

ЗАТВЕРДЖЕНО
Наказ Міністерства освіти і науки,
молоді та спорту України
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

Державний вищий навчальний заклад

«Сумський державний університет»

Технічних систем та енергоефективних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної (роботи)

перший (бакалаврський)

(освітній рівень)

на тему: *Проектування технологічного процесу*

виготовлення колеса зубчастого 137.5701.7

Виконав: студент IV курсу, групи *ТМ-71К*

напряму підготовки (спеціальності)

131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Шершак Є.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: *Динник О.Д.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О.Іванов

«___» _____ 2021р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛЕСА ЗУБЧАСТОГО АК48-4В77-А758**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

Студент

Шершак Є.О.

Керівник

Динник О.Д.

Нормоконтроль

Приходько О.М.

Форма № Н-9.01

**Державний вищий навчальний заклад
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	<i>Технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>Технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітній рівень	<i>перший (бакалаврський)</i>
Напрямок підготовки	<i>131 – Прикладна механіка (Технології машинобудування)</i>
Спеціальність	(шифр і назва)
	(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ В.О.Іванов
«___» _____ 2021р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Шершак Євгеній Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Проектування технологічного
процесу виготовлення колеса зубчастого 137.5701.7*

керівник проекту *Ст.викладач каф. ЕПіА к.т.н Динник О.Д.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «12» лютого 2021 року №07-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «14» червня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту(роботи)
*Креслення деталі «колесо зубчасте 137.5701.7»
Річний обсяг випуску деталей – 4000 шт.*

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

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми його організації

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «_____» _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі</i>	<i>27 квітня 2021</i>	
2	<i>Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі</i>	<i>29 квітня 2021</i>	
3	<i>Визначення типу виробництва та форми його організації</i>	<i>30 квітня 2021</i>	
4	<i>Аналіз технологічності конструкції деталі</i>	<i>2 травня 2021</i>	
5	<i>Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку</i>	<i>4 травня 2021</i>	
6	<i>Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>5 травня 2021</i>	
7	<i>Проектування верстатного пристрою</i>	<i>25 травня 2021</i>	
8	<i>Виконання графічної частини</i>	<i>5 червня 2021</i>	
9	<i>Оформлення комплексу технологічної документації на виготовлення деталі</i>	<i>6 червня 2021</i>	

Студент

(підпис)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Шершак Є.О.

(прізвище та ініціали)

Динник О.Д.

(прізвище та ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: сторінок 50, рисунків 11, таблиць 12, літератури 14.

Об'єкт дослідження – колесо зубчасте 137.5701.7.

Мета роботи – Проектування технологічного процесу виготовлення колеса зубчастого 137.5701.7.

В даній роботі проаналізовані: службове призначення виробу, вузла та самої деталі, технологічні вимоги, що пред'являються до деталі, її технологічність та спосіб отримання заготовки.

У роботі розроблені дві операційні технології для двох операцій технологічного процесу. Також для них розраховані режими різання та виконано нормування часу, вибрані верстатні пристрої та ріжучий інструмент для обробки даної деталі на аналізованих технологічних операціях.

Виконаний розрахунок припусків на механічну обробку для найточнішої поверхні – внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 40H8\left(\begin{smallmatrix} +0,039 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$, який було проведено на ЕОМ за допомогою програми. За результатами розрахунків була побудована схема розташування припусків та допусків.

Спроектований верстатний пристрій на операції 020 та 025, на яких відбувається фрезерування на шліфування 28 зубів.

ВТУЛКА, БАЗУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ, ВЕНТИЛЯЦІЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	6
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	12
3 Визначення типу виробництва, такту випуску та партії запуску	13
4 Аналіз технологічності конструкції деталі	18
5 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї	19
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу	24
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку	24
6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки	27
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата.....	31
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	32
6.5 Розрахунки режимів різання	34
6.6 Технічне нормування операції.....	37
7 Проектування верстатного пристрою	39
Висновки	43
Список літератури.....	44
Додаток А.....	46
Додаток Б	47

					ТМ 19090060-00 ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Технологічний процес виготовлення колеса зубчастого 137.5701.7					
Розроб.		Шершак С.О.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Динник О.Д.						4	50	
Н. Контр.		Динник О.Д.						КІСумДУ, ТМсЗ – 71к		
Затверд.		Іванов В.О.								

ВСТУП

В нашій країні створена достатньо потужна машинобудівна промисловість, яка забезпечує всі галузі високоефективним обладнанням. Безперервний розвиток машинобудування забезпечив досягнення високого рівня ряду виробництв в нашій країні. Українські технологи-машинобудівники виконали велику роботу по вдосконаленню виробництва машин різного призначення, внесли значний вклад в розвиток і формування технологічної науки.

Процес виготовлення машин або механізмів складається з комплексу робіт необхідних для виробництва заготовок, їх обробки, збірки з готових деталей складових частин (складальних одиниць) і, нарешті, збірки з складальних одиниць (і окремих деталей) готових машин.

Для становлення нашої держави необхідно постійно збільшувати випуск продукції машинобудування і металообробки, істотно підняти виробництво машин і устаткування, особливо автоматичних маніпуляторів з системами програмного управління, що дозволяють виключити вживання ручної праці, збільшити випуск високопродуктивних верстатів, прогресивних металорізальних інструментів і оснащення. Вживання прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталі і машини в цілому, ефективне використання автоматичних і потокових ліній, верстатів з ЧПУ – все це направлено на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудівної галузі полягає в обґрунтуванні та практичному застосуванні запропонованих рекомендацій для машинобудівної галузі в області зменшення технологічної собівартості виготовлення деталей шляхом раціонального застосування сучасного обладнання і засобів автоматизації для конкретних умов виробництва.

									Арк.
									5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації

Службове призначення навантажувача

Для роботи всередині вагонів і складів закритого типу необхідні малогабаритні навантажувачі, що володіють високою маневреністю. У закритих приміщеннях використовуються електронавантажувачі і автонавантажувачі, обладнані нейтралізаторами вихлопних газів, а на відкритих складських майданчиках — автонавантажувачі.

Основні виконавчі механізми авто-і електронавантажувачів аналогічні. Навантажувачі постачають:

- уніфікованими механізмами зіштовхування вантажу з вилок;
- механізмом перекидання ковша;
- бічними або вертикальними стисками для захоплення і утримання вантажу;
- механізмом, що призводить в дію грейферний захват;
- механізмом нахилу або висунення рами вантажопідійомника;
- механізмом повороту і переміщення вил в горизонтальній площині та ін.

Електронавантажувачі використовуються для навантаження та вивантаження тарно-штучних вантажів у вагони, для роботи в складах, цехах, трюмах суден. Вантажопідійомність 0,8-2,0 т, висота підйому вантажу 2,0-4,5 м.

Пристрій електронавантажувача наведений на рисунку 1,1.

На рамі 19 навантажувача жорстко закріплений ведучий міст 10, обоє ходових колеса якого отримують обертання від електродвигуна 13 за допомогою механічного диференціала. Задній міст 17 підресорені до рами 19 і обладнаний двома колесами, керованими водієм навантажувача за допомогою рульового колеса 2, черв'ячного редуктора 6, рульової тяги 18 і рульової трапеції, тяги якою кінематично пов'язують обидва колеса.

Рама 1 вантажопідійомника консольно змонтована над ведучим мостом за допомогою двох шарнірів 9 і забезпечена двома циліндрами 8 нахилу її вперед

									Арк.
									6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

Службове призначення диференційного механізму

Диференційний механізм забезпечує рух провідних коліс з різною швидкістю, розподіляючи при цьому крутний момент, що передається від головної передачі порівну на обидва колеса. Він встановлюється між головною передачею і приводними валами, які передають обертання ведучих коліс.

На рисунку 1.2 показано пристрій диференціального механізму.

