

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«_____» _____ 2021 р.

Проектування технологічного процесу виготовлення

вала Н17.011.101.01

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Сергій ЛУК'ЯНЕНКО

Керівник

Іван ДЕГТЯРЬОВ

Нормоконтроль

Юлія ДЕНИСЕНКО

РЕФЕРАТ

Записка: 48 с., 6 рис., 9 табл., 4 джерел посилань.

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення вала Н17.011.101.01.

Об'єкт роботи: вал Н17.011.101.01 відцентрового насоса ЦНА 200-180, технологічний процес його виготовлення.

Предмет роботи: структура та параметри технологічного процесу виготовлення вала Н17.011.101.01.

У роботі був проведений аналіз службового призначення машини (відцентрового насоса ЦНА-200-180), вузла (ротора), деталі (вала Н17.011.101.01). Проаналізовано технічні вимоги на виготовлення деталі. Визначено тип виробництва й організаційні умови праці. Виконано обґрунтування способу отримання заготовки. Виконано детальний аналіз двох технологічних операцій: обґрунтовано схеми базування і закріплення заготовки, вибрані металорізальні верстати й технологічну оснастку, визначені режими різання, технічні норми часу.

Спроектовано спеціальний комбінований патрон для установки заготовки на токарній з ЧПК операції.

**НАСОС, ВАЛ, ПРОКАТ, ПИЛКА, ШЛІФУВАЛЬНИЙ КРУГ,
ТОКАРНИЙ ПАТРОН.**

Зміст

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі й умов її експлуатації	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі	11
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	19
5 Обґрунтування вибору способу отримання заготовки.....	21
6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі	24
6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання	24
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки	26
6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування.....	29
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту	31
6.5 Визначення режимів різання.....	32
6.6 Технічне нормування операції.....	35
7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки	38
Висновки	47
Перелік джерел посилань	48

					<i>ТМЗ 19190018-00.ПЗ</i>				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення вала Н17.011.101.01</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів	
							3	48	
Розроб.	<i>Лук'яненко</i>						<i>СумДУ</i>		
Перевір.	<i>Дегтярьов</i>								
Н. контр.	<i>Денисенко</i>								
Затверд.	<i>Іванов</i>								

Вступ

Об'єктом курсової роботи є вал Н17.011.101.01, що входить до складу роторного вузла відцентрового насоса ЦНА 200-180. Насос ЦНС 200-180 відносять до насосів спеціального призначення і використовують в різних системах блоків АЕС з реакторами ВВЕР-1000 РБМК (система підживлення продувки І контуру, система розхолодження, спринклерна система, система пожежогасіння). Усі перелічені системи характеризуються високою надійністю та довговічністю, що забезпечуються високою якістю їх окремих деталей та якістю складання вузлів та машин в цілому. Тож удосконалення технологічного процесу виготовлення вала Н17.011.101.01 є актуальним завданням, що ставить на меті забезпечення технічних вимог, зазначених робочим кресленням деталі.

Для обґрунтування запропонованих нововведень в роботі виконаний аналіз вихідних даних, зокрема, аналіз службового призначення машини, вузла, деталі, конструктивних особливостей деталі й умов її експлуатації, технічних вимог на її виготовлення, типу виробництва.

Запропоновані нововведення щодо вибору схем базування і закріплення заготовки, застосовуваних верстатів та оснастки, режимів різання та технічних норм часу.

Для підвищення ефективності токарного верстата з ЧПК спроектовано спеціальну конструкцію комбінованого токарного патрону з гідравлічним приводом.

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

Службове призначення виробу.

Вал Н17.011.101.01 входить до складу роторного вузла відцентрового насоса ЦНА 200-180 (див. таблицю 1.1), який відноситься до насосів спеціального призначення і використовується в різних системах блоків АЕС з реакторами ВВЕР-1000 РБМК (система підживлення продувки I контуру, система розхолодження, спринклерна система, система пожежогасіння).

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики насоса ЦНС 200-180

Марка насоса	Подача, м ³ /год	Напір, м	Частота обертання об/хв	Потужність ЕД, кВт	Габаритні розміри агрегата, мм	Маса агрегата, кг
ЦНА 200-180	160*	145*	3000	110	2655×850×1650	2350

Спеціальні насоси – відцентрові, багатоступінчасті або з колесом подвійного входу, горизонтальні, з кованим або литим корпусом. Матеріал корпусу – аустенітна сталь. В якості приводу насосів використовуються електродвигуни. Вал двигуна і насоса з'єднується між собою зубчастою або пружною пластинчастою муфтою.

За частоти обертання 49 Гц:

- рівень звукової потужності, дБ – не більше 107;
- тиск на вході в насос, МПа – не більше 0,98.

Граничний тиск – 2,9 МПа.

						Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Умовне позначення насоса і агрегату ЦНА 200-180: ЦНА – насос відцентровий.

Пристрій і принцип роботи насоса.

Принцип дії насоса полягає в перетворенні одержуваної від приводу динамічної енергії в потенційну енергію тиску, кінетичну енергію потоку рідини, що перекачується за рахунок взаємодії з рідиною робочих коліс ротора і напрямних апаратів насоса.

Насос типу ЦНА 200-180 – відцентровий, горизонтальний, секційний, однокорпусний з одностороннім розташуванням коліс, з гідравлічною п'ятою, підшипниками ковзання і кільцевими ущільнювачами комбінованого типу – щільне ущільнення й ущільнення з м'яким сальниковим набиванням або торцеве ущільнення.

Базовими деталями насоса є кришки вхідні напірні з лапами, розташованими в площині, паралельній горизонтальній осі насоса. Вхідний патрубок – горизонтальний, напірний патрубок – спрямований вертикально вгору. Щоб уникнути перетікання води по валу, є щільний металевий контакт в стиках. В секціях за напруженими посадками установлені напрямні апарати. Від провороту напрямні апарати стопоряться в секціях штифтами.

Ротор насоса складається їх робочих коліс, посаджених на вал за посадкою ковзання на шпонки, захисних втулок, гільз, інших деталей, що складаються на валу. Для запобігання попадання масла до підшипників, передбачені колеса масловідбійні на валу. Опорами ротора слугують підшипники ковзання.

Насос не може працювати в лужних умовах. Повинен працювати в закритих приміщеннях, встановлюватися в горизонтальній площині без вібрацій, закріплюватися на установчій поверхні.

Корпус насоса розроблений і повинен бути виготовлений відповідно до ПНАЕГ-7-008-89 «Правила будови і безпечної експлуатації обладнання і трубопроводів атомних енергетичних установок».

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Робоче колесо масловідбійне призначене для захисту від попадання масла до підшипника.

Вал ротора насоса ущільнюється механічним ущільненням торця. Розвантаження осьових сил здійснюється в більшості випадків за допомогою гідравлічної п'яти. Напрямок обертання ротора насоса – правий (за годинниковою стрілкою) якщо дивитися з боку приводного кінця вала, і вказано стрілкою на вхідній кришці. В якості приводу насоса використовується асинхронний двигун типу 4AM225M2У3. Насос з електродвигуном з'єднується за допомогою півмуфти.

Комплектно з агрегатом поставляються контрольні прилади, зокрема, манометр і манометр-вакуумметр для контролю тиску на вході і виході з насоса.

Вал Н17.011.101.01 призначений для установки робочих коліс насоса і передачі обертального моменту від півмуфти до робочих коліс. Вал є тілом обертання циліндричної форми.

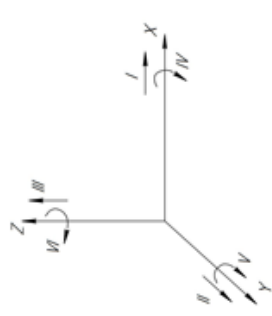
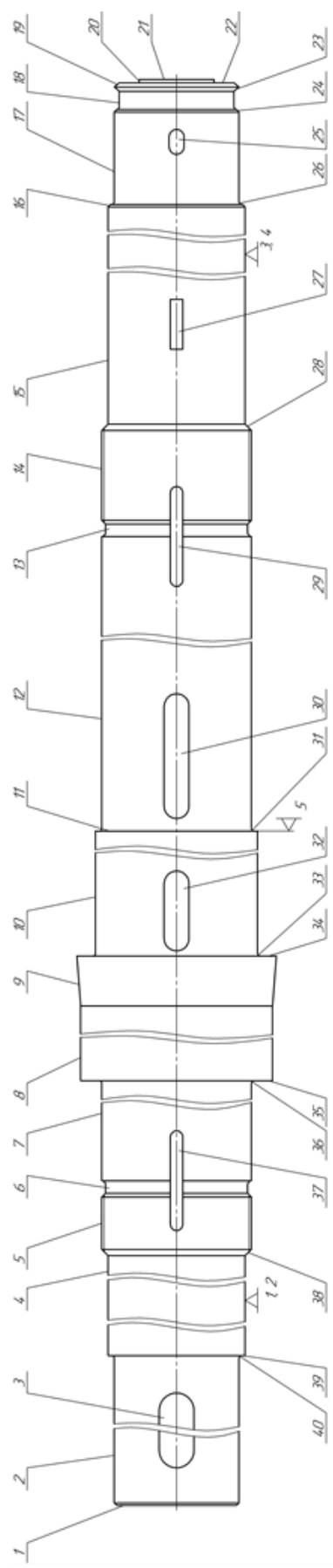
Вал є однією з основних деталей вузла ротора. Він призначений для передачі крутного моменту від електродвигуна до насоса.

