

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.О. Залога

«_____» _____ 2020 р.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ

БОЛТА ШАТУННОГО СНТ 00.00.28 ДБ

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування
верстатів та інструментів

Бакалаврська кваліфікаційна робота
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(Технології машинобудування)

Студент

С. О. Жиленко

Керівник

А. В. Євтухов

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

РЕФЕРАТ

Записка: 84 с., 7 рис., 17 табл., 12 джерел.

Об'єкт роботи – деталь болт шатунний СНТ 00.00.28 ДБ, яка входить до складу важкого шестициліндрового опозитного компресора 6ГМ40-16/100-420.

Мета роботи – удосконалення технологічного процесу виготовлення болта шатунного СНТ 00.00.28 ДБ.

В роботі виконано аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі, аналіз технічних вимог, що пред'являються до деталі. Табличним методом визначено тип виробництва, обрана форма організації робіт. Виконано аналіз технологічності конструкції деталі. За допомогою техніко-економічного обґрунтування обраний раціональний метод отримання заготовки.

На прикладі двох механічних операцій проаналізовано технологічний процес виготовлення деталі (з обґрунтуванням вибору схеми базування і закріплення заготовки на операції токарна з ЧПК 020 та горизонтально-фрезерній 035, вибором металорізального обладнання та засобів технологічного оснащення). У графічній частині роботи виконані креслення заготовки, верстатного пристрою, операційної наладки для операції 035 і маршрутний технологічний процес механічної обробки заготовки. Представлено комплект маршрутно-операційного опису механічної обробки заготовки на картах КТП.

УСТАНОВКА КОМПРЕСОРА, ПОКОВКА, МЕХАНІЧНЕ ОБРОБЛЕННЯ, СХЕМА БАЗУВАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ.....	6
2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ І ВИЯВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛІ.....	13
3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ.....	19
4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ.....	24
5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ.....	26
6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	33
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку аналітичним методом	33
6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки.....	41
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	47
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	49
6.5 Розрахунок режимів різання.....	51
6.6 Технічне нормування операції.....	63
7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ.....	69
ВИСНОВОК.....	82
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	83

					ТМ 18510225 – 00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Проектування технологічного процесу виготовлення болта шатунного СНТ 00.00.28 ДБ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Розроб.		Жиленко						
Перев.		Євтухов						
Реценз.								
Н. Контр.		Денисенко						
Затверд.		Залога			СумДУ, гр.ТМ-61-8			

Додаток А.....	85
Додаток Б.....	87
Додаток В.....	89



					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

Поршневі компресори як частина систем зі стисненим повітрям використовуються у виробництві продовольства і напоїв, автоматичного сортування продукції та систем упаковки продукції.

Поршневі промислові компресори використовують в таких технологічних процесах, де актуальні висока надійність і працездатність при тривалій безперервній експлуатації.

Це все можливо завдяки удосконаленню компресорів протягом усього часу поки продукт актуальний і затребуваний на ринку.

Модернізація компресорів залежить від вимог та завдань, поставлених замовником, за результатами модернізації можливо:

- підвищення ККД установки;
- адаптація компресора до нових параметрів перекачуються середовищ;
- зниження споживаної потужності;
- підвищення надійності роботи і ресурсу.

Переваги поршневих компресорів:

- будівля високого ступеня стиснення;
- високий ККД;
- відносна помірна вартість;
- технічне обслуговування зручно.

Завдяки цим перевагам можна припустити, що поршневі компресор для повітря або газу ще довго будуть використовувати в багатьох технологічних процесах в різних підприємствах.

Таким чином актуальним є удосконалення технологічних процесів виготовлення окремих деталей та складання промислових компресорів.

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВИРОБУ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ

Практично жодна галузь промисловості не обходиться без застосування різноманітних компресорних машин. Найбільш широке використання вони отримали на виробництвах нафтопереробної та нафтохімічної промисловості.

В цій роботі розглядається важкий шестициліндровий опозитний компресор 6ГМ40-16/100-420, який призначений для стиснення природного газу від тиску 9,8 МПа до 41,2 МПа.

