

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 4.7125.009-03

Кваліфікаційна робота (проект) бакалавра

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітня програма – «Технології машинобудування»

Студент

Олександр ВАРЕНИК

Керівник

Павло КУШНІРОВ

Нормоконтроль

Юлія ДЕНИСЕНКО

Реферат

Записка: 65 с., 11 рис., 12 табл., 14 джерел.

Об'єкт розробки – вал 4.7125.009-03 холодильника барабанного 143.4801.00.000 ВО.

Мета роботи – удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення вала 4.7125.009-03.

В роботі виконано аналіз службового призначення холодильника барабанного 143.4801.00.000 ВО, вала 4.7125.009-03, визначені умови їх експлуатації, проведений аналіз технічних вимог, що пред'являються до конструкції деталі.

Визначено тип виробництва і форму організації робіт.

Обґрунтовано вибір методу отримання вихідної заготовки. Виконано аналіз двох механічних операцій існуючого технологічного процесу виготовлення «вала»: обґрунтовано вибір схем базування і закріплення заготовки, металорізального устаткування та технологічної оснастки, розраховані режими різання і визначені технічні норми часу на операцію.

Спроектовано спеціальну оправку гідропластову для установки заготовки на круглошліфувальній операції.

В кінці роботи представлені висновки, додатки і технологічний процес механічної обробки «вала» на бланках КТП.

**ХОЛОДИЛЬНИК БАРАБАННИЙ, ВАЛ, ПОКОВКА,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СХЕМА БАЗУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ,
ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ.**

Зміст

Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі	5
2 Аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі.....	13
3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт	19
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	22
5 Вибір способу отримання вихідної заготовки.....	24
6 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі.....	28
6.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхні обертання	28
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування й закріплення заготовки на технологічній операції.....	31
6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування.....	37
6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристрою, ріжучого й мірального інструментів	41
6.5 Визначення режимів різання.....	43
6.6 Технічне нормування операції.....	47
7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки	51
Висновки.....	63
Список джерел посилань	64
Додаток А Робоче креслення деталі «Вал 4.7125.009-03»	66
Додаток Б Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхні обертання.....	68
Додаток В Оправка гідропластова. Специфікація.....	69
Додаток Г Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	71

					<i>ТМЗ 17320008-00.ПЗ</i>									
Змін.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення вала 4.7125.009-03</i>									
Розроб.	<i>Вареник</i>									Літ.	Аркуш	Аркушів		
Перевір.	<i>Кушніров</i>										3	65		
Н. контр.	<i>Денисенко</i>									<i>СумДУ</i>				
Затв.	<i>Іванов</i>													

Вступ

Холодильник барабанний 143.4801.00.000 ВО призначений для охолодження спека, одержуваного в процесі випалу нефелінової руди у обертовій печі на переділі спікання дослідного заводу з переробки нефелінової руди. Нефелін використовується для виплавки сировини, що у свою чергу використовується для виробництва алюмінію, соди, цементу. Зазначені матеріали мають велику поширеність у сучасній промисловості, тож підвищення ефективності виготовлення машин (та їх окремих деталей) для перероблення нефелінових руд слід вважати актуальним завданням.

Аналізована деталь «вал 4.7125.009-03», входить до складу муфти 4.7125.009-03 СБ, призначеної для передачі крутного моменту від електродвигуна до ротора нагнітача. Для підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення вала згідно з завданням в роботі розглянуті питання вибору раціонального способу отримання заготовки, вибору раціональної схеми базування заготовки на операціях її оброблення різанням, вибору раціонального металорізального устаткування, оснастки, режимів різання та технічних норм часу.

З метою підвищення точності оброблення поверхонь заготовки та зменшення часу на її базування та закріплення в роботі розглянуто питання проектування спеціального верстатного пристрою.

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

1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

Холодильник барабанний 143.4801.00.000 ВО (холодильник) призначений для охолодження спека, одержуваного в процесі випалу нефелінової руди у обертовій печі на переділі спікання дослідного заводу з переробки нефелінової руди.

Сфера застосування – дослідний завод з переробки нефелінової руди.

Технічну характеристику холодильника 143.4801.00.000 ВО наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика холодильника 143.4801.00.000 ВО

Найменування характеристики		Величина			
Продуктивність за спеком, кг/год, не більше					
експлуатаційна		600			
за форсованого режиму		1000			
Зовнішній діаметр барабана, мм, не більше		1200			
Довжина барабана, мм, не більше		12000			
Ухил холодильнику, %, не більше		2,5			
Кількість опор, шт		2			
Частота обертання барабана, робоча, с ⁻¹ (об/хв)		0,042 (2,5)			
Діапазон регулювання частоти обертання, с ⁻¹ (об/хв)		1,5–3,0			
Привод					
двигун		4AMУ200L8T2			
установлена потужність двигуна, кВт		22			
частота обертання, с ⁻¹ (об/хв)		12,5 (750)			
редуктор		1Ц2У-355-50-Ц-Т2			
грансклад спека, що поступає на охолодження					
фракція, мм	50	20	10	5	1
вміст, %	2...5	5...12	10...25	25...45	65...85

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

Продовження таблиці 1.1

Найменування характеристики	Величина
Температура спека, °С, не більше	
на вході	1200
на виході	100
Витрата води на зрошення, м ³ /год	8
Коефіцієнт заповнення (розрахунковий), %	1,5–3,0
теплоносій	
Температура води, °С, не більше	
на вході	30
на виході	45
Габаритні розміри, мм, не більше	14500×2650×5150
Маса, кг, не більше	22000
Маса футеровки, кг	6500
Маса в робочому стані, кг, не більше	29000

Опис конструктивних особливостей холодильника.

Холодильники барабанного типу використовуються за необхідності проведення безперервного процесу охолодження, при значних температурах спека на вході в холодильник, мають велику продуктивність.

До особливостей даного холодильника слід віднести насадку приймально-гвинтову, периферійно-лопатову. Охолодження холодильника – водою. Конструктивні виконання і основні розміри холодильника відповідають ГОСТ 26-01-146-88.

Холодильник складається з циліндричного зварного корпусу-барабана з бандажами і зубчастим вінцем. Барабан, встановлений похило під кутом до фундаменту і спирається бандажами на опорні ролики опорної і упорно-опорної станції.

Привод складається з двигуна і двоступеневого редуктора, з'єднаних муфтою. Управління приводом здійснюється пусковою і регулюючою частотою обертання апаратурою. Привод розташований в найбільш сприятливих для роботи

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

умовах: зміщеним від середини барабана в сторону «холодного» його кінця і встановлений ближче до упорно-опорної станції, де аксіальне зміщення барабана в результаті його теплового подовження є мінімальним. Бандажі опорні виконані плаваючими, роликоопори на підшипниках кочення з консистентним мастилом.

Основні розміри бандажів опорних й упорно-опорних відповідають ГОСТ 26-01-445-85.

Барабан всередині футерований вогнетривкою цеглою на довжині 2 м і забезпечений приймально-гвинтовою й периферійно-лопатевою насадками, які сприяють переміщенню і пересипанню спека для більш інтенсивного теплообміну.

Холодильник має завантажувальну камеру, через яку спік подається у внутрішню порожнину барабана. Завантажувальна камера всередині футерована вогнетривкою цеглою. Вивантаження спека з барабана здійснюється через вікна в розвантажувальному кінці. Великі шматки упорядковано на колосниках розвантажувальної камери і в перфорованій трубі діаметром 273 мм.

Для охолодження водою холодильник забезпечений трьома жолобами, які охоплюють корпус (ваннами). Оборотна вода в ванни подається через верхні штуцери, розподіляється по довжині спеціальними розподільними пристроями, зрошує поверхню барабана і видаляється через штуцери, розташовані в нижній частині ванн. Для створення герметичності в місцях входу корпусу холодильника в завантажувальну, розвантажувальну камери і ванни встановлені відповідні ущільнюючі пристрої.

Розвантажувальний торець барабана відкритий для прососа повітря через холодильник. Повітря рухається протитечією до спеку і сприяє інтенсивному теплообміну. З боку завантаження холодильник футерований жароміцним бетоном товщиною 160 мм на довжині 2 м. Зовнішня поверхня завантажувальної камери холодильника має теплоізоляцію.

Спік, вивантажуваний з печі, з температурою 900–1200°C, надходить в завантажувальну камеру холодильника. За допомогою направляючої плити спік потрапляє всередину барабана і транспортується в зону охолодження. Обертання

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

барабана здійснюється приводом за допомогою зубчастого вінця і підвінцової шестерні. Подальше просування спека уздовж барабана здійснюється за допомогою приймально-гвинтової і периферійно-лопатевої насадок. Переміщаючись і пересипаючи спік обдувається повітрям, просасується через барабан. Охолодження спека здійснюється за рахунок контакту з холодним повітрям. Вивантаження спека з барабана здійснюється через вікна в розвантажувальному кінці. Великі шматки упорядковано на колосниках розвантажувальної камери і в перфорованій трубі діаметром 273 мм. Дрібні фракції і великі шматки направляються в різні штуцери розвантажувальної камери. Вода для охолодження стінок барабана подається в розподільні пристрої, розташовані уздовж барабана, рівномірно зрошує його поверхню, тепла вода зливається через штуцери, розташовані в нижній частині ванн. Повітря, просасується через холодильник, віддаляється через завантажувальний штуцер і надходить в піч. Пари охолоджуваної води, що утворюються на поверхні барабана, в результаті теплообміну, видаляються з корпусу ванни через штуцер у верхній частині.

Опис, призначення і принцип роботи вузла.

Аналізована деталь вал 4.7125.009-03 (див. додаток А) входить до складу муфти 4.7125.009-03 СБ, призначеної для передачі крутного моменту від електродвигуна до ротора нагнітача.

Робоча частота обертання – 1200 об/хв, крутний момент – 24 Н·м.

Принцип роботи вузла такий: з півмуфти електродвигуна обертання передається на півмуфту 3 і через ліву втулку 8, розглянутий вал 9 і праву втулку 8 – на півмуфту 11 і ротор нагнітача.

Основним матеріалом для деталей даного вузла є сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-81, яка, з огляду на умови експлуатації муфти, цілком обґрунтована. Для запобігання попадання пилу і бруду муфта захищена кожухом.

Опис, призначення і принцип роботи деталі.

За функціональним призначенням вал є складовою частиною охолоджувально-обертового барабана, безпосередньо входить до складу муфти і

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

призначений для передачі обертального руху від електродвигуна приводу ротора нагнітача. Безпосередньо обертальний рух і крутний момент від лівої втулки до валу і від валу до правої втулки передається за допомогою болтів, встановлених у фланцях зазначених деталей і фіксують їх один щодо одного, див. рисунок 1.1.

Аналіз складального креслення муфти дозволив встановити основні (ОКБ) і допоміжні (ДКБ) конструкторські бази вала.

ОКБ: 1 (або 23), 2, 4 (або 22), 24 – визначають положення валу щодо вузла в цілому. У дужках вказані поверхні 23 і 24, які за своїм призначенням, як ОКБ, є дублюючими по відношенню до поверхонь 1 і 4 відповідно. У таблицях 1.1 і 1.2 вказані матриця зв'язків і таблиця відповідностей для ОКБ.

ВКБ: 6, 20 – визначають положення болтів в осьовому напрямку.

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

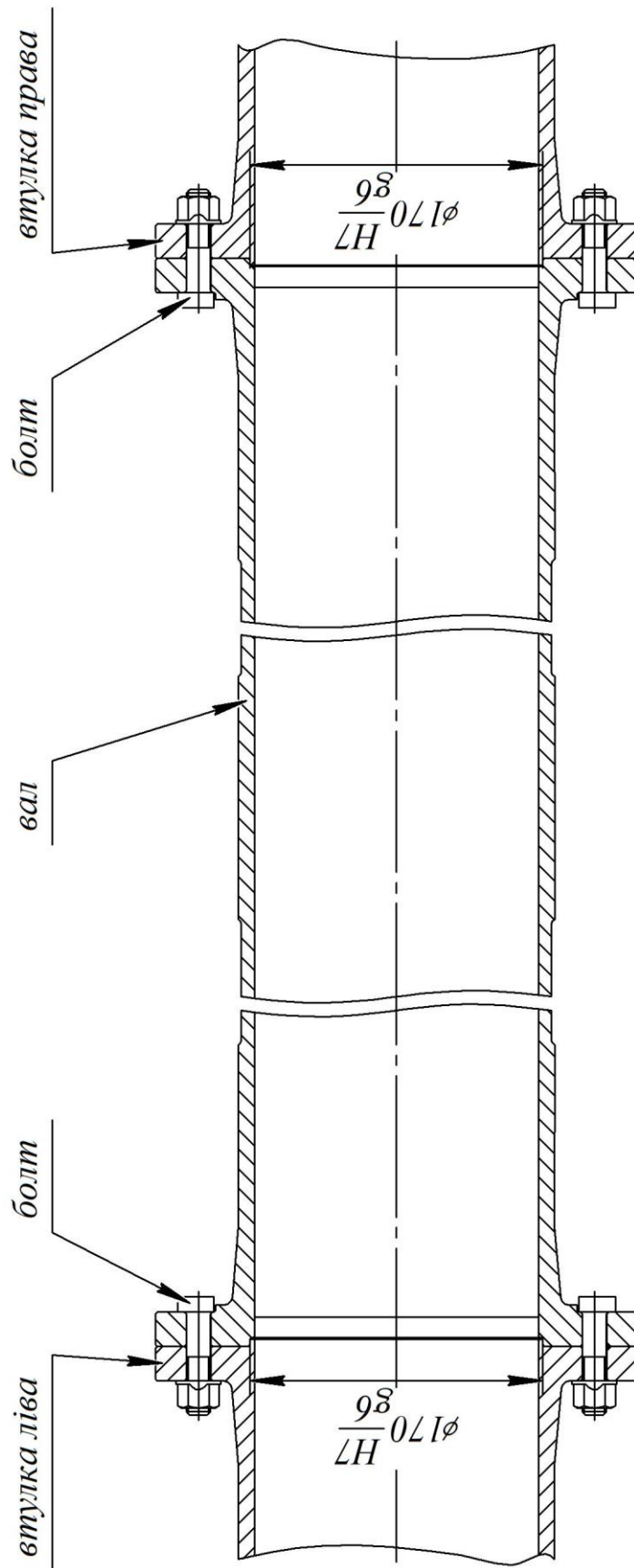


Рисунок 1.1 – Ескіз муфти 4.7125.009-03 СБ (фрагмент)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