Ескіз деталі і нумерація поверхонь вала представлені на рисунку 1.1.

Класифікація поверхонь, див. рисунок 1.1:

- виконавчі поверхні: 3, 32;
- основні конструкторські бази: 4, 15, 11;
- допоміжні конструкторські бази: 2, 39, 4, 5, 37, 7, 35, 10, 32, 34, 14, 29, 15, 17, 26, 18, 25.
- вільні поверхні: інші.

						Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Таблиця відповідності

Зв'язок	Співвідношення	Назив/Дані бази
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ДНБ
5	I	ОБ
Вказівка	-	-

Матриця зв'язків

Зв'язок	X	Y	Z	Назив/Дані бази
L	0	1	1	ПБ
a	0	1	1	ПБ
L	1	0	0	ОБ
a	0	0	0	ОБ
L	0	0	0	-
a	0	0	0	-

Рисунок 1.1 – Ескіз деталі

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Циліндрична поверхня 2 і торець 39 призначені для установки півмуфти. Шпонка, що встановлюється в пазу 3 через бокову поверхню паза, передає обертання валу і встановленим на нього колесам.

Поверхні 4 і 15 використовуються для установки вала в підшипниках. Також на поверхнях 4 і 15 розташовуються лабіринтові шайби.

Різьбові поверхні 5 і 14 призначені для установки на валу гайок, які фіксують оболонку. Гайки фіксуються від проворота стопорними шайбами, лапи яких встановлюються в пазах 29 і 37 відповідно.

Канавки 6 і 13 виконують технологічні функції і призначені для виходу інструмента при нарізанні різьби 5 і 14.

Циліндричні поверхні 7, 12 і торцеві поверхні 35, 11 призначені для установки оболонки (ліворуч) і оболонки з диском розвантажувальним (праворуч). Передача обертання розвантажувального диску здійснюється за допомогою шпонки, яка встановлюється в пазу 30.

Циліндрична поверхня 14 призначена для установки робочих коліс з упором в торець 34. При цьому обертання робочим колесам передається за допомогою шпонок, що встановлюються в пазах 32 (8 пазів).

Циліндрична поверхня 17 і торцева поверхня 26 призначені для установки торцевого ущільнення, поворот якого щодо вала запобігається шпонкою, яка встановлюється в пазу 25.

Канавка 18 призначена для установки стопорного кільця.

Лиска 27 виконує технологічне призначення і призначена для виміру твердості. На рисунку 1.1 не показані центрові отвори, які використовуються при базуванні заготовки в процесі обробки на токарних і кругло-шліфувальних операціях, а також під час термічного оброблення.

Довговічність цієї деталі лімітує довговічність складальної одиниці – ротора, складальної одиниці вищого порядку – насоса і всієї машини (насоса в цілому). Тому необхідно детально розглянути режими і умови роботи деталі в машині і причини її виходу з ладу.

						Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Умови експлуатації деталі.

Вал при роботі ізольований від впливів середовища, що перекачується. Середовище – чиста вода або нафтопромислові води з вмістом домішок не більше 0,1% за вагою, температура середовища становить 4–20°C.

Потужність, що передається на валу становить 1600 кВт. Частота обертання валу 3000 об/хв. Основний вид руйнування – утома металу вала в місцях концентрації напружень. Абразивного зношення поверхні вала відчувати під дією зовнішнього середовища не буде, тому що в місцях тертя з елементами підшипника ковзання встановлені лабіринтові шайби і втулки.

Підводячи підсумок, можна сказати таке: робота вала здійснюється в умовах динамічних, знакозмінних, циклічних навантажень при високих частотах обертання, при нормальній температурі без впливу середовища, що перекачується. При роботі вал відчуває вигин з крученням в сукупності з навантаженнями стиснення, що виникають від осьової сили при невеликих температурах. Дана деталь передбачена для роботи в горизонтальному положенні.

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

Вал Н17.011.101.01 представляє собою тіло обертання типу вал ступінчастий.

Габарити деталі: $\varnothing 80_{\max}/1873$ мм.

Маса деталі – $m = 44,2$ кг.

Велика протяжність вала за відносно малих діаметрів ступенів робить його конструкцію нежорсткою.

Матеріал: сталь 40Х ГОСТ 4543-71, див. таблиці 2.1, 2.2, 2.3 [1].

Таблиця 2.1 – Загальна характеристика сталі 40Х

Замінник
сталі: 45Х, 38ХА, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР.
Вид поставки
Сортовий прокат, в тому числі фасонний: ГОСТ 4543-71, ГОСТ 2590-71, ГОСТ 2591-71, ГОСТ 2879-69, ГОСТ 10702-78. Калібрований пруток ГОСТ 7414-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73. Шліфований пруток й сребрянка ГОСТ 14955-77. Лист товстий ГОСТ 1577-81, ГОСТ 19903-74. Полоса ГОСТ 82-70, ГОСТ 103-76, ГОСТ 1577-81. Поковки й ковани заготовки ГОСТ 8479-70. Труби ГОСТ 8731-87, ГОСТ 8733-87, ГОСТ 13663-68.
Призначення
Осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчасті й кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, зубчасті вінці, болти, піввісі, втулки й інші деталі підвищеної міцності, що підлягають покращенню

						Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталі 40Х

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0,17–0,37
Мідь (Cu), не більше	0,30
Марганець (Mn)	0,50–0,80
Нікель (Ni), не більше	0,30
Фосфор (P), не більше	0,035
Хром (Cr)	0,80–1,10
Сірка (S), не більше	0,035

Таблиця 2.3 – Механічні властивості сталі 40Х*

t відпускання, °C	s _{0,2} , МПа	s _B , МПа	d ₅ , %	y, %	КСУ, Дж/м ²	НВ
Закалка 850°C, вода						
200	1560	1760	8	35	29	552
300	1390	1610	8	35	20	498
400	1180	1320	9	40	49	417
500	910	1150	11	49	69	326
600	720	860	14	60	147	265

Технічні вимоги (умови) на виготовлення деталі визначаються її службовим призначенням. На основі аналізу робочого креслення можна зробити висновок, що наявні проєкції та перетини подані у достатній кількості, вони правильно розміщені відповідно до існуючих стандартів, на всіх поверхнях позначені вихідні дані: розміри, їх точність, шорсткість поверхонь, проставлені потрібні технічні вимоги на виготовлення деталі.

Очевидно, що креслення виконане відповідно до діючих вимог і повністю відповідає чинним стандартам: ГОСТ 2.109-73. Основні вимоги до креслень: ГОСТ 2.305-68. Зображені види, розміри, перерізи ГОСТ 2.307-68. Нанесення розмірів і

						Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

граничних відхилень ГОСТ 2.309-73. Шорсткість поверхні. Параметри, характеристики і позначення ГОСТ 24643-81. Допуски норми і розташування поверхонь. Числові значення. Єдиним зауваженням є неправильним позначення масштабу перетинів, а так само безліч змін конструктором на кресленні.

На кресленні деталі вказана база Ж, щодо якої представлені такі вимоги: допуски радіального биття щодо осі вала 0,02 мм на поверхнях ОКБ (4, 15); 0,04 мм до поверхні 10; 0,03 мм до поверхні 12 (див. рисунок 1.1). Торцеве биття поверхонь 11, 34, 35 щодо бази Ж (осі вала) становить 0,02 мм. Такі допуски обґрунтовані тим, що значення, наведені на кресленні не приведуть до підвищених вібрацій і розбиття посадочних місць, і виходу вузла з ладу.

Зовнішні циліндричні поверхні з точністю не нижче 6 квалітету розмірної точності, піддається обробленню шліфуванням, що необхідно для більш точного і якісного з'єднання сполучених елементів виробу, забезпечення гарантованих мінімальних зазорів при установці робочих коліс, півмуфт і розвантажувального диска. Точне центрування встановлюються на вал деталей зменшує дебаланс і сприяє стабільній роботі вузла.

Відповідно до технічних вимог згідно з ГОСТ 4.070.014 на деталі не допускаються: тріщини, розшарування матеріалу, сліди корозії, задирки, рвані і гострі кромки; забоїни, відколи, вм'ятини і ризики, що виходять за межі класів шорсткості поверхонь. Так як деталь є відповідальною і працює при знакозмінних циклічних навантаженнях, то вищевказані дефекти можуть привести до поширення тріщин, деформації і розриву деталі.

Технічні вимоги регламентують розмірну точність вільних поверхонь: отворів – H14, валів – h14, інших поверхонь – $\pm IT12/2$.