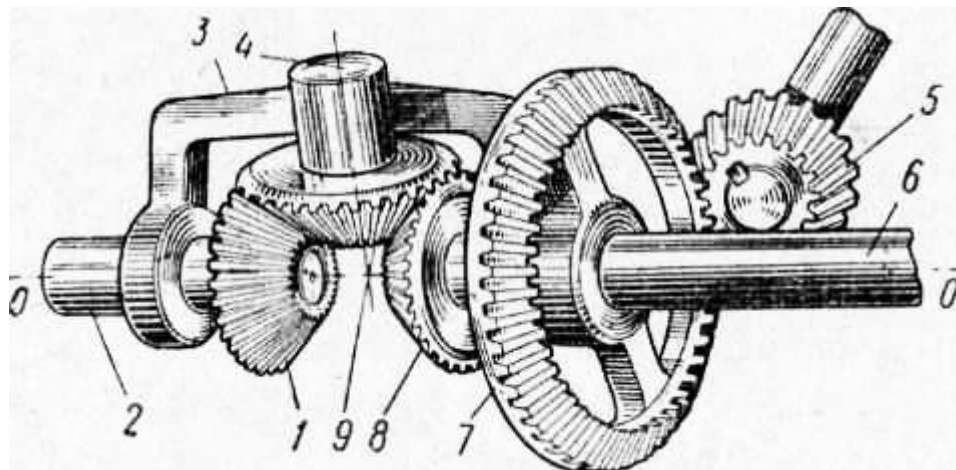


Рисунок 1.2 – Диференціальний механізм:

1 - напівосьові зубчасті колеса, 2 і 6 - приводні вали, 3 корпус, 4 - вісь сателіта, 5-провідне зубчасте колесо головної передачі, 7 ведене зубчасте колесо головної передачі, 9 - конічне зубчасте колесо (сателіт)

Зубчасті колеса, що знаходяться в постійному зачепленні з сателітом, жорстко закріплені на приводних валах можуть обертатися відносно корпусу.

При обертанні веденого зубчастого колеса головної передачі обертається також корпус з віссю і сателітами. При прямолінійному русі навантажувача сателіт щодо своєї осі не обертається. Його зуби заклинюють зубчасті колеса і обертають їх з однаковою швидкістю, яка дорівнює швидкості обертання корпусу. При русі навантажувача на повороті внутрішнє колесо, розташоване ближче до центру повороту, обертається повільніше, і сателіт починає перекинутися по уповільнити обертання зубчастому колесу приводного валу. Внаслідок цього сателіт починає обертатися навколо своєї осі 4. Швидкість обертання другого зубчастого колеса, а отже, і колеса навантажувача,

									Арк.
									8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

розташованого з зовнішнього боку повороту, при цьому збільшиться.

Сума чисел обертів коліс навантажувача завжди дорівнює подвоєному числу оборотів корпусу диференціального механізму, тому наскільки зменшиться число оборотів одного колеса, настільки ж збільшиться число обертів іншого колеса. Конструктивно диференціальні механізми виконуються з декількома сателітами, що не змінює принцип роботи.

Службове призначення колеса зубчастого

Деталь «колесо зубчасте» 137.5701.7 відноситься до класу «зубчастих коліс».

Конічні зубчасті колеса застосовуються для передачі обертання під кутом між пересічними валами, коли обертальний рух від ведучого валу до відомого виконується під будь-яким кутом, частіше за все під кутом 90°. Особливістю конічних зубчастих коліс є те, що зубці мають перемінний модуль по довжині, тобто на більшій початковій кола він більший, чим на меншому.

Матеріал деталі сталь 40Х ГОСТ 4543-71 – це легована конструкційна сталь, застосовується для деталей середніх розмірів з твердою зносостійкою поверхнею при досить міцній і в'язкій серцевині, що працює при великих швидкостях і середніх тисках.

Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71 приведено в таблиці 1.1, механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4543-71 приведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ4543-71

Масова частка елемента, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	Не більше			
				0,3	0,3	0,035	0,035

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ4543-71

σ_0 , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
780	980	10	45	321

									Арк.
									9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Деталь колесо зубчасте має просту геометричну форму, яка дозволяє застосувати високопродуктивний метод отримання заготовки методом штампування. Також дана деталь дозволяє застосувати новітні методи обробки, наприклад, точіння на верстаті з ЧПК. Забезпечення необхідної точності розмірів, точності взаємного положення поверхонь не викликає технологічних труднощів та можуть бути виконані на верстатах нормальної точності.

На кресленні проставлені всі необхідні розміри. Найточнішою поверхнею є внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 40^{+0,039}$.

До заданої деталі висуваються такі вимоги:

- шорсткість внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 40$ не гірше $Ra = 1,6\text{мкм}$, та квалітет точності не нижче 8;
- шорсткість паза не гірше $Ra = 6,3\text{мкм}$;
- шорсткість конічної поверхні не гірше $Ra = 3,2\text{мкм}$;
- допуск торцевого биття зубчатого вінця відносно поверхні А становить $0,08\text{мм}$.

Згідно з технічними вимогами інші розміри та поверхні повинні бути виконані не гірше 14-го квалітету.

Креслення деталі має достатню кількість видів та перерізів, що дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Матеріал деталі задовольняє всім висунутим вимогам та забезпечує нормальну працездатність деталі у вузлі.

									Арк.
									12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

3 Визначення типу виробництва, такту випуску та партії запуску

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о.}$, який показує відношення різних технологічних операцій, що виконуються або підлягають виконанню підрозділом на протязі місяця, до числа робочих місць.

Виконуємо розрахунок $K_{з.о.}$.

Вихідні дані:

- річна програма випуску виробів $N = 4000$ штук;
- режим роботи підприємства – у дві зміни;
- дійсний річний фонд роботи устаткування (у дві зміни), $F_d = 4029$ годин [2, таблиця. 2.1, с. 22].

Для розрахунку $K_{з.о.}$ необхідно знати штучний час на виконання механічних операцій. Дані про штучний час виготовлення колеса зубчастого на механічних операціях візьмемо з базового технологічного процесу.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для визначення $K_{з.о.}$

№ операції	Назва операції	$T_{шт}$	m_p	P	$n_{зф}$	O
005	Токарна багаторізцева	2,49	0,05	1	0,05	16
010	Токарна багаторізцева	3,59	0,07	1	0,07	12
015	Горизонтально-протяжна	0,51	0,01	1	0,01	80
020	Зубофрезерна	13,92	0,29	1	0,29	3
025	Зубошліфувальна	8,51	0,18	1	0,18	5
030	Внутрішньошліфувальна	0,67	0,01	1	0,01	80
	Разом	-	-	6	-	196

Знаючи штучний час, витрачений на кожну операцію, визначаємо кількість верстатів за формулою [2, с.20]:

$$m_p = \frac{N \times T_{шт}}{60 \times F_d \times \eta_{з.н.}}, \text{ шт} \quad (3.1)$$

де N – річна програма випуску, шт;

$T_{шт}$ – норма штучного часу, хв;

									Арк.
									13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

F_d – дійсний річний фонд часу, год;

$\eta_{з.н}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, для дрібносерійного виробництва $\eta_{з.н} = 0,8 \div 0,9$ [2, с. 20]. Для розрахунків приймаємо $\eta_{з.н} = 0,8$.

Кількість верстатів на 005 операції становить:

$$m_p = \frac{4000 \times 2,49}{60 \times 4029 \times 0,8} = 0,05 \text{ шт}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця [2, с. 20] за формулою:

$$\eta_{з.ф} = \frac{m_p}{P}, \quad (3.2)$$

де P – прийнята кількість обладнання, відповідає округленому значенню верстатів у більшу сторону.

$$\eta_{з.ф} = \frac{0,05}{1} = 0,05$$

Визначаємо кількість операцій, які виконуються на одному робочому місці [2, с. 21] за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф}}, \quad (3.3)$$

Підставляємо значення:

$$O = \frac{0,8}{0,05} = 16$$

Аналогічно проводимо розрахунки для інших операцій, які заносимо до таблиці 3.1.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій [2, с. 19] за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.4)$$

									Арк.
									14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таким чином, коефіцієнт закріплення операцій становить:

$$K_{з.о.} = \frac{196}{6} = 33$$

що відповідає дрібносерійному типу виробництва, так як $20 < K_{з.о.} < 40$

Визначаємо форму організації виробництва:

Визначаємо добовий випуск деталей [2, с. 22] за формулою:

$$N_{доб} = \frac{N}{254}, \text{ шт} \quad (3.5)$$

$$N_{доб} = \frac{4000}{254} = 16 \text{ шт}$$

де N – річна програма випуску, шт.;

254 дні – кількість робочих днів у році [2, с. 22].

Добова продуктивність потокової лінії при завантаженні її на 60% [2, с. 22] розраховується за формулою:

$$Q = \frac{F_{доб}}{T_{cp}} \times 0,6, \text{ шт} \quad (3.6)$$

де $F_{доб}$ – добовий фонд часу роботи устаткування, хв;

T_{cp} – середня трудомісткість механічних операцій, хв.

Розраховуємо добовий фонд часу роботи устаткування [2, с. 22] за формулою:

$$F_{доб} = \frac{60 \times F_d}{254}, \text{ хв} \quad (3.7)$$

$$F_{доб} = \frac{60 \times 4029}{254} = 952 \text{ хв}$$

Розраховуємо середня трудомісткість механічних операцій [2, с. 22] за формулою:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{ум}}{m}, \text{ хв} \quad (3.8)$$

де m – число операцій.

