):

$$T_B = 0,5 + 0,26 + 0,11 \cdot 3 + 0,05 \cdot 3 = 1,21 \text{ хв.}$$

Оперативне час визначаємо за формулою (1.53):

$$T_{оп} = T_O + T_B = 0,74 + 1,21 = 1,95 \text{ хв.}$$

Розраховуємо величину часу на технічне обслуговування робочого місця за формулою:

$$T_{тех} = \frac{T_{пр} \cdot T_O \cdot 1,1}{T}, \quad (1.67)$$

де $T_{пр}$ – час правки кола, хв ($T_{пр}=0,25$ хв [3]);

T_O – величина основного часу, хв;

T – стійкість колв, мин ($T=25$ хв [3]).

$$T_{тех} = \frac{0,25 \cdot 1,18 \cdot 1,1}{25} = 0,01 \text{ хв.}$$

Розраховуємо додатковий час за формулою:

$$T_{доп} = T_{тех} + (\alpha_{орг} + \alpha_{отд}) \cdot T_{оп}, \quad (1.68)$$

де $T_{тех}$ – час на технічне обслуговування робочого місця, хв;

$\alpha_{орг}$ – частка оперативного часу на організацію робочого місця, % ($\alpha_{орг}=1,5$ % [3]);

$\alpha_{отд}$ – частка оперативного часу на відпочинок і природні потреби, % ($\alpha_{отд}=4$ % [3]).

$$T_{доп} = 0,01 + (0,015 + 0,04) \cdot 1,95 = 0,12 \text{ хв.}$$

Визначаємо величину штучного часу по формулі (1.55):

$$T_{\text{шт}} = 1,95 + 0,5 + 0,12 = 2,57 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час приймаємо рівним $T_{\text{п-з}} = 11 \text{ хв}$ [3].

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.57):

$$T_{\text{шт-к}} = 2,57 + \frac{11}{98} = 2,67 \text{ хв.}$$

Визначаємо змінну норму виробітку за формулою (1.58):

$$q_{\text{см}} = \frac{492}{2,67} = 184_{\text{шт.}}$$

Виконуємо нормування операції 075.

Основний час при обробці визначаємо за формулою (1.59), з огляду на, що операція складається з одного переходу:

$$T_O = \frac{12+3}{0,04 \cdot 700} = 0,86_{\text{хв.}}$$

Визначаємо допоміжний час на операцію по формулі:

$$T_B = T_{\text{уст}} + T_{\text{упр}} + T_{\text{изм}}, \quad (1.69)$$

де $T_{\text{уст}}$ – час на установку і зняття деталі, хв ($T_{\text{уст}}=0,1 \text{ хв}$ [3]);

$T_{\text{упр}}$ – час на комплекс прийомів по управлінню верстатом, хв ($T_{\text{упр}}=0,45 \text{ хв}$ [3]);

$T_{\text{изм}}$ – час на вимірювання, які не перекривається основним часом, хв.

Згідно з картою 66 [3] час витрачається на вимірювання складає (з урахуванням періодичності вимірювання) 0,04 хв. Однак, все це час перекривається основним часом. Підставляємо числові значення в (1.59):

$$T_B = 0,1 + 0,45 + 0 = 0,55 \text{ хв.}$$

Оперативне час визначаємо за формулою:

$$T_{\text{оп}} = T_O + T_B = 0,86 + 0,55 = 1,41 \text{ хв.} \quad (1.70)$$

Розраховуємо величину додаткового часу за формулою (1.68), з огляду на те, що $\alpha_{\text{орг}}=2\%$, $\alpha_{\text{тех}}=3\%$, $\alpha_{\text{отд}}=2\%$ [3]:

$$T_{\text{доп}} = (0,02 + 0,03 + 0,02) \cdot 1 = 0,07 \text{ хв.}$$

Визначаємо величину штучного часу по формулі (1.64):

$$T_{\text{шт}} = 1,41 + 0,07 = 1,48 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час за допомогою карти 48 [4] і формули (1.63):

$$T_{\text{п-з}} = 21 + 7 = 28 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.57):

$$T_{\text{шт-к}} = 1,48 + \frac{28}{98} = 1,78 \text{ хв.}$$

Визначаємо змінну норму виробітку за формулою (1.58):

$$q_{\text{см}} = \frac{492}{1,78} = 276 \text{ шт.}$$

Розрахунки режимів різання і нормування інших операцій здійснюємо аналогічно представленим прикладів.

Ці дані в подальшому використовуються для заповнення операційних карт.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Дане пристосування призначене для фрезерування паза під шпонкові з'єднання для запобігання обертання шківів щодо вала в виробі.

Оброблювана заготовка встановлюється на призми 19 і 20. Повітря з пневмосистеми заводу, вступаючи в розподільник 1, направляється в пневмоциліндр 32. Під тиском повітря поршень 18 зі штоком 34 переміщається по циліндру. Нижня частина вільного кінця штока виконана в формі клина. Шток, переміщаючись, своїм клином тисне на ролик 26, який за допомогою осі 3 закріплений на коромислі 12. До коромисла приєднані вушка 22, в отворах яких вкручені тяги 30. На верхньому кінці тяг закріплені притиски 21. Коромисло призначене для компенсування перекосу, який виникає при закріпленні заготовки по двох поверхнях різного діаметру. Коромисло рухається вниз під дією штока, захоплюючи за собою тяги. Тяги тиснуть на притиски, які переміщаючись вниз, фіксують заготовку в призмах.

Після закінчення обробки повітря подається в іншу порожнину пневмоциліндра, викликаючи рух поршня в зворотному напрямку. Шток переміщається вліво і відпускає коромисло, яке, разом з тягами і притисками, за допомогою пружин 24, переміщається вгору і звільняє оброблену деталь.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Оброблювана деталь базується в пристосуванні за діаметрами $\varnothing 30h6$ та $\varnothing 22k6$. Для недопущення переміщення деталі в осьовому напрямку вона бурти впирається в бічну поверхню призми.

При обробці пазів використовуються кутові встановити.

Застосуємо замість стаціонарного установка знімний (рис. 2.1).

Розрахунок на точність полягає у визначенні виконавчих розмірів на установ.

$$TB_1 = \frac{TD}{2 \sin 45^\circ} = \frac{0,016}{2 \cdot 0,851} = 0,01 \text{ мм} = \pm 0,005 \text{ мм.} \quad (2.3)$$

Знаходимо величину розміру $B_{2 \text{ ср}}$ по формулі:

$$B_{2 \text{ ср}} = A_{\text{ср}} - \frac{2D - TD}{4} = 18,42 - \frac{2 \cdot 22 - 0,062}{4} = 7,424 \quad (2.3)$$

Допуск на розмір $B_{2 \text{ ср}}$ визначаємо по формулі:

$$TB_2 = TA - \frac{TD}{2} = 0,16 - \frac{0,016}{2} = 0,152 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Середній розмір щупа знаходимо по формулі:

$$S_{1 \text{ ср}} = S_1 - \frac{TS_1}{2}, \quad (2.6)$$

де S_1 – номінальний розмір щупа, мм;

TS_1 – допуск на розмір щупа, мм.

$$S_{1 \text{ ср}} = 3 - \frac{0,004}{2} = 2,998 \text{ мм.}$$

Середній розмір установка знаходимо по формулі:

$$H_{1 \text{ ср}} = B_{1 \text{ ср}} + B_{2 \text{ ср}} + S_{1 \text{ ср}}, \quad (2.7)$$

$$H_{1 \text{ ср}} = 12,93 + 7,424 + 2,998 = 23,352 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір установка з урахуванням середньо-економічної точності обробки знаходимо за формулою:

$$TH_1 = TA - (k_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_{\text{закр}} + k_2 \cdot \omega), \quad (2.8)$$

де TA – допуск на розмір обробки, мм;

k_1 – коефіцієнт, що враховує зменшення похибки базування внаслідок того, що інсталяційний елемент в пристосовуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко дорівнюють граничним, $k_1=0,8\dots0,85$;

ε_6 – погрішність базування, мм;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ – погрішність закріплення, мм;

k_2 – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки від загальної, спричиненої факторами, не залежними від конструкції пристосовування, $k_2=0,6\dots0,65$;

ω – середня економічна точність обробки ($\omega=0,1$ мм).

$$TH_1 = 0,16 - (0,8 \cdot 0,014 + 0,028 + 0,6 \cdot 0,1) = 0,1 \text{ мм} = \pm 0,05 \text{ мм}.$$

Виконавчий розмір установка: $23,35 \pm 0,05$ мм.