Компресор входить до складу обладнання для облаштування газоконденсаторних родовищ з застосуванням сайклінг процесу, тобто здійснення зворотного закачування в пласт газу після видалення з нього вуглеводного конденсату. Технологічну характеристику компресора 6ГМ40-16/100-420 наведено у таблиці 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики компресору 6ГМ40

Назва технологічних характеристик	Показники технологічних характеристик
Тип компресора	Поршневий, горизонтальний двоступеневий на опозитній основі (база 6ГМ40)
Стискаючий газ	Природний газ: метан, етан, другі вуглеводні, вуглекислий газ – 4,2% шах, азот – 1,74% шах, механічні домішки – 5 мг/м ³
Об'ємна продуктивність про номінальних умовах всмоктування, м ³ /с (м ³ /хв)	0,271 (16,26)
Номінальна умова всмоктування: Тиск, МПа (кг/см ²) Температура, °К (°С)	9,8 (100) 298°К (25°С)
Номінальна умова нагнітання: Тиск, МПа (кг/см ²) Температура, °К (°С)	41,2 (420) 318°К (45°С)
Споживаюча потужність компресора, кВт	6080
Хід поршню, мм	450
Кількість циліндрів, шт.	6
Частота обертання валу, с ⁻¹ (мин ⁻¹)	5(300)
Вага компресора, кг	225800
Розміри, м	23,3×18,0×6,0

Поршневий компресор 6ГМ40-16 / 100-420 є одним з найбільш поширених компресорів в Європі, серед встановлених компресорів з продуктивністю до

100 м³/хв, призначені для стиснення природного і попутного нафтового газу, виконані на опозитних базах. Розглянутий компресор виконаний шестирядним, горизонтальним, двоступеневим. Basisю компресора є станина і кривошипно-шатунний механізм. Колінчастий вал одним кінцем жорстко, через фланець, пов'язаний з електродвигуном, а іншим кінцем встановлений на виносному стояковому підшипнику.

Станина компресора складається з картера, його кришки і шести направляючих у картері розташовані підстільки з тонкостінними вкладишами, на яких стоять сім корінних підшипників. Шостий підшипник, рахуючи від валоповоротного пристрою, є також і опорним, і забезпечується опорними кільцями.

До картера приставлені шість напрямних консольного типу, які через квадратний фланець контактують з картером, а через круглий фланець з ліхтарем, який переходить в робочий пневмоциліндр.

Стискання газів в компресорах здійснюється кривошипно-шатунним механізмом. Рухомими частинами кривошипного вузла компресора є колінчастий вал, шатун, поршень та шість крейцкопфів. Колінчасті вали служать для компресорів всіх типів і розмірів. Шатунні шийки двох протилежних рядів розташованих під кутом 180°, а кожна пара колін відносно один одного розгорнута на 120°. При цьому кожна з перерахованих деталей (вузлів) виконує певну функцію, тобто своє службове призначення.

Основною частиною шатунного вузла є шатун. Призначення шатунів компресорів полягає в перетворенні руху колінчастого валу в зворотно-поступальний рух поршня та в передачі зусилля з колінчастого валу на поршень циліндра для виробництва роботи – стискання газу. Таким чином, шатун є з'єднувальною ланкою між колінчастим валом і поршнем.

										Лист
										7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510225-00.ПЗ					