									Арк.
									15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Підставляємо значення:

$$T_{cp} = \frac{29,69}{6} = 4,95 \text{ хв}$$

Отже, добова продуктивність потокової лінії при завантаженні її на 60%:

$$Q = \frac{952}{4,95} \times 0,6 = 116 \text{ шт}$$

При порівнянні $N_{\text{доб}} = 16 \text{ шт.} < Q = 116 \text{ шт.}$ бачимо, що добовий випуск деталей набагато більший за добову продуктивність потокової лінії при завантаженні її на 60%, тобто застосування однономенклатурної потокової лінії недоцільно, тому застосовуємо групову форму організації виробництва.

Дрібносерійне виробництво характеризується випуском партій, тому визначаємо кількість деталей у партії для одночасного запуску за формулою:

$$n = \frac{N_{\text{пів}} \times a}{254}, \text{ шт} \quad (3.7)$$

де $a = 24$ дні – періодичність запуску деталей у виготовлення.

$$n = \frac{4000 \times 24}{254} = 378 \text{ шт}$$

Коротка характеристика обраного типу виробництва.

При дрібносерійному виробництві вироби виготовляють партіями або дрібними серіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових за розмірами виробів, що запускаються у виробництво одночасно.

Використовується універсальне, спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПУ, обробні центри, а також гнучкі автоматизовані системи на основі верстатів з ЧПУ, пов'язаних транспортуючими пристроями, керованими від ЕОМ. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху, по предметно-замкнутим ділянкам.

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

Технологічна оснастка в основному універсальна, Велике поширення має універсально-збірна, переналагоджувати технологічне оснащення, що дозволяє значно підвищити коефіцієнт оснащеності дрібносерійного виробництва.

Застосовуваний різальний інструмент – універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Кваліфікація робітників вище ніж в масовому виробництві, але нижча ніж в одиничному. Поряд з робітниками універсальщиками та наладчиками, працюючими на складному універсальному обладнанні використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

Технологічна документація та нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок і спрощеного нормування для простих заготовок.

У відповідності з даним типом виробництва та порядком виконання операцій, розташування технологічного обладнання встановлюється групова форма організації технологічного процесу, яка характеризується однорідними конструктивно-технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення.

Верстатний парк повинен бути спеціалізований в такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до виробництва іншої, кілька відрізняється від першої в конструктивному відношенні.

Дрібносерійне виробництво значно економніше, ніж одиничне виробництво, так як краще використання устаткування, спеціалізація робочих, збільшення продуктивності праці забезпечують зменшення собівартості продукції.

					ТМ 19090060-00 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Колесо зубчасте має просту геометричну форму, яка дозволяє застосувати високопродуктивний метод отримання заготовки – штампуванням. Деталь дозволяє використати новітні методи обробки, наприклад, точіння на верстаті з ЧПК. Забезпечення необхідної точності розмірів, точності взаємного положення поверхонь можна виконати на верстатах нормальної точності.

Матеріал деталі сталь 40Х ГОСТ 4543-71 – це легована конструкційна сталь, застосовується для деталей середніх розмірів з твердою зносостійкою поверхнею при досить міцній і в'язкій серцевині, що працює при великих швидкостях і середніх тисках.

Дане колесо зубчасте з нумерацією поверхонь представлено на рисунку 1.3.

Поверхня 13 – паз, є не технологічною поверхнею, так як для його обробки необхідний спеціальний різальний інструмент – протяжка.

Під час виготовлення деталі, механічній обробці підлягають всі поверхні, що являється нетехнологічним, так як деталь має поверхні, які під час роботи механізму, не контактують з іншими поверхнями, наприклад поверхня 12.

Загалом деталь має просту конфігурацію. Майже всі поверхні розташовуються одна відносно іншої паралельно або перпендикулярно, окрім самих зубів. Всі поверхні можна обробляти стандартним інструментом.

									Арк.
									18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

5 Вибір способу виготовлення заготовки та розробка технічних вимог до неї

При призначенні способу виготовлення вихідної заготовки технолог повинен враховувати:

- тип виробництва;
- матеріал деталі;
- габаритні розміри деталі, її складність та такі характерні параметри, як товщина стінок, перепад діаметрів ступеневого валу, діаметр отвору при використанні литва чи пластичного деформування тощо.

Для вибору раціонального методу отримання заготовки виконуємо економічне порівняння собівартості двох варіантів, а саме: заготовку отриману методом штамповки та заготовку отриману методом лиття.

Розраховуємо припуски заготовки отриманої методом штамповки (див. рис. 5.1). Дані заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок припусків заготовки штамповка

Розмір деталі, мм	Клас точності	Шорсткість, мкм	Припуск [1], с.148, табл.12	Допуск [1], с.32, табл.3.5	Розмір заготовки, мм
ø145,81	14	1,6	2×2,9	^{+1,7} -0,8	ø151,61 ^{+1,7} -0,8
ø65	14	12,5	2×2,3	^{+1,5} -0,7	ø69,6 ^{+1,5} -0,7
ø40	8	1,6	2×5,0	^{+1,3} -0,7	ø30 ^{+1,3} -0,7
46	14	12,5	2×2,2	^{+1,3} -0,7	50,4 ^{+1,3} -0,7
29	14	12,5	2×2,2	^{+1,3} -0,7	33,4 ^{+1,3} -0,7

Визначаємо масу заготовки за формулою:

$$m_z = V_{заг} \times \gamma, \text{ кг} \quad (5.1)$$

де $V_{заг}$ – загальний об'єм, який складається з простих фігур;

γ – густина сталі, $\gamma = 7,8 \times 10^{-6} \text{ кг} \times \text{мм}^3$.

										Арк.
										19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ					

Таблиця 5.2 – Розрахунок припусків заготовки лиття

Розмір деталі, мм	Клас точності	Шорсткість, мкм	Припуск [4], с.583, табл.3	Допуск [4], с.582, табл.2	Розмір заготовки, мм
∅145,81	14	1,6	2×3,2	±2,0	∅152,21±2,0
∅65	14	12,5	2×2,8	±1,8	∅ 70,6±1,8
46	14	12,5	2×2,4	±1,6	50,8±1,6
29	14	12,5	2×2,4	±1,4	33,8±1,4

Виконуємо ескіз заготовки одержаної методом лиття (див. рис.5.2).

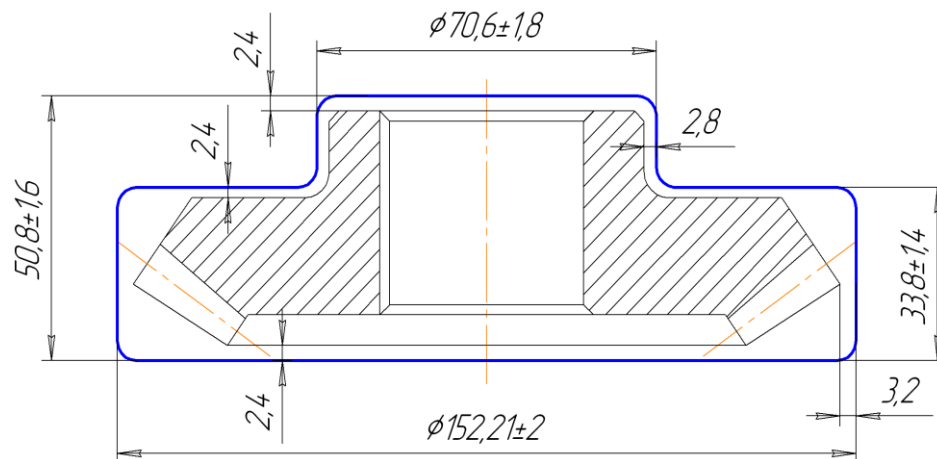


Рисунок 5.2 – Заготовки одержаної методом лиття

Загальний об'єм визначаємо за формулою:

$$V_{заг} = V_1 + V_2, \text{ мм}^3 \quad (5.8)$$

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \times l_1, \text{ мм}^3 \quad (5.9)$$

$$V_1 = \frac{3,14 \times 152,21^2}{4} \times 33,8 = 614713,47 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi D^2}{4} \times l_2, \text{ мм}^3 \quad (5.10)$$

$$V_2 = \frac{3,14 \times 70,6^2}{4} \times 17 = 66516,28 \text{ мм}^3$$

$$V_{заг} = 614713,47 + 66516,28 = 681229,75 \text{ мм}^3$$

$$m = 681229,75 \times 7,8 \times 10^{-6} = 5,31 \text{ кг}$$

Визначаємо собівартість заготовки лиття за формулою 5.6.