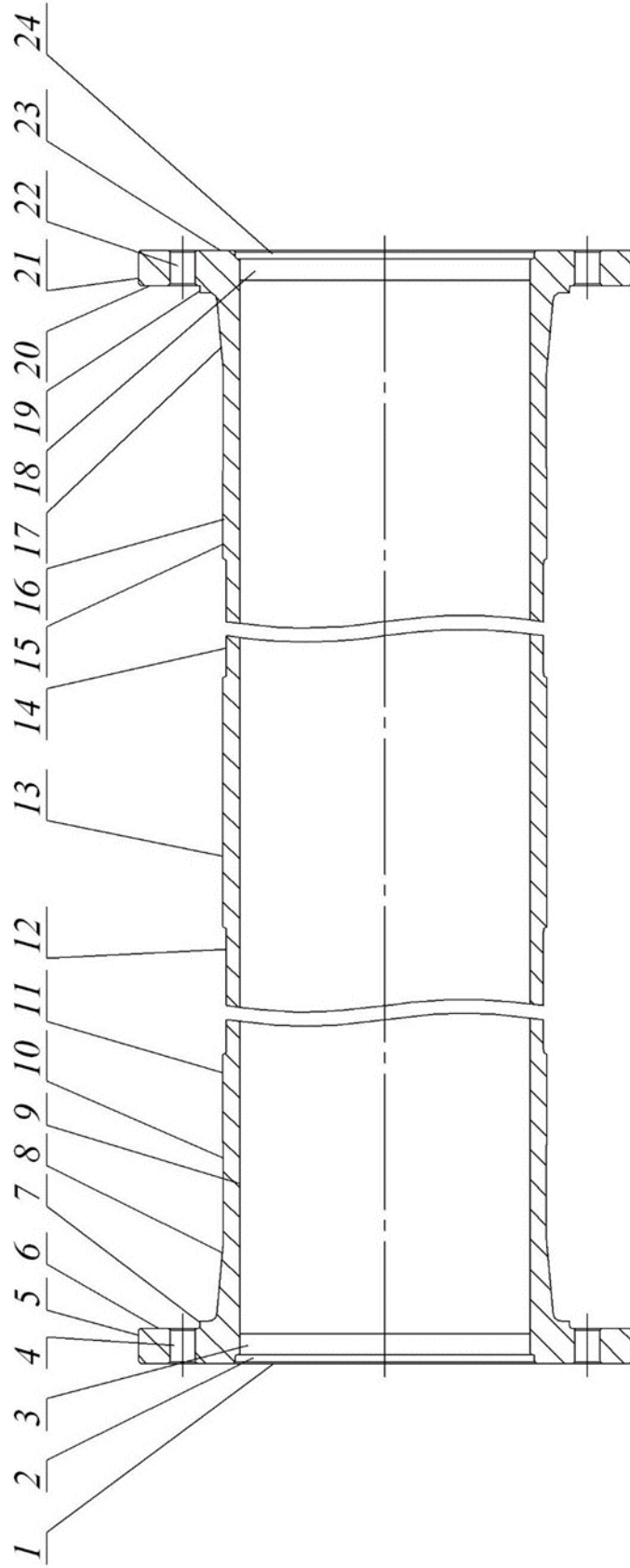


Рисунок 1.2 – Ескіз вала з нумерацією поверхонь

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

Таблиця 1.1 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Бази
<i>l</i>	1	0	0	ОБ
α	0	0	0	
<i>l</i>	0	1	1	ПНБ
α	0	1	1	
<i>l</i>	0	0	0	ОБ
α	1	0	0	

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Бази
1	I	ОБ
2, 3, 4, 5	II, III, V, VI	ПНБ
6	IV	ОБ

Усі інші поверхні є вільними.

При тому, що скоси 8, 17 є вільними поверхнями, вони призначені для зниження рівня концентрації напружень через досить великий перепад діаметрів ступенів вала.

Поверхні 11, 13, 15 призначені для установки деталі в люнетах під час оброблення, таким чином виконують функцію технологічних баз. Зазначені поверхні також використовуються в якості баз під час балансування муфти.

Поверхні 3 і 18 використовують в якості технологічних баз під час оброблення зовнішніх поверхонь деталі.

2 Аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі

На підставі вивчення робочого креслення деталі можна зробити висновок, що на кресленні присутні всі необхідні види і розрізи, креслення виконане з дотриманням норм діючих стандартів та нормативів і дає повну інформацію та уявлення про деталь й технічні вимоги до її конструкції.

Необхідно відзначити, що аналізована деталь являє собою тіло обертання у вигляді довгої втулки з габаритами $\varnothing 184 \times 1001$ мм і фланцями на обох торцях $\varnothing 280$ мм. Центральний отвір – $\varnothing 165$ мм. Зазначені розміри дозволяють говорити про недостатню жорсткість деталі, найменша товщина стінки деталі – 7,5 мм.

Матеріал деталі – сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71 (характеристику сталі наведено в таблицях 2.1–2.4).

У технічних вимогах над основним написом креслення вказаний матеріал-замінник – це сталі 38ХН2МФА й 38ХН2МА ГОСТ 4543-71.

Призначення сталі 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71: штоки клапанів парових турбін, що працюють за температури до 450°C , гільзи циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, голки форсунок, тарілки букс, розпилувачі, пальці, плунжери, розподільні валики, шестерні, вали, втулки та інші деталі [1].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71

Хімічний елемент	Вміст
Алюміній (Al)	0,70–1,10
Кремній (Si)	0,20–0,45
Марганець (Mn)	0,30–0,60
Мідь (Cu), не більше	0,30
Молібден (Mo)	0,15–0,25
Нікель (Ni), не більше	0,30
Сірка (S), не більше	0,025

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

Продовження таблиці 2.1

Хімічний елемент	Вміст
Вуглець (С)	0,35–0,42
Фосфор (Р), не більше	0,025
Хром (Cr)	1,35–1,65

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71

Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
<i>Прутки. Загартування 940 °С, вода або масло. Відгартування 640 °С, вода або масло.</i>						
30	835	980	14	50	88	
<i>Поковки. Загартування. Відгартування.</i>						
100-300	590	735	13	40	49	235-277
<i>Загартування 930-950 °С, масло або вода. Відгартування 640-680 °С, повітря.</i>						
60	880	1030	18	52		250-300
100	730	880	10	45	59	
200	590	780	10	45	59	
<i>Загартування 950 °С, масло. Відгартування 550 °С, масло.</i>						
120	780-880	930-1030	12-15	35-45	69-98	285-302

Таблиця 2.3 – Механічні властивості сталі 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71 залежно від температури відгартування

t відгартування, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
<i>Загартування 900 °С, масло.</i>						
300	1660	1810	8	43	39	550
400	1520	1670	10	39	10	500
500	1270	1420	10	44	29	450
600	1080	1180	12	60	78	370

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

Таблиця 2.4 – Технологічні властивості сталі 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71

Температура кування
Початку 1240, кінця 800. Перерізу до 50 мм охолоджуються в штабелях на повітрі, 51–100 мм–в ящиках
Зварюваність
не застосовується для зварюваних конструкцій
Оброблюваність різанням
В загартованому та відпалюваному стані за НВ 240-277 $\sigma_B = 780$ МПа $K_{ц\text{ тв.спл.}} = 0,75$, $K_{ц\text{ б.ст.}} = 0,55$
Схильність до відпалювальної здатності
не схильна
Флокеночутливість
чутлива

Як видно з характеристик сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71 має досить високі характеристики міцності, високу твердість і застосовується в якості матеріалу вала обґрунтовано, тому що розглянута деталь працює в досить напружених умовах під впливом крутних навантажень.

На кресленні вала є поверхні трьох груп: високої ($\varnothing 184h6$, $\varnothing 165H7$, $\varnothing 170H7$), середньої ($\varnothing 260h9$) точності і грубі, що виконуються за 11 – 14 квалітетами розмірної точності.

Поверхня $\varnothing 184h6$ (база I): квалітет розмірної точності – 6, шорсткість поверхні – $R_a = 0,8$ мкм, допуск відхилення форми і взаємного розташування поверхонь не вказані, тобто задані в межах допуску на розмір (не більше 29 мкм). Зазначена поверхня виконує функції технологічної бази в процесі обробки заготовки і під час балансування, що пояснює такі високі вимоги з розмірної точності і шорсткості. Обробка поверхні передбачає чорнове і півчистове точіння, чистове точіння і шліфування або тонке точіння.

Поверхня $\varnothing 165H7$: квалітет розмірної точності – 7, шорсткість поверхні – $R_a = 1,6$ мкм, допуск відхилення форми не вказано, тобто заданий в межах допуску на розмір. Вказано допуск радіального биття – не більше 20 мкм щодо бази I. Зазначена поверхня виконує функції технологічної бази в процесі обробки заготовки, що пояснює досить високі вимоги з розмірної точності, шорсткості

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

поверхні і радіального биття. Обробка поверхні передбачає чорнове, півчистове і чистове розточування.

Поверхня $\varnothing 170H7$: квалітет розмірної точності – 7, шорсткість поверхні – $R_a = 1,6$ мкм, допуски відхилення форми і взаємного розташування поверхонь не вказані, тобто задані в межах допуску на розмір. Зазначена поверхня виконує функції конструкторської бази, що пояснює досить високі вимоги з розмірної точності і шорсткості поверхні. Обробка поверхні передбачає чорнове, півчистове і чистове розточування.

Поверхня $\varnothing 260h9$: квалітет розмірної точності – 9, шорсткість поверхні – $R_a = 3,2$ мкм, допуски відхилення форми і взаємного розташування поверхонь не вказані, тобто задані в межах допуску на розмір. Зазначена поверхня не виконує особливого функціонального призначення у вузлі, тому що не сполучається з іншими поверхнями деталей. Однак, дана поверхня може бути використана в якості технологічної бази, наприклад, під час оброблення фланців тощо. Також можна припустити, що підвищена розмірна точність поверхні пов'язана з необхідністю контролю неврівноваженості конструкції деталі в радіальному напрямку.

Отвір $\varnothing 14,2H7$: квалітет розмірної точності – 7, шорсткість поверхні – $R_a = 1,6$ мкм, допуск форми не вказано, тобто заданий в межах допуску на розмір. Конструктором заданий допуск позиційний – 30 мкм. Зазначені вимоги розмірної точності, шорсткості поверхні і позиційного допуску покликані забезпечити якість складання вузла.

До торцевих поверхонь деталі пред'явлено вимогу щодо допуску торцевого биття – не більше 20 мкм щодо бази I. Дана вимога зрозуміла, тому що зазначені поверхні є конструкторськими базами і точність їх розташування і форма визначають якість складання виробу, його експлуатаційні характеристики.

Решта поверхонь деталі не виконують особливих функцій, є вільними і до них пред'являються вимоги розмірної точності за 11–14 квалітетом. Шорсткість таких поверхонь – 3,2 мкм за критерієм R_a , що в зіставленні з розмірною точністю поверхонь є кілька завищеною вимогою. З іншого боку низька шорсткість

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

поверхонь сприяє зниженню рівня концентрації напружень, що в свою чергу визначає міцність від втоми конструкції деталі, і в кінцевому підсумку, її надійність і довговічність.

Технічні вимоги над основним написом креслення деталі регламентують:

1. Гр. V – КП 590 ГОСТ 8479-70. Ця вимога регламентує групу поковки згідно з ГОСТ 8479-70 й контрольовані параметри поковки під час остаточного контролю.

Відповідно до ГОСТ 8479-70 [2] для поковок V групи регламентуються види випробувань: випробування на розтягування, визначення ударної в'язкості, визначення твердості; умови комплектування партії: приймається індивідуально кожна поковка; характеристики для остаточного контролю: межа текучості, відносне звуження, ударна в'язкість. Категорія міцності КП 590 встановлена конструктором, регламентує:

- межа текучості $\sigma_{0,2}$ – 590 МПа,
- тимчасовий опір σ_b – 735 МПа (70 кгс/мм²),
- відносне подовження δ_5 – 14%,
- відносне звуження ψ – 45%,
- ударна в'язкість, КСУ – 59 Дж/мм² × 10⁴ (6 кгс · м/см²),
- твердість за Брінеллем – 235-277 НВ.

П'ята група поковок є найвищою і вказана обґрунтовано так як, розглянута деталь є відповідальною і працює у важких умовах.

2. Н14, h14, ±t2/2. Ця вимога регламентує точність розмірів для вільних поверхонь в межах 14 квалітету точності.

3. Допустима різниця маси – не більше 0,15 кг. Ця вимога регламентує допуск маси деталі, що виправдано, тому що вал входить до складу обертового вузла – муфти, для якої окремо регламентується дебаланс.

4. Покриття Хім. Окс. Ця вимога регламентує вид хіміко-термічного оброблення деталі – хімічне оксидування з метою захисту поверхонь деталі від агресивного середовища.

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

5. Лівий фланець вала маркувати буквою Д ударним способом. Ця вимога спрямована на забезпечення якості складання вузла. Конструкція вала є симетричною. У той же час необхідно розрізнити правий і лівий фланці вала, тому що останні обробляються згідно з розмічуванням з відповідними спряженими деталями вузла (правою та лівою втулками) і в подальшому збираються з ними.