Виконуємо розрахунок розміру установка, що визначає положення інструмента щодо осі заготовки.

Визначаємо середній розмір обробки:

$$\frac{C_{\text{ср}}}{2} = \frac{C_{\text{max}} + C_{\text{min}}}{2}, \quad (2.9)$$

де C_{max} – максимальний розмір пазу, мм;

C_{min} – мінімальний розмір пазу, мм.

$$\frac{C_{\text{ср}}}{2} = \frac{6,3 + 6}{2} = 6,15$$

Розраховуємо величину середнього розміру установка за формулою:

$$H_{2 \text{ ср}} = \frac{C_{\text{ср}}}{2} + S_2, \quad (2.10)$$

де S_2 – номінальний розмір щупа, мм.

$$H_{2 \text{ ср}} = 6,15 + 3 = 9,15 \text{ мм}.$$

Розраховуємо допуск на еталон з урахуванням середньо-економічної точності обробки за формулою:

$$TH_2 = T_T - (k_1 \cdot \varepsilon_6 + \varepsilon_{\text{закр}} + k_2 \cdot \omega), \quad (2.11)$$

де T_T – величина допустимого відхилення осі паза щодо осі заготовки, мм.
 $\varepsilon_6=0$, так як база установча (вісь призми) і вимірювальна (вісь заготовки) збігаються.

$\varepsilon_{\text{закр}}=0$, так як напрямки сили затиску і розміру обробки взаємно.

Підставивши відповідні числові значення в (2.11), отримуємо:

$$TH_2 = 0,1 - (0 + 0 + 0,6 \cdot 0,1) = 0,04 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір установка: $9,15^{+0,04}$ мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Визначаємо величину головною складовою сили різання при фрезеруванні - окружний сили - за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (2.12)$$

де C_p – постійна для конкретних умов обробки ($C_p=68,2$ [4]);

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/зуб;

V – швидкість різання при обробці, м/хв;

x, y, u, q, w – показники степеню для конкретних умов обробки ($x=0,86, y=0,72, u=1, q=0,86, w=0$ [1, табл. 41, стр. 291]);

K_{MP} – поправочний коефіцієнт, що враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу ($K_{PM}=1,24$ [4]).

Підставляємо відповідні числові значення в (2.12):

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 6^1 \cdot 4}{4^{0,86} \cdot 700^0} \cdot 1,24 = 478 \text{ Н}$$

Необхідна сила зажиму визначається по формулі:

$$W = k \cdot \frac{P_z}{f \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (2.13)$$

де k – коефіцієнт запасу;

f – коефіцієнт тертя спокою ($f=0,16$ [4]);

α – кут призми ($\alpha=90^\circ$).

Величину коефіцієнту запасу визначаємо по формулі:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (2.14)$$

де $k_1=1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

k_2 – коефіцієнт, враховуючий вид обробки, опрацьований матеріал, нерівномірність зносу ріжучого інструменту ($k_2=1,6$ [4]);

k_3 – коефіцієнт, що враховує сталість сил затиску ($k_3=1,0$ [11, табл.6.1, стр.101]);

k_4 – коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки через нерівномірність припуску на заготовці ($k_4=1,2$ [6]);

$$k = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1,2 = 2,88.$$

Підставляючи числові значення в (2.13), отримуємо:

$$W = 2,88 \cdot \frac{478}{0,16 \cdot \sin \frac{90}{2}} = 12,7 \text{ кН.}$$

Для надійності закріплення деталі в призмі використовуємо два прихвата. Так як закріплення відбувається по двох поверхонь ($\varnothing 22$ і $\varnothing 30$), необхідно використовувати такий конструктивний елемент як «коромисло».

Застосовуємо для закріплення заготовки пневмо-клино-важільне затискний пристрій, так як воно дозволяє дещо зменшити висоту пристосування, в порівнянні з пристосуванням з вертикальним ходом поршня.

2.1.4 Визначення параметрів пристосування

Зусилля на клині, що розвивається пневмоциліндром визначається за формулою:

$$Q = W \left[\frac{d}{D} \operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg}(\varphi_2 + \alpha) \right], \quad (2.15)$$

де W – необхідне зусилля затиску, Н;

d – внутрішній діаметр ролика, мм;

D – зовнішній діаметр ролика, мм;

φ_1, φ_2 , – кути тертя в точках контакту клина з опорними роликами, град.;

α – кут клина, град.

$$Q = 12700 \left[\frac{12}{34} \operatorname{tg} 8^\circ + \operatorname{tg}(8^\circ + 20^\circ) \right] = 7248 \text{ Н.}$$

Діаметр пневмоциліндра для забезпечення необхідного значення сили Q розраховуємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (2.16)$$

де $p=0,5$ МПа – тиск в пневмоциліндрі;

$\eta=0,85$ – коефіцієнт корисної дії, що враховує втрати на тертя.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7248}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 147 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближче більше стандартне значення діаметра циліндра:
 $D=150$ мм.

За [6] вибираємо параметри пневмоустройства:

- товщина стінки пневмоциліндра - 7 мм;
- діаметр штока - 35 мм;
- діаметр різьби на штоку - M20.

2.1.5 Розрахунок пристосування на міцність

Товщина пневмоцилиндра, діаметр штока, різьблення на штоку, кількість шпильок і їх діаметр вибираються по тиску в пневмоцилиндре. Це означає, що їх надійність гарантується нормативною документацією.

Отже, найбільш слабкою ланкою є різьблення на тязі, по якій вони кріпляться в вушку.

Зробимо розрахунок різьби на зріз і зминання.

Визначасмо величину напруги зрізу в різьбі тяги за формулою:

$$\tau = \frac{P}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot H \cdot k_m}, \quad (2.17)$$

де P – сила, що діє на витки різьблення, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різьби, м;

$k=0,87$ – коефіцієнт повноти різьби;

H – довжина різьблення в вушку, м;

$k_m=0,75$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження по витків різьби, з урахуванням пластичної деформації.

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{7248}{3,14 \cdot 10,18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,87 \cdot 32 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75} = 10,8 \text{ МПа.}$$

Гранично допустима напруга зрізу для даного матеріалу одно

$$[\tau]_{\text{ср}} = 106 \text{ МПа.}$$

Отже: $\tau_{\text{ср}} < [\tau]_{\text{ср}}$.

Розрахунок різьблення на зминання виробляємо за формулою:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4P}{\pi(d^2 - d_1^2) \cdot k_m \cdot Z}, \quad (2.18)$$

де d – зовнішній діаметр різьби, м;

Z – число витків на довжині згвинчування ($Z=18$).

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 \cdot 7248}{3,14(0,012^2 - 0,01018^2) \cdot 0,75 \cdot 18} = 16,9 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зминання для матеріалу тяги дорівнює $[\sigma]_{\text{см}}=282\text{МПа}$. Отже: $\sigma_{\text{см}} < [\sigma]_{\text{см}}$.