$$S_{заг} = \left(\frac{C_1}{1000} \times Q \times K_m \times K_c \times K_v \times K_n \right) - (Q - q) \times \frac{S_{відх}}{1000}, \text{грн}$$

де C_i – базова вартість 1 тони заготовки, $C_i = 57000$ грн [2], с.48;

$S_{відх}$ – вартість 1 тони відходів, $S_{відх} = 5700$ грн (1 кг відходів

приймається як 10% від загальної вартості матеріалу);

K_m – коефіцієнт, що залежить від точності; $K_m = 1,1$ ([3], с.33);

K_c – коефіцієнт, що залежить від групи складності; $K_c = 1$ ([3], с.33 табл.2.8);

K_v – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу; $K_v = 0,91$ ([3], с.31 табл. 2.8);

K_n – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки; $K_n = 1,04$ ([3], с.33);

K_n – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки; $K_n = 0,52$ ([3], с.33 табл. 2.8).

$$S_{заг} = \left(\frac{57000}{1000} \times 5,31 \times 1,1 \times 1,0 \times 0,91 \times 1,04 \times 0,52 \right) - (5,31 - 3,23) \times \frac{5700}{1000} = 151,99 \text{ грн}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою 5,7.

$$K_{вм} = \frac{3,23}{5,31} \approx 0,61$$

Визначаємо економічний ефект за формулою:

$$E_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \text{ грн} \quad (5.11)$$

де $S_{заг1}$, $S_{заг2}$ – вартість зіставлених заготовок, грн.;

N – річна програма випуску деталей, шт.

$$E_3 = (53,74 - 151,99) \times 4000 = 393000 \text{ грн}$$

З розрахунків можна зробити висновок, що доцільніше виготовляти заготовку методом. При цьому методі витрачається менше матеріалу, а отже і менше відходів.

									Арк.
									23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

На основі розробленого технологічного процесу для найточнішої поверхні – внутрішньої циліндричної $\varnothing 40H8^{(+0,039)}$ визначаємо міжопераційні розміри за допомогою ЕОМ.

Вихідні дані:

Кількість стадій обробки поверхні разом із заготівельною – 5:

- свердлування;
- напівчисте розточування;
- чистове розточування;
- шліфування.

Послідовність вибору елементів припуску:

1 Визначаємо висоту мікронерівностей Rz та глибину дефектного шару h:

а) для заготовки Rz = 150; T = 250 мкм [2, с.63, табл.4.3];

б) для переходів [2, с.64, табл.4.5]:

- свердлування Rz = 40; T = 60 мкм;
- розточування напівчистове Rz = 20; T = 25 мкм;
- розточування чистове Rz = 10; T = 20 мкм;
- шліфування Rz = 5; T = 15 мкм.

2 Визначаємо просторові відхилення:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \text{ мкм} \quad (6.1)$$

де $\rho_{зм}$ – величина зміщення заготівки на поверхні штампа, мкм;

$\rho_{зм} = 1000$ мкм (табл. 18, с.187 [4]);

$\rho_{кор}$ – величина короблення, мкм.

Величину короблення визначаємо за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta \times l, \text{ мкм} \quad (6.2)$$

де Δ – питома кривизна заготівки мкм/мм;

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$\Delta = 0,5 \text{ мкм/мм}$ (табл. 4.8, с.71 [3]);

l – середня довжина обробки деталі, мм.

Середню довжину обробки деталі визначаємо за формулою:

$$l = \frac{l_D}{2}, \text{ мм} \quad (6.3)$$

де l_D – повна довжина деталі, мм; $l_D = 50,4 \text{ мм}$.

$$l = \frac{50,4}{2} = 25,2 \text{ мм}$$

$$\rho_{\text{кор}} = 0,5 \times 25,2 = 12,6 \text{ мкм}$$

$$\rho_o = \sqrt{1000^2 + 12,6^2} = 1000 \text{ мкм}$$

Для решти операцій величину просторових відхилень визначаємо за формулою (с.73 [1]):

$$\rho_{\text{заг}} = k_y \times \rho_z, \text{ мкм} \quad (6.4)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми, залежить від виду обробки ([3], с.73):

- для свердлування $k_y = 0,06$;
- для напівчистого розточування $k_y = 0,05$;
- для чистового розточування $k_y = 0,04$;
- для шліфування $k_y = 0,02$.

Розраховуємо ρ для кожного переходу:

$$\rho_{\text{свер}} = 0,06 \times 1000 = 60 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{роз.напчист}} = 0,05 \times 1000 = 50 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{роз.чист}} = 0,04 \times 1000 = 40 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{шліф}} = 0,02 \times 1000 = 20 \text{ мкм}$$

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначаємо похибку установки деталі для закріплення в затискному пристосуванні з пневматичним затиском([3], табл.4.11 с.77-78):

- для свердлування $\varepsilon_{свер} = 130$ мкм;
- для напівчистого розточування $\varepsilon_{роз.напівчист} = 110$ мкм;
- для чистового розточування $\varepsilon_{роз.чист} = 100$ мкм;
- для шліфування $\varepsilon_{шліф} = 90$ мкм.

Отримані вихідні дані вводимо в програму на ЕОМ, яка виконує підрахунки припусків та міжопераційних розмірів результати представлені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Результати підрахунку на ЕОМ припусків та міжопераційних розмірів на Ø40H8

Расчетные значения		Принятые значения, мм								
припуск, мкм		расчетный размер, мм	расчетный размер	номинальный размер с предельными отклонениями	предельный размер		припуск, мкм			
мини	расч.				мини-мальный	макси-мальный	миним	расч.	макс.	
-	-	33.673	33.6	34,3	+1.300	33.6	35.6	-	-	-
					-0.700					
2817	4817	38.499	38.49	38.59	+0.150	38.49	38.74	2890	4890	5140
					-0.100					
451	701	39.266	39.2	39.2	+0.100	39.2	39.3	460	710	810
					0					
314	414	39.681	39.68	39.68	+0.062	39.68	39.742	380	480	542
					0					
257	319	40	40	40	+0.039	40	40.039	258	320	359
					0					

На основі підрахунків будемо схему розташування припусків та допусків, зображену на рисунку 6.1, яку потім розміщуємо на кресленні заготовки.