6. Розмір в квадратних дужках виконати згідно зі спільним розмічуванням з отворами в деталі 4.7125.008-03. Виявити на кресленні розмір в квадратних дужках не вдалося. Однак, цілком ймовірно мова йде про розмічування отворів під болти.

7. Маркувати номер креслення, марку матеріалу, номер поковки ударним способом.

8. Матеріал-замінник – сталі 38ХНЗМФА, 38ХНЗМА ГОСТ 4543-71.

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

3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

Під час аналізу й проектування раціонального технологічного процесу механічного оброблення заготовки необхідно обов'язково враховувати тип виробництва виробів. 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. Однак на перших етапах проектування з достатнім ступенем точності тип виробництва можна визначити табличним методом, з наступним уточненням за коефіцієнтом закріплення операцій. Так, згідно з рекомендаціями [3], враховуючи масу деталі 52 кг і річну програму випуску деталей 80 штук – маємо дрібносерійний тип виробництва.

Уточнимо тип виробництва через розрахунок $K_{з.о}$. Визначимо його величину згідно з методикою, наведеною в [3]. Проміжні результати розрахунків наведемо в таблиці 3.1.

На першому етапі визначимо кількість необхідного верстатного устаткування за формулою

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{ум}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}, \quad (3.1)$$

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

$T_{ум}$ – штучний час на відповідну механічну операцію (відповідно до базового технологічного процесу виготовлення деталі);

$\eta_{з.н} = 0,75$ – нормативний коефіцієнт завантаження устаткування [3].

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

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{3,0}$

№ опер.	Найменування операції	$T_{\text{шт}}$	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Токарно-гвинторізна	22,20	0,0245	1	0,0245	30,63
2	Токарно-гвинторізна	18,20	0,0201	1	0,0201	37,36
3	Токарно-гвинторізна	12,80	0,0141	1	0,0141	53,12
4	Токарно-гвинторізна	12,40	0,0137	1	0,0137	54,83
5	Розточувальна з ЧПК	48,18	0,0531	1	0,0531	14,11
6	Круглошліфувальна	16,20	0,0179	1	0,0179	41,97
				Всього:	6	232,01

Розрахункову величину m_p округлюємо в більший бік (P).

Фактичну величину коефіцієнту завантаження устаткування $\eta_{з.ф}$ визначимо за формулою

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

Кількість операцій виконуваних на одному робочому місці визначимо за формулою

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

Коефіцієнт закріплення операцій визначимо за формулою

$$K_{3,0} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{232,01}{6} = 38,67.$$

Отримана величина $K_{3,0}$ відповідає дрібносерійному типу виробництва, що підтверджує дані табличного методу ($40 > K_{3,0} = 38,67 > 20$) [3].

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

В умовах дрібносерійного типу виробництва вироби виготовляють партіями або серіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і типорозмірами виробів, що запускають у виробництво одночасно [4].

Застосовується різноманітне технологічне устаткування і оснащення: верстати універсальні і з числовим програмним керуванням, оснастка універсальна, стандартизована з механізованим і ручним приводом. Обробка заготовок проводиться партіями з послідовним виконанням операцій. Устаткування розташовується, в основному, по групах верстатів.

Середня кваліфікація основних виробничих робітників при цьому є вищою, ніж у масовому виробництві, але нижчою, ніж в одиничному. Серійне виробництво є значно економнішим, ніж одиничне, так як краще використання спеціального обладнання і оснастки (за рахунок великих партій оброблюваних деталей) дозволяє зменшити собівартість продукції.

В результаті беремо форму організації робіт – групову, що є поширеною в умовах дрібносерійного виробництва. Групова форма організації робіт орієнтується на формування предметно-замкненої ділянки з виготовлення деталей, подібних за своїми конструктивно-технологічними ознаками.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою [5]:

$$n = (N_p \cdot a) / 259,$$

де $a = 24$ – періодичність запуску в днях (в даному випадку – один раз на місяць) [5].

$$n = (200 \cdot 24) / 259 = 18,53,$$

беремо $n = 19$ шт.

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

4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Згідно з завданням виконаємо аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками.

Деталь за призначенням належить до класу валів, тому що призначена для передачі крутного моменту. У той же час за конструктивними ознаками деталь є близькою до довгих втулок або гільз. Слід зазначити, що при досить високій поперечній жорсткості конструкція деталі відрізняється малою крутильною жорсткістю.

Габарити деталі 1001×280 мм роблять її оброблення на верстатах, установку на робочому місці і транспортування досить проблематичним.

Габарити і маса заготовки (понад 50 кг) під час транспортування і установки заготовки на верстатах вимагає застосування кран-балки або інших підйомно-транспортних засобів.

Оброблення заготовки різанням потребує застосування додаткового оснащення у вигляді люнетів. Розточування отвору вимагає двох установів або застосування довгомірної розточувальної борштанги, що знижує її жорсткість і робить негативний вплив на динаміку процесу різання.

Чималий центральний отвір діаметром 165 мм під час обточування заготовки потребує застосування грибкових центрів або іншої центруючої оснастки.

Спосіб отримання вихідної заготовки – вільним куванням на молотах з прошиванням отвору відповідає раніше визначеному дрібносерійному типу виробництва і не викликає особливих труднощів.

Матеріал деталі – сталь 38Х2МЮА ГОСТ 4543-71, конструкційна легована сталь, є досить поширеною. У той же час наявність легуючих елементів робить її дорожчою.

Одним з найбільш нетехнологічних елементів деталі слід вважати наявність фланців Ø280 мм з великим перепадом діаметрів щодо зовнішньої циліндричної поверхні Ø184, що обмежує варіанти при виборі конфігурації заготовки і визначає

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

низький коефіцієнт використання матеріалу. Заготовку з виступаючими фланцями як в нашому випадку складніше встановити і закріпити в патроні на токарному верстаті (коротка довжина фланця – 20 мм).

Нетехнологічним є наявність великої кількості «класних» поверхонь ($\varnothing 184h6$, $\varnothing 165H7$, $\varnothing 280f9$, $\varnothing 170H7$) з шорсткостями до 0,8 мкм за критерієм R_a .

В цілому, не дивлячись на ряд нетехнологічних елементів, конструкцію деталі можна визнати технологічною з оцінкою «задовільно».

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

5 Вибір способу отримання вихідної заготовки

На попередньому етапі проектування були визначені можливі варіанти отримання вихідної заготовки: поковка вільним куванням на молотах (як і в базовому варіанті технологічного процесу), поковка штампуванням на пресах і прокат.

Найбільш прийнятними за коефіцієнтом використання матеріалу є два перші варіанти. При цьому слід розуміти, що вільне кування в середньому дає більшу масу заготовки за рахунок більших за величиною припусків і напусків, в результаті досить великими є обсяги додаткового механічного оброблення заготовки різанням, собівартість виготовлення деталі також збільшується. Сам по собі спосіб отримання поковки вільним куванням порівняно з отриманням поковки штампуванням є більш дешевим.

Таким чином вибір способу отримання вихідної заготовки слід здійснювати з техніко-економічним обґрунтуванням альтернативних варіантів її отримання.

Визначимо собівартості отримання поковок кованої і штампованої за методикою [3]. Відповідно до методики [3] собівартість заготовок, одержуваних методами кування і штампування можна визначити за формулою

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_e \cdot k_m \cdot k_n \right) - (Q - q) \cdot \left(\frac{S_{одх}}{1000} \right),$$

де C_i – базова вартість 1 т заготовок, грн;

k_T – коефіцієнт, що залежить від класа 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;

k_n – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовок;

Q – маса поковки, кг;

q – маса готової деталі, кг;

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

$S_{отх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

Для поковки отримуваної куванням молотах маємо: $Q = 538$ кг, $q = 52$ кг, $C = 21800$ грн., $k_T = 1,0$, $k_c = 1,0$, $k_B = 0,73$, $k_M = 1,0$, $k_{II} = 0,8$, $S_{вдх} = 2800$ грн.

Для поковки отримуваної штампуванням маємо: $Q = 480$ кг, $q = 52$ кг, $C = 26200$ грн., $k_T = 1,0$, $k_c = 1,0$, $k_B = 0,73$, $k_M = 1,0$, $k_{II} = 0,8$, $S_{вдх} = 2800$ грн.

$$S_{заг1} = (21800/1000) \cdot 538 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 0,8 - (538 - 52) \cdot 2800/1000 = 5489 \text{ грн.},$$

$$S_{заг2} = (26200/1000) \cdot 480 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 0,8 - (480 - 52) \cdot 2800/1000 = 6146 \text{ грн.}$$

Розрахунок собівартості заготовок за альтернативними варіантами показав, що отримання поковки вільним куванням на молотах є вигіднішим. За попередніми розрахунками встановлено, що собівартість додаткової механічної обробки поковки, отримуваної вільним куванням порівняно з поковкою, отримуваною штампуванням, буде складати 500 грн. Таким чином, сумарно витрати на поковку, отримувану вільним куванням складатимуть 5989 грн: перевагу віддаємо першому способу отримання заготовки.

Вибір припусків і допусків, інших технічних вимог на поковку виконаємо згідно з ГОСТ 7829-70 [5].

Згідно з [5, табл. 1] вибираємо тип поковки – вали порожнисті.

Припуск й відхилення на зовнішній діаметр деталі – 23 ± 9 мм.

Зовнішній діаметр поковки – $280 + 23 = 303 \pm 9$ мм.

Припуск й відхилення на довжину деталі – $5 \cdot 23 \pm 5 \cdot 9 = 115 \pm 45$ мм.

Довжина поковки – $1001 + 115 = 1116 \pm 45$ мм.

Розмір отвору поковки залежить від середнього розміру оправки – 115 мм.

Тоді розмір отворів поковки – 115 ± 10 мм.

Ескіз поковки зображений на рисунку 5.1.

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

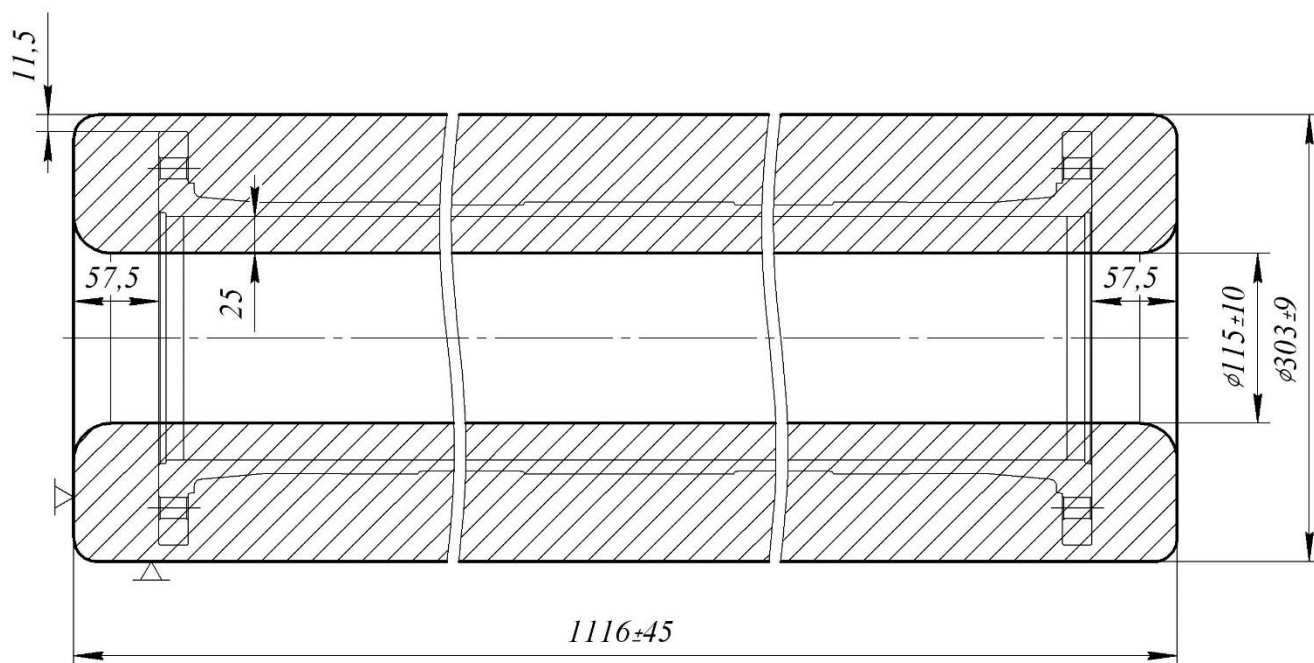


Рисунок 5.1 – Ескіз поковки

Відповідно до ГОСТ 7829-70 призначимо такі технічні вимоги на поковку:

1. Гр. V КП 590 ГОСТ 8479-70.
2. Поковка – вільним куванням на молотах.
3. Припуски й допуски згідно з ГОСТ 7829-70. Тип поковки – вали порожнисті.
4. Контроль фактичних припусків й відхилень розмірів поковок, здійснюється на основі креслення поковки.
5. Допускається нерівномірне розміщення припусків, що виникає в результаті еліптичності перерізу, відхилення від співвісності окремих частин поковки, вигинання поковок, зсуву перерізів, відхилення від перпендикулярності граней, зовнішніх радіусів закруглень, утягнення під час прошивання й відрубки, зміщення отворів під час прошивання.
6. Фактичні розміри в окремих частинах поковки не повинні виходити за граничні відхилення на розмір в цілому.

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

7. Поверхневі дефекти на поковках за характером і величиною не повинні перевищувати відповідні норми, встановлені згідно з ГОСТ 8479-70.
8. Нерівність торців (бахрома) на поковках не контролюється.
9. Скоси, галтелі, величини внутрішніх радіусів заокруглень поковок контролю не підлягають.