За результатами розрахунків робимо висновок - різьблення тяги витримає навантаження виникають при роботі пристосування.

2.1.6 Розрахунок економічної ефективності прийнятої конструкції пристосування

Умова ефективного застосування пристосування виражається формулою:

$$n = \mathcal{E}_n - P, \quad (2.19)$$

де $\mathcal{E}_n$ – річна економія (без урахування річних витрат на пристосування), грн.

P – річні витрати на пристосування, грн.

Річна економія визначається з виразу:

$$\mathcal{E}_n = \frac{(T_{\text{шт}} - T_{\text{шт}}^n) \cdot C_{\text{ч.з.}} \cdot N}{60}, \quad (2.20)$$

де $T_{\text{шт}}$ – штучний час при обробці деталі без пристосування або в універсальному пристосуванні, хв;

$T_{\text{шт}}^n$ – штучний час на операції після впровадження проектного пристосування, хв;

$C_{\text{ч.з.}}$ – часові затрати по експлуатації робочого місця;

$N=5000 \text{ шт}$ – річна програма випуску деталей.

Часові затрати по експлуатації робочого місця визначаються за формулою:

$$C_{\text{ч.з.}} = C_{\text{ч.з.}}^{\text{б.у.}} \cdot k_{\text{м}}, \quad (2.21)$$

де $C_{\text{ч.з.}}^{\text{б.у}}$ – практичні скориговані часові затрати на базовому робочому місці, хв ($C_{\text{ч.з.}}^{\text{б.у}} = 0,939$ грн – для умов двозмінного виробництва, для великосерійного виробництва);
 $k_m = 0,8$ – машинний-коефіцієнт [7].

$$C_{\text{ч.з.}} = 0,939 \cdot 0,8 = 0,751 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{ум}} = t_o + t_b + t_{\text{обсл}} + t_{\text{омо}} = 0,99 + 2,1 + 0,05 + 0,06 = 3,2 \text{ хв,} \quad (2.22)$$

де $t_o = 0,99$ хв; $t_b = 0,8$ хв; $t_{\text{он}} = 1,79$ хв; $t_{\text{обсл}} = 0,05$ хв; $t_{\text{омо}} = 0,06$ хв.

Підставляючи числові значення в (2.20), отримуємо:

$$\Xi_n = \frac{(3,2 - 1,42) \cdot 0,751 \cdot 5000}{60} = 111 \text{ грн.}$$

Річні витрати на пристосування:

$$P = S_{np} \cdot (A + B) = 150 \cdot (0,5 + 0,2) = 84 \text{ грн,} \quad (2.23)$$

де $S_{np} = 120$ грн по [7] - вартість пристосування;
 A – коефіцієнт амортизації (при окупності в два роки $A = 0,5$);
 B – коефіцієнт, що враховує ремонт і зберігання пристосування ($B = 0,2$).

Економічний ефект від застосування пристосування:

$$n = 111 - 84 = 37 \text{ грн.}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для контролю радіального биття зовнішньої циліндричної поверхні, відносно двох базових діаметрів деталі. Контрольне пристосування (рис. 2.2) складається з плити 1, на яку встановлюються дві призми 19, на яких знаходиться вимірювана деталь. Зовнішня поверхня контрольованої деталі контролюється індикатором 18. Індикатор встановлюється в рухому стійку 12. Деталь затискається за

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Режим роботи цеху ділянки

На машинобудівному заводі найбільш поширеним є 2-х змінний режим роботи при 5ти денному робочому тижні. Виходячи з встановленої законом тривалості робочого тижня - 40 годин, тривалість робочої зміни становить 8 годин.

При такому ж режимі роботи обладнання номінальний річний фонд часу обладнання визначаємо за формулою:

$$F_{ном} = (D_k - D_v - D_{пр}) \cdot K_{см} \cdot T_{см} - K_{см} \cdot T_{пр},$$

де D_k – число календарних днів в році;

D_v – число вихідних днів у році (суботи та неділі);

$D_{пр}$ – число святкових днів у році, які не збігаються з вихідними днями;

$K_{см}$ – коефіцієнт змінності роботи устаткування;

$T_{см}$ – тривалість зміни, год;

$T_{пр}$ – число передсвяткових днів у році, які мають скорочений робочий день на 1 год.

$$F_{ном} = (365 - 104 - 10) \cdot 2 \cdot 8 - 4 \cdot 2 = 4008 \text{ год.}$$

Ефективний річний фонд роботи обладнання:

$$F_{\partial} = F_{ном} \cdot (1 - 0,01K_n) = 4008 \cdot (1 - 0,01 \cdot 4,81) = 3815 \text{ год.},$$

де K_n – коефіцієнт втрат часу на ремонт обладнання, $K_n = 4,81\%$.

3.2 Розрахунок кількості обладнання на ділянці

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 5000$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва - крупносерійне з змінно-потоковою формою організації робіт.

Для остаточного встановлення типу і форми організації виробництва необхідно розрахувати необхідну кількість верстатів для I ділянки, визначити

коефіцієнти завантаження устаткування і середній коефіцієнт завантаження ділянки.

Розрахунок кількості верстатів виробляємо:

$$C_{pi} = \frac{t_{ш-к.i} \cdot N}{F_d \cdot 60},$$

де $t_{ш-к}$ – штучно-калькуляційний час і-ой операції, хв;

N – річна програма випуску, шт;

$F_d=3815$ годин – дійсний річний фонд часу роботи обладнання.

Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{з.о.i} = \frac{C_{p.i}}{C_{п.i}}.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання на ділянці визначаємо:

$$\bar{K}_{з.о.} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n}.$$

Операція 10. $t_{ш-к}=10$ хв.

$$C_p = \frac{10 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,21$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,21$

Операція 15. $t_{ш-к}=5,18$ хв.

$$C_p = \frac{5,18 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,11$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,11$

Операція 20. $t_{ш-к}=2,74$ хв.

$$C_p = \frac{2,74 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,05$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,05$

Операція 25. $t_{ш-к}=19$ хв.

$$C_p = \frac{19 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,41$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,41$

Операція 30. $t_{ш-к}=20$ хв.

$$C_p = \frac{20 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,43$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,43$

Операція 45. $t_{ш-к}=2,67$ хв.

$$C_p = \frac{2,67 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,06$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,06$

Операція 50. $t_{ш-к}=19$ хв.

$$C_p = \frac{19 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,41$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,41$

Операція 65. $t_{ш-к}=13$ хв.

$$C_p = \frac{13 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,28$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,28$

Операція 70. $t_{ш-к}=17$ хв

$$C_p = \frac{17 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,37$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,37$

Операція 75 $t_{ш-к}=1,78$ хв

$$C_p = \frac{1,78 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,04$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,04$

Операція 85. $t_{ш-к}=22$ хв.

$$C_p = \frac{22 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,48$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,49$

Операція 95. $t_{ш-к}=13$ хв.

$$C_p = \frac{13 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,28$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,28$

Операція 105. $t_{ш-к}=16$ хв.

$$C_p = \frac{16 \cdot 5000}{3815 \cdot 60} = 0,35$$

$C_n=1$ верстат

$K_3=0,35$

Слід врахувати, що наведений середній коефіцієнт завантаження устаткування для ділянок механічних цехів при серійному типі виробництва ($K_{з.о.ср.} = 0,7 \dots 0,85$), з кількістю обладнання не менше 18 одиниць, передбачає завантаження верстатів декількома деталями. У проекті детально розробляється технологічний процес на 1 деталь, отже, ділянку необхідно довантажити додатковими типовими деталями в кількості 3 штук:

1 – Вал, $N= 5000$ шт;

2 – Палець, $N= 500$ шт;

3 – Фланець, $N= 500$ шт;

Результати розрахунків зводимо в таблицю.