Гострі кромки повинні бути притуплені радіусом не більше 1 мм або фаскою не більше 1 мм під кутом 45°.

Зсув паза щодо осі вала не більше 0,2 мм, перекіс не більше 0,05 мм на довжині 50 мм. При невиконанні буде неможлива установка деталей, на вал.

						Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Розмір забезпечується інструментом, досягнення заданого параметра (галтелі) забезпечується різцем, а саме радіусом при вершині або ж при шліфуванні правкою шліфувального круга алмазним олівцем.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що вал є відповідальною важко навантаженою деталлю.

Основні завдання щодо оброблення поверхонь. Допускається виготовлення з прокату в термічно обробленому стані. Контролю піддати кожну заготовку. Матеріал повинен бути стійким проти міжкристалітної корозії. Заготовка пройшла після термічного оброблення правку в холодному або підігрітому стані повинна бути піддана відпустці для зняття внутрішніх напружень. Надрізи, ризики та гострі переходи на поверхні вала не допускаються з метою уникнення можливих концентраторів напруги.

									Арк.
									14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

Тип виробництва й відповідна йому форма організації робіт визначають характер технологічного процесу та його побудову.

Згідно з річною програмою випуску $N_{річ} = 200$ шт. і масою деталі $m = 44,2$ кг попередньо (за табличним методом) визначено тип виробництва – дрібносерійний [2].

Згідно з ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом впродовж місяця, до числа робочих місць.

Виконаємо розрахунок $K_{з.о}$ відповідно до методики [2].

Визначимо кількість потрібного устаткування за формулою

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}},$$

де $N = 200$ шт. – річний обсяг випуску деталей (згідно з завданням на проектування);

$T_{шт}$ – штучний час на технологічну операцію, хв.;

$F_d = 4029$ год. – дійсний річний фонд часу роботи устаткування;

$\eta_{з.н} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування (для дрібносерійного виробництва).

Результати проміжних розрахунків наведемо у таблиці 3.1.

						Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{шт, хв.}$	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Пиловідрізна	12,80	0,0141	1	0,0141	53,12
2	Горизонтально-розточувальна	18,40	0,0203	1	0,0203	36,95
3	Токарно-гвинторізна	21,40	0,0236	1	0,0236	31,77
4	Токарно-гвинторізна	19,20	0,0212	1	0,0212	35,41
5	Токарно-гвинторізна	18,80	0,0207	1	0,0207	36,16
6	Вертикально-фрезерна	21,10	0,0233	1	0,0233	32,22
7	Круглошліфувальна	18,00	0,0199	1	0,0199	37,77
Сума:				7		193,41

Округливши отриману величину m_p до цілих у більший бік отримаємо кінцеву величину – $P = 1$ верстат.

Для кожної операції обчислюємо значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою

$$\eta_{з.ф} = m_p / P.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначаємо за формулою

$$O = \eta_{з.н} / \eta_{з.ф}.$$

Підсумувавши значення P і O за всім механічним операціями визначаємо значення коефіцієнта закріплення операцій:

$$K_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 193,41 / 7 \approx 27,63.$$

Відповідно до ГОСТ 3.1108-74 коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о}$, для дрібносерійного виробництва становить від 20 до 40 одиниць включно, що підтверджує результати попереднього аналізу.

						Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дрібносерійний тип виробництва, як відомо, характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом випуску.

За всіма технологічними й виробничими характеристиками серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом [2].

В серійному виробництві зазвичай використовують універсальне і спеціалізоване, частково, спеціальне устаткування. Широко використовуються верстати з ЧПК, обробні центри, знаходять застосування гнучкі автоматизовані системи верстатів з ЧПК, пов'язаних автоматизованими транспортними пристроями керованим від ЕОМ. Технологічне оснащення в основному універсальне, однак, у багатьох випадках створюється високопродуктивне спеціальне оснащення. При цьому доцільність його створення повинно бути попередньо обґрунтовано техніко-економічним розрахунком. Велике поширення має універсально-збірне, переналагоджуване технологічне оснащення, що дозволяє істотно підвищити коефіцієнт осначеності серійного виробництва. В якості вихідних заготовок використовують гарячий і холодний прокат, лиття другого класу точності, точні види лиття і штампування, доцільність застосування яких також обґрунтовується техніко-економічними розрахунками. Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних ходів і промірів з частковим застосуванням розмічування.

Середня кваліфікація робітників вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж у одиничному. Поряд з робочим високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, і налагоджувальниками використовуються робітники-оператори, що працюють на попередньо налагоджених верстатах.

Технологічна документація та технічне нормування детально розробляються для найбільш складних і відповідальних виробів при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичному нормуванню робіт для найпростіших виробів.

						Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для серійного типу виробництва рекомендується предметна (групова) форма організації робіт, при якій верстати розташовуються в послідовності технологічних операцій для однієї деталі. Заготовки обробляють на верстатах партіями. При цьому час виконання операції на окремих верстатах може бути не погоджений з часом обробки на інших верстатах. Виготовлені деталі під час роботи зберігають поблизу верстатів і потім транспортують всією партією. Деталі, які очікують надходження на наступний верстат для виконання чергової операції, зберігають або біля верстатів, або на спеціальних майданчиках між верстатами, на яких проводиться контроль деталей.

Згідно з [2] визначимо партію запуску виробів за спрощеною формулою

$$n_{\text{зан}} = \frac{a \cdot N_{\text{пів}}}{254},$$

де $a = 24$ – періодичність запуску (3, 6, 9, 12, 24).

$$n_{\text{зан}} = \frac{24 \cdot 200}{254} = 18,89.$$

Беремо $n_{\text{зан}} = 19$.

						Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Заготовка деталі «Вал» виходить шляхом розрізання прутка прокату круглого перетину $\varnothing 85h12$ зі сталі 40X. Матеріал деталі, легована сталь 40X, є досить поширеним і порівняно недорогим. Значні габарити деталі: довжина $L = 1873$ мм робить конструкцію нетехнологічною, тому що ускладнює установку деталі на столі верстата. Транспортування такої деталі є також ускладненим.

З точки зору механічного оброблення в цілому деталь є досить технологічною, так як допускається застосування високопродуктивних режимів різання, мають місце гарні базові поверхні, забезпечений вільний доступ інструменту до всіх оброблюваних поверхонь.

Найбільш нетехнологічним в конструкції деталі є її високе відношення довжини до діаметру $l/d = 1873/50 = 37,46$ – поперечна жорсткість деталі є дуже низькою. Це призводить до необхідності зниження режимів різання під час механічного оброблення, введення в технологічну систему додаткових елементів (наприклад, люнет), що компенсують, або оберігають деталь від прогину під дією сил різання.

Нетехнологічним, також, є отримання ряду зовнішніх циліндричних поверхонь за 6-м квалітетом точності, з досягненням шорсткості на рівні $Ra = 0,4-0,8$ мкм. Досягнення таких високих показників точності та якості поверхонь потребує використання великої кількості етапів оброблення, в тому числі, оздоблювальних, які зазвичай характеризуються низькою продуктивністю. Але виконання даних вимог необхідно для забезпечення нормальної роботи виробу.

Нетехнологічними елементами конструкції деталі є шпонкові пази: шпонкові пази є закритими, тому під час оброблення пазів шпонкова фреза здійснює спочатку осьове врізання в тіло заготовки (при цьому виникають великі сили, що призводить до деформації деталі і установчих елементів пристосувань і може викликати брак), а потім здійснюється обробка паза за маятниковою схемою. Крім

						Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

того, зазначені шпонкові пази розташовані на протилежних сторонах циліндричних ступенів деталі, що також ускладнює обробку заготовки. Нетехнологічним є наявність пазів різної ширини: 5, 10, 14 мм. Все це призводить до значного збільшення часу обробки шпонкових пазів.

Нетехнологічними є розміри 105, 148, 218, 485, 785 мм, так як зазначені розміри складно проконтролювати під час виготовлення деталі. Це пов'язано з особливостями конструкції деталі (вимірювальні бази представлені не площинами, а галтелями, складно визначити на деталі точки початку і кінця вимірюваного відрізка).

Деталь в цілому є технологічною, може бути запущена у виробництво. Конструкторам рекомендується звернути увагу на зазначені недоліки.

						Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

5 Обґрунтування вибору способу отримання заготовки

З метою економії металу і зменшення трудомісткості обробки, конфігурація заготовки повинна бути максимально наближена до конфігурації деталі. Трудомісткість виготовлення й собівартість заготовки повинні бути мінімальними. Заготовка повинна мати форму, що дозволяє вести обробку з мінімальною кількістю установів і ріжучого інструменту. Матеріал заготовки не повинен мати тріщин, розшарувань та інших дефектів.