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

6 Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі

6.1 Розрахунок припусків на механічне оброблення поверхні обертання

Відповідно до завдання виконаємо розрахунок припусків на механічне оброблення зовнішньої циліндричної поверхні діаметром $184h6$. Визначення припусків здійснимо аналітично згідно з методикою проф. Кована В.М., в основі якої знаходиться розрахунок так званого мінімального припуску на i перехід за формулою

$$2Z \min_i = 2(Rz_{i-1} + H_{i-1} + \sqrt{\epsilon y_i^2 + \rho_{i-1}^2}), \quad (6.1)$$

де Rz_{i-1} – шорсткість поверхні, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході;
 H_{i-1} – глибина дефектного шару, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході;

ϵy_i – похибка установки заготовки на поточному (i) переході;

ρ_{i-1} – величина просторових відхилень, що утворюється на попередньому ($i-1$) переході.

Маршрут оброблення поверхні $\varnothing 184h6$ складається з 5 операцій (переходів) з урахуванням заготовчої (поковка вільним куванням):

- 1) поковка вільним куванням на молотах: $Rz = 750$ мкм, $H = 750$ мкм;
- 2) точіння чорнове: $Rz = 250$ мкм, $H = 240$ мкм;
- 3) точіння півчистове: $Rz = 120$ мкм, $H = 125$ мкм;
- 4) точіння чистове: $Rz = 40$ мкм, $H = 40$ мкм;
- 5) шліфування чистове.

Величину просторових відхилень для поковки визначимо за формулою

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (6.2)$$

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

де $\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot l$ – величина короблення заготовки, де $\Delta_{\text{к}} = 2,5$ мкм – питома величина короблення на 1 мм довжини заготовки, l – довжина заготовки [3];

$\rho_{\text{зм}} = 1,0$ мм – величина зміщення прошиваного отвору.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{(2,5 \cdot 1116)^2 + (1000)^2} = 2964 \text{ мкм.}$$

Величину просторових відхилень для інших переходів визначаємо з урахуванням коефіцієнта уточнення K_{y} [3]:

$$\rho_{\text{чорн.т}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,06 = 2964 \cdot 0,06 = 177,84 \text{ мкм,}$$

$$\rho_{\text{п/чист.т}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,05 = 2964 \cdot 0,05 = 148,2 \text{ мкм,}$$

$$\rho_{\text{чист.т}} = \rho_{\text{заг}} \cdot 0,04 = 2964 \cdot 0,04 = 118,56 \text{ мкм.}$$

При обточуванні заготовки на токарних операціях застосовуємо самоцентрувальний патрон і обертовий центр, тому похибку базування, як частину похибки установки заготовки беремо рівною нулю.

Похибку закріплення заготовки для необробленої поверхні беремо рівною 800 мкм, для попередньо обробленої – 140 мкм і для чисто обробленої – 70 мкм.

Розрахунок припусків виконуємо на ЕОМ у програмі «Припуск».

Результати розрахунку наведемо у додатку Б.

Як видно з результатів розрахунку припусків розмір заготовки становить 207 мм, однак, при побудові графічної схеми розташування припусків слід враховувати напуск, який перекриває припуск на чорнове точіння.

Схему розташування припусків наведемо на рисунку 6.1.

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

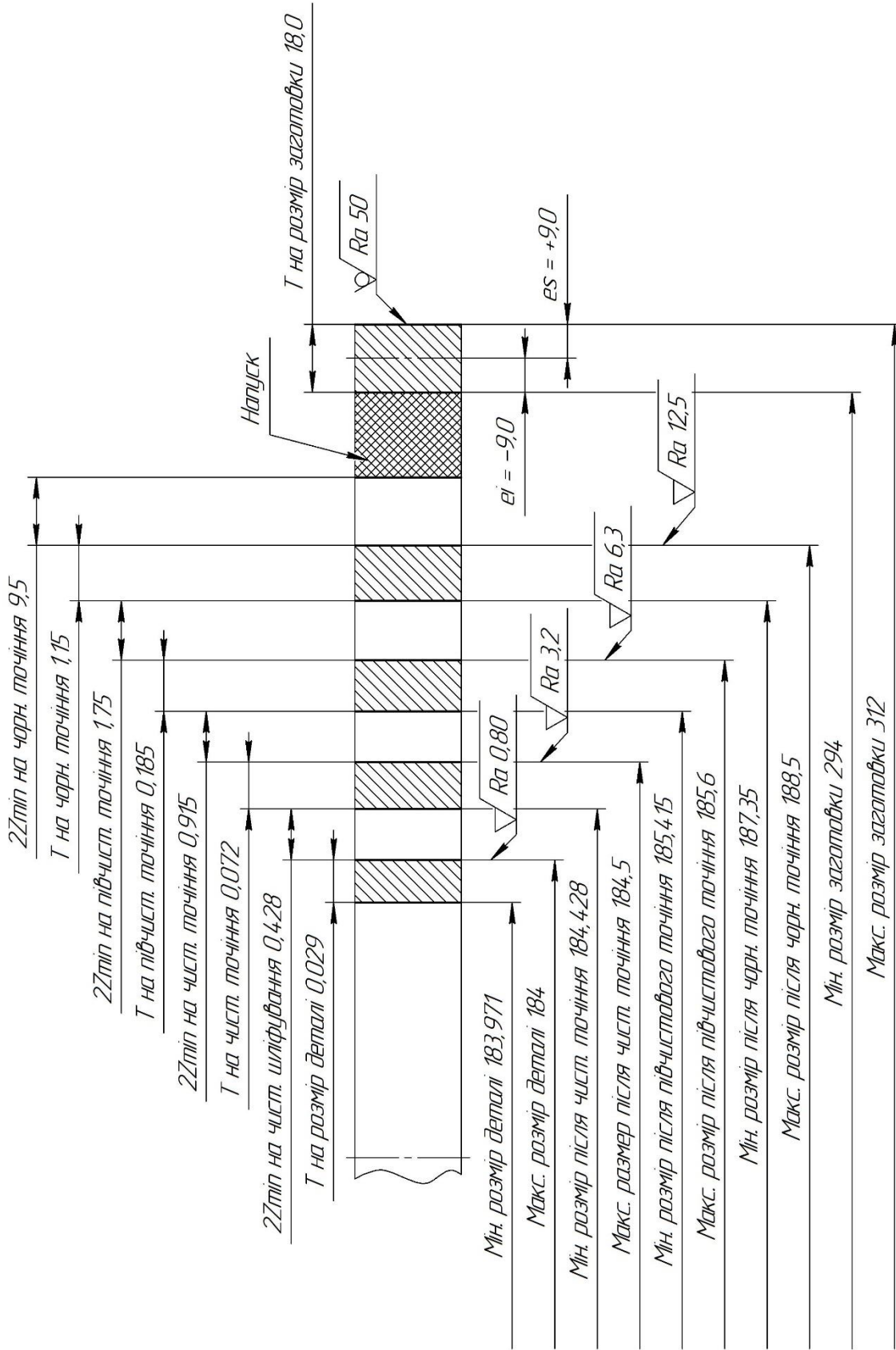


Рисунок 6.1 – Схема розміщення полів припусків і допусків під час оброблення поверхні діаметром 184h6

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

6.2 Обґрунтування вибору схеми базування й закріплення заготовки на технологічній операції

Виконаємо аналіз схеми базування і закріплення заготовки на операції при обробленні 16-ти циліндричних D14,2H7 і 2-х різьбових M10-7H отворів напрохід. У базовому технологічному процесі обробка зазначених отворів проводилася на горизонтально-розточувальній операції 040 згідно з попереднім розмічуванням, яка виконувалася на попередній 035 операції розмічування.

Аналіз змісту операцій 035 і 040 за базовим технологічним процесом показав нераціональність використання малопродуктивної ручної праці, зокрема, на операції розмічування. Крім того, обробка зазначених отворів на горизонтально-розточувальному верстаті передбачає використання щонайменше 7 ріжучих інструментів, їх послідовну установку і заміну, що також є малопродуктивним. Тому нами пропонується в якості верстатного устаткування використовувати горизонтальний обробний центр з інструментальним магазином і системою його автоматичної заміни за програмою. Необхідність в розмічуванні відпадає сама собою.

В якості технологічних баз на операції можна використовувати зовнішні циліндричні поверхні заготовки, які мають достатню розвиненість і на цей час оброблені начисто, і один з торців деталі – зовнішній або внутрішній торець одного з фланців, які також на цей час оброблені остаточно.

З урахуванням вищесказаного заготовку передбачається розмістити в горизонтальному положенні на призматичних опорах по циліндричних поверхнях d184h6 з упором в торець: реалізується подвійна напрямна та опорна бази, заготовка позбавляється 5-ти ступенів вільності. Вакантним залишається обертання навколо центральної осі заготовки.

Таким чином, для порівняння пропонуються дві схеми базування, див. рисунки 6.2 і 6.3.

Перша схема базування відрізняється упором по зовнішньому торцю правого

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

фланця (див. рисунок 6.2).

Точність діаметрів оброблюваних отворів визначається точністю мірного інструменту (свердла, мітчики).

Похибка базування на глибину отвору відсутня, тому що все циліндричні і різьбові отвори є наскрізними, і можлива похибка базування буде компенсуватися перебігом осьового інструменту.

Однак, точність розташування групи оброблюваних отворів відносно центральної осі деталі визначатиметься похибкою базування, яка має місце під час установки заготовки на опорну призму. Як відомо, в такому випадку похибка базування може бути розрахована за формулою [6]:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,5Td}{\sin(\alpha)},$$

де $Td = 0,029$ мм – допуск на діаметр 184h6 зовнішньої циліндричної поверхні, яка спирається на призму;

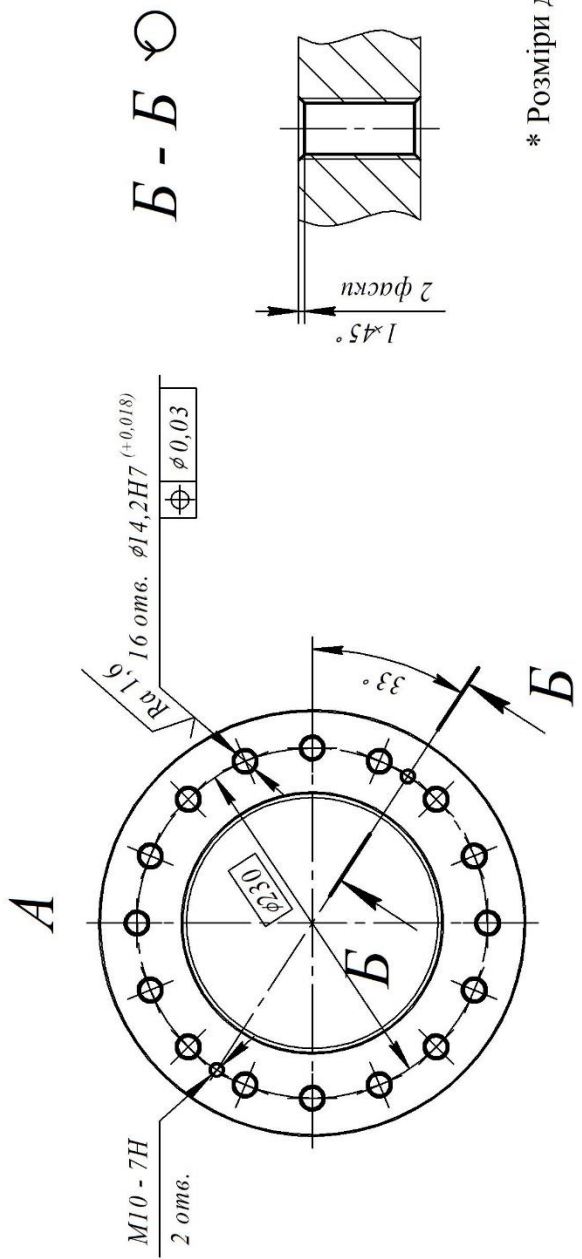
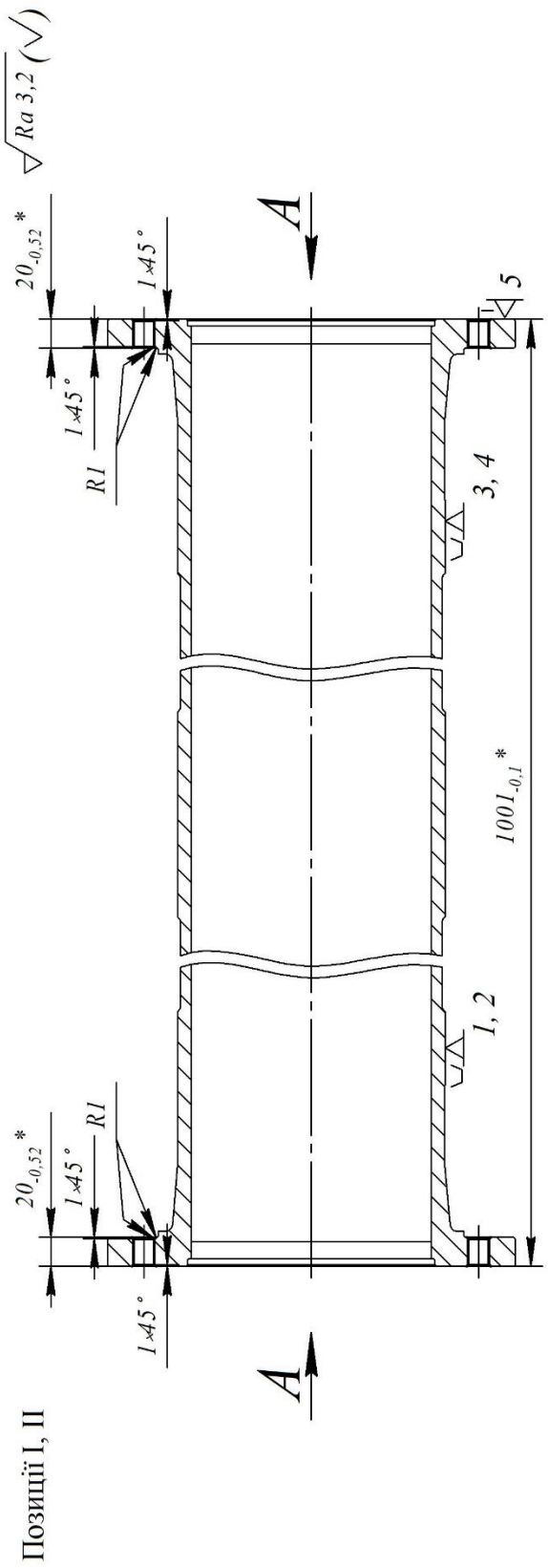
$\alpha = 45^{\circ}$ – пів кута призми.