Таблиця 3.1 - Кількість верстатів і коефіцієнт завантаження обладнання.

результати розрахунків		Вихідні дані		Номер деталі		річна програма випуску N _j , шт.		Номер операції												
								10	15	20	25	30	45	50	65	70	75	85	95	105
								Модель верстату												
								MP-76	16K20Ф3	16K20Ф3	16K20	16K20	3Т160	3Т160	3Т160	3Т160	676	676	676	3Т160
								Врестатоемність (штучно-калькуляційний час),хв												
								1	2	3	10	5,18	2,74	19	20	2,67	19	13	17	1,78
		1	2	3	5000	500	500	708	2374	-	404	260	150	134	71	150	62	-	161	182
		$\sum_j t_{ш-к} \cdot N$		S _р деталі	S _р після дозавантаження	S _п	K ₃	50000	25900	13700	95000	100000	13350	95000	65000	85000	8900	110000	65000	80000
				0,21	0,11	0,05	0,41	0,43	0,06	0,41	0,28	0,37	0,04	0,49	0,28	0,35				
				1,75	3,89	1,96	1,58	0,98	0,93	0,9	0,96	0,86	0,92	0,94	0,97	0,94				
				2	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
				0,875	0,97	0,97	0,79	0,98	0,93	0,9	0,96	0,86	0,92	0,94	0,968	0,94				

3.3 Визначення чисельності робітників

При розрахунку чисельності виробничих робітників слід врахувати можливість багатостанкового обслуговування.

Багатостанкове обслуговування застосовується на верстатах автоматах, напівавтоматах, верстатах з ЧПУ в тому випадку, коли основне (машинно-автоматичне час на операцію) більше суми допоміжного часу на інших операціях і часу витрачається на переходи робітника від верстата до верстата, що дозволяє робітнику під час машинної роботи одного верстата обслуговувати інші верстати, якщо їх число на проектуваній ділянці дорівнює або більше двох.

Ідеальне умова багатостанкового обслуговування:

$$t_{\text{омак}} \geq \Sigma t_{\text{всп}} + \Sigma t_{\text{пер}}.$$

У нашому випадку багатостанкове обслуговування неможливо, так як операції з ЧПУ кількість верстатів дорівнює 1 шт:

- операція 15 Фрезерна зі ЧПУ- верстат 16K20Ф3- 1 шт .;
- операція 20 Фрезерна з ЧПУ - верстат 16K20Ф3 - 1шт.

3.4 Планування обладнання та робочих місць на ділянці.

Площа ділянки і цеху в цілому визначається плануванням його обладнання з урахуванням санітарно-технічних, протипожежних та інших норм.

Виробнича площа ділянки, що розробляється по докладної технології, визначається на підставі планування обладнання, робочих місць, транспортних пристроїв, проїздів, проходів.

Розміри будівлі, в якій розташовується цех - 72×72 метра, при ширині прольоту в 24 метра і кроці колони всередині будівлі - 12 метрів, а по зовнішніх стінах - 6 метрів. У прольотах будівлі маємо, все відділення цеху, крім обслуговуючих приміщень, які знаходяться в прибудові до будівлі. Ця прибудова має ширину 12 метрів, при висоті 3,3 метра і сітці колон - 6×6 метрів.

Перетин колон прямокутне 500х600 мм. Стіни будівлі - залізобетонні плити, товщиною 500 мм. Для поділу внутрішніх обсягів будівлі застосовуються перегородки. Підлоги викладені плитами.

Освітлення будівлі в світлий час природне - через віконні прорізи, в темний час доби - штучне.

Планування виробничої ділянки є розташоване на плані в масштабі 1:100 обладнання, проїзди і переходи.

При виконанні планувань обладнання керуються нормами розташування, тобто відстань між верстатами, верстатами, елементами будівлі, ширина проходів і проїздів, які регламентуються правилами техніки безпеки і виробничої санітарії.

Площа виробничої ділянки забезпечує виконання вимог мінімального обсягу 15 м³ на одного робітника і мінімальні норми виробничої площі 4,5 м² на одного робітника. На початку і в кінці технологічної лінії розташована завантажувальна площадка для розміщення заготовок.

Для транспортування заготовок в цеху, від верстата до верстата, використовується кран-балку вантажопідйомністю 1000 кг. При переміщенні заготовок між цехами використовуються електрокари.

Для того щоб забезпечити можливість механізації процесів збору, транспортування та прибирання стружки, необхідно виконувати планування обладнання таким чином, щоб в даній лінії верстатів оброблялися деталі з матеріалу однієї марки.

На проектованій ділянці основна частина напусків і припусків знімається на чорнових токарних верстатах. Утворюється при цьому стружка переміщається спочатку від групи верстатів в прийомні люки. У люк стружку скидає прибиральник стружки. Люки закриті ґратами відповідно до технікою безпеки. Далі стружка потрапляє на магістральний транспортер, який обслуговує весь цех. З магістрального транспортера вона потрапляє до відділення з переробки стружки, де проводиться дроблення стружки і брикетування.

Проектуючи систему транспортування стружки, слід мати на увазі, що змішування стружки різних марок дорогих матеріалів неприпустимо. Кожен вид стружки має свої особливості в транспортуванні. Легко транспортується дрібна, сипуча стружка, найважче - довга, кручена, тому в технологічних процесах обробки деталей необхідно застосовувати інструмент і види обробки, що забезпечують дроблення стружки безпосередньо в зоні різання. Відділення з переробки стружки розташовується біля зовнішньої стіни виробничої будівлі для зручності навантаження брикетів на внутрішньозаводський транспорт.

Основним принципом при розробці плану розміщення обладнання є принцип забезпечення прямоточности руху деталей в процесі їх обробки, а також установкою оптимальних відстаней між обладнанням конструкторськими елементами. При цьому необхідно врахувати такі правила:

- відстані беруть між зовнішніх габаритних розмірів верстата;
- при установці верстата на фундамент відстані приймають з урахуванням конструкції і глибини фундаменту;
- відстані повинні враховувати промислові проводки, майданчики для зберігання деталей.

При розробці планування передбачається організація проходів, забезпечуючи вільний доступ до всіх робочих місць і які є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації. Ширина проходу - 2000 мм, ширина проїзду - 4000 мм. Друга сторона проходу передбачена для розміщення обладнання для обробки інших деталей, оброблюваних на сусідній ділянці. Відстань між верстатами відповідає нормам технологічного проектування машинобудівних заводів і забезпечує безпечну роботу на верстатах і обслуговування устаткування. Відстань між верстатами виконано відповідно до нормативних даними - 0,9 ... 1,5 м.

При розміщенні верстатів на ділянці передбачені найкоротші шляхи руху кожної деталі, в процесі обробки не допускаються зворотні, кільцеві або петлеподібні руху, створюють зустрічні потоки і ускладнюють транспортування оброблюваних деталей.

Робочі місця розташовані з боку проходів, що полегшує обслуговування робочого місця. При обробці вироби переходять з одного ряду в інший. Послідовний перехід деталі від верстата до верстата утворює технологічну лінію руху деталей. Це рух вказано на плані розташування обладнання.

3.5 Заходи щодо підвищення якості продукції

Під якістю продукції розуміється сукупність властивостей продукції, що забезпечують її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення.

Підвищення якості продукції, що випускається - одна з найбільш складних проблем, спрямована на поліпшення якості виробів і їх експлуатаційної надійності шляхом підвищення творчої активності, моральної відповідальності, матеріальної зацікавленості всіх виконавців в якості виконуваних робіт.