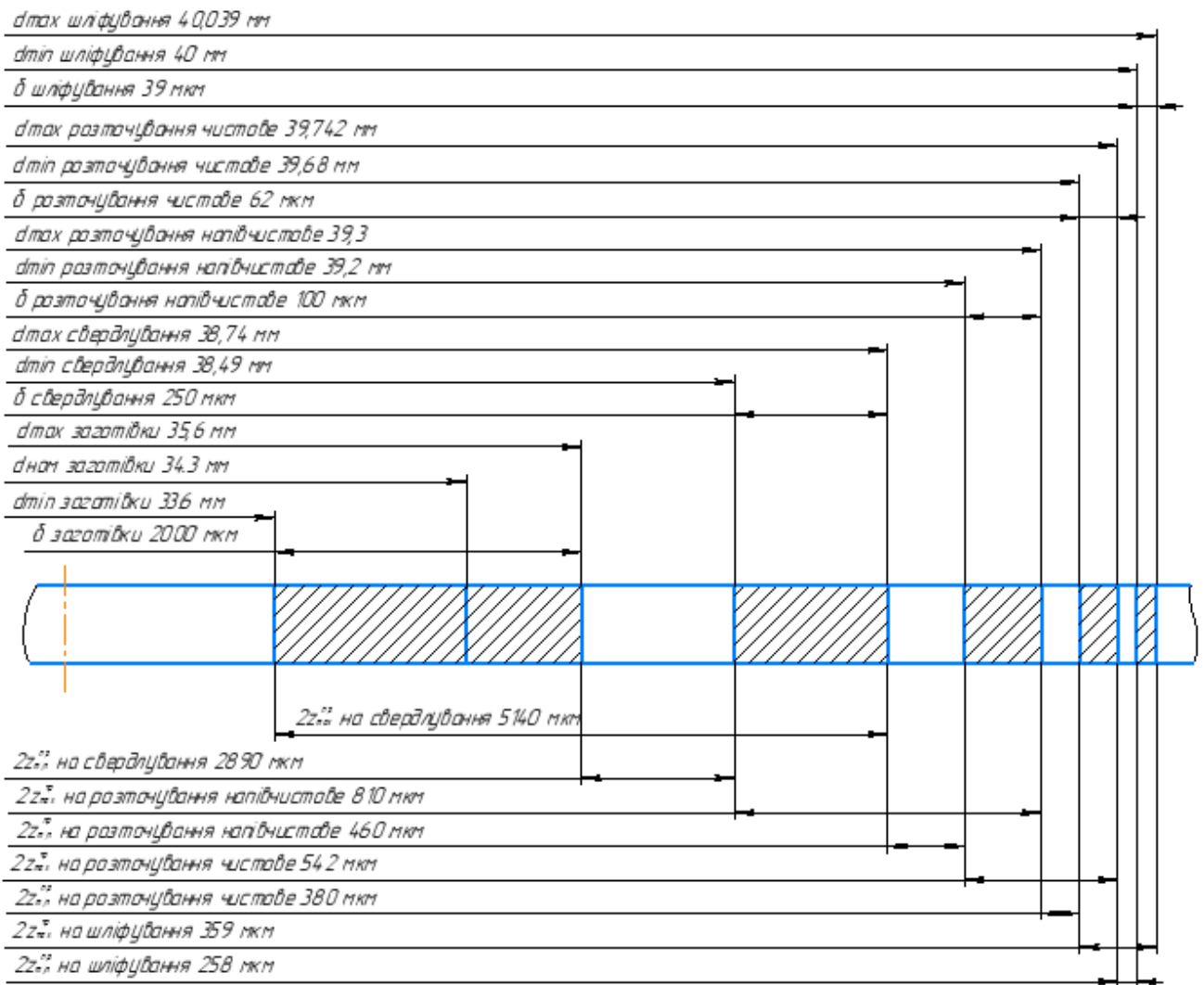


Рисунок 6.1 – Схема розташування припусків та допусків

6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Розглянемо заводський аналог технологічного процесу виготовлення деталі «колесо зубчасте».

Технологічний процес складений відповідно до виконання технічних вимог для одержання даної деталі (див. табл.6.2).

										Арк.
										27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ					

Таблиця 6.2 – Базовий технологічний процес

№ операції	Назва операції	Короткий зміст операції	Обладнання
1	2	3	4
005	Токарна з ЧПК	Точити зовнішню циліндричну поверхню, підрізати торці, свердлити отвір	Токарний напівавтомат з ЧПК моделі 16К20Т1
010	Токарна з ЧПК	Точити зовнішню циліндричну поверхню (під зуби), точити виточку	Токарний напівавтомат з ЧПК моделі 16К20Т1
015	Горизонтально-протяжна	Протягнути внутрішній паз	Горизонтально-протяжний напівавтомат моделі 7А534
020	Зубофрезерна	Нарізати зуби	Зубофрезерний напівавтомат моделі 5С277П
025	Зубошліфувальна	Шліфувати зуби	Зубошліфувальний верстат моделі 58П70В
030	Внутрішньо-шліфувальна	Шліфувати отвір	Внутрішшліфувальний верстат моделі 3К227В

Операція 015 горизонтально-протяжна.

На даній операції на горизонтально-протяжному напівавтоматі моделі 7А534 протягується паз в наступній послідовності згідно з рисунком 6.2:

- 1 установити, закріпити та зняти заготовку;
- 2 протягнути внутрішній паз, витримавши розміри 1-2.

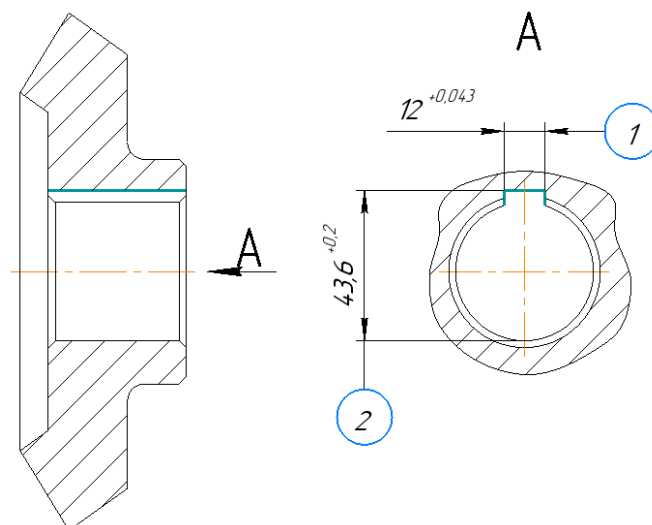


Рисунок 6.2 – Ескіз обробки заготовки на операції 015

									Арк.
									28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

Вибір схем базування і закріплення заготовки істотно впливає не тільки на точність і якість оброблюваних поверхонь, але і на подальше обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технічного оснащення. Обрана схема базування повинна забезпечувати як принцип постійності, так і принцип суміщення технологічної, конструкторської і вимірювальної баз, забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки та багатоінструментальної обробки поверхонь.

На цій операції заготовку можна встановити лише одним способом.

Заготовка встановлюється в адаптер спеціальний. Базування відбувається по лівому торцю та отвору. При протягуванні заготовка залишається нерухомою, а головний рух здійснює багатолезвий інструмент, а саме – протяжка. При такому базуванні заготовка лишається всіх 6-ти ступенів вільності (див. рис. 6.3).

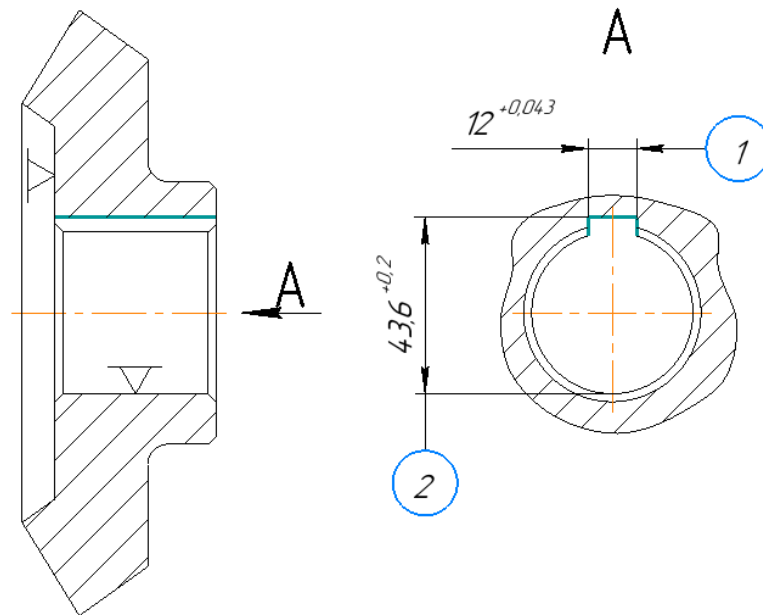


Рисунок 6.3 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 015

Операція 025 зубошліфувальна.

На операції на зубошліфувальному верстаті моделі 58П70В виконується шліфування зубів у наступній послідовності згідно з рисунком 6.4:

- 1 установити, закріпити та зняти заготовку;
- 2 шліфувати зуби, витримуючи розміри 1 та 2.

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

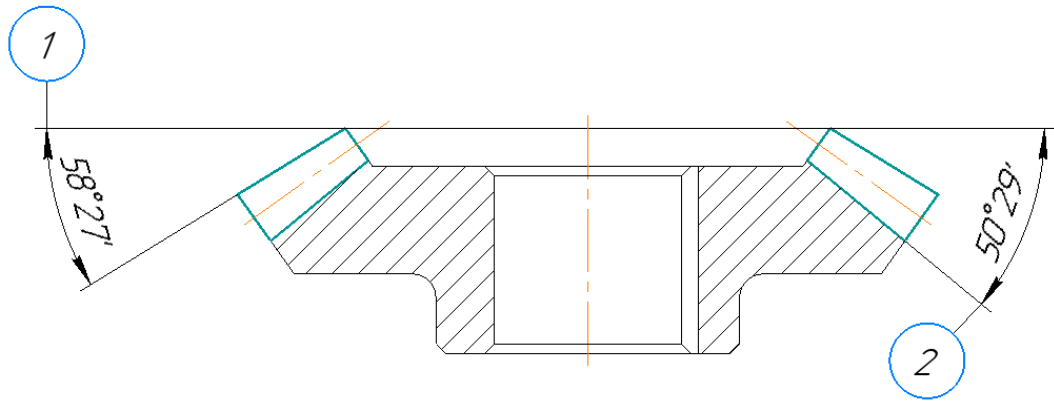


Рисунок 6.4 – Ескіз обробки заготовки на операції 025

На даній операції заготовку можна встановити лише одним способом.

Як головну поверхню приймаємо нижній торець заготовки, що є установчою базою і позбавляє заготовку 3-х ступенів вільності, а внутрішня циліндрична поверхня колеса зубчастого є подвійною опорною базою і позбавляє заготовку 2-х ступенів вільності У такий спосіб деталь позбавляється 5-ти ступенів вільності за допомогою установочної і подвійної опорної бази, шоста ступінь вільності звільняється силовим замиканням за допомогою затискного елемента (див. рис. 6.5).