В результаті маємо

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,5 \cdot 0,029}{\sin(45^{\circ})} = 0,021.$$

Як видно, величина похибки базування заготовки під час установки на призматичних опорах не перевищує величини позиційного допуску, що є прийнятним з точки зору забезпечення якості обробки.

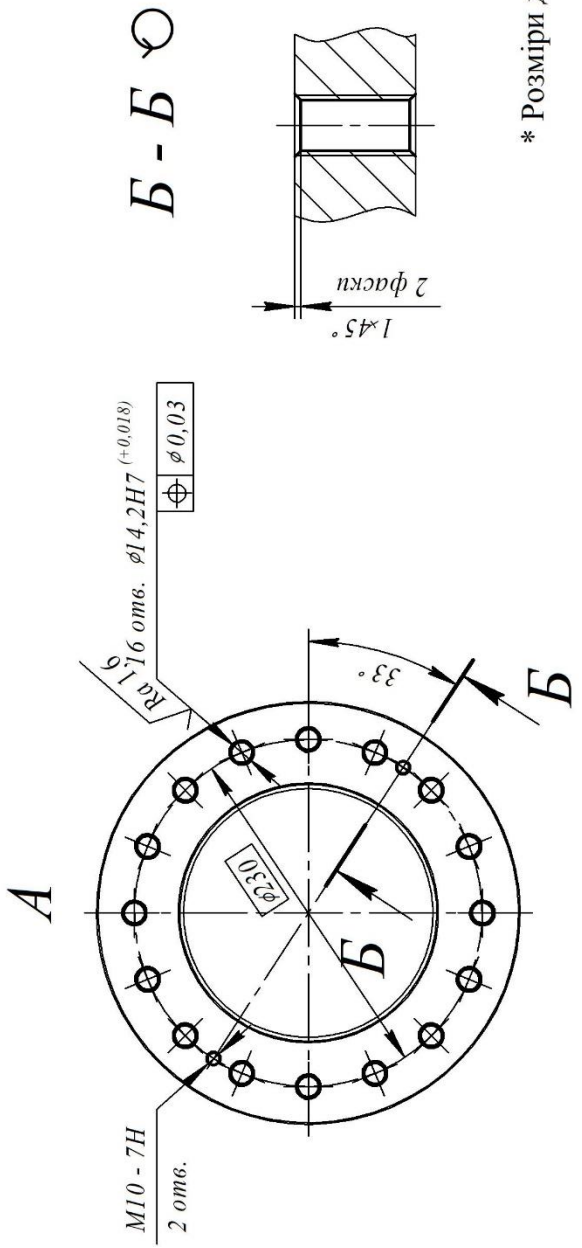
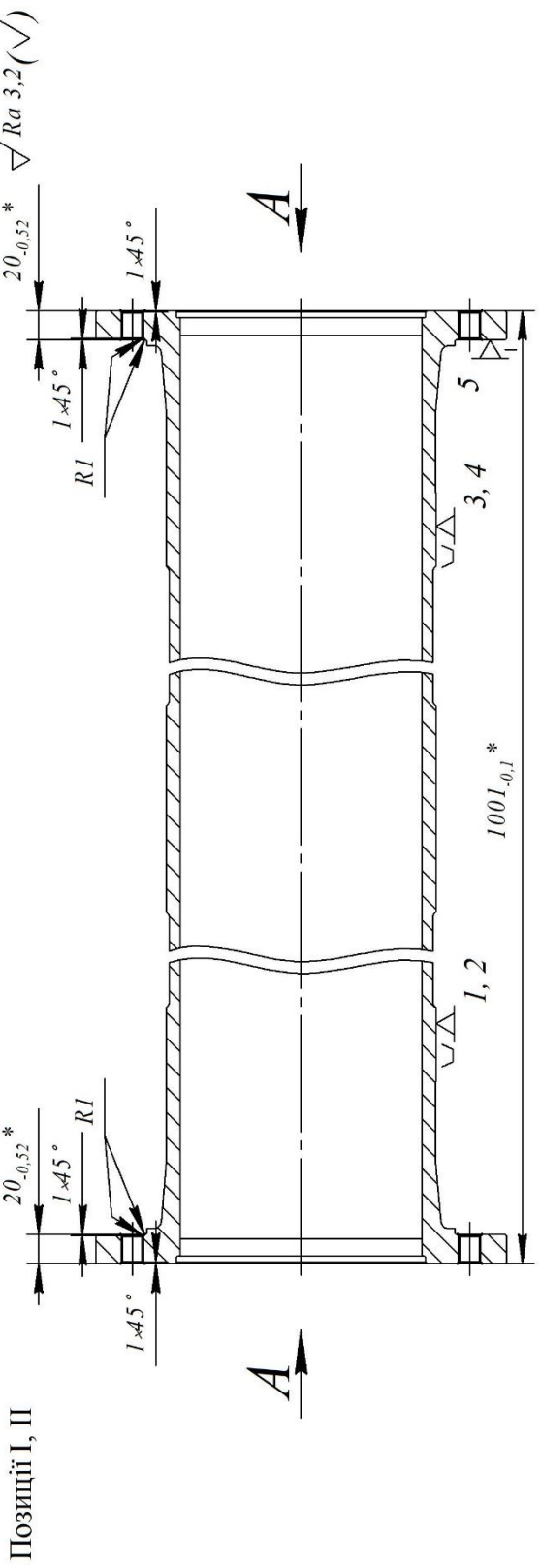
						Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



* Розміри для довідок

Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на операції 040

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



* Розміри для довідок

Рисунок 6.3 – Альтернативна схема базування заготовки на операції 040

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

Схема базування, зображена на рисунку 6.3 відрізняється упором по внутрішньому торцю правого фланця. Для даної схеми по аналогії зі схемою 6.2 мають місце ті ж міркування. І перша, і друга схеми базування дозволяють забезпечити необхідні параметри розмірної точності оброблюваних поверхонь. Зважаючи на відсутність явних переваг тієї чи іншої схеми базування перевагу віддаємо першій схемі (рисунок 6.2), тому що зовнішня поверхня фланця більш доступна для розміщення упору.

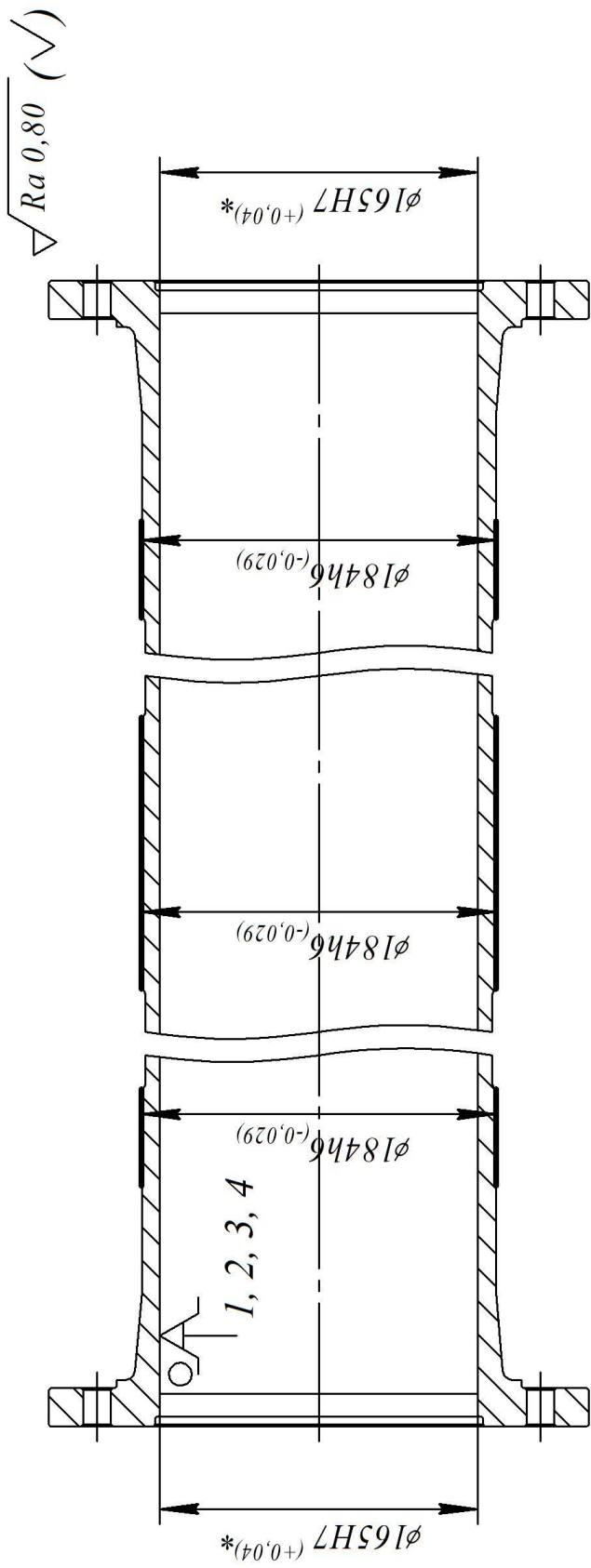
Виконаємо аналіз схеми базування заготовки на операції круглошліфувальній. На даній операції поздовжнім шліфуванням виконується чистове оброблення шийок вала $\varnothing 184h6$.

Найбільш розвиненою поверхнею до цього етапу обробки є отвір $\varnothing 165H7$.

Пропонується встановити заготовку на розтискній гідропаластовій оправці за отвором $\varnothing 165H7$, див. рисунок 6.4.

Наведена схема базування реалізує подвійну напрямну базу за отвором на оправці (4 ступеня вільності: 2 поступальних переміщення і 2 обертання). Два ступеня вільності – поступальне переміщення уздовж центральної осі і обертання навколо центральної осі заготовки залишаються вакантними.

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



* Розміри для довідок

Рисунок 6.4 – Схема базування заготовки на круглошліфувальній операції 050

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

6.3 Обґрунтування вибору металорізального устаткування

Операція 040. Вибір верстата здійснюємо з урахуванням габаритів заготовки – 1000×280 мм, її маси – 52 кг, прийнятих методів оброблення – свердління, нарізування різьблення мітчиком, типу виробництва – дрібносерійний.

Беремо горизонтально-розточувальний верстат з ЧПК моделі BO 130 CNC, основні характеристики якого наведемо в таблиці 6.1. Загальний вид верстата наведено на рисунку 6.5.

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики горизонтально-розточувального верстата з ЧПК моделі BO 130 CNC

Найменування параметра	Величина параметра
Робоча зона	
Діаметр свердління, мм	50
Діаметр розточування, мм	250
Розміри стола, мм	1000×1350
Кількість Т-подібних пазів	7
Ширина Т-подібних пазів, мм	22
Відстань між Т-подібними пазами, мм	125
Відстань між центром шпинделя та столом, мм	0–1140
Головний шпиндель	
Частота обертання шпинделя, об/хв	12–1000
Діаметр шпинделя, мм	130
Конус шпинделя	BT 50
Подача	
Робоча швидкість подачі за координатами X, Y, Z, W, мм/хв	5–2000
Прискорений хід за осями X, Y, W, мм/хв	10000
Прискорений хід за віссю Z, мм/хв	5000
Точність	
Точність позиціонування за осями X, Y, мм	0,02
Точність позиціонування за осями W, Z, мм	0,01

Продовження таблиці 6.1

Найменування параметра	Величина параметра
Потужність	
Потужність двигуна головного руху, кВт	22
Розміри та маса	
Габарити (довжина×ширина×висота), мм	5010×3700×3600
Маса, кг	17000



Рисунок 6.5 – Загальний вид верстата BO 130 CNC

Додаткові характеристики верстата:

- 4-стороння обробка;
- дуже стабільні плоскі напрямні гарантують довготривалу точність;
- плавне регулювання частоти обертання шпинделя від АС серводвигуна потужністю 15кВт і високим крутним моментом;
- широка станина з чотирма направляючими;

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

- стабільний фрезерний стіл витримує високе навантаження: маса оброблюваної деталі до 5 тонн;
- високоякісні особливо точні ШВП, встановлені на спеціальних підшипниках, гарантують високу точність позиціонування за всіма осьовими подачами;
- телескопічні кожухи з нержавіючої сталі захищають напрямні від стружки і забруднення.

Операція 050. На операції круглошліфувальній 050 виконується поздовжнє шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь $\varnothing 184h6$. З огляду на умови виробництва, можливості обладнання (за габаритами робочого простору, потужністю, кінематикою рухів робочих органів) пропонується використовувати універсальний круглошліфувальний верстат моделі 3М174Е, призначений для зовнішнього шліфування циліндричних і пологих конічних поверхонь деталей методом врізного і подовжнього шліфування в умовах одиничного, серійного і великосерійного виробництва [7]. Характеристику верстата наведемо у таблиці 6.2. Загальний вид верстата наведено на рисунку 6.6.