В основі бездефектного виготовлення покладено організаційно-технічні, інженерно-економічні та виховні заходи, спрямовані на вирішення наступних питань:

1. Якісна розробка документації (креслень, технічних умов, технологій та ін.).
2. Удосконалення організації виробничого процесу виготовлення виробів по ділянках, цехах і підприємству.
3. Удосконалення організації, оснащення та обслуговування робочих місць, поліпшення умов праця, впровадження виробничої естетики.
4. Підготовка, підвищення кваліфікації та виховання кадрів.
5. Організація здачі продукції з першого пред'явлення і оцінка роботи за якістю.

Для забезпечення стабільної якості продукції, що випускається при виборі варіантів технологічного процесу широко використовують: типові технологічні процеси і типізацію операцій; розробки і застосування автоматизованих засобів і методів статичного і неруйнівного контролю.

Серйозна увага приділяється підготовці кадрів і підвищенню кваліфікації робітників, особливо при освоєнні нових виробів.

Контроль якості продукції передбачає проведення контролю на всіх стадіях і етапах функціонування виробів - розробка, виробництво, експлуатація та ремонт.

Для оцінки якості продукції в процесі виробництва і після його завершення існують такі види контролю:

1. Вхідний контроль.
2. Операційний контроль.
3. Остаточний контроль деталей.
4. Контроль обладнання на точність.
5. Періодичний контроль оснащення, засобів вимірювання.

Вхідний контроль → Операційний контроль → Остаточний контроль

Вхідний контроль здійснюється з метою забезпечення виробництва матеріалами, напівфабрикатами, що відповідають вимогам стандартів, нормативно-технологічної документації, технічних умов і креслень; забезпечення необхідної якості виробів.

Матеріали і напівфабрикати, невідповідні вимогам стандартів, технічних умов та іншої нормативно-технічної документації бракуються і

повинні бути ізольовані. Методика і застосовувані засоби контролю повинні відповідати вимогам технологічного процесу.

Операційний контроль призначений для перевірки деталей і складальних одиниць в процесі їх виготовлення.

Виробничий і контрольний майстер організовують роботу робочих по неухильному виконанню вимог технологічних операційних карт і технічних умов при виготовленні деталей.

Перш ніж приступити до перевірки якості виготовлених деталей, контролер зобов'язаний перевірити на робочому місці стан тієї оснастки, яка передбачена технологією (робочої, вимірювальної), на даному робочому місці, наявність її атестації та якості за зовнішнім виглядом. Приймавши першу деталь за параметрами даної операції, контролер в подальшому здійснює періодичну перевірку виготовлення деталей у робочих даної ділянки, контролює хід ведення технологічного процесу виготовлення деталей (відсутність порушень технології), своєчасну атестацію оснащення робочої і контрольної, стан культури виробництва на ділянці, правильність оформлення тільки придатних деталей. На особливо складних і відповідальних операціях, де, згідно з технологічного процесу і інструкціям, повинні строго витримуватися режими обробки, контролер, переконавшись в правильності виконання операції, виробляє пломбування частин обладнання, що не дозволяє змінити режими різання.

Контрольний майстер зобов'язаний забезпечити технічний контроль якості продукції, згідно з технологічним процесом, кресленням, зразком і технічним умовам на закріпленій ділянці.

При напрямку деталей на остаточний контроль перевіряють: вибірково деталі по геометричним параметрам, стан зовнішнього вигляду, заповнення маршрутних карт або супровідної документації.

Остаточний контроль забезпечує придатність готової продукції для даної ділянки відповідно до вимог креслення, контрольних карт, технічних умов, інструкцій (передбачених технічними умовами, кресленнями) і затверджених зразків.

При остаточному контролі здійснюється 100% приймання всіх параметрів, передбачених контрольними картами, а також перевірка наявності клейм за остаточну приймання окремих операцій на ділянці і за спеціальні види контролю. Якщо для перевіряється деталі передбачено ведення маршрутної карти, то вона перевіряється на правильність оформлення та виконання всіх операцій по технології. Перевірка деталі проводиться в

послідовності, передбаченій контрольної картою. На остаточно прийняті деталі оформляється накладна.

Для вдосконалення якості продукції, що випускається, запобігання браку щорічно розробляються заходи, які передбачають як технічні, так і організаційні питання, спрямовані на застосування нових методів і засобів контролю, а також вирішення завдань якісного виготовлення продукції, що випускається.

3.6 Організація обслуговування робочих місць і ділянки

Однією з найбільш ефективних організаційних систем є система планово-попереджувального обслуговування робочих місць (ППОРМ).

Головне завдання ППОРМ - здійснення завчасної підготовки, комплектування та доставки на робочі місця предметів (деталей, вузлів, матеріалів) та засобів праці (техдокументації, інструменту, оснащення, допоміжних матеріалів) до початку робочої зміни і протягом зміни без участі робітників.

В основі ППОРМ закладені наступні принципи:

1. Плановість процесу обслуговування - чітка організація планування, регламентація роботи обслуговуючого персоналу відповідно до посад і в залежності від ритму основного виробництва.

2. Активно-попереджувальний характер обслуговування - своєчасна підготовка робіт за завданням, в тому числі систематичний контроль за наявністю матеріалів, заготовок на цехових складах в розмірі встановлених нормативних запасів, відновлення запасів.

3. Комплексний характер обслуговування - забезпечення робочих всім необхідним для роботи: заготовками, комплектуючими виробами, техдокументації, пристосуваннями, інструментом; забезпечення справним обладнанням, своєчасною здачею готової продукції і прибиранням відходів.

4. Централізація і механізація робіт з обслуговування робочих місць - створення комплектувальних майданчиків, організація єдиних комплексів виробництва, що представляють собою єдиний вузол обслуговування і оснащення їх механізованими стелажми, вантажно-розвантажувальними та транспортними засобами.

5. Підвищення особистої зацікавленості і відповідальності виконавців, за своєчасне і якісне виконання своїх зобов'язань відповідно до посадових інструкцій.

Ефективне дію системи ППОРМ забезпечується:

1. Завчасною (сьогодні на завтра) подачею змінних завдань в служби підготовки та заборона їх змін.
2. Наявність поопераційного технологічного процесу із зазначенням по кожній операції всієї необхідної для її виконання оснастки.
3. Проведення звірки технології з виробництвом на робочому місці.
4. Урахуванням видається на робочі місця оснащення.
5. Оптимальним розміщенням допоміжних служб по відношенню до виробничих дільниць.
6. Впровадження централізованої заточення ріжучого інструменту за кресленнями на спеціалізованій дільниці.
7. Централізованої настройки блоків для верстатів з ЧПУ поза верстата на спеціалізованій дільниці.
8. оснащення робочих місць працівників, зайнятих ППОРМ, засобами механізації.

4 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ПАСИВАЦІЯ

4.1 Сутність пасивації

Корозія металів, руйнація внаслідок електрохімічного або хімічного впливу середовища, завдає величезної шкоди. Щорічно через корозію вибуває з ладу понад 35% усього виробленого металу. Вважають, що приблизно 60% корродированого металу використовується для повторної переробки в металургійній промисловості. Таким чином, безповоротні втрати металу становлять близько 10% від місць виробляється металу.

Одним з методів захисту металу від корозії є пасивація. Пасивацією називають технологічний процес захисту металів від корозії за допомогою спеціальних розчинів на основі окислюють агентів, здатних до утворення важкорозчинних сполук.

Прагнення пізнати природу самого явища, механізм і закономірності пасивації, навчитися управляти цими процесами і свідомо використовувати їх в інженерній практиці стимулювало незмінний інтерес дослідників до вивчення пасивації.

Успіхи, досягнуті у вирішенні перелічених питань за останні 30 років, в значній мірі обумовлені застосуванням нових методів дослідження, включаючи потенціостатичні метод визначення залежності швидкості анодного розчинення від потенціалу, сучасних радіохімічних методів, за допомогою яких були встановлені принципи закономірності поведінки металів при пасивації і в пасивному стані.