За існуючою технологією виробництва заготовку для виготовлення «Вала» отримують у вигляді круглого гарячекатаного прокату. Виходячи з конфігурації заданої деталі на перший погляд дійсно доцільно застосувати гарячекатаний прокат. Заготовки з прокату застосовують для деталей, що наближаються за своєю конфігурацією до якогось виду даного прокату, коли немає значної різниці в поперечних перетинах деталі і коли можна при отриманні остаточної її форми уникнути зняття великої кількості металу. Так, відповідно до існуючої технології використовується прокат круглий $\varnothing 85 \times 1890$ мм. Маса такої заготовки становить близько 84,2 кг.

В якості альтернативного варіанту способу отримання заготовки можна розглядати поковки вільним куванням на молотах. За попередніми розрахунками маса поковки складе 81,2 кг.

Вибір способу отримання заготовки виконаємо після розрахунку собівартості отримання заготовки за варіантами відповідно до методики [2].

Відповідно до методики [2] собівартість прокату визначається за формулою

$$S_{np} = M + \sum C_{o.3},$$

де M – витрати на матеріал заготовки;

$\sum C_{o.3}$ – технологічна собівартість операцій правки, калібрування прутків, розрізання їх на штучні заготовки:

						Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$C_{o.з} = \frac{C_{п.з} T_{шт}}{60 \cdot 100},$$

де $C_{п.з}$ – приведені витрати на робочому місці;
 $T_{шт}$ – час виконання заготовчої операції;
Витрати на матеріал визначимо за формулою

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{вдх}}{1000},$$

де Q – маса заготовки, кг;
 S – ціна 1 кг матеріалу заготовки;
 q – маса готової деталі, кг;
 $S_{вдх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

При $Q = 84,2$ кг, $S = 22$ грн., $q = 44,6$ кг, $S_{вдх} = 2800$ грн. маємо $M = 1742$ грн.

З урахуванням собівартості додаткової обробки заготовки: на правку і розрізання прокату – 28 грн. й зняття напусків – 120 грн. Маємо собівартість заготовки, отримуваної з прокату $S_{пр} = 1890$ грн.

Відповідно до методики [2] собівартість заготовок, одержуваних методами кування і штампування можна визначити за формулою

$$S_{пок} = (C_i/1000) \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot S_{вдх}/1000,$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн;
 K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності поковки;
 K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності поковки;
 K_B – коефіцієнт, що залежить від маси поковки;
 K_M – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу поковки;

						Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

K_{Π} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

Q – маса поковки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{отх}$ – ціна 1 т відходів, грн.

Для поковки одержуваної штампуванням: $Q = 81,2$ кг, $q = 44,2$ кг,
 $C = 42800$ грн., $K_T = 1,0$, $K_c = 1,0$, $K_v = 0,73$, $K_M = 1,0$, $K_{\Pi} = 0,8$, $S_{отх} = 2800$ грн.

Тоді $S_{пок} = 1927$ грн.

Аналіз сказаного віддає перевагу заготовці у вигляді прокату круглого гарячекатаного згідно з ГОСТ 2590-*.

Ескіз і технічні вимоги на виготовлення заготовки вказані в кресленні.

									Арк.
									23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

6.1 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

Відповідно до завдання виконаємо розрахунок операційних припусків і розмірів на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 65h6(-0,019)$, $Ra = 0,8$ мкм за методом проф. Кована В.М. [2]. В основі зазначеної методики знаходиться розрахунок мінімального припуску за формулою

$$2Z \min_i = 2 \left(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\varepsilon y_i^2 + \rho_{i-1}^2} \right),$$

де Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, отримувана на попередньому переході;

H_{i-1} – дефектний шар, отримуваний на попередньому переході;

εy_i – похибка установки (базування та закріплення) заготовки на поточному переході;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, отримувана на попередньому переході.

Маршрут оброблення поверхні $\varnothing 65h6$ складається з 5 операцій з урахуванням заготовчої (прокат):

- прокат (h14, $Rz = 500$ мкм, $H = 500$ мкм);
- точіння чорнове (h12, $Rz = 100$ мкм, $H = 100$ мкм);
- точіння чистове (h10, $Rz = 50$ мкм, $H = 50$ мкм);
- точіння тонке (h8, $Rz = 20$ мкм, $H = 30$ мкм);
- шліфування чистове (h6, $Rz = 5$ мкм, $H = 15$ мкм).

Величина просторових відхилень для прокату розраховується за формулою

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_{ц}^2},$$

						Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де $\rho_k = \Delta \cdot l = 0,5 \cdot 945 = 472,5 \text{ мм} = 0,4725 \text{ мм}$ – величина короблення;

$\rho_{\text{ц}}$ – похибка центрування.

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{\delta^2}{2} + 0,25^2} = \sqrt{\frac{0,35^2}{2} + 0,25^2} = 0,352 \text{ мм.}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{472,5^2 + 352^2} = 589,2 \text{ мм.}$$

Величина просторових відхилень на механічне оброблення обчислюється з урахуванням коефіцієнта уточнення K_y :

$$\rho_{\text{черн}} = \rho_{\text{заг}} \cdot K_{y,\text{черн}} = 589,2 \cdot 0,06 = 35,352 \text{ мкм,}$$

$$\rho_{\text{получ}} = \rho_{\text{заг}} \cdot K_{y,\text{получ}} = 589,2 \cdot 0,05 = 29,46 \text{ мкм,}$$

$$\rho_{\text{чист}} = \rho_{\text{заг}} \cdot K_{y,\text{чист}} = 589,2 \cdot 0,04 = 23,568 \text{ мкм.}$$

При обточуванні заготовки на токарних операціях і шліфуванні застосовуємо самоцентруючий патрон і центри, тому похибка базування, як частина похибки установки заготовки буде дорівнювати нулю. Похибка закріплення в радіальному напрямку також буде дорівнює нулю.

Розрахунок припусків виконуємо на ЕОМ у програмі «Припуск». Результати розрахунку наведені в додатку Б. Схема розташування полів припусків і допусків під час оброблення поверхні $\varnothing 65h6$ наведена на рисунку 6.1 та кресленні заготовки.

									Арк.
									25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

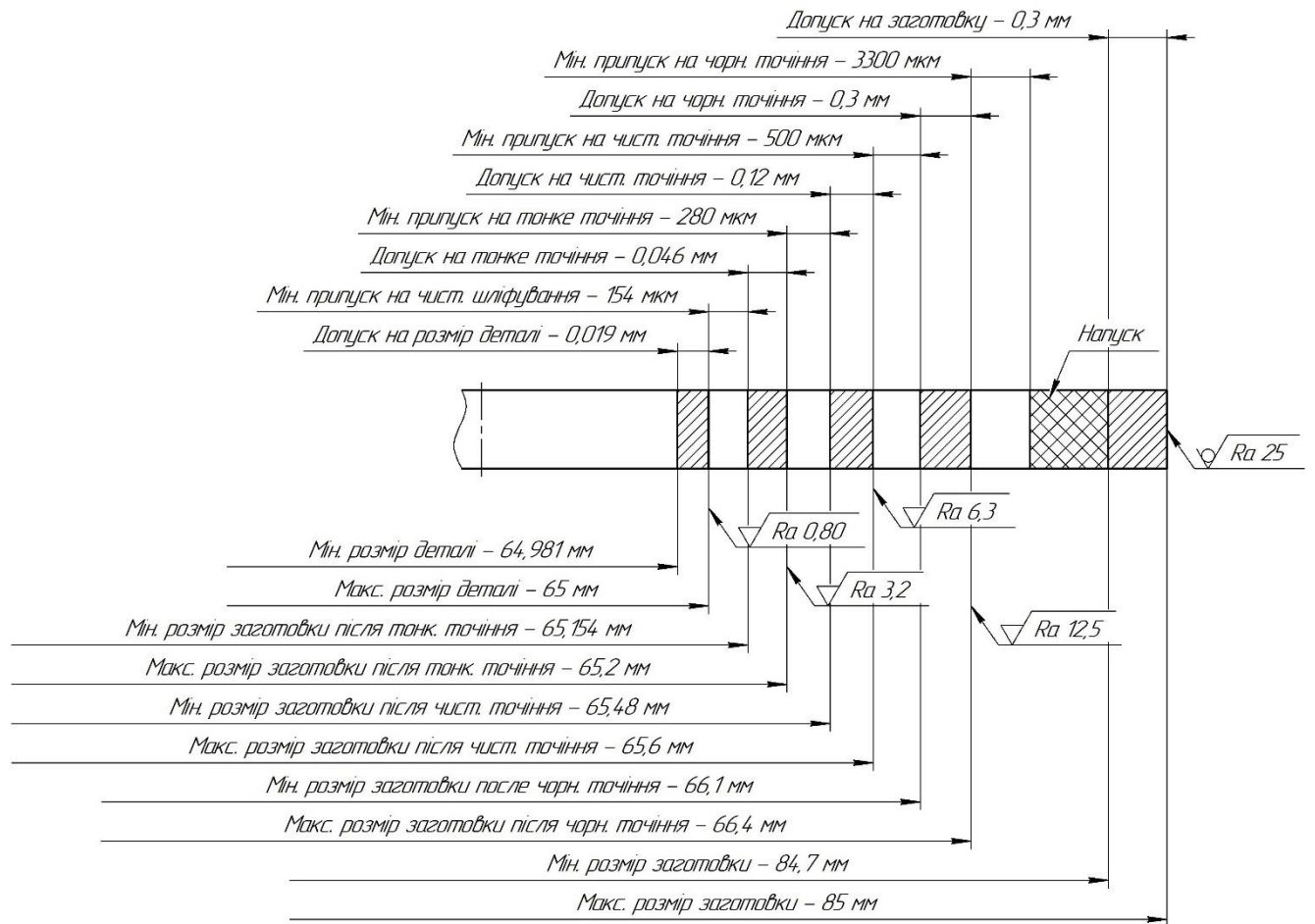


Рисунок 6.1 – Схема розташування полів припусків та допусків на оброблення зовнішньої циліндричної поверхні діаметром 65h6