Таблиця 6.2 – Характеристика круглошліфувального верстата моделі 3М174Е

Найменування параметра	Величина параметра
Найбільші розміри оброблюваної заготовки, мм	
діаметр	400
довжина	2000
Рекомендований (або найбільший) діаметр шліфування	
зовнішнього	120
внутрішнього	-
Найбільша довжина шліфування	
зовнішнього	1800
внутрішнього	-
Висота центрів над столом	210

Продовження таблиці 6.2

Найменування параметра	Величина параметра
Найбільше поздовжнє переміщення стола	2000
Кут повороту стола, °:	
за годинниковою стрілкою	2
проти годинникової стрілки	6
Швидкість автоматичного переміщення стола (безступінчасте регулювання), м/хв	0,05–5
Частота обертання, об/хв, шпинделя заготовки з безступінчастим регулюванням	20–180
Конус Морзе шпинделя передньої бабки й пінолі задньої бабки	6
Найбільші розміри шліфувального круга:	
зовнішній діаметр	750
висота	100
Переміщення шліфувальної бабки:	
найбільше	365
на одне ділення лімба	0,0025 – 0,05
за один оберт рукоятки штовхання	-
Частота обертання шпинделя шліфувального круга, об/хв, при шліфуванні:	
зовнішньому	1270
внутрішньому	-
Швидкість врізної подачі шліфувальної бабки, мм/хв	-
Потужність електродвигуна привода головного руху, кВт	30
Габаритні розміри (з приставним обладнанням)	6710×3100×2100
Маса (з приставним обладнанням), кг	11500



Рисунок 6.6 – Загальний вид верстата 3М174Е

6.4 Обґрунтування вибору верстатного пристрою, ріжучого й мірального інструментів

Операція 040. Як верстатний пристрій для установки і закріплення заготовки приймаємо спеціальне пристосування з призматичними опорами і механізованим приводом.

В умовах дрібносерійного виробництва перевагу слід віддавати стандартній, уніфікованій оснастці. Тому в якості ріжучого інструменту скористаємося стандартними свердлами, зенківками й мітчиками (див. таблицю 6.3), що використовуються на верстатах з ЧПК [8].

Таблиця 6.3 – Відомість технологічної оснастки по операції 040

Вміст переходу	Ріжучий інструмент	Мірний інструмент
I.1 Свердли 16 отв. Ø10H12 напрохід	Свердло 035-2317-0102 ОСТ 2И20-5-80, Р6М5	-
I.2 Розсвердли 16 отв. Ø13H12 напрохід	Свердло 035-2300-1301 ОСТ 2И20-1-80, Р6М5	-
I.3 Свердли 2 отв. Ø8,5H12 с одночасним формуванням фаски 1×45°	Свердло 2310-0372 ОСТ 2И20-7-84, Р6М5	-

Продовження таблиці 6.3

Вміст переходу	Ріжучий інструмент	Мірительний інструмент
I.4 Зенкерувати 16 отв. Ø14H9 напрохід	Зенкер 035-2320-0507 ОСТ 2И-20-1-80, Р6М5	-
I.5 Розточити галтелі в 16 отв. R1 з двох сторін	Спеціальний інструмент типу Burr-Bun (Madison, USA) d14	-
I.6 Розвернути 16 отв. Ø14,2H7 напрохід	Розвертка спеціальна d14,2, Р6М5	Калібр-пробка d14,2H7 ПР-НЕ ГОСТ 14810-*
I.7 Нарізати різь в 2 отв. M10-7H	Мітчик 035-2620-0522 ОСТ 2И52-1-74, Р6М5	Калібр-пробка M10-7H ПР-НЕ ГОСТ 17756-*

Зміст переходів і оснащення для 2-ї позиції обробки повністю відповідає 1-й позиції.

Наявність галтелей й задирок в отворах Ø14,2H7 з двох сторін контролюються візуально.

Шорсткість поверхонь контролюється візуально за зразками шорсткості ГОСТ 9378-75.

Операція 050. Відповідно до пропонованої схеми базування заготовки (див. рисунок 6.4) приймаємо верстатне пристосування – спеціальну гідропластову оправку з циліндричними установчими поверхнями, діаметри яких відповідають діаметру центрального отвору заготовки. Заготовка встановлюється на гідропластову оправку за отвором Ø184h6, а оправка в зборі з заготовкою – у верстатних центрах (центр упорний 7032-0043 ГОСТ 13214-79).

Ріжучий інструмент: круг ПП 600×100×305 24А 25 С1 6 К8 ГОСТ 2424-83 (діаметр круга – 600 мм, висота – 100 мм, діаметр центрального отвору – 305 мм, матеріал абразиву – білий електрокорунд марки 24А, зернистість – 25, ступінь твердості – С (середній), структура – 6 (середня), зв'язка – К (керамічна).

Мірительний інструмент: калібр-скоба d184h6 ПР/НЕ ГОСТ 18362-73, зразки шорсткості згідно з ГОСТ 9378-80.

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

6.5 Визначення режимів різання

Виконаємо розрахунок режимів різання на перехід свердління 16 отворів $\varnothing 10\text{H}12$ напрохід.

Вихідні дані:

Операція 040 Розточувальна з ЧПК, позиція I;

Зміст переходу: свердлити 16 отворів $\varnothing 10\text{H}12$ напрохід;

Верстат – 2636ГФ2;

Ріжучий інструмент: свердло 035-2317-0102 ОСТ 2И20-5-80, Р6М5;

Геометричні параметри інструмента: $2\varphi_1 = 120^\circ$, $\alpha = 12^\circ$;

Розрахунок режимів різання виконаємо згідно з методикою [7]:

1. Визначимо глибину різання $t = D/2 = 10/2 = 5$ мм.

2. Призначимо подачу: під час свердління отворів глибиною $l < 3D$ згідно з точністю Н12 в сталі з $\sigma_s > 800$ МПа ($\sigma_s = 980$ МПа) рекомендовано вибирати подачу в межах 0,2–0,25 мм/об. Беремо $S_o = 0,2$ мм/об.

3. Для стійкості свердла $T = 30$ хв. Визначимо допустиму швидкість різання за формулою

$$V = \frac{C_V \cdot D^{q_V} \cdot K_V}{T^m \cdot S^{y_V}},$$

де $K_V = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{nV} \cdot K_{lV}$,

$$K_{mV} = K_s (750/\sigma_s)^{n_V},$$

$$K_{mV} = 1 \cdot (750/980)^{0,9} = 0,79;$$

$K_{nV} = 1,0$ (оброблення без корки);

$K_{uV} = 1,0$ (матеріал ріжучої частини інструмента – Р6М5);

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

$$K_{IV} = 1,0 (l \leq 3D);$$

$$K_V = 0,79 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,79;$$

$$C_V = 7;$$

$$y_V = 0,5;$$

$$q_V = 0,4;$$

$$m_V = 0,2;$$

$$V_p = 7 \cdot 10^{0,4} \cdot 0,79 / 30^{0,2} \cdot 0,2^{0,5} = 21,6 \text{ м/хв.}$$

4. В результаті частота обертання шпинделя становитиме

$$n_p = 1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 21,6 / 3,14 \cdot 10 = 687,5 \text{ об/хв.}$$

5. Найближча величина частоти обертання шпинделя за паспортом верстата відповідає $n_\phi = 630$ об/хв.

6. Швидкість різання згідно з коригованим значенням частоти обертання шпинделя становить

$$V_\phi = 3,14 \cdot 10 \cdot 630 / 1000 = 19,8 \text{ м/хв.}$$

7. Крутний момент на шпинделі верстата визначимо за формулою

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_M,$$

$$C_M = 0,0345;$$

$$q_M = 2,0;$$

$$y_M = 0,8.$$

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

$$K_M = 1,22.$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,22 = 11,6 \text{ Н/м.}$$

8. Визначимо потужність різання

$$N_p = M_{кр} \cdot n_{\phi} / 9750 = 0,76 \text{ кВт.}$$

Потужність верстата з урахуванням ККД привода головного руху становить $19 \cdot 0,75 = 14,25$ кВт, що значно перевищує розрахункову потужність різання $N_p = 0,76$ кВт, тож визначені режими різання можна реалізувати на вибраному верстаті.

Режими різання на інші переходи визначимо згідно з нормативами [9] й наведемо в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Режими різання на операцію 040

Номер і зміст переходу	D, мм	L, мм	t, мм	i	S _o , мм/об	n, об/хв	V, м/хв	T _o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8	
I.1 Свердлити 16 отв. Ø10H12 напрохід	10	24	5	16	0,20	630	19,8	3,05
I.2 Розсвердлити 16 отв. Ø13H12 напрохід	13	24	1,5	16	0,22	700	28,6	2,49
I.3 Свердлити 2 отв. Ø8,5H12 с одночасним формуванням фаски 1×45°	8,5	22,6	4,25	2	0,22	800	21,3	0,26
I.4 Зенкерувати 16 отв. Ø14H9 напрохід	14	24	0,5	16	0,18	1000	40,8	2,14
I.5 Розточити галтелі в 16 отв. R1 з двох сторін	14,2	1	1	32	0,10	1000	44,6	0,32
I.6 Розвернути 16 отв. Ø14,2H7 напрохід	14,2	24	0,1	16	0,40	355	15,8	2,71
I.7 Наіезати різь в 2 отв. M10-7H	10	28	-	2	1,75	250	7,9	0,13
Сума:								11,1

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

З урахуванням 2-ї позиції операції маємо $T_{0\Sigma} = 11,1 \cdot 2 = 22,2$ хв.

Операція 050. Режими різання для операції круглого шліфування вибираємо за нормативами [10].

При встановленій частоті обертання шліфувального круга на верстаті 1270 об/хв й діаметрі круга 600 мм маємо швидкість різання (круга) $V = 2393$ м/хв (39,88 м/с).

За даними [11] для підтримки нормального теплового балансу на оброблюваній поверхні повинно виконуватися співвідношення $V/V_d = 60$, де V_d – швидкість обертання заготовки.

В результаті $V_d = 39,88 / 60 = 39,88$ м/хв, що відповідає рекомендованому діапазону швидкостей згідно з [10].

Частота обертання деталі в такому разі складатиме

$$n_d = (39,88 \cdot 1000) / (\pi \cdot 184) = 69,02 \text{ об/хв.}$$

Беремо $n_d = 70$ об/хв, тоді

$$V_d = (\pi \cdot 184 \cdot 70) / 1000 = 40,46 \text{ м/хв.}$$

Поздовжня подача в частках ширини круга – 0,3 або $S_{\text{позд}} = 30$ мм/об при висоті круга 100 мм. При частоті обертання заготовки 70 об/хв маємо $S_{\text{позд}} = 2100$ мм/хв.

За даними [10] беремо поперечну подачу на хід стола $S_{\text{tx}} = 0,005$ мм/хід.

За даними [10] при довжині шліфування до 250 мм й припуску від 0,5 мм (на діаметр) основний час становить $T_o = 7,1$ хв.

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

6.6 Технічне нормування операції

Норма часу на виконання операцій на верстатах з ЧПК при роботі на одному верстаті (H_q) складається з норми підготовчо-заключного часу ($T_{п.з}$) і норми штучного часу ($T_{шт}$) [10]:

$$H_q = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n},$$

$$T_{шт} = (T_{ца} + T_{\delta} \cdot K_{\delta}) \cdot \left(1 + \frac{a_{mex} + a_{opz} + a_{вдп}}{100\%} \right),$$

де $T_{ца}$ – час циклу автоматичної роботи верстата за програмою, хв.;

$$T_{ца} = T_o + T_{м.д},$$

де T_o – основний (технологічний) час, на оброблення однієї деталі, хв.;

$T_{м.д}$ – машинно-допоміжний час за програмою (на підведення деталі або інструменту від вихідних точок до зони оброблення й відведення; установку інструменту на розмір, зміну інструменту, зміну розміру й напрямку подачі, час технологічних пауз (зупинок) тощо), хв.;

$$T_{\delta} = T_{\delta.у} + T_{\delta.оп} + T_{\delta.вим},$$

$T_{\delta.у}$ – час на установку чи знімання заготовки вручну чи з використанням підйомного пристрою, хв.;

$T_{\delta.оп}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією (що не увійшов до програми),

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

хв.;

$T_{д.вим}$ – допоміжний час на вимірювання (що не перекривається основним часом), хв.;

$K_{тд}$ – поправочний коефіцієнт на виконання допоміжної роботи залежно від партії оброблюваних деталей;

$a_{тех}, a_{орг}, a_{вдп}$ – час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок і особисті потреби за умови одноверстатного обслуговування, % оперативного часу.

Час автоматичного циклу визначимо з урахуванням допоміжного часу на зміну позиції столу (поворот столу з пристосуванням і заготівлею на 180°) – 0,5 хв., часу на зміну інструменту «вручну» – $7 \cdot 0,5 = 3,5$ хв., часу на холості ходи (підведення-відведення інструмента на прискореній подачі) – 12,24 хв.:
 $T_{ца} = 22,2 + 0,5 + 3,5 + 12,24 = 38,44$ хв.

Допоміжний час з урахуванням використання крана під час установки заготовки та вибіркової контролю становить

$$T_{д} = (0,9 + 0,56) + (2,2 + 0,1 + 0,04) + (0,11 \cdot 4 + 0,36 \cdot 2) = 4,96 \text{ хв.}$$

З урахуванням поправочного коефіцієнту $K_{тд} = 1,0$, що враховує кількість деталей у партії запуску, допоміжний час становить $T_{д} = 4,96 \cdot 1,0 = 4,96$ хв.

Час на організаційно-технічне обслуговування, відпочинок і особисті потреби складає 11% від оперативного часу:

$$T_{шт} = (38,44 + 4,96) \cdot 1,11 = 48,18 \text{ хв.}$$

При підготовчо-заключному часі

$$T_{п.з} = 10 + 3 + 2 + 16 + 3,6 + 2,6 + 0,8 + 0,3 + 1,8 + 1,8 + 4,5 + 1,3 \cdot 7 + 0,5 = 56,0 \text{ хв.}$$

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

маємо норму часу:

$$H_q = 48,18 + 56,0/8 = 55,18 \text{ хв.}$$

Операція 050.