Сутність явища пасивації полягає в тому, що зі збільшенням термодинамічної ймовірності розчинення металу в агресивному середовищі швидкість цього процесу зростає тільки до певної межі, після якої настає його різке гальмування. В результаті поверхня металу переходить в неактивний, пасивний стан, пов'язане з утворенням тонких поверхневих шарів сполук, що перешкоджають корозії. Це наочно демонструє крива на рис. 6.1., Що характеризує залежність стаціонарної швидкості розчинення хрому у водному розчині сірчаної кислоти від величини електродного потенціалу. Характерний для активного стану металу експоненціальне зростання швидкості з ростом потенціалу (ділянка кривої АВ) спостерігається тільки до певного значення останнього, після чого у вузькому інтервалі потенціалів швидкість зменшується майже на 6 порядків величини (ділянка кривої ВС), а потім бере постійну і дуже низьке значення (ділянка CD), еквівалентну в даному випадку

щільності анодного струму 10^{-8} А/см² Потенціал, при якому починається цей спад, і відповідну йому швидкість розчинення прийнято називати критичними параметрами пасивації.

Вони характеризують схильність металу до переходу в пасивний стан, яка тим вище, чим менше позитивний потенціал і менше критична швидкість.

Відновлення зростання швидкості при сильному зсуві потенціалу в анодний область (ділянка DE) називається перепасивацією. Воно пов'язане з початком нового процесу, наприклад розчинення металу у вигляді іонів вищого ступеня окислення.

Метали можуть бути запасивіровані або поляризацією їх зовнішнім анодним струмом (анодна пасивація), або введенням в агресивне середовище відповідного окислювача. Дослідження показали, що між цими двома видами пасивації відсутня принципова відмінність. Про це свідчать дані рис 6.2, на якому анодне поведінку нікелю в розчині сірчаної кислоти (суцільна крива) порівнювати з його корозійних поведінкою в тому ж розчині в присутності різних окислювачів (окремі точки). Видно, що в широкому інтервалі потенціалів, що охоплює області активного стану металу, його пасивації і перепасивації, точки, що характеризують швидкості і потенціали корозії в присутності різних окислювачів, добре вкладаються на анодний поляризаційну криву, отриману в тому ж розчині, але за відсутності окислювачів. Такий збіг означає, по-перше, що пасивація металу не супроводжується зміною природи корозійного процесу, який залишається електрохімічним. Відсутність специфічного впливу природи окислювача на швидкість корозійного процесу і характер залежності останньої від потенціалу свідчить, по-друге, що для характеристики корозійної поведінки металу в присутності окислювачів немає необхідності у всіх випадках приписувати останнім особливі пасивуючі властивості, тобто припускати їх обов'язкове пряме участь в утворенні пасивуючих шарів; в даному випадку окислювач використовується як простий деполаризатор і його фізична хімія дію є непрямим: будь-яке прискорення катодного реакції супроводжується зрушенням потенціалу корозії в бік позитивних значень, а отже, і збільшенням імовірності досягнення критичного потенціалу пасивації.

4.2 Пригнічення і пасивація цинкових покриттів ванадат і молібдат

Цинкові покриття використовуються для захисту вуглецевої і низьколегованої сталі від корозії. Заключною операцією в технології отримання цинкових покриттів на сталях є пасивація. Формуються при

пассивації тонкі оксидно-сольові плівки значно підвищують корозійну стійкість цинкових покриттів і надають їм певний декоративний вигляд. Традиційно для пасивації використовують розчини на основі сполук шестівалентного хрому, які дозволяють отримувати найбільш корозіонностійкі пасиваційні плівки переважно райдужного кольору.

Крім того, пасивні плівки, отримані з хроматних розчинів, обладнують властивістю самолікування. Однак з'єднання шестівалентного хрому екологічно надзвичайно небезпечні, в зв'язку з чим актуальними є завдання пошуку сполук альтернативних хромат і розробки на їх основі розчинів бесхромової пасивації цинкових покриттів. При використанні оцинкованих виробів в замкнених середовищах з метою збільшення тривалості їх експлуатації використовують інгібіторний захист. Серед інгібіторів корозії цинку, алюмінію та інших металів широко використовують хромати і біхромати, заміна яких на екологічно безпечні також є актуальним завданням.

У роботі було проведено дослідження інгібіторного захисту гальванічних цинкових покриттів і горячеоцинкованої промислової листової сталі розчинними ванадат натрію і молибдатом амонію, а також досліджені властивості пасивних плівок, отриманих з розчинів на основі ванадату і молибдата натрію на поверхні гальванічних цинкових покриттів.

Гальванічні цинкові покриття були отримані з амміакатнохлорідного і лужного електролітів цинкування. Дослідження інгібіторної властивості захисту гальванічних цинкових покриттів в 3% розчині NaCl ванадат натрію Na_3VO_4 в діапазоні концентрацій інгібітору $(0,5-3) \times 10^{-4}$ М ваговим і електрохімічними методами показало:

1) зі збільшенням часу випробувань від 24 до 96 годин масовий показник корозії зростає, а захисний ефект інгібітора зменшується;

2) найменша швидкість корозії і найбільший захисний ефект інгібітору 42-76% за результатами виміру втрат маси відзначався при концентраціях Na_3VO_4 1×10^{-4} і 2×10^{-4} М і часу випробувань 24 години;

3) стаціонарний потенціал цинкових покриттів в процесі ресурсних випробувань в тестових розчинах методом занурення протягом перших 20-30 годин зміщувався на 25-30 мВ в катодний бік, вказуючи на активацію поверхні, а потім - в анодний бік і після 96 годин опинявся на 10-50 мВ більше анодним в порівнянні з початковими значеннями потенціалу, вказуючи на більш пасивний характер поверхні, ніж на початку випробувань;

4) електрохімічний метод чітко показав захисний ефект інгібітору у всьому дослідженому діапазоні концентрацій при цьому найбільший захисний ефект 93-95% відзначався при концентрацій Na_3VO_4 1×10^{-4} і 2×10^{-4} М;

5) оптимальні значення концентрації інгібітора Na_3VO_4 за результатами вагового та електрохімічного методу складають $(1-2) \times 10^{-4}$ М.

4.3 Поєднання термодифузійного цинкування і пасивування виробів зі сталі та чавуна

У розроблюваних нових технологічних схемах намічено суміщення в одну лінію всіх процесів нанесення цинкового покриття, починаючи з термодифузійного цинкування і закінчуючи пасивацією і вигладжуванням поверхні виробів. Щоб мати можливість вбудувати операцію цинкування в безперервну лінію нанесення захисних покриттів, необхідно, щоб тривалість процесу цинкування була мінімальною, а сама операція була безвідходною і екологічно нешкідливою.

З цією метою застосовується операція термодифузійного цинкування.

В даний час найбільш поширеними способами нанесення захисних цинкових покриттів є електролітичний і спосіб цинкування в розплаві. Однак ці способи мають ряд суттєвих недоліків.

При використанні електролітичного способу необхідна ретельна попередня підготовка поверхні виробів, знешкодження і утилізація стічних вод і іонів цинку.

Так як швидкість осадження цинку з сольового розплаву в 200-300 разів перевищує швидкість осадження з водних розчинів, для здійснення даного способу потрібні значні витрати на обладнання агрегатів, створення герметичних електролізерів. При цинкуванні з розплаву виникає складність отримання рівномірних по товщині покриттів на складних по конфігурації виробках, викривлення деталей, виділення парів цинку з розплаву, зміна кількісного складу розплаву в міру його вироблення.