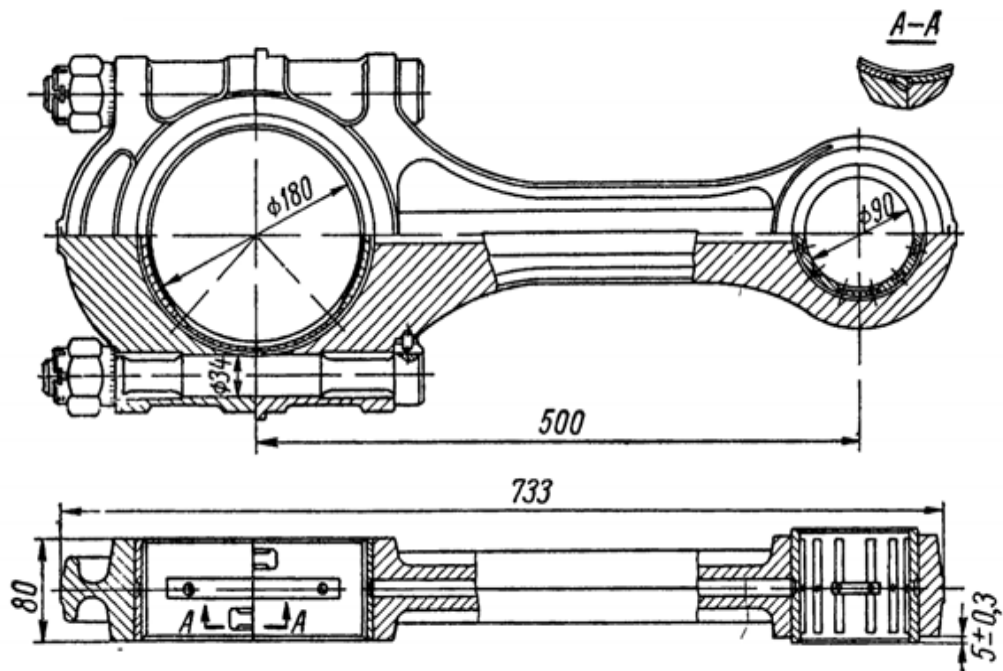


Рисунок 1.1 – Шатун з відкритою головкою і тонкостінним вкладишем

Даний механізм можна представити динамічною системою з сумісністю великої кількості різнонаправлених навантажень (в деталях вузла присутні великі знакозмінні навантаження), що призводить до швидкого зношування сполучених поверхонь вузла, виникнення втоми в перерізі деталей і їх завчасного руйнування. При чому руйнування деталей даного вузла, особливо в момент експлуатації машини, порівнюється з руйнуванням усього компресора, тому необхідно в повній мірі оцінювати його важливість, провести щільний аналіз даної «підсистеми», виявити вузькі місця і по можливості усунути недоліки конструкції.

Зі зменшенням довжини шатуна зменшується довжина або висота компресора, але збільшується тиск на башмак крейцкопфа або бічну поверхню поршню. При виборі конструкції і матеріалу шатуна слід враховувати важливість зменшення його ваги в поєднанні з необхідною міцністю й жорсткістю.

Шатунні болти відносять до одних з найбільш відповідальних деталей компресора. Розглянута деталь представляє собою тіло обертання стрижневої

						ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			8

форми з перепадами зовнішніх діаметрів від 113 мм до 60 мм при довжині 683 мм і вазі – 19,7 кг.

Їх руйнування призводить до найбільш тяжких аварій, так як сильні удари коліна обертаючого валу по нерухомому після обриву болтів шатуну викликають згинання шатуну, ушкодження валу, а інколи руйнування станини і циліндрів, що в більшості випадків означає повний вихід компресору зі строю.

Для підвищення втоми міцності болта його стрижня роблять тоншим, вибравши діаметр на (90...92)% від внутрішнього діаметру основної (накатної) різі. Переходи від тонкої частини до центруючих поясків і до різі виконують радіусом не менше $0,5d$, а до головки – $(0,15 : 0,20) d$, де d – зовнішній діаметр різі. В нашому випадку виготовляють з радіусом R25 виконуються усі переходи. Шорсткість вказаних поверхонь повинна бути не вище 0,4 мкм за критерієм Ra.

Основними конструкційними базами для «болта шатунного» є: центрувальна поверхня $\varnothing 72f7$ довжиною 180 мм, встановлюваний в отвір головки шатуну по посадці з зазором $\varnothing 72H7/f7$; різьба M70·3-6g довжиною 82 мм під спеціальну гайку; торець головки болта $\varnothing 113/\varnothing 84$ на довжину 630 мм та повздовжній паз в головці болта шириною 21 мм під штифт 16. Таким чином, центрувальна поверхня $\varnothing 72f7$ і різьба M70·3-6g разом утворюють подвійну направляючу базу, позбавляючи деталь чотирьох степенів вільності – двох поступальних та двох обертових переміщень уздовж і навколо осей Y і Z при горизонтальному розташуванні «болта». Торець головки болта $\varnothing 113/\varnothing 84$ являється опорною базою, лишає «болт» поступове переміщення вздовж осі X. Останнього обертового переміщення навколо осі X деталь позбавляється за рахунок установки в паз шириною 21 мм під штифт 16. Таким чином, «болт шатунний» у шатуні позбавлений шести степенів вільності. Приклад базування приведений на рисунку 1.2, також додано таблицю відповідності 1.2 та матрицю зв'язків 1.3.