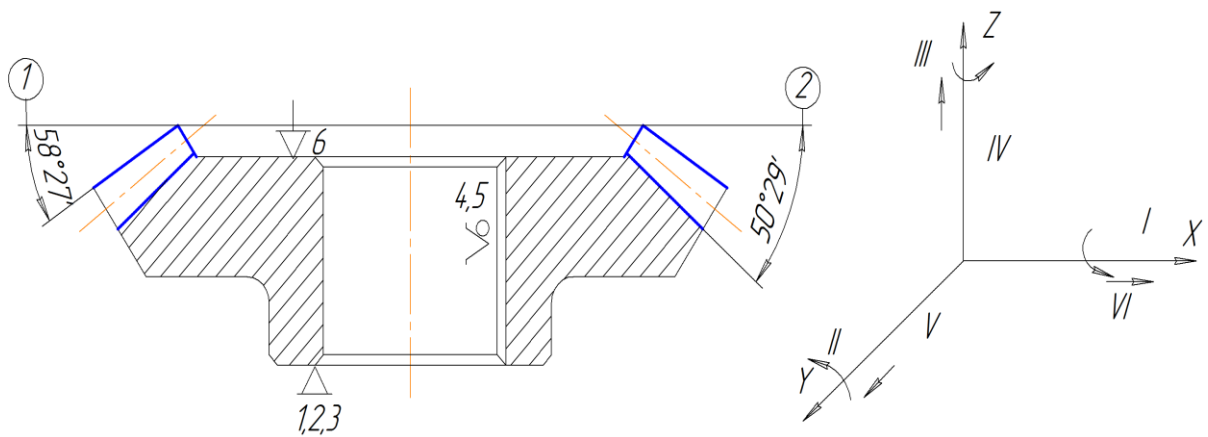


Рисунок 6.5 – Схема базування та закріплення заготовки на операції 025

Таблиця відповідностей і матриця зв'язків приведені в табл. 6.3 і табл. 6.4.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3	I, II, IV	УБ
4,5	V, VI	ПОБ
6	III	Вакансія

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 19090060-00 ПЗ

Арк.

30

На операції 015 горизонтально-протяжна використовується, згідно схеми базування, адаптер спеціальний. Деталь закріплюється по лівому торцю та центральному отвору.

На операції 025 зубшліфувальна використовується оправка спеціальна, яка являє собою пристосування, що проходить через центральний отвір деталі та притискає її до столу за допомогою шайби, що приводиться в рух за допомогою пневмоприводу.

При виборі різальних інструментів, їх типорозмірів та марки інструментального матеріалу враховуємо:

- методи обробки поверхонь;
- етапи обробки (чорнові, чистові та інші);
- використання змащувально-охолоджувальних рідин та їх вид;
- габарити верстатів;
- матеріал заготовки та її стан.

Спочатку обирають матеріал різальної частини. Вибираючи різальний інструмент, орієнтуємося на універсальні та стандартизовані інструменти.

На операції 015 обробка виконується протяжкою шпонковою однопрохідною з плоским тілом ГОСТ 18217-90.

На операції 025 обробка виконується кругом шліфувальним 2П 250×76×10 α 40° К ГОСТ 2424-83.

При виборі контрольно-вимірювальних інструментів враховуємо:

- точність вимірювання;
- трудомісткість вимірювання;
- тип виробництва.

Для контролю поверхонь даного колеса зубчастого на операції 015, де відбувається протягування шпонкового пазу, використовується калібр-пробка для контролю шпонкового з'єднання спеціальна.

На операції 025 для контролю поверхонь, де відбувається шліфування зубів, застосовується колесо зубчасте вимірювальне спеціальне.

									Арк.
									33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

6.5 Розрахунки режимів різання

Розрахунок режимів різання на горизонтально-протяжну операцію №015.

Для проведення даної операції приймаємо протяжку шпонкову однопрохідну з плоским тілом $b = 12,9$ мм, матеріал ріжучої частини Р6М5 ГОСТ 18217-90.

Глибину різання визначаємо за формулою:

$$t = h - D, \text{ мм} \quad (6.5)$$

$$t = 43,6 - 40 = 3,6 \text{ мм}$$

Подача на зуб протяжки $S_z = 0,06$ мм/зуб ([6], дод. 106 с. 678).

Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = V_{\text{табл}} \times K_1 \times K_2, \text{ мм} \quad (6.6)$$

де $V_{\text{табл}}$ – швидкість різання; $V_{\text{табл}} = 8$ м/хв ([6], дод.106 с.678);

K_1 – коефіцієнт, який враховує механічні властивості заготовки $K_1 = 1,29$;

K_2 – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки $K_2 = 1,0$.

$$V = 8 \times 1,29 \times 1,0 = 10,3 \text{ м/хв}$$

Зусилля на повзуні визначаємо за формулою:

$$F_z = F \times \Sigma B, \text{ Н} \quad (6.7)$$

де B – периметр різання, мм (дорівнює довжині контуру заготовки, який оброблюється); $B = 16$ мм ([6], дод. 106 с. 678).

F – сила різання на 1 мм довжини леза, $F = 177$ Н.

$$\Sigma B = B \times \left(\frac{z_e}{z_c} \right), \text{ мм} \quad (6.8)$$

де z_c – число зубів у секції протяжки при прогресивній схемі різання; $z_c = 2$;

z_e – найбільше число одночасно ріжучих зубів.

Число одночасно ріжучих зубів знаходимо за формулою:

$$z_e = \frac{L}{t} + 1 \quad (6.9)$$

де L – довжина оброблюємої поверхні, $L = 40$ мм;

									Арк.
									34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

t – крок ріжучих зубів, $t = 9$ мм.

$$z_e = \frac{40}{9} + 1 \approx 5$$

$$\Sigma B = 16 \times \left(\frac{5}{2}\right) = 40 \text{ мм}$$

Отже, зусилля на повзуні:

$$F_z = 177 \times 40 = 7080 \text{ Н}$$

Тягова сила верстата моделі 7А534 $F_T = 204000$ Н.

Отже, умова виконується $7080 \text{ Н} < 204000 \text{ Н}$.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L + L_1 + L_2}{V \times 1000} \times 1,5 \text{ хв} \quad (6.10)$$

$$L = L_{\text{рп}} + L_{\text{д}}, \text{ мм} \quad (6.11)$$

де $L_{\text{рп}}$ – довжина ріжучої частини протяжки, мм;

$L_{\text{рп}} = 486$ мм ([6], дод. 106 с. 678).

$L_{\text{д}}$ – довжина різання, $L_{\text{д}} = 40$ мм.

$$L = 486 + 40 = 526 \text{ мм}$$

L_1 – довжина врізання, $L_1 = 20$ мм;

L_2 – довжина перебігу протяжки, $L_2 = 40$ мм;

1,5 – коефіцієнт, який враховує прискорене повернення протяжки до початкової позиції.

$$T_o = \frac{526 + 20 + 40}{10,3 \times 1000} \times 1,5 = 0,09 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на зубошліфувальну операцію №025.

На даній операції виконується шліфування зубів на верстаті моделі 58П70В з допомогою шліфувального круга 2П 250×76×10 α 40° К ГОСТ 2424-83.

Глибина шліфування $t = (0,04 \dots 0,05)$ мм ([4], табл.4 с.637).

Приймаємо $t = 0,04$ мм.

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

Визначаємо подачу на подвійний хід по [4], табл.4 с.637.

Приймаємо $S_{2x} = 1,9$ мм/подв. хід.

Визначаємо подачу на оберт заготовки за формулою:

$$S = 0,25 \times H, \text{ мм/об} \quad (6.12)$$

де H – ширина круга, мм. $H=10$ мм

$$S = 0,25 \times 10 = 2,5 \text{ мм/об}$$

Вибираємо швидкість обертання шліфувального круга по [5], табл.55 с.30.

Приймаємо $V = 30$ м/с.

Частоту обертання шліфувального круга визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \times 60 \times V}{\pi \times d}, \text{ об/хв} \quad (6.13)$$

$$n = \frac{1000 \times 60 \times 30}{3,14 \times 250} = 2292 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата моделі 58П70В:

$$n_{\pi} = 1920 \text{ об/хв}$$

Вибираємо швидкість обертання заготовки по [5], табл.55 с.301.

Приймаємо $V_{\text{заг}} = 20$ м/хв.