З п. 6.5 цієї роботи маємо $T_o = 7,1$ хв.

Згідно з нормативами [12] визначимо складові допоміжного часу га операцію T_d : час на установку й зняття заготовки на центровій оправці $T_{д.у} = 3,0$ хв., час, пов'язаний з обробленням поверхонь заготовки

$$T_{д.о} = 1,3 + 1,5 + 1,3 = 4,1 \text{ хв.,}$$

час на контрольні вимірювання

$$T_{д.вим} = 0,17 + 0,20 + 0,17 = 0,54 \text{ хв.}$$

В результаті маємо

$$T_d = 3 + 4,1 + 0,54 = 7,64 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця беремо в розмірі 10% від оперативного.

Час перерв на відпочинок й особисті потреби беремо 4% від оперативного.

В результаті маємо штучний час на операцію

$$T_{шт} = (7,1 + 7,64) \cdot [(100 + 10 + 4)/100] = 16,8 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час га операцію становить

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

$$T_{п.з} = 12+8+1,5+7=28,5 \text{ хв.}$$

В результаті штучно-калькуляційний час на операцію становить

$$T_{шт.к} = 16,8 + 28,5/19 = 18,3 \text{ хв.}$$

						Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки

Згідно з завданням на роботу необхідно спроектувати верстатний пристрій для базування і закріплення заготовки «валу» на круглошліфувальній операції 050 при чистовому шліфуванні її зовнішніх циліндричних поверхонь $\varnothing 184h6$, див. рисунок 6.4.

У базовому (заводському) технологічному процесі виготовлення деталі на розглянутій операції заготовка встановлюється і закріплюється за внутрішньою поверхнею зворотними кулачками патрона (кулачки сирі, оброблені під діаметр центрального отвору деталі) з підтисканням грибкових центром. Металорізальне устаткування – круглошліфувальний універсальний верстат моделі 3М174Е.

Робочий на даній операції має шостий розряд. Застосування спеціального верстатного пристрою дозволить знизити розряд верстатника на операції до п'ятого розряду, знизить трудомісткість оброблення й підвищить стабільність параметрів точності операції. У зв'язку з цим орієнтовно приймаємо систему універсальних безналагоджувальних пристроїв (УБП).

На цій операції, як уже зазначалося вище, виконується чистове шліфування напрохід зовнішніх циліндричних поверхонь деталі в розмір $\varnothing 184h6_{(-0,029)}$.

Точність обробки діаметрального розміру відповідає *IT6*.

Точність форми оброблюваної поверхні заготовки на даній операції не обумовлена кресленням. З урахуванням нормальної відносної точності форми допуск форми поверхні (допуск циліндричності) становить 30% від допуску на розмір поверхні:

$$T_{f\gamma} = 0,3 \cdot 0,029 = 0,0087 \text{ мм.}$$

Згідно з [13] приймаємо нормальне значення допуску циліндричності в розмірі 8 мкм, що відповідає 5 ступеню точності.

						Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Точність взаємного розташування поверхонь на даній операції також не регламентована кресленням деталі. З урахуванням рекомендацій [13] приймаємо значення допуску радіального биття $T_{\uparrow} = 12$ мкм, що відповідає 4 ступеню точності.

Шорсткість поверхні – 0,8 мкм за критерієм Ra .

На дану операцію заготовка надходить після чистової токарної обробки всіх зовнішніх, внутрішніх циліндричних і торцевих поверхонь деталі. Маса заготовки до даного моменту практично дорівнює масі готової деталі і становить – 52 кг.

Аналіз схеми базування заготовки на операції 050 виконаний в п. 6.2 цієї роботи. Як сказано раніше, у деталі є досить розвинені і точні поверхні, які можна використовувати як технологічні бази. До таких поверхонь можна віднести внутрішні посадочні циліндричні поверхні $\varnothing 165H7$. За результатами аналізу особливостей реалізації операції запропонована схема базування заготовки з використанням гідропластової оправки за центральним циліндричним отвором $\varnothing 165H7$.

За своєю конфігурацією вал являє трубу з фланцями на обох торцях. Мінімальна товщина стінки труби становить 7,5 мм при довжині деталі 1001 мм, що говорить про недостатню поперечну жорсткість заготовки. Аналіз операції за базовим технологічним процесом показує, що базування й закріплення заготовки при шліфуванні зовнішніх циліндричних поверхонь $\varnothing 184h6$ в патроні і центрі не забезпечує необхідної жорсткості операційного налагодження: заготовка має опори під фланцевою частиною, центральна частина заготовки може провисати. Для підвищення жорсткості налагодження бажано розташувати установчі елементи верстатного пристосування ближче до центральної частини заготовки, що можливо з використанням самоцентруючої гідропластової оправки.

Уточнимо параметри отвору $\varnothing 165H7$, який буде виступати в ролі базового.

До даного моменту після виконання токарної чистової операції точність внутрішніх циліндричних поверхонь деталі відповідає $IT7$ з допуском $T_{\varnothing 165H7} = 40$ мкм.

						Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Точність форми отвору кресленням деталі не обумовлена. Зокрема, за точністю форми для циліндричних поверхонь обговорюємо допуски круглості, циліндричності й профілю поздовжнього перерізу. У зв'язку з цим, для нормальної відносної геометричної точності «А» допуск форми циліндричної поверхні складатиме 30% від допуску на відповідний діаметральний розмір:

$$T_{O \varnothing 165} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 165} = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мкм.}$$

Це значення допуску відповідає стандартному ряду значень допусків форми і 6-му ступеню точності.

Точність взаємного розташування поверхонь обумовлена кресленням деталі у вигляді радіального биття поверхні в розмірі 20 мкм, що відповідає 5-му ступеню точності.

Шорсткість поверхні – 3,2 мкм за критерієм *Ra*.

Аналіз базових і оброблюваних поверхонь показує, що параметри їх точності можна порівняти і дозволяють вести обробку поверхонь з необхідною точністю. Приймаємо схему базування заготовки, наведену на рисунку 6.4. Ця схема базування реалізує подвійну напрямну базу за отвором-оправкою (4 ступеня свободи: 2 поступальних переміщення і 2 обертання). Два ступеня свободи – поступальне переміщення уздовж центральної осі і обертання навколо центральної осі заготовки залишаються вакантними.

Аналіз показує, що при використанні прийнятої схеми базування заготовки на неї накладено 8 односторонніх зв'язків. Щоб система стала врівноваженою під час оброблення, заготовку необхідно позбавити можливості переміщатися за координатами x, x' (поступальне переміщення вздовж центральної осі X), ω_x, ω'_x (обертальний рух навколо центральної осі X).

Для розрахунку сил закріплення побудуємо схему взаємного впливу поля сил, що збурюють, і поля призначеного врівноважити ці сили у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування, див. рисунок 7.1.

						Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Як видно з рисунка 7.1, недоліком прийнятого способу врівноваження є високий рівень енергетичних витрат на закріплення заготовки, оскільки урівноваження здійснюється непрямим методом – силами тертя.

Виходячи з цього, в таблиці 7.1 представлена структура зв'язків, що виникають під час закріплення заготовки. Додаток сил закріплення створює чотири відсутні у комплекті (12) зв'язки – $x, x', \omega_x, \omega'_x$.

Таблиця 7.1 – Структура зв'язків під час закріплення заготовки на операції шліфування

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω'_x	ω_y	ω'_y	ω_z	ω'_z
Спо- сіб реалі- зації	Реакція	–	–	R	R	R	R	–	–	R	R	R	R
	Сила закріплення	–	–	P	P	P	P	–	–	P	P	P	P
	Сила тертя	F(P)	F(P)	–	–	–	–	F(P)	F(P)	–	–	–	–

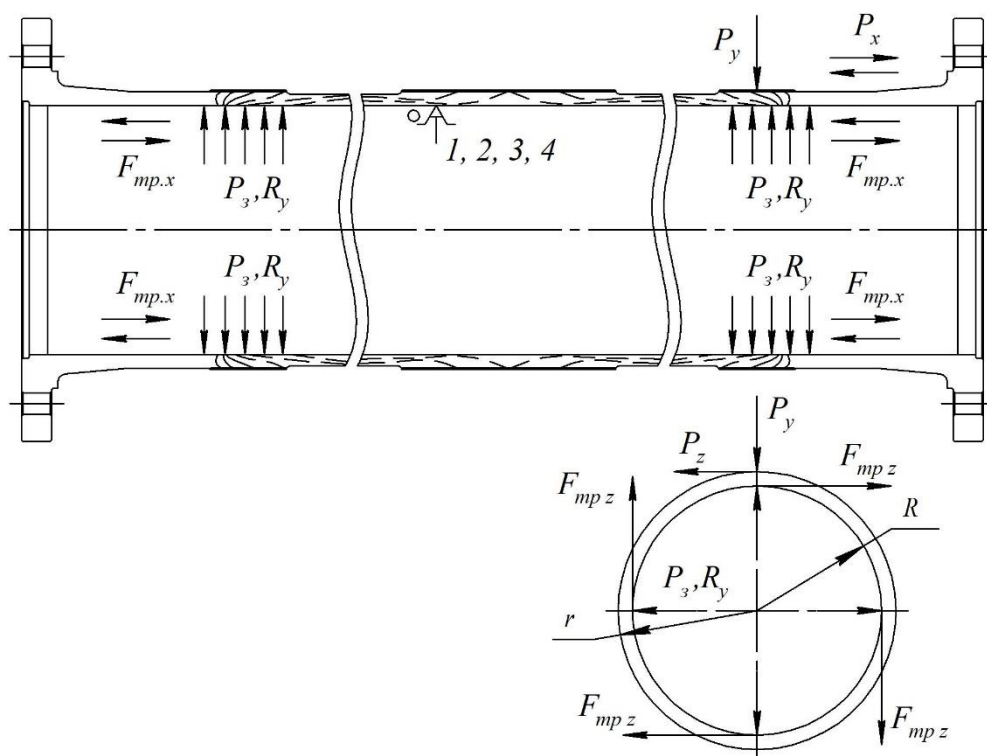


Рисунок 7.1 – Схема взаємного впливу поля возмущаючих сил и поля урівноважуючих сил

Очевидно, що для надійного закріплення заготовки повинна виконуватися умова

$$M_{\text{тр}} = K_{\text{зап}} \cdot M_p, \quad (7.1)$$

що забезпечує непровертання заготовки навколо своєї осі. Тут маємо: $M_{\text{тр}}$ – момент тертя від сил закріплення; M_p – момент різання від сил різання; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу.

Момент тертя визначається умовою $M_{\text{тр}} = M_{\text{кр.опр}}$, де $M_{\text{кр.опр}}$ – момент кручення, що утворюється гідропластовою оправкою.

З іншого боку, момент різання становить:

$$M_{\text{рез}} = P_z \cdot r, \quad (7.2)$$

де P_z – сила різання при точінні заготовки;

r – радіус прикладення сили різання, згідно з кресленням деталі $r = 92$ мм.

Виходячи з цього визначимо рівняння для розрахунку сили закріплення заготовки:

$$M_{\text{кр.опр}} = K_{\text{зап}} \cdot P_z \cdot r. \quad (7.3)$$

Коефіцієнт запасу визначимо за формулою [7]:

$$K_{\text{зап}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.4)$$

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

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні інструмента;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує змінення припуску на оброблення;

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

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

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує тип приводу;

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує зручність обслуговування приводу (за умови використання ручного приводу);

$K_6 = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що намагаються повернути заготовку на опорах.

В результаті маємо:

$$K_{\text{зап}} = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7.$$

При обробленні шліфуванням зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 184h6$ тангенціальна складова сили шліфування становить 500 Н.

В результаті, необхідний крутний момент, утворований гідропластовою оправкою від сил закріплення має дорівнювати:

$$M_{\text{кр.опр}} = 2,7 \cdot 500 \cdot 0,092 = 124,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

З іншого боку, необхідно розрахувати основні розміри гідропластової оправки та її пружних втулок по посадковим діаметрам заготовки $\varnothing 165H7$, і створюваний нею фактичний максимально можливий крутний момент $M_{\text{кр.опр.ф.}}$, з метою виконання умови:

$$M_{\text{кр.опр.ф.}} \geq M_{\text{кр.опр.}} \quad (7.5)$$

Розрахунок пружних втулок та інших параметрів гідропластової оправки зробимо за найбільшим діаметром $\varnothing 198,965^{+0,185}$.

Номінальний діаметр пружної втулки дорівнює номінальному діаметру базової (установчої) поверхні заготовки, тобто $D = 165$ мм.

						Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

При цьому, для забезпечення мінімальної посадки з зазором при точності оправки по *IT6*, згідно з рекомендованим рядом посадок з зазором, задаємо посадку по *g6*: $\varnothing 165g6$, що забезпечує допуски в межах $T_{\varnothing 165g6} = 25$ мкм ($\varnothing 165 (-0,014; -0,039)$).

Довжина тонкостінної частини втулки береться конструктивно по довжині посадочних поверхонь заготовки. Тоді довжини втулок будуть становити: $L_1 = L_2 = 230$ мм при довжині тонкостінної частини $l_1 = l_2 = 200$ мм (див. рисунок 7.2).

Товщина тонкостінної частини втулки h визначається залежно від діаметра D й довжини l . При $D > 150$ мм й $l > D/2$:

$$h = 0,02 \cdot D = 0,02 \cdot 165 = 3,3 \text{ мм.}$$

Максимально допустимий приріст пружної втулки ΔD_{max} при $l > 0,3D$ дорівнює:

$$\Delta D_{max} = 0,003 \cdot D = 0,003 \cdot 165 = 0,495 \text{ мм.}$$

В свою чергу, максимальний посадковий зазор S_{max} :

$$S_{max} = D_{max \cdot \text{заг}} - D_{min \cdot \text{втулки}}, \quad (7.6)$$

де $D_{max \cdot \text{заг}}$ – максимально можливий посадковий діаметр заготовки;

$D_{min \cdot \text{втулки}}$ – мінімально можливий посадковий діаметр втулки.