										Лист
										9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510225-00.ПЗ					

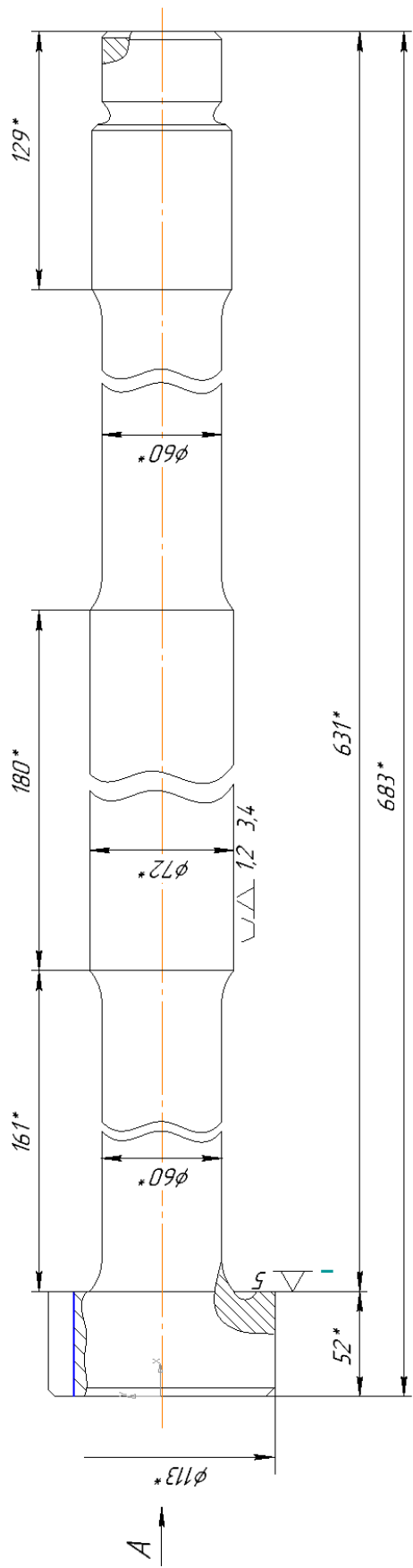


Рисунок 1.2 - Схема базування «Болт шатунний»

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ТМ 18510225-00.ПЗ

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	ОБ

Таблиця 1.3 – Матриця зв'язків

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

Для контролю взаємного розташування основних поверхонь «болта шатунного» при складанні у виробі блоку очистки газу на торцях болта з обох сторін виконані поперечні пази шириною 24 мм і глибиною 1,5 мм, по яким в процесі контролю поверхні переміщується вимірювальний індикатор.

Для отримання високої міцності основна різь М70х3-6g накатується з передчасним нарізуванням або без нього. Для зниження рівню напруження передбачені заокруглені впадини і вершини різі з радіусом R0,576 мм ($R = 0,15 \times S$, де S – шаг різі). Різь М60х3-6g обробляється спеціальним різьбонарізним інструментом і призначений для знімальної спеціальної гайки, за допомогою якої виконується передчасне розтягування «болта шатунного» перед його затяжкою основною гайкою.


Таким чином різьбові поверхні М70х3-6g і М60х3-6g, базуючи гайки, а також циліндрична поверхня Ø60h12, яка являється допоміжною конструкторською базою.

Для виходу ріжучого інструменту при нарізуванні різі М60х3-6g зроблено канавку Ø52 шириною 11,4 мм і з радіусом R3.

Зовнішні фаски 4x45° на різьбових поверхнях являються направляючими елементами при нарізуванні різі.

Як уже було сказано вище, «болт шатунний» призначений для з'єднання стержню шатуна з кришкою його головки, находячись в повздовжніх отворах головки шатуна в завчасно розтягнутому (напруженому) стані. В процесі експлуатації «болт шатунний» залишається нерухомим, сприймаючи, однак, значні знакозмінні циліндричні навантаження (розтягувальні, згинаючі та стискальні) від кривошипно-шатунного вузла, здійснюючого зворотно-поступове переміщення з частотою 300 об/хв. При цьому вага переміщення усіх частин досягає 1500 кг.

При складанні вузла шатуна спеціальні гайки і сам «болт шатунний» щільно підігнані по своїм посадочним поверхням і повинні бути застопорені.



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ І ВИЯВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛІ

Болт шатунний – одна з найбільш напружених і відповідальних деталей важкого опозитного компресора і до неї прийняті жорсткі технічні вимоги при виготовленні. Головні розміри деталі вказані на рис. 1.2, а саме довжина деталі L683 мм, максимальний діаметр $\varnothing 113$, центрувальна поверхня $\varnothing 72f7$ довжиною 180 мм, циліндрична поверхня $\varnothing 60h12$, галтелі R25, різьбові поверхні M70x3-6g та M60x3-6g, вага деталі 19,7 кг.