Частоту обертання заготовки визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d}, \text{ об/хв} \quad (6.14)$$

$$n = \frac{1000 \times 20}{3,14 \times 145,81} = 43 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортними даними верстата моделі 58П70В:

$$n_{\pi} = 50 \text{ об/хв}$$

Визначаємо основний час обробки на даному переході за формулою:

$$T_o = \frac{L \times z}{S_o \times n_o} \times K, \text{ хв} \quad (6.15)$$

де L – довжина обробки, мм;

										Арк.
										36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

z – число зубів колеса, яке шліфується; $z = 28$ (див. креслення);

K – коефіцієнт, який враховується при шліфуванні, $K=1,4$.

$$L = B+6, \text{ мм} \quad (6.16)$$

де B – ширина зуба, $B = 16,4$ мм.

$$L = 16,4+6 = 22,4 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{22,4 \times 28}{2,5 \times 50} \times 1,4 = 7,02 \text{ хв}$$

6.6 Технічне нормування операції

Розраховуємо технічне нормування на операцію 015.

Знаходимо норму допоміжного часу:

$$T_d = T_{\text{уст}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{вим}}, \text{ хв} \quad (6.17)$$

де $T_{\text{уст}}$ – час на установку і зняття деталі, $T_{\text{уст}} = 0,06$ хв (табл. 5.3, с. 201 [3]);

$T_{\text{пер}}$ – час пов'язаний з переходом, $T_{\text{пер}} = 0,245$ хв (табл. 5.8, с. 204 [3]);

$T_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $T_{\text{вим}} = 0,075$ хв (табл. 5.14, с. 208 [3]).

Отже, допоміжний час становить:

$$T_d = 0,06 + 0,245 + 0,075 = 0,38 \text{ хв}$$

Оскільки дане колесо зубчасте виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва розраховуємо технічні норми штучно-калькуляційного часу.

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}}/N_{\text{зап}}, \text{ хв} \quad (6.18)$$

де $T_{\text{шт}}$ – штучний час виконання операції;

$T_{\text{п.з}}$ – підготовчо-заклучний час;

$N_{\text{зап}}$ – кількість заготовок в партії запуску.

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{техн.обсл}} + T_{\text{орг.обсл}} + T_{\text{відп}}, \text{ хв} \quad (6.19)$$

де $T_{\text{оп}}$ – оперативний час виконання операції;

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_d, \text{ хв} \quad (6.20)$$

									Арк.
									37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Підставляємо значення:

$$T_{оп} = 0,09 + 0,38 = 0,47 \text{ хв}$$

$T_{техн.обсл} = 3,5 \%$ від $T_{оп}$ – технічне обслуговування робочого місця [6], с.32-63 карта 2, поз.17;

$T_{орг.обсл} = 4,3 \%$ від $T_{оп}$ – організаційне обслуговування робочого місця [6], с.32-63 карта 2, поз.17.

$T_{відп} = 2,2 \%$ від $T_{оп}$ – час на відпочинок і особисті потреби [6], с.203, карта 88.

Підставляємо значення:

$$T_{шт} = 0,47 + 0,016 + 0,02 + 0,01 = 0,516 \text{ хв}$$

Отже, штучно калькуляційний час становить:

$$T_{шт-к} = 0,516 + 18/378 = 0,564 \text{ хв}$$

Виконуємо технічне нормування для операції 025.

Знаходимо норму допоміжного часу за формулою 6.17:

$$T_d = T_{уст} + T_{пер} + T_{вим}, \text{ хв}$$

де $T_{уст} = 0,076 \text{ хв}$ (табл. 5.3, с. 201 [3]);

$T_{кр} = 0,615 \text{ хв}$ (табл. 5.8, с. 202-203 [3]);

$T_{вим} = 0,17 \text{ хв}$ (табл. 5.14, с. 208 [3]).

Отже, допоміжний час становить:

$$T_d = 0,076 + 0,615 + 0,17 = 0,86 \text{ хв}$$

Технічні норми штучно-калькуляційного часу та складових розраховуємо за формулами 6.35-6.37:

$$T_{оп} = 7,02 + 0,86 = 7,88 \text{ хв}$$

Підставляємо значення:

$$T_{шт} = 7,88 + 0,276 + 0,339 + 0,173 = 8,668 \text{ хв}$$

Отже, штучно калькуляційний час становить:

$$T_{шт-к} = 8,668 + 23/378 = 8,73 \text{ хв}$$

									Арк.
									38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

Точність розташування

На кресленні вказане відхилення торцевого биття 80 мкм

Шорсткість оброблюваних поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення $Ra = 6,3$ мкм.

Визначення кількісних і якісних відомостей про заготовку, котра надходить на операцію

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових. Для кількісної оцінки параметрів поверхонь, які можуть виступати в ролі базових, проводимо аналіз точності їхніх розмірів, точності форми, точності розташування та ступеня їхньої шорсткості.

Оскільки конструкція проектного пристрою припускає закріплення заготовки по внутрішній циліндричній поверхні, то базовою поверхнею може виступати отвір $\varnothing 39,6$.

Довжина отвору 40 мм. Відношення довжини отвору до його діаметра менше двох, що дає можливість використання отвору як подвійну опорну технологічну базу.

Пристосування складається з наступних елементів: корпус, на якому встановлена кришка та пневмопривід, затискні елементи: пневмопривід мембранного типу, швидкоз'ємна шайба, установочні елементи: кришка, корпус.

Пристосування на столі верстата закріплюється за допомогою шести болтів.

Деталь з внутрішнім отвором $\varnothing 39,6$ встановлюється на направляючу втулку-центровик, а торець впирається в основу пристосування

Розраховуємо похибку установки за формулою:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_6^2}, \text{ мм} \quad (7.1)$$

де $\Delta \varepsilon_3$ – похибка закріплення, $\Delta \varepsilon_3 = 0,02$ мм;

$\Delta \varepsilon_6$ – похибка базування, мм.

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

Похибку базування знаходимо за формулою:

$$\Delta \varepsilon_{\delta} = \delta_a + \delta_b, \text{ мм} \quad (7.2)$$

де δ_a – допуск на діаметр отвору, $\delta_a = 0,039$ мм;

δ_b – допуск на діаметр оправки, $\delta_b = 0,04$ мм.

$$\Delta \varepsilon_{\delta} = 0,039 + 0,04 = 0,079 \text{ мм}$$

Отже, похибку установки становить:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{0,02^2 + 0,079^2} = 0,0815 \text{ мм}$$

Визначаємо необхідне зусилля для затиску заготовки за формулою:

$$W = 2 \times F_z \times K \times \frac{D}{(D_1 + d)} \times f, \text{ Н} \quad (7.3)$$

де f – коефіцієнт тертя між шайбою та заготовкою, $f = 0,1 \dots 0,15$;

K – коефіцієнт запасу, $K = 1$;

D – діаметр деталі, $D = 145,81$ мм;

D_1 – діаметр шайби, $D_1 = 70$ мм;

d – діаметр оправки, $d = 39,6$ мм;

F_z – окружна сила різання, Н.

Окружну силу різання розраховуємо за формулою:

$$F_z = C_F \times m^{1,4} \times S^{0,95} \times t^{1,4} \times V^{-0,28} \times K_o \times K_m \times 9,81, \text{ Н} \quad (7.4)$$

де C_F , K_o , K_m – коефіцієнти сили різання; $C_F = 15$, $K_o = 0,39$, $K_m = 1,07$;

m – модуль, $m = 5$.

$$F_z = 15 \times 5^{1,4} \times 1,3^{0,95} \times 11,25^{1,4} \times 31,5^{-0,28} \times 0,39 \times 1,07 \times 9,81 = 8454 \text{ Н}$$

Отже, зусилля для затиску заготовки становить:

$$W = 2 \times 8454 \times 1 \times \frac{0,14581}{(0,07 + 0,04)} \times 0,15 = 3362 \text{ Н}$$

Силу приводу, яка необхідна для закріплення заготовки, визначаємо за

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

формулою:

$$F_{\text{пр}} = \frac{W}{\eta}, \text{ Н} \quad (7.5)$$

де η – коефіцієнт корисної дії силового приводу, $\eta = 0,85$.

$$F_{\text{пр}} = \frac{3362}{0,85} = 3955 \text{ Н}$$

Розраховуємо розміри приводу затиску.

Діаметр діафрагми розраховуємо за формулою:

$$D_{\text{діаф}} = \sqrt{\frac{F_{\text{пр}}}{0,58 \times \rho \times \eta}}, \text{ мм} \quad (7.6)$$

$$D_{\text{діаф}} = \sqrt{\frac{3955}{0,58 \times 0,4 \times 0,85}} = 142 \text{ мм}$$

По нормативам [7], табл.11 с.450 приймаємо найближче значення діафрагми $D_{\text{діаф}} = 160 \text{ мм}$.

Розраховуємо діаметр опорної шайби штока за формулою:

$$D_{\text{шт}} = 0,7 \times D_{\text{діаф}}, \text{ мм} \quad (7.7)$$

$$D_{\text{шт}} = 0,7 \times 160 = 112 \text{ мм}$$

Принцип дії пристосування.