При забезпеченні посадки заготовки на оправку $\varnothing 165H7/g6$ отримаємо:

$$D_{max \cdot \text{заг}} = 165 + 0,04 = 165,04 \text{ мм,}$$

$$D_{min \cdot \text{втулки}} = 165 - 0,039 = 164,961 \text{ мм.}$$

						Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

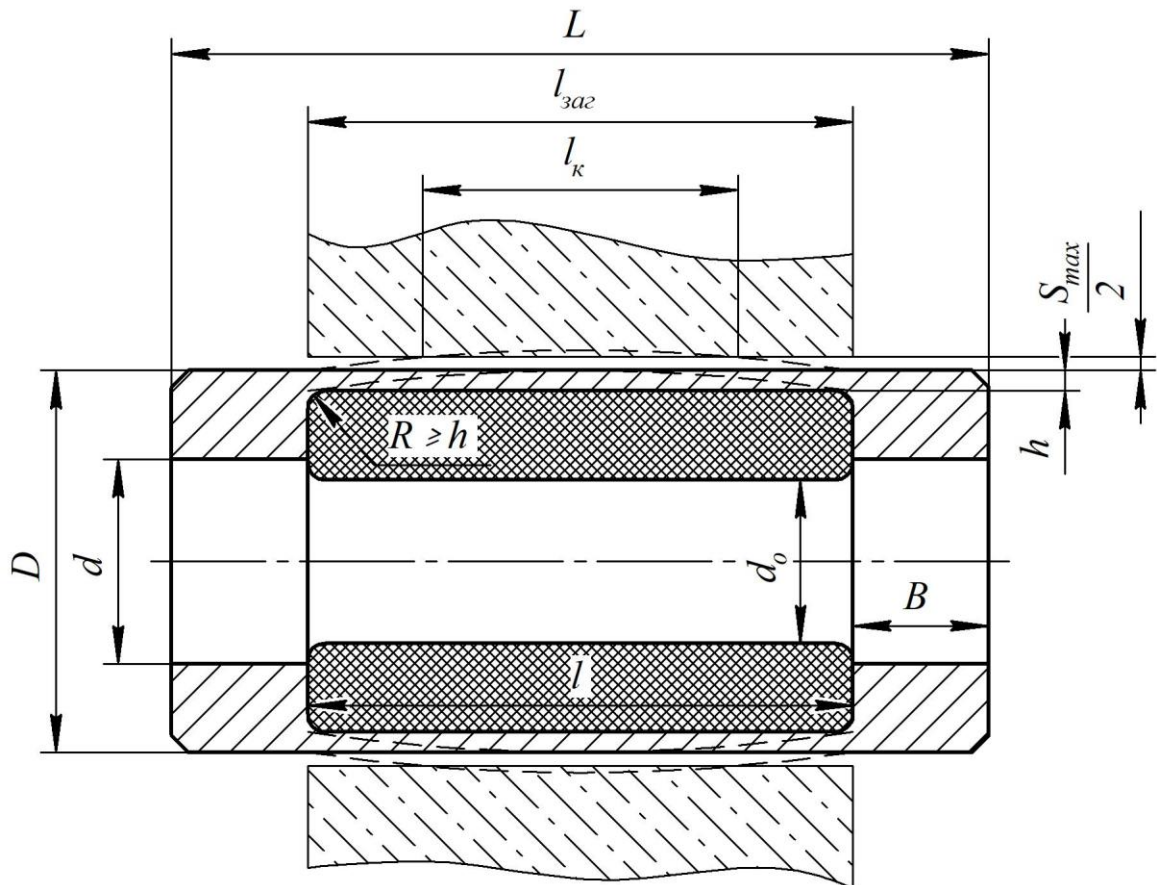


Рисунок 7.2 – Схема розрахунку втулки

В результаті максимальний зазор дорівнює:

$$S_{max} = 165,04 - 164,961 = 0,079 \text{ мм.}$$

Так, маємо: $\Delta D_{max} = 0,495 > S_{max} = 0,079$, а значить проєктована оправка здійснює як центрування, та і затискання заготовки.

В такому випадку затискний натяг (запас деформації) становить:

$$\delta_n = \Delta D_{max} - S_{max} = 0,495 - 0,079 = 0,416 \text{ мм.}$$

Ширина посадкового пояса B тонкостінної втулки дорівнює:

					Арк.
					58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	

$$B = 2,5\sqrt[3]{D} = 2,5\sqrt[3]{165} = 13,48 \text{ мм},$$

беремо $B = 15$ мм.

Визначимо внутрішній діаметр поясків d за формулою

$$d = D - 2h - 2H + 20,$$

де H – висота гідропластової порожнини;

$$H = (D - 2h - d_0)/2,$$

де d_0 – діаметр стрижня оправки, з конструктивних міркувань беремо $d_0 = 115$ мм.

Тоді маємо:

$$H = (165 - 2 \cdot 3,3 - 115)/2 = 21,7 \text{ мм},$$

$$d = 165 - 2 \cdot 3,3 - 2 \cdot 21,7 + 20 = 135 \text{ мм}.$$

Конструкція плунжера гідропластової оправки має істотний вплив на габарити пристосування, технологічність його виготовлення і ступінь витікання гідропласту. Діаметр плунжера вибирається конструктивно в межах 25–35 мм при $D = 165$ мм. Вибираємо плунжер з $d_{пл} = 32$ мм. Плунжер виготовляється зі сталі 50 з термообробленням до твердості HRC 40–45. Шорсткість поверхні має бути не вище 0,8 мкм за критерієм Ra . Плунжер повинен забезпечити посадку в сполученні $\varnothing 32H7/g6$. Натискні гвинти виготовляють зі сталі 45 з твердістю HRC 35–40. З'єднання плунжера з натискним гвинтом має забезпечувати лінійне переміщення

						Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

першого без обертання, в зв'язку з чим плунжер не повинен виконуватися заодно з натискним гвинтом.

Тепер визначимо фактичний максимальний крутний момент, що передається одним посадковим ступенем гідропластової оправки:

$$M_{\text{кр.опр.ф1}} = 5 \cdot 10^5 \cdot m \cdot \sqrt{m} \cdot i \cdot D^2, \quad (7.7)$$

де $m = 2h / D$;

i = запас деформації, $i = \delta_n$.

Тут в рівнянні всі величини задані в сантиметрах. Тоді:

$$M_{\text{кр.опр.ф1}} = 5 \cdot 10^5 \cdot (2 \cdot 0,33 / 16,5) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,33}{16,5}} \cdot 0,0416 \cdot 16,5^2 = 45300 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

Загальний крутний момент, який забезпечувався б двоступеневою гідропластовою оправкою буде в два рази більше:

$$M_{\text{кр.опр.ф}} = 2 \cdot M_{\text{кр.опр.ф1}} = 2 \cdot 45300 = 90600 \text{ кгс} \cdot \text{см} = 9060 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таким чином, фактичний крутний момент, що передається гідропластовою оправкою, значно перевищує крутний момент, необхідний для надійного закріплення заготовки:

$$M_{\text{кр.опр.ф}} = 9060 \text{ Н} \cdot \text{м} > M_{\text{кр.опр}} = 124,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

З огляду на значний запас за крутним моментом, таку гідропластову оправку можна використовувати і на чорнових операціях точіння.

При чистовому шліфуванні поверхонь заготовки до розрахункових параметрів, які в більшій мірі вплинуть на досягнення заданих допусків

						Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

оброблюваної заготовки слід віднести радіальне биття посадочних (робочих) поверхонь оправки щодо осі її центрових отворів. Зазначена похибка може привести до підвищеного радіального биття оброблюваної циліндричної поверхні «вала» на шліфувальній операції та її слід обумовити в технічних вимогах, пропорованих до точності виготовлення проектованої оправки.

Радіальне биття на оброблювану поверхню «вала» ми обумовили раніше:
 $T_{\uparrow\varnothing 184} = 20$ мкм.

В цьому випадку допустима похибка виготовлення пристосування дорівнює:

$$E_{np} = T - K \sqrt{(K_1 \cdot E_{\sigma})^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{zn}^2 + E_n^2 + (K_2 \cdot \omega)^2}, \quad (7.8)$$

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

$K_1 = 0,8$ – для випадків, коли $E_{\sigma} \neq 0$;

E_{σ} – похибка базування, за умови базування заготовки в центрах беремо $E_{\sigma} = 0$;

E_3 – похибка закріплення, в нашому випадку $E_3 = 0$;

E_y – похибка установки оправки в центрах верстата, беремо $E_y = 5$ мкм;

$E_{за}$ – похибка від зношення установчих елементів оправки. За умови рівномірного зношення установчих поверхонь оправки беремо $E_{за} = 0$;

$E_{п}$ – похибки установки й прекосу інструмента на верстаті, беремо $E_{п} = 5$ мкм;

$K_2 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує можливі відхилення від нормального закону розподілення;

ω – середня економічна точність оброблення поверхонь заготовки чистовим шліфуванням, беремо $\omega = 10$ мкм.

В результаті маємо:

$$E_{np} = 20 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 5^2 + 0^2 + 5^2 + (0,6 \cdot 10)^2} = 8,87 \text{ мкм.}$$

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дана похибка може бути віднесена до радіального биття посадочних (робочих) поверхонь оправки в межах 8 мкм. Її величину буде наведено в технічних вимогах на виготовлення гідропластової оправки.

Опис пристрою і принципу дії пристосування.

Спроектowana оправка складається з корпусу 1, по зовнішніх поверхнях якого по обидва боки напесовані дві тонкостінні втулки 3 і 4, що утворюють в корпусі 1 внутрішні порожнини під гідроласт. Зазначені порожнини з'єднані радіальними каналами з центральними (осьовими) порожнинами оправки, в яких запесовані з обох торців корпусу 1 по посадці $\varnothing 24H7/n6$ гільзи 2. У гільзах 2 встановлені плунжери 5, з'єднані за допомогою гвинтів 11 і штифтів 12 з натискними гвинтами 6, в торцях яких виконані шестигранні отвори під торцеві ключі. По краях корпусу 1 з обох його сторін в центральних отворах запесовані по посадці $\varnothing 100H7/m6$ дві втулки 7 з центровими отворами для базування (робочі поверхні А і Б).

Оброблювана заготовка за своїми посадочними поверхнями $\varnothing 165H7$ встановлюється на поверхні тонкостінних втулок 3 і 4 ($\varnothing 165g6$) корпусу 1 оправки. Потім шестигранним торцевим ключем з обох боків корпусу 1 оправки послідовно проводиться затиск заготовки шляхом загвинчування натискних гвинтів 6, які переміщують вперед плунжер 5. Останні, за рахунок зменшення обсягу внутрішніх порожнин гідроластових камер, підвищують в них гідростатичний тиск, який і деформує тонкостінні втулки 3 і 4, вибираючи зазор між оправкою і заготовкою, здійснюючі закріплення останньої. Потім оправку разом із заготовкою встановлюють за робочими посадковими заокругленнями (поверхні А і Б) втулок 7 в центрах круглошліфувального верстата моделі 3М174Е й здійснюють оброблення заготовки.

						Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки

1. Виконано аналіз службового призначення машини – холодильника барабанного 143.4801.00.000 ВО, деталі – валу 4.7125.009-03, визначені умови їх експлуатації, проведений аналіз технічних вимог, що пред'являють до конструкції деталі.

2. Розрахунковим шляхом визначено тип виробництва – дрібносерійний. Прийнято форму організації робіт – групову.

3. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі за якісними показниками.

4. Вибраний і обґрунтований економічно раціональний спосіб отримання вихідної заготовки – поковка вільним куванням на молотах, тип поковки – порожнистий вал.

5. Виконано розрахунок припусків на оброблення зовнішньої циліндричної поверхні $d184h6$. Припуски і допуски на інші розміри заготовки визначені табличним методом.

6. Виконано аналіз технологічних операцій горизонтально-розточувальної з ЧПК 040 і круглошліфувальної 050 існуючого технологічного процесу механічного оброблення заготовки з обґрунтуванням вибору схем базування і закріплення заготовки, металорізального устаткування та технологічної оснастки, розраховані режими різання і визначені технічно обґрунтовані норми часу за операціями.

7. Спроектований верстатний пристрій для установки і закріплення заготовки на круглошліфувальній операції 050.

8. Розроблено креслення заготовки, креслення маршрутного технологічного процесу, налагодження на операцію 050, складальне креслення верстатного пристрою і комплект технологічної документації на картах КТП.

9. В додатку Г розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

						Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Список джерел посилань

1. Марочник сталей и сплавов : Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. и др. / Под ред. В. Г. Сорокина. - М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия. - М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1992. - 13 с.
3. Андерс А. А., Потапов Н. М., Шулешкин А. В. Проектирование заводов и механических цехов в автотракторной промышленности. – М. : Машиностроение, 1982. – 256 с.
4. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". – Л.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. ГОСТ 7829-70 Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски. – М.: ИПК Из-во стандартов, 1998. – 28 с.
6. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.1 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – 656 с.
7. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т.2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
8. Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ : Справочник. - 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.2. Нормативы режимов резания. – М.: Экономика, 1990. – 473 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для

						Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Ч.1. Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 207 с.

11. Лурье, Г.Б. Шлифование металлов / Г.Б. Лурье. – М. : Машиностроение, 1969. – 174 с.

12. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – 2-е изд., уточн. и доп. – М. : Машиностроение, 1974. – 421 с.

13. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. Т.1 / В. И. Ануриев ; Под ред. И. Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2006. – 928 с.

14. Юдин Е. А. Охрана труда в машиностроении : учебник для студ. машиностроит. спец. вузов / Е. А. Юдин, С. В. Белов и др. ; Под ред. Е. А. Юдина и С. В. Белова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – 438 с.

						Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		