Для шатунних болтів характерні такі дефекти: залишкова деформація (подовження), зріз ниток різьби, вм'ятини, забоїни, скручування, тріщини, послаблення гайок на різьбі і посадки болтів в отворах головок шатунів. Їх замінюють при наявності тріщин, зірваної різьблення, вм'ятин, забоїн, а також залишкової деформації понад (0,1 – 0,2%) первісної довжини болта. У практиці можуть зустрітися і інші дефекти: туге провертання гайки, забоїни на різьбі, ризики, задираки і забоїни на посадкових поясах болта. Після усунення цих дефектів болти можна використовувати в експлуатації.

Надійність роботи шатунних болтів в основному залежить від конструкції, якості виготовлення, монтажу і, нарешті, від якості матеріалу. Як вже зазначено вище, «болт шатунний» вузла шатуна кривошипно-шатунного механізму компресора приймає високі навантаження в процесі експлуатації. Тому повністю обґрунтовано вибраний матеріал деталі – особливо високоякісна легована конструкційна сталь 40ХН2МА-Ш ГОСТ 4543-71. Це хромонікелемолібденова сталь з високою міцністю і в'язкістю, яка застосовується для особливо відповідальних деталей, схильних до загартування і відпуску, зокрема, колінчатих валів, муфт, осей, і тому подібних деталей. В загартованому і високовідгартованому стані сталь має твердість HB2502 МПа (255 кгс/мм²), тимчасова межа міцності $\sigma_B=1079$ МПа, межа плинності $\sigma_T=932$ МПа, відповідне подовження зразка при розриві $\sigma_5=14\%$, Відповідне звуження переріз зразка $\psi=55\%$, ударну в'язкість

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

$a_n = 784 \text{ кДж/м}^2$ (8 кгс·м/см²). Хімічний склад сталі 40ХН2МА-Ш ГОСТ 4543-71 представлений в таблиці 2.1 [2].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40ХН2МА-Ш, у відсотках

Хімічний елемент	C	Mn	Si	S	Se	Cr	Ni	Cu	Mo	V
Вміст	0,430	0,630	0,370	0,012	0,004	0,80	1,480	0,170	0,180	0,01

Виходячи з умов експлуатації на даному етапі достатнім є визначення даних механічних властивостей сталі яке регламентується V групою складності на поковку в відповідності з ГОСТ 8479-70. Згідно з цими вимогами 100% поковок повинні піддаватися наступним видам випробувань:

- випробування на розтягування;
- визначення ударної в'язкості;
- визначення твердості;

При цьому значення твердості браковою ознакою не являється і дозволяється визначення твердості на зразках для механічних випробувань. Здавальні характеристики: межа плинності, відносне звужування та ударна в'язкість.

Згідно з стандартом для категорії міцності поковки КП735 – $\sigma_B \geq 930$ – $\sigma_5 \geq 14$ – $\psi \geq 55$ – $KCU \geq 88$, встановлюються наступні норми механічних властивостей, визначені при випробуваннях на повздовжніх зразках:

- твердість сталі по Брінеллю (НВ) в межах (277-321) кгс/мм², $d_{отп}=(3,65-3,4)$ мм;
- тимчасовий опір розриву $\sigma_B=90$ кгс / мм²;
- межа плинності $\sigma_T=75$ кгс / мм²;
- відносно подовження $\sigma_5=12$ %, для поковок діаметром 100-300 мм;
- відносне звуження $\psi =35\%$ для поковок діаметром 100-300 мм;
- ударна в'язкість $a_n = 5,0$ кгс·м/см², для поковок діаметром 100-300 мм.

Робоче креслення «болта шатунного» дає повне уявлення про конфігурацію деталі, розмірів всіх її поверхонь і точності їх виготовлення, шорсткості, точності взаємного розташування поверхонь.

Враховуючи порівняно важкі умови експлуатації деталі, до неї надають достатньо жорсткі вимоги по розмірній точності, точності форми і взаємного розташування поверхонь, визначаючих її положення в шатуні, чистоті поверхонь.

Деталь представляє собою тіло обертання в вигляді ступінчатого валу з перепадами зовнішніх діаметрів від 60 мм до 113 мм, що при сумарній довжині в 683 мм говорить про недостатності жорсткості, так як відношення довжини до діаметру $l/d = (11,38 - 6,04)$.