Для затискання деталі стиснуте повітря подається в штокову порожнину. Під дією повітря мембрана 3 натягується, змінюючи положення штока 5 і притискає деталь зверху за допомогою шайби 7. Для того, щоб зняти деталь після закінчення обробки, закінчується подача стиснутого повітря, мембрана 3 повертається в початкове положення, і звільняє деталь.

					ТМ 19090060-00 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час виконання даного дипломного проекту було виконано наступне:

– проведено аналіз службового призначення виробу (електронавантажувача) та його складової деталі – колеса зубчастого. Крім цього було виконано опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації;

– проведено аналіз технічних вимог на виготовлення колеса зубчастого, де було проаналізовано точність розмірів та шорсткості, що ставлять до деталі;

– визначено тип виробництва – дрібносерійний (при річному випуску 4000 штук);

– порівняно два методи отримання заготовки, та був обраний метод штамповки. При цьому методі витрачається менше матеріалу, а отже і менше відходів;

– базовий технологічний процес відповідає принципам проектування: поетапної обробки, постійності баз та суміщення конструкторських, вимірювальних і технологічних баз, тому не зазнав значних змін в маршрутній обробці;

– за допомогою ЕОМ були розраховані припуски на найточнішу внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 40^{+0.039}$ мм;

– на операції 015 горизонтально-протяжна та 025 зубошліфувальна були розраховані режими різання та норми часу;

– було розроблено креслення заготовки, та маршрутну карту на якій висвітлені операції 015 та 025;

– у відповідності з дрібносерійним типом виробництва та вимогами до дипломного проекту розроблено спеціальний верстатний пристрій, що забезпечує точність базування і надійність закріплення заготовки на операціях 020 та 025.

Всі запропоновані нововведення направлені на зниження собівартості деталі та надання їй конкурентоспроможності.

									Арк.
									43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» /Укладач О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 53 с.

2 Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. - 4-е изд., перераб. и доп.-Минск: Вышэйш. школа, 1983.- 256 с.

3 Справочник технолога - машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 1 - 656 с.

4 Справочник технолога - машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - Т. 2. - 496 с.

5 Панов А.А., Аникин В.В. Обработка металлов резанием: Справочник технолога; Под общ. Ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 2004.-784 с.

6 Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. - М.: Машиностроение, 1974. - 434 с.

7 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов.–Суми : Сумський державний університет, 2011.–55 с.

8 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

9 ГОСТ 26645-85. Отливки из металлов и сплавов.

									Арк.
									44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

10 Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник-Л.: Машиностроение, Ленингр. отд - ние, 1983. - 464 с.

11 Горохов В.А. Проектирование и расчет приспособлений. Минск, 1986.- 240 с.

12 Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков: Расчеты и конструкции. - 3-е изд., стереот. - М.: Машиностроение, 1966.

13 Чумаков Г.С. “Методические указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений для студентов специальностей: 7.090202, 7.090203, 7.090204 всех форм обучения” – Сумы изд-во СумГУ, 1997 – 36с.

14 Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Вид. 2-е, стереотипне. - Львів: Афіша, 2000. - 348 с.

					ТМ 19090060-00 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выбор способа получения исходной заготовки.

Расчет произвел(а) 01.06.2021 студент(ка) группы ТМс3-71к Шершак Є.О.

Исходные данные

Форма детали - Тело вращения
Материал детали - Конструкционная легированная сталь
Производственная программа - 4000 шт
Масса детали - 3,23 кг
Наибольший размер - 145,81 мм
Минимальная толщина - 12,5 мм
Форма детали - Корпус шестеренки
Группа сложности отливки - 1 группа
Класс точности отливки - 1
Диаметр, ширина - 46 мм
Группа сложности поковки - 1 группа
Группа сложности штамповки - 2 группа
Профиль проката - Крут
Резка на отрезных станках дисковыми пилами
Правка проката на автоматах

Допустимые методы получения и их стоимость

Литье в песчаные формы (машинная формовка): 11,10 грн
Ковальное литье: 9,28 грн
Крут: 2,31 грн

					ТМ 19090060-00 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

Принцип улаштування і розрахунок природної і штучної вентиляції.

Вентиляція являє собою сукупність заходів і засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях і зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, які відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене чи нагріте повітря і подати свіже.

Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена (природна і штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна і припливно-витяжна;
- за місцем дії – загальнообмінна, місцева та комбінована.
- за призначенням – для розчину шкідливих речовин до допустимих концентрацій та для усунення з приміщень надлишків тепла, пилу і вологи.

Природна вентиляція здійснюється через витяжні канали, шахти та квартирки приміщень. Вона дозволяє подавати і видаляти із приміщень великі об'єми повітря без застосування вентиляторів, через це вона дешевша від механічної.

Ця вентиляція являє собою труби прямокутного чи круглого перерізу, які проходять через стельове перекриття і дах будівлі. Нижній кінець труб знаходиться в приміщенні, а верхній трохи вище гребеня даху будівлі. Через ці труби здійснюється природне відсмоктування повітря із приміщення. Притоки чистого повітря потрапляють теж у приміщення через щілини у дверях, вікнах та стінах будівлі. Для більш інтенсивного повітрообміну в деяких будівлях роблять припливні канали у нижній частині стін.

Переміщення повітря з приміщення по витяжних трубах відбувається за рахунок різниці об'ємної ваги зовнішнього і внутрішнього повітря.

Природна вентиляція під дією теплового напору здійснюється природними (гравітаційними) силами, що викликаються силами земного тяжіння. Повітря

									Арк.
									47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ

приміщення, що більш тепле, чим зовнішнє, підіймається уверх, створюючи розрядження в нижній зоні, а верхній - підвищений тиск, за рахунок чого він виходить, через пройми у даху або стінах, зовні. У нижню зону надходить свіже зовнішнє повітря. Тиск повітря, що виникає в результаті перепаду температур, називається тепловим, або гравітаційним.

Для розрахунку природної вентиляції необхідна площа приливних $F_{пр}$ та витяжних $F_{в}$ вентиляційних отворів, які забезпечують потрібний повітрообмін визначають за формулами:

$$F_{пр} = \frac{I_{пр}}{3600 \mu \sqrt{2gh_n (\gamma_z - \gamma_v) \gamma_v}}$$

$$F_{в} = \frac{I_{в}}{3600 \mu \sqrt{2gh_v (\gamma_z - \gamma_v) \gamma_v}}$$

де $I_{пр}$ і $I_{в}$ – необхідна кількість (за масою) повітря, яке відповідно надходить і видаляється з приміщення, кг/год.;

μ – коефіцієнти витрат, які залежать від конструкції отвору (0,7 - 0,9);

γ_z і γ_v – питома вага зовнішнього і внутрішнього повітря, кг/м³;

h_n і h_v – відстань від центру відповідно нижнього (припливного) та верхнього (витяжного) отвору до нейтральної зони, м;

g – прискорення вільного падіння, 9,8м/с².

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати, підігрівати та зволожувати) та цілеспрямовано подавати повітря до робочої зони. Також, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрозбір в найбільш чистій зоні території підприємства та за її межами.

Розрізняють чотири основні схеми організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції: зверху вниз, зверху вверх, знизу вверх, знизу вниз.

Коли у виробничих приміщеннях виділяються гази і пари з густиною, яка перевищує густину повітря (пари кислот, бензину, гасу та ін.), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря із

									Арк.
									48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 19090060-00 ПЗ				

вентиляції в цехах де виділяються шкідливі речовини, використовуємо формулу :

$$L = \frac{U}{k_1 - k_2} \quad (\text{м}^3/\text{год})$$

де U – кількість шкідливих виділень в цеху, мг/год;

k_1 – гранично-допустима концентрація шкідливих виділень в повітрі цеху, мг/м³ ;

k_2 – концентрація шкідливих виділень приливному повітрі.

Для цехів з виділенням надлишкового тепла :

$$L = \frac{Q}{C\gamma(t_b - t_n)}$$

де $Q_{\text{над}}$ – надлишкове тепло в цеху, КДж/год;

C – питома теплоємність повітря;

γ – густина припливного повітря;

t_b – температура повітря, що виходить з цеху;

t_n – температура припливного повітря.

Для приміщень де не утворюються шкідливі виділення і надлишкове тепло та немає необхідності у створенні метеорологічного комфорту:

$$L = ln$$

де l – мінімальне подання повітря на одного працюючого відповідно до санітарних норм, 20-30 м³/год;

n – кількість працівників у приміщенні.

									Арк.
									50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 19090060-00 ПЗ