Захисні цинкові покриття можна наносити на сталь, чавун методом дифузійної металізації. Метод виключає утворення екологічно шкідливих стоків і викидів, не вимагає попередньої підготовки поверхні виробів перед дифузійним покриттям, забезпечує якісне покриття як внутрішніх, так і зовнішніх поверхонь деталей.

У технологічному ланцюжку цинкування першою операцією є термодифузійне насичення, яке здійснюється у відповідній установці термодифузионного цинкування. термічну обробку зразків, наприклад, зі сталі 08КП і 45Х здійснювали в печах барабанного типу. Тривалість нагрівання до температури 400 ° С становила 1 годину.

Зразки із сталей піддавалися термодифузионного цинкуванню в середовищі, що містить порошок цинку, розмірами частинок 75 - 300 мкм. час витримки при температурі 400 ° С змінювалося від 30 до 120 хвилин з метою встановлення залежності товщини покриття від тривалості витримки.

Товщину цинкового покриття визначали на приладі КТГ - 1АМ, з межею вимірювання 0 - 50 мкм. Похибка вимірювання становила $\pm 6\%$.

Відомо, що корозійні руйнування цинку в водному середовищі різко збільшуються при температурі 80 ° С. Тому представляє практичний інтерес дослідження корозії в умовах циклічного нагріву до 100 ° С.

Експериментально встановлено, що цинкові покриття на зразках з сталі 08КП при випробуваннях в умовах циклічного нагріву до 100 ° С в водопровідній воді змінили колір поверхні через 10 циклів, а на зразках зі сталі 45Х через 15 циклів випробувань.

Корозійні дослідження проводили за методом вимірювання втрати маси прокорродірованих зразків у водному розчині 5% NaCl і водопровідній воді при температурі 20 ° С. Зразки зі сталі 08КП представляли собою прямокутні пластини, виготовлені з листового матеріалу. Поверхня зразків становила 400. Промиті, просушені і зважені зразки поміщали в окремі відсіки Ш-образного судини з 5% розчином NaCl і водопровідною водою. У розчин занурювали 50-60% поверхні зразка, інша частина знаходилася над розчином.

Таким чином, в кожному Ш-подібному посудині в розчині 5% NaCl і водопровідній воді (30 мл) одночасно при однакових умовах випробовувалися кілька зразків з одного матеріалу. У кожному досвіді фіксували кількість розчину в посудині, масу зразків до і після корозійних випробувань, час випробувань і поверхню, піддавалася корозії.

Наявність максимуму на кривій корозійної стійкості пов'язано з виникненням виразкової корозії, а підвищення корозійної стійкості покриття обумовлено утворенням захисних оксидних плівок при пасивації.

Таким чином, за рахунок процесу пасивації можна збільшити стійкість цинкового покриття в агресивному середовищі в 1,5 рази.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

При виготовленні деталі типу «Вал» на виробництві працівнику можуть загрожувати такі потенційні небезпеки як, механічне травмування, що може бути пов'язано з руйнуванням ріжучого інструменту при порушенні режимів обробки зразків деталей. До порізів гострими кромками, ріжучим інструментом може призвести робота без спеціального одягу. При недбалому транспортуванні заготовок можуть виникнути ситуації, коли працівнику можуть бути завдані травми незахищених кінцівок, такі як переломи та забиття. При роботі на обладнанні без спеціальних захисних засобів можливе травмування внаслідок попадання стружки в органи зору. Робота на несправному обладнанні, чи обладнанні з порушеним заземленням може призвести до ураження електрострумом.

Також існують небезпеки психофізіологічного характеру, наприклад, незадовільна організація робочого місця працівника, що може бути пов'язана з недостатнім врахуванням ергономіки, зокрема недостатній рівень освітленості, захаращеність робочої зони, труднодоступність допоміжних інструментів і обладнання.

Потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру представлені можливою запиленістю приміщення, надмірної вологості, внаслідок недостатнього рівня провітрюваності приміщення можуть привести до підвищення рівня захворюваності на бронхіт та пневмонію у робітників, недостатній рівень опалення в холодну пору року може призвести до загальних захворювань.

Потенційні небезпеки, що пов'язані з порушенням правил пожежної безпеки, наприклад, можливості короткого замикання на несправному обладнанні, паління в невстановлених місцях, порушення правил зберігання легкозаймистих відходів виробництва, використання сторонніх засобів обігріву у холодну пору року.

Потенційні небезпеки, що пов'язані з проявом наслідків надзвичайних ситуацій, наприклад, непідготовленість персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, незнання планів евакуації при надзвичайних ситуаціях.

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Для виключення можливого механічного травмування робітників, в роботі передбачені:

- організаційні заходи (проведення інструктажів, проведення контролю зовнішнього вигляду робітників, безпосередньо перед початком робочого дня)
- технічні заходи (перевірка справності обладнання та інструменту)

Для виключення можливого враження електрострумом робітників, в роботі передбачені:

- організаційні заходи (проведення навчання з правил електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу на другу або третю групу з електробезпеки, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»)
- технічні заходи (так як живлення станків здійснюється від мережі змінного струму напругою 360 В і частотою 50 Гц, відповідно до вимог «ПУЕ-2014», електрообладнання в приміщенні з станками, характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення з станками у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом).

5.3 Організаційні принципи забезпечення охорони праці

Під організаційними принципами забезпечення охорони праці підрозумівається проходження робітниками підприємства інструктажів.

Інструктажі з охорони праці — один із найбільш ефективних видів навчання з питань безпечного виконання робіт.

Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Види інструктажів з охорони праці

За характером і часом проведення інструктажів з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться спеціалістом служби охорони праці або іншим фахівцем відповідно до наказу (розпорядження) по підприємству,

який в установленому Типовим положенням порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в Журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці, який зберігається службою охорони праці або працівником, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у наказі про прийняття працівника на роботу. Журнал реєстрації вступного інструктажу є документом постійного зберігання.

На багатьох підприємствах проведення вступного інструктажу, крім Журналу реєстрації вступного інструктажу та наказу про прийняття працівника на роботу, фіксують ще в «контрольному листі».

Така форма, як контрольний лист проходження навчання та інструктажів з питань охорони праці, не передбачена жодним нормативним актом з охорони праці, а тому його відсутність не є порушенням нормативних актів з охорони праці і відповідальність за це не передбачена. Згідно з наказом Міністра оборони України контрольні листи ведуться тільки на військовослужбовців.

Первинний інструктаж проводиться з працівником до початку роботи безпосередньо на робочому місці.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці індивідуально з кожним працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу. Повторний інструктаж проводиться в терміни, визначені нормативно-правовими актами з охорони праці, не рідше:

- на роботах з підвищеною небезпекою — 1 раз на 3 місяці;
- для решти робіт — 1 раз на 6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;
- при порушенні працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж тощо;
- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів — для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт — понад 60 днів.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками:

- при ліквідації аварії або стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ або розпорядження.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт (начальник структурного підрозділу, майстер) або фізична особа, яка використовує найману працю. Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі завершуються перевіркою знань у вигляді усного опитування або за допомогою технічних засобів, а також перевіркою набутих навичок безпечних методів праці, особою, яка проводила інструктаж.

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів особа, яка проводила інструктаж, вносить запис до Журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці.

Форма проведення інструктажу

Роботодавець у виборі форми проведення інструктажу абсолютно не обмежений законодавчим полем. Інструктаж може бути індивідуальним або груповим, тобто проводитися окремо з одним працівником або ж із групою працівників.

Інструктаж може відбуватися у вигляді:

- співбесіди;
- лекції;
- самостійного вивчення працівником відповідних розділів місцевих інструкцій або ж правил, передбачених програмою відповідного інструктажу;
- перегляду навчальних фільмів, презентацій.