6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки

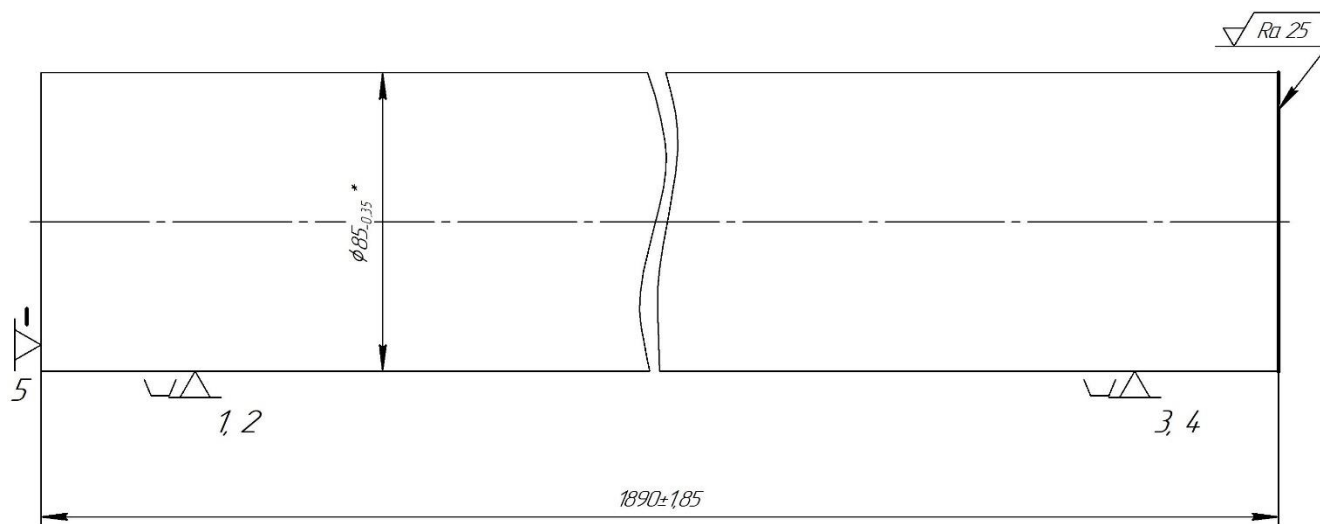
Операція 005 пиловідрізна.

На операції 005 пиловідрізній виконується розрізання круглого прокату Ø85h12 на штучні заготовки (прутки) довжиною 1890js14.

При розрізанні прокату на пиловідрізних верстатах передбачається установка заготовки в призматичних опорах (входять в комплект верстата) з упором в торець. Таким чином заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи. При установці в призмах по зовнішній циліндричній поверхні реалізуються подвійна напрямна

					Арк.
					26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

база. Упор в торець заготовки дозволяє реалізувати опорну базу. Вакантним залишається обертання заготовки навколо центральної осі. Зазначена схема базування представлена на рисунку 6.2.



**Розмір для довідок*

Рисунок 6.1 – Схема базування заготовки на пиловідрізній операції

Розмірна точність на операції (щодо дотримання довжини штучної заготовки) досягається за рахунок попереднього налагодження верстата за упором. Похибка налагодження зазвичай не перевищує 0,5 мм, що є цілком прийнятним.

Операція 045 круглошліфувальна.

На операції круглошліфувальній виконується обробка циліндричних шийок вала з точністю IT (6–8), шорсткістю поверхонь (0,4–0,8) мкм за критерієм Ra.

Заготовка встановлюється у двох жорстких центрах (чим забезпечується точність взаємного розташування шийок вала), обертання передається через хомутик. Операція виконується на 2-х установках, так як використання лунетів не дозволяє обробляти всі поверхні за один раз.

						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

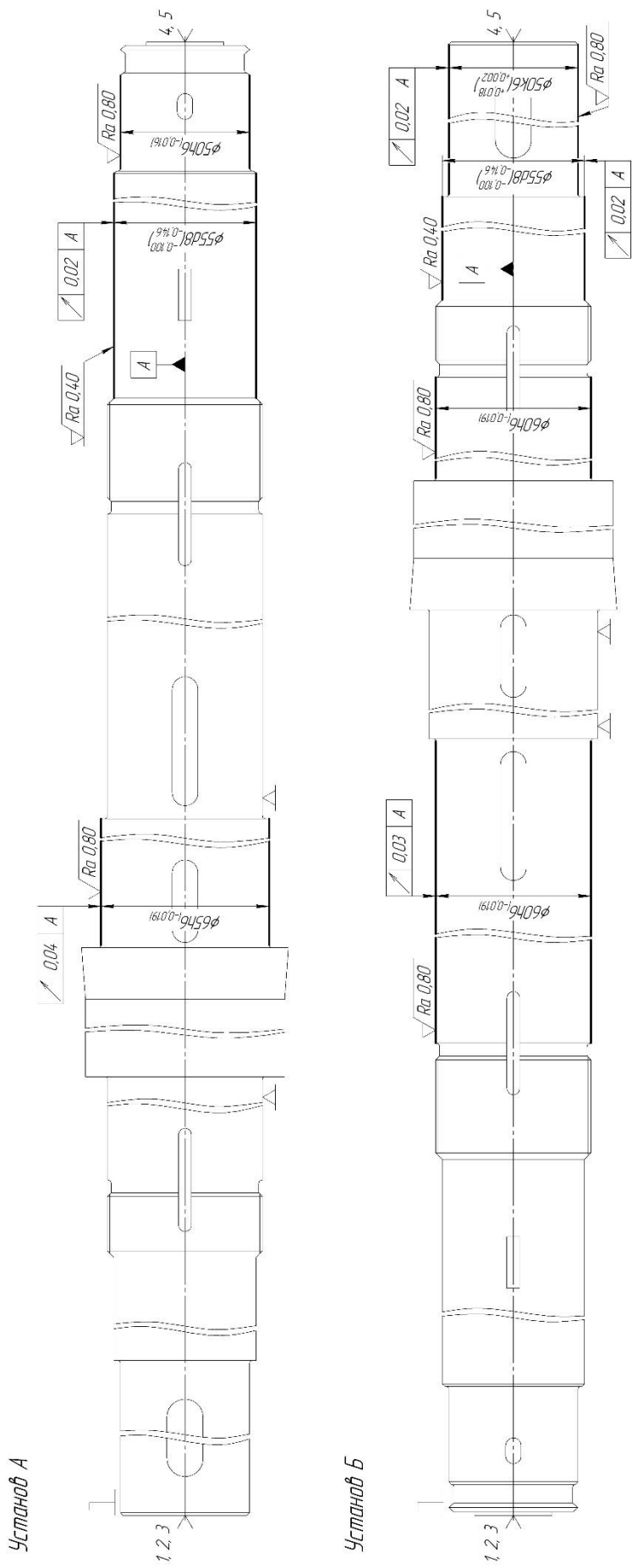


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки на круглошліфувальній операції 045

										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата						28

Установка заготовки в центрах дозволяє реалізувати подвійну напрямну й опорну бази, тим самим заготовка позбавляється 5-ти ступенів свободи (вакантним залишається обертання навколо центральної осі), див. рисунок 6.3.

Похибка базування на розміри в радіальному напрямку за такої схеми базування дорівнює нулю. Похибка базування на розміри в осьовому напрямку буде дорівнює похибкам зацентровки (виникає під час оброблення центрових отворів), але так як торці заготовки не обробляються на даній операції, то наведена схема базування є цілком прийнятною.

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

Операція 005 пиловідрізна.

Необхідно вибрати верстатне устаткування для розрізання прутків прокату. Відповідно до рекомендацій [3], для розрізання круглого прокату великих перетинів з точністю від 0,4 до 3 мм використовуються круглопилі верстати. Даний вид обладнання є універсальним і його застосування рекомендовано для умов одиничного виробництва. Виходячи з необхідних розмірів відрізається заготовки, вибираємо конкретну модель обладнання. Беремо круглопилі півавтомат моделі 8Г642, див. таблицю 6.1.

						Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таблиця 6.1 – Характеристика верстата 8Г642 [3]

Характеристика	Величина
Розміри пильного круга, мм	510
Найбільші розміри розрізаного матеріалу, мм:	
- круглого прокату	160
- квадрата	140
Довжина відрізуваної заготовки за упором	20-2000
Частота обертання шпинделя, об/хв	3,78-21
Подача бабки пильного диска, мм/хв	8-500
Потужність електродвигуна, кВт	5,5
Габаритні розміри, мм:	
- довжина	3545
- ширина	2270
- висота	1680
Маса, кг	4180

Операція 045 круглошліфувальна.

У діючому виробництві вал обробляється на круглошліфувальному верстаті 3М194, але його застосування є не раціональним, так як він має досить великі розміри столу – 4000×500 мм і невиправдано велику потужність приводу.

Як металорізальне устаткування на операцію беремо аналог зазначеного верстата – 3М174Е, див. характеристику верстата в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Характеристика верстата 3М174Е [3]

Характеристика	Величина
Найбільші розміри заготовки, мм:	
- діаметр	400
- довжина	2000
Рекомендований (або найбільший) діаметр шліфування, мм	120
Найбільша довжина шліфування, мм	1800

Продовження таблиці 6.2

Характеристика	Величина
Частота обертання шпинделя заготовки (безступінчасте регулювання), об/хв	20–180
Найбільші розміри шліфувального круга, мм:	
- зовнішній діаметр	750
- висота	100
Переміщення шліфувальної бабки, мм:	
- найбільше	365
- на одну поділку лімба	0,0025–0,05
Частота обертання шпинделя шліфувального круга для зовнішнього шліфування, об/хв	1270
Потужність ЕД головного руху, кВт	30
Габаритні розміри (з приставним обладнанням), мм:	
- довжина	6710
- ширина	3100
- висота	2100

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, ріжучого та вимірювального інструменту

При виборі оснащення перевага віддається стандартній і нормалізованій, що пов'язано з тим, що деталь випускається в умовах дрібносерійного виробництва.

Операція 005 пиловідрізна.

При розрізуванні прокату пруток кріпиться у підтримуючому пристосуванні, що входить в комплект верстата.

Як інструмент на операції використовується пила сегментна діаметром 315 мм, шириною 5 мм, число зубів пилки 112. Матеріал ріжучої частини сегмента

						Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

приймаємо відповідно до рекомендацій [3] твердий сплав Т5К10. Позначення: пила 2257-0153 Т5К10 ГОСТ 4047-82.

Для контролю довжини заготовки використовуємо штангенциркуль ШЦ-ІІ-2000-0,1 ГОСТ 166-89.

Операція 045 круглошліфувальна.

Як верстатний пристрій застосовуємо жорсткий центр А-1-4-У ГОСТ 2573-85 (2), хомутик ГОСТ 7107-79.

Ріжучий інструмент – шліфувальний круг ПП 600×80×305 24А 25Н С1 5 К5 40м/с 2 кл. А ГОСТ 2424-83 (круг типу ПП D = 600 мм, Н = 80 мм, d = 305 мм, з електрокорунду марки 24А, твердістю С1, структурою 5, на керамічній зв'язці) [3].

Для контролю діаметрів шийок вала в умовах дрібносерійного виробництва беремо мікрометр 25-50, 50-75 ГОСТ 6507-90.

Для контролю чистоти поверхонь беремо зразки шорсткості згідно з ГОСТ 9378-93.

6.5 Визначення режимів різання

Операція 005 пиловідрізна.

Призначення режимів різання на відрізню операцію виконуємо відповідно до рекомендацій [3, с. 293].

Глибина різання приймається рівною розміру поперечного перерізу заготовки – $t = 85$ мм.

Ширина різання приймається рівною ширині розрізу – $B = 5$ мм.

Величину подачі на зуб пилки приймаємо рівною $S_z = 0,05$ мм/зуб.

Величину швидкості різання приймаємо рівною 20 м/хв.

Визначаємо частоту обертання пилки за формулою

						Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot V_n}{\pi \cdot D_n} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 315} = 20,22 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче менше за паспортом верстата значення частоти обертання шпинделя інструменту $n_{np} = 20$ об/хв.

Фактичну швидкість обертання пилки визначимо за формулою

$$V_{\phi.n} = \frac{\pi \cdot D_n \cdot n_{np}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 20}{1000} = 19,78 \text{ м/хв.}$$

Норму основного часу визначимо за формулою

$$T_o = \frac{L}{S_z \cdot Z \cdot n} = \frac{85 + 24}{0,05 \cdot 112 \cdot 20} = 0,97 \text{ хв.,}$$

де L – довжина різання з урахуванням розміру поперечного перерізу розрізуваної заготовки (прокату) і величини врізання-перебігу.

Операція 045 круглошліфувальна.

Вихідні дані для розрахунку:

- оброблювані поверхні: $\varnothing 50h6$, $\varnothing 55d8$, $\varnothing 65h6$, $\varnothing 50k6$, $\varnothing 60h6$ ($Ra = 0,4 \dots 0,8$ мм);

- оброблюваний матеріал: сталь 40Х;

- заготовка – прокат гарячекатаний після чистового обточування;

- верстат кругло-шліфувальний універсальний 3М174Е.

Величина припуску на діаметр заготовки – 0,5 мм.

Визначимо швидкість обертання круга $V_{кр}$ (швидкість різання) залежно від частоти обертання круга $n_{кр} = 1270$ об/хв (за паспортом верстата):

						Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$V_{кр} = \pi \cdot D_{кр} \cdot n_{кр} / 1000 = \pi \cdot 600 \cdot 1270 / 1000 = 2394 \text{ м/хв} = 39,9 \text{ м/с.}$$

Визначимо швидкість обертання заготовки за умови шліфування без прожогів $V_{кр}/V_3 \leq 60$. Для діаметра заготовки $D_{з1} = 50 \text{ мм}$ й частоти обертання заготовки $n_{з1} = 250 \text{ об/хв}$ маємо:

$$V_3 = \pi \cdot D_3 \cdot n_3 / 1000 = \pi \cdot 50 \cdot 250 / 1000 = 39,25 \text{ м/хв.}$$

Частота і швидкість обертання заготовки для обробки інших поверхонь представлені в таблиці 6.3.

Подовжню подачу кола визначимо для встановлених діаметрів оброблюваних поверхонь і частоти обертання заготовки [3]:

Подовжня подача $S_{пр} = 16 \text{ мм/об}$.

Подача на хід шліфувального круга $S_{хк} = 0,0055 \text{ мм/хід}$.

Таблиця 6.3 – Режими різання на операцію

D, мм	L, мм	D _{кр} , мм	n _{кр} , об/хв	V _{кр} , м/с	n _з , об/хв	V _з , м/хв	T _о , хв.
Установ А							
50h6	36	600	1270	39,878	250	39,25	1,35
55d8	171	600	1270	39,878	230	39,721	2,8
60h6	784	600	1270	39,878	210	39,564	14,4
Установ Б							
50k6	98	600	1270	39,878	250	39,25	1,35
55d8	220	600	1270	39,878	230	39,721	3,5
60h6	147	600	1270	39,878	210	39,564	2,8
60h6	217	600	1270	39,878	210	39,564	3,5
Сума:							29,7

6.6 Технічне нормування операції

Згідно з [4] норму штучно-калькуляційного часу на операцію визначають за формулою

$$t_{шт.к} = t_{шт} + t_{п.з} / n,$$

де $t_{шт}$ – норма штучного часу, хв.;

$t_{п.з}$ – підготовчо-завершальний час, хв.;

n – кількість деталей в партії запуску (для умов серійного виробництва), шт.

В свою чергу, штучний час визначають за формулою

$$t_{шт} = t_o + t_d + t_{обс} + t_{вдп},$$

де t_o – основний час на операцію, хв.;

t_d – допоміжний час на операцію, хв.;

$t_{обс}$ – час на технічне та організаційне обслуговування робочого місця, хв.;

$t_{вдп}$ – час на відпочинок та особисті потреби робітника, хв.

Допоміжний час на операцію згідно з [4] визначають за формулою

$$t_d = t_{уст} + t_{пр} + t_{вим},$$

де $t_{уст}$ – час на установку, закріплення, розкріплення заготовки, хв.;

$t_{пр}$ – час, що витрачається на керування верстатом, хв.;

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

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок робітника визначають за формулою

$$t_{обс} + t_{вдп} = (t_o + t_d) \cdot [(\alpha + \beta) / 100],$$

						Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де α, β – відповідно, норми часу на обслуговування робочого місця та відпочинок робітника у % від оперативного часу [4].

Операція 005 пиловідрізна.

У розділі 6.5 визначені елементи режимів різання і основний час за переходами і на операцію в цілому. Так, основний час на операцію склав $t_o = 0,97$ хв.

Допоміжний час на операцію з урахуванням часу на установку-зняття заготовки за допомогою кран-балки, вимірювання довжини штучної заготовки склав $T_d = 0,95$ хв.

Штучний час на операцію з урахуванням часу на обслуговування робочого місця і відпочинок робітника в розмірі 7% від оперативного часу склав

$$t_{шт} = (0,97+0,95) \cdot (1+7/100) = 2,06 \text{ хв.}$$

З урахуванням підготовчо-завершального часу $T_{п.з} = 9$ хв, штучно-калькуляційний час на операцію становить

$$t_{ш.к} = 2,06+9/19 = 2,54 \text{ хв.}$$

Операція 045 круглошліфувальна.

В п. 6.5 цієї роботи визначені елементи режимів різання й основний час по переходах й на операцію в цілому. Відповідно до таблиці 6.3 $T_{o\Sigma} = 29,7$ хв.

До складу допоміжного часу входить:

$t_{уст} = 5$ хв. – час на установку, закріплення, зняття заготовки за умови використання центрів з установкою гайки, контргайки й повідка;

$t_{уп} = 0,5$ хв. – допоміжний час на керування верстатом;

$t_{вим} = 3$ хв. – час на вимірювання.

						Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$t_d = 5 + 0,5 + 3 = 8,5 \text{ хв.}$$

Оперативний час $t_{оп} = 29,7 + 8,5 = 38,2 \text{ хв.}$

Додатковий час на обслуговування робочого місця і відпочинок робочого визначаємо як 6% от оперативного часу:

$$t_{обс} + t_{вдп} = 38,2 \cdot [6/100] = 2,29 \text{ хв.}$$

Таким чином, штучний час становить

$$t_{шт} = 29,7 + 8,5 + 2,29 = 40,49 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час на операцію становить [4]:

$$t_{п.з} = 30 + 10 = 40 \text{ хв.}$$

Тоді штучно-калькуляційний час становить

$$t_{шт.к} = 40,49 + 40/48 = 41,33 \text{ хв.}$$

								Арк.
								37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				

7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки

Згідно з завданням необхідно спроектувати верстатний пристрій для установки заготовки на операції токарній з ЧПК 030. На операції 030 токарній з ЧПК здійснюється півчистове та чистове оброблення зовнішніх циліндричних поверхонь заготовки, підрізання торців, прорізання канавок тощо.

Технологічна операція реалізується на токарному верстаті з ЧПК моделі СК 6152 E × 2000, характеристики якого наведені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Характеристики верстата моделі СК 6152 E × 2000

Найменування характеристики	Величина
Мах. діаметр заготовки, мм	250
Мах. довжина заготовки, мм	2000
Інстр. каретка	8-х позиційна електрична револьверна головка
Мах. діаметр заготовки над інстр. карет., мм	280
Мах. діаметр заготовки над станиною, мм	530
Точність осей X / Z, мм	+/- 0,005
Шпиндель (швидкість обертання), об/хв.	30–150, 90–450, 315–1600
Шпиндель (тип кріплення патрону)	A 2-8
Шпиндель (діаметр наскрізного отвору), мм	90
Квалітет точності верстата	IT 6–7
Шорсткість оброблення поверхонь Ra, мкм	1,6
Потужність (двигун шпинделя, базова комплектація), кВт	7,5

Як було сказано раніше, на токарній з ЧПК операції проводиться півчистове й чистове оброблення поверхонь заготовки за два установи. Зокрема, здійснюється обточування зовнішніх циліндричних поверхонь $\varnothing 65h6$, $\varnothing 60h6$, $\varnothing 50h6$, які є найбільш точними. Оброблення цих поверхонь здійснюється з припуском 0,02 мм на подальше чистове шліфування.

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для зниження трудомісткості оброблення поверхонь заготовки й розряду робочого на операції, для підвищення стабільності параметрів точності оброблюваних поверхонь заготовки, спроектуємо спеціальний самоцентруючий клиновий патрон з механізованим приводом для верстата з ЧПК.

До моменту реалізації токарної операції з ЧПК точність зовнішніх циліндричної і торцевих поверхонь заготовки відповідає рівню IT12. Так, з усієї сукупності поверхонь, що формують заготовку, на роль базових поверхонь можуть претендувати лише зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 65h12$ і лівий торець заготовки. Для дотримання принципу суміщення та постійності технологічних баз слід використовувати базування заготовки з використанням плаваючого центра.

При такій схемі базування лівий торець заготовки буде виконувати роль опорної бази, плаваючий центр буде виконувати роль подвійної опорної бази, базування за правим обертовим центром також буде реалізовувати подвійну опорну базу. Таким чином заготовка буде позбавлена 5-ти ступенів вільності: трьох поступальних переміщень (за осями) та двох обертань (див. рисунок 7.1). Вакантним залишається обертання заготовки навколо власної центральної осі (осі X).

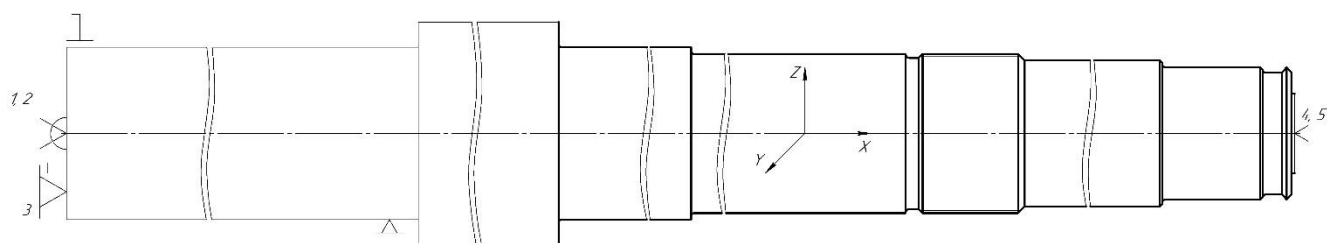


Рисунок 7.1 – Схема базування заготовки на операції токарній з ЧПК 030, установ А

Попередній аналіз показав, що найбільш напружені режими оброблення заготовки мають місце під час півчистового оброблення її поверхонь. Зокрема, під

						Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

час підрізання торця заготовки на діаметрі 84 мм має місце тангенціальна складова сили різання P_z на рівні до 600 Н.

З урахуванням сказаного вище визначимо силу закріплення заготовки $P_{закр}$, згідно зі схемою, наведеною на рисунку 7.2.

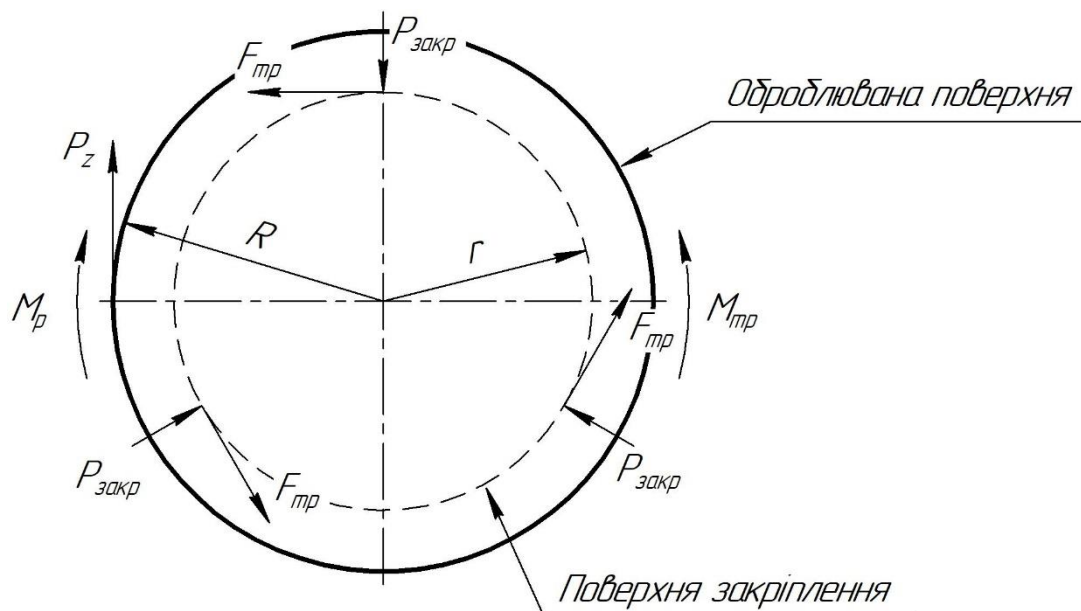


Рисунок 7.2 – Схема дії сил закріплення та сил різання на заготовку під час обточування її зовнішньої циліндричної поверхні

Момент тертя від сил затискання повинен забезпечувати закріплення заготовки так, щоб виконувалась умова

$$M_{тр} \geq M_p, \quad (7.1)$$

або

$$M_{тр} = K_{зап} \cdot M_p, \quad (7.2)$$

де $M_{тр}$ – момент тертя від сил закріплення;

M_p – момент різання від сил різання;

$K_{зап}$ – коефіцієнт запасу.