Інструктаж проводиться, як правило, в спеціально обладнаному для цього приміщенні, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою з урахуванням особливостей виробництва. З цією метою на підприємствах створюються куточки або навіть кабінети охорони праці.

Інструктажі проводяться згідно з темами, що заздалегідь розробляються і затверджуються у вигляді відповідних програм на основі чинних на підприємстві, в установі чи організації інструкцій. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства. По закінченні інструктажу проводиться усне опитування осіб щодо засвоєння викладеного матеріалу.

Перелік загальних питань вступного інструктажу

Перелік загальних питань вступного інструктажу, які повинна містити програма, передбачений у НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», а саме:

- Загальні відомості про підприємство, організацію, особливості виробництва.
- Основні положення законодавства про охорону праці.
- Трудовий договір, робочий час і час відпочинку, охорона праці жінок і осіб молодше 18 років. Пільги та компенсації.
- Правила внутрішнього трудового розпорядку підприємства, організації, відповідальність за порушення правил.
- Організація роботи з охорони праці на підприємстві. Відомчий, державний нагляд та громадський контроль за станом охорони праці.
- Загальні правила поведінки працюючих на території підприємства, у виробничих та допоміжних приміщеннях. Розташування основних цехів, служб, допоміжних приміщень.
- Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для даного виробництва. Методи і засоби попередження нещасних випадків та професійних захворювань. Основні вимоги щодо попередження електротравматизму.
- Основні вимоги виробничої санітарії та особистої гігієни.
- Засоби індивідуального захисту. Порядок і норми видачі ЗІЗ, строки носіння.
- Обставини та причини окремих характерних нещасних випадків, аварій, пожеж, що сталися на підприємстві та інших аналогічних виробництвах через порушення вимог безпеки.
- Порядок розслідування та оформлення нещасних випадків і професійних захворювань.
- Пожежна безпека. Способи та засоби запобігання пожежам, вибухам, аваріям. Дії персоналу при їх виникненні.
- Домедична допомога потерпілим. Дії при виникненні нещасного випадку на ділянці, в цеху.

5.4 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці для виробничого приміщення 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», 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 та ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

Для забезпечення оптимального рівня параметрів повітряного середовища виробничого середовища зазначених у ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» в проекті передбачено устрій системи водяного опалення приміщення для забезпечення необхідної температури повітря в холодний період року відповідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляция та кондиціонування», для забезпечення температури від 15 до 21 °C.

Для забезпечення оптимального рівня освітленості робочої зони відповідно до вимог ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» $E_m = 200$ лк у приміщенні, та $E_m = 500$ лк безпосередньо на робочій поверхні, передбачено встановлення у цеху ламп денного освітлення типу ДНАТ.

В приміщеннях, де немає викидів шкідливих речовин у великій кількості, для забезпечення необхідного повітрообміну в теплий період року, передбачено встановлення штучної механічної загально обмінної вентиляції відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляция та кондиціонування», для забезпечення швидкості руху повітря від 0,2 до 0,5 м/с.

Для захисту працівників від впливу вібрацій можуть застосовуватись два методи боротьби з нею:

- засоби індивідуального захисту (спеціальне віброзахисне взуття, віброгасні рукавиці з м'якими надолонниками, пружнодемпфіруючі прокладки та пластини для обхвату віброуючих рукояток та деталей);
- вібропоглинання (покриттям машин в'язкими матеріалами, використанням масляних ванн для зубчастих зчеплень)

5.5 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для виробничого приміщення розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»

Виходячи з аналізу обладнання, речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у приміщенні:

- згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у виробничому приміщенні можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів), В (що супроводжується горінням рідин або твердих речовин, які переходять у рідкий стан), D (що супроводжується горінням металів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В);

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

Оскільки виробниче приміщення належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

У разі виникнення пожежі у виробничому приміщенні для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується.

По території приміщення встановлені пожежні щити та підведено водопостачання для під'єднання пожежних рукавів.

5.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Для оповіщення населення про аварії на хімічно небезпечних об'єктах гудками, сиренами та іншими сигнальними засобами передають сигнал «Увага всім!». Почувши цей сигнал, треба відразу ж включити радіо і телевізійні приймачі та прослухати інформацію про те, що трапилося і порядок дій населення. Робітникам підприємств потрібно виконувати розпорядження керівництва щодо евакуації.

Населення, яке проживає чи працює поблизу хімічно небезпечного об'єкта має знати властивості, відмінні ознаки і потенційну небезпеку сильнодіючих отруйних речовин, які використовуються на цьому об'єкті, способи захисту від ураження ними, вміти діяти в умовах аварії, надавати першу медичну допомогу ураженим.

Надалі діяти відповідно до вказівок органів ГОЧС і місцевого самоврядування. Про можливість повернення до місця проживання (роботи) буде оголошено додатково після ліквідації наслідків аварії.

Почувши інформацію про аварію, необхідно виходити із зони хімічного зараження треба убік, перпендикулярну напрямку вітру. Уникайте переходу через тунелі, яри, балки, так як в низьких місцях більше концентрація отруйних речовин.

При евакуації транспортом уточніть час і місце посадки. Не запізнюйтесь і не приходьте раніше призначеного строку. Нагадайте про від'їзд сусідів.

Якщо відсутні засоби індивідуального захисту, поблизу немає притулку і немає можливості покинути район аварії, залишіться в приміщенні, увімкніть радіо і чекайте повідомлення органів ГОЧС. Проведіть герметизацію приміщення. Надійна герметизація житла значно зменшує можливість проникнення в нього сильнодіючих отруйних речовин.

Що потрібно зробити населенню при оповіщення про аварії з викидом сильнодіючих отруйних речовин:

- надягти засоби захисту органів дихання та шкіри,
- закрити вікна і кватирки,
- відключити електроприлади,
- перекрити газ,
- взяти документи, цінні речі, при необхідності теплий одяг і харчування (триденний запас непсууючихся продуктів),
- попередити сусідів,
- швидко, без паніки вийти з будівлі (приміщення) і сховатися в найближчому притулок або покинути район аварії.

При русі на зараженій місцевості дотримуйтесь наступних правил:

- рухайтесь швидко, але не біжіть і не піднімайте пилу;
- не притулятися до будинків і не торкайтеся навколишніх предметів;
- не наступайте на зустрічаються на шляху краплі рідини або порошкоподібні розсипи невідомих речовин;

- не знімайте засоби індивідуального захисту;
- при виявленні на шкірі, одязі, взутті, засобах індивідуального захисту крапель сильнодіючих отруйних речовин видаліть їх тампоном з паперу, ганчір'я або носовою хусткою, по можливості промийте заражене місце водою;
- надайте допомогу постраждалим, дітям і людям похилого віку, не здатним рухатися самотійно;
- не приймайте їжу, не пийте воду.

При дотриманні правил з охорони праці ризик виникнення ситуацій, коли існує ризик травмування чи загроза життю робітника майже неможливо.

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 техенології 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. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение. 1979. –302с.
13. 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.
14. Справочник режимы резания металлов. / Под ред. Ю. В. Барановского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. 409с.
15. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – 4 изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа. 1983. 256с.
16. Основы автоматизации и механизации технологических процессов в машиностроении : [учебник для машиностроит. техникумов] / А. П. Владзиевский, А. П. Белоусов. – Москва : Высшая школа, 1966. – 352 с.
17. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхоньдеталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011. – 412 с.
18. Зингерман А.С. Физические основы технологии электроэрозионной обработки металлов.- М.: Машгиз, 1955.
19. Шушкин В.Ф. Электроэрозионная обработка сплавов повышенной твердости. – М.: НИИМАШ, 1965.