					Арк.
					40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

Момент тертя визначимо за формулою

$$M_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} \cdot r, \quad (7.3)$$

де $F_{\text{тр}}$ – сила тертя;

$$F_{\text{тр}} = P \cdot f; \quad (7.4)$$

$$M_{\text{тр}} = P_{\text{закр}} \cdot f \cdot r; \quad (7.5)$$

де r – радіус прикладення сили закріплення;

f – коефіцієнт тертя;

З іншого боку момент різання становитиме:

$$M_p = P_z \cdot R, \quad (7.6)$$

де P_z – сила різання (тангенціальна складова) при точінні;

R – максимальний радіус прикладення сили різання.

В результаті силу закріплення $P_{\text{закр}}$ заготовки визначимо за формулою

$$P = \frac{P_z \cdot R \cdot K_{\text{зан}}}{r \cdot f}, \quad (7.7)$$

Коефіцієнт запасу визначимо згідно з рекомендаціями [8]:

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.8)$$

де $K_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

						Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$K_1 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання за наявності випадкових нерівностей на оброблюваній поверхні;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує переривчасті умови різання;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили закріплення залежно від типу приводу;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономічність ручних затискних механізмів, зручність їх використання;

$K_6 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує наявність моментів, які намагаються повернути заготовку на постійних опорах.

В результаті отримуємо:

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5.$$

Беремо $K_{\text{зап}} = 2,5$.

Величини радіусів: $R = 42$ мм, $r = 32,5$ мм, див. рисунок 7.2, коефіцієнт тертя: $f = 0,16$ [3].

В результаті маємо:

$$P_{\text{закр}} = \frac{600 \cdot 42 \cdot 2,5}{32,5 \cdot 0,16} \approx 12120 \text{ Н.}$$

Тепер визначимо зусилля на штоку пневмопривода патрона з урахуванням кута нахилу $\alpha = 14^\circ$ напрямних клиновий муфти:

$$Q = P \cdot \text{tg}\alpha. \quad (7.9)$$

В результаті маємо:

						Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$Q = 12120 \cdot \operatorname{tg}14^\circ = 3021 \text{ Н.}$$

Токарний верстат оснащений гідравлічною станцією, що дозволяє використовувати гідравлічний привод для закріплення заготовки. Визначимо діаметр гідравлічного циліндру двосторонньої дії за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d_{шт}^2}, \quad (7.10)$$

де D – діаметр гідроциліндра, мм;

$d_{шт}$ – діаметр штока гідроциліндра, мм. Беремо $d_{шт} = 20$ мм;

p – тиск мастила, МПа. Беремо $p = 10$ МПа;

η – коефіцієнт корисної дії гідравлічного привода. Беремо $\eta = 0,8$;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3021}{\pi \cdot 10 \cdot 0,8} + 20^2} \approx 29,7 \text{ мм.}$$

Беремо найближчий більший діаметр гідроциліндру 40 мм [3, с. 92].

В результаті вихідне зусилля на штоку гідроциліндра визначимо за формулою

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (7.11)$$

$$Q = \frac{3,14}{4} (40^2 - 20^2) \cdot 10 \cdot 0,8 = 7540 \text{ Н.}$$

						Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Визначимо допустиму похибку виготовлення пристрою.

Під час чистового обточування циліндричних поверхонь заготовки до розрахункових параметрів, які в більшій мірі будуть впливати на дотримання заданих допусків, слід віднести радіальне биття посадочних поверхонь кулачків патрона. Ця похибка може призвести до підвищеного радіального биття оброблюваних циліндричних ступенів «вала». Її слід зазначити в технічних вимогах на виготовлення елементів проектного патрона.

Під час обточування поверхонь заготовки необхідно забезпечити допуск радіального биття до 0,05 мм.

Тож допустиму похибку на виготовлення елементів патрона визначимо за формулою:

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{zn}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (7.12)$$

де $K = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує можливе відхилення від нормального закону розподілення окремих складових рівняння;

$K_1 = 0,8$ – для випадків, коли $E_6 \neq 0$;

E_6 – похибка базування, в нашому випадку під час базування заготовки в самоцентруючому патроні – $E_6 = 0$;

E_3 – похибка закріплення, в нашому випадку напрямок сили закріплення не впливає на досліджуваний параметр: $E_3 = 0$;

E_y – похибка установки патрона на шпинделі верстата. Беремо $E_y = 10$ мкм;

E_{zn} – похибка від зношення установчих елементів пристрою. Беремо $E_{zn} = 10$ мкм;

E_n – похибка установки й прекосу інструмента на верстаті. Беремо $E_n = 0$ мкм;

$K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує ймовірність появи похибки обробки;

$\omega = 20$ мкм [3] – середня економічна точність чистової токарної обробки.

Для обумовлених величин параметрів маємо:

						Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$E_{np} = 50 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 10^2 + 10^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 20)^2} \approx 28 \text{ мкм.}$$

З урахуванням результатів обчислення беремо допуск на радіальне биття посадочних поверхонь кулачків патрона 0,02 мм. Зазначимо цей допуск у технічних вимогах, пропонованих для виготовлення токарного патрона.

Пропонований токарний патрон являє собою корпус 4, який за допомогою шести гвинтів 25 з'єднаний з фланцем 15, що у свою чергу має внутрішню конічну посадочну поверхню діаметром 139,719 мм й кутом $7 \pm 7' 30''$ для приєднання за допомогою шести гвинтів 28 до шпинделя токарного верстата з ЧПК моделі СК 6152 E × 2000.

У середині корпусу 4 в трьох радіальних пазах розміщені три кулачки 5, до торцевих пазів яких, в свою чергу, за допомогою трьох спеціальних притискних елементів 8 і ексцентриків 7 закріплюються три змінних кулачки 6 (по одному змінному кулачку на кожен основний кулачок). З іншого боку основні кулачки 5 по похилих напрямних входять в пази клиновий муфти 17, яка за допомогою приєднувального фланця 16 і трьох гвинтів 27 з'єднана зі штоком 11. Останній за різцю М64×4-6g з'єднаний зі штоком гідроциліндра верстата (на кресленні пристрою не наведений). Для компенсації впливу відцентрових сил на силу затиску при високій частоті обертання шпинделя верстата в конструкції патрона передбачено наявність трьох контрвантажів 3 (по одному на кожен кулачок), з'єднаних важелями 9 з основними кулачками 5. У правій центральній частині корпусу 4 патрона за допомогою трьох гвинтів 26 закріплений опорний фланець 14, до якого, в свою чергу, за допомогою трьох гвинтів 25 приєднаний упор 12. В центральному отворі корпусу 4 розміщений стакан 10, в якому розташований плаваючий центр 23. З лівого боку центр 23 підтискається пружиною 22.

Пристрій працює так. Спочатку вручну налаштовується «розведення» змінних кулачків 6 щодо основних кулачків 5 на необхідний діаметр закріплення заготовки. Потім оброблювана заготовка в осьовому напрямку притискається до

						Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

упору 12 корпусу 4. При цьому відбувається одночасне центрування заготовки за плаваючим центром 23, який під тиском заготовки входить в середину стакана 10. Після подачі мастила в праву порожнину гідроциліндра верстата, шток останнього зі штоком 11 і клиновий муфтою 17 переміщаються вліво, зміщуючи за похилими пазами муфти 17 до центру корпусу 4 три основних кулачки 5 з трьома змінними кулачками 6, що і призводить до закріплення заготовки. Розкріплення заготовки відбувається у зворотній послідовності після подачі мастила в ліву порожнину гідроциліндра верстата.

Специфікація на токарний патрон наведена у додатку В цієї роботи.

									Арк.
									46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата					

Висновки

За результатами проведеної роботи можна зробити такі висновки:

- 1) виконаний аналіз службового призначення машини, вузла, деталі;
- 2) виконаний аналіз технічних вимог на виготовлення деталі;
- 3) визначений тип виробництва – дрібносерійний, форма організації робіт – групова;
- 4) вибраний раціональний спосіб отримання вихідної заготовки – прокат круглий гарячекатаний;
- 5) обґрунтований вибір схем базування і закріплення заготовки для пиловідрізної та круглошліфувальної операцій. Для зазначених операцій вибрано металорізальне устаткування, технологічну оснастку, визначені режими різання й технічні норми часу;
- 6) спроектований комбінований токарний патрон для установки заготовки на токарній операції з ЧПК;
- 7) в додатку Г розглянуто питання з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;
- 8) в графічній частині роботи представлені креслення заготовки, маршрутний технологічний процес виготовлення деталі, креслення операційного налагодження на пиловідрізну операцію, складальне креслення токарного патрону.

						Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Перелік джерел посилань

1 Марочник сталей и сплавов : справочник / Под ред. В.Г. Сорокина. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с.

2 Горбацевич, А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения : учеб. пособ. / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск : Высшая школа, 1983. – 256 с.

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

4 Общеотроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ : Серийное производство. – М. : Машиностроение, 1974. – 421 с.

						Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		