Аналізуючи високі вимоги до точності зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 72f7(-0,06; -0,03)$ слід визнати їх обґрунтованими, оскільки при зборці шатунного вузла точність по IT7 забезпечує оптимальну величину мінімального зазору $S_{\min} = 30$ мкм і максимального зазору $S_{\max} = 60$ мкм при посадці в отворі шатуна по H7/f7. Таким чином досягається достатня точність центрування болта відносно отвору в виробі при хорошому зборі деталей. Як до найбільш точній базуючій поверхні деталі, до центрувальної зовнішньої поверхні надаються і жорсткі вимоги по відхиленню від циліндричності – не більше 0,015 мм, що відповідає 6 – 7 степеням точності по [5] з найближчими стандартними допусками 20 мкм і 16 мкм, відповідно. Дана вимога повністю виправдана, оскільки контактуючі поверхні повинні як можна повно і щільно прилягати друг до друга, не створюючи додаткових концентраторів напруження при підвищенні питомого тиску на окремих ділянках поверхні. Низьке значення шорсткості, по критерію $Ra = 0,8$ мкм, відповідає розмірній точності і пояснюється тими ж міркуваннями – усунення концентраторів напруження.

Обґрунтовані жорсткі вимоги пред'являються і до внутрішнього торця головки болта, виконаному в розмірі 630 мм, який не повинен давати перекосів, так як не рівномірне розподіл навантаження по даній поверхні призводить до розриву деталі в місцях галтелей радіусом 25° . Виходячи з цього, допуск

						ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			15

торцевого биття вказаної поверхні складає 20 мкм, що відповідає 6-7 ступеню точності. Відповідає вказаній точності і шорсткості даної поверхні – 1,6 мкм по критерію Ra.

Однією з конструкційних особливостей болта являються торцеві пази глибиною $H = 1,5 \pm 0,125$ мм і шириною $B = 24^{+0,43}$ мм. Дані пази передбачені як технологічна поверхня (контрольні площадки), необхідні для проведення контролю подовження довжини болта на операції попередньої зборки блоку очистки газу, де болт піддається попередньому навантаженні (розтягуванню). Дана операція потребує точного контролю поверхонь пазів, що залежить від їх взаємного розташування, тому допуск паралельності поверхонь дна вказаних пазів 0,08 мм, що складає 9- 10 степінь точності, зі стандартними допусками 60 мкм і 100 мкм, відповідно. Відповідає вказаній точності і шорсткості даної поверхні – 1,6 мкм по критерію Ra.

В технологічних вимогах особливо обговорюється спосіб отримання основної різьбової поверхні M70x3-6g. Поверхня різі повинна бути накатна без попередньої обробки спеціальним інструментом, з заокругленнями вершин і впадин різьбових витків з $R0,576$, а значення шорсткості по критерію Ra повинне становити 1,6 мкм. Метод накатування значно підвищує міцність різі, а інші вимоги зменшують ризик появи концентраторів напруження, що також підвищує міцність і довговічність різьбового з'єднання. При цьому всьому різь повинна бути чистою, без забоїн та задирок. Хотілось би зазначити що різьба M70x3-6g що використовується при виготовленні деталі «Болт шатунний» не відповідає стандартним розмірам, а саме M72·4-6g-R.

Різьба M60x3-g6 (під контргайку) не сприймає значних навантажень, тому допускається обробка різьбовим інструментом остання.

Значно ускладнюють конструкцію деталі галтелі радіусом R25, канавка для виходу ріжучого інструменту при нарізанні різі M60x3-6g – Ø52, шириною 11,4 мм з R3, а також торцева канавка R6. Наявність великої кількості сполучень великих радіусів потребує застосування копіювального обладнання або обладнання з ЧПК, однак ця вимушена міра, оскільки саме така конфігурація

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

галтелей та радіусних переходів знижує ризик утворень концентраторів напруження. Відповідає цим вимогам і шорсткість вказаних поверхонь 0,4 мкм по критерію Ra.

З цих міркувань, для підвищення втомної міцності болт має звуження стержня до 60h12, відхилення форми і взаємного розташування поверхонь які знаходяться в рамках допуску на розмір – 0,18 мм (60% від значення допуску). Шорсткість поверхні складає 0,8 мкм по критерію Ra, що відповідає умовам експлуатації деталі.

Вимоги в проведенні 100% ультразвукового контролю всього перерізу деталі, пояснюється вимогами високої надійності експлуатаційного виробу і можливістю завчасного виявлення внутрішніх дефектів на стадії механічної обробки. При цьому допускається виявлення окремих дефектів з еквівалентною площею до 3 мм³. З цих міркувань, для своєчасного контролю якості матеріала поверхні деталі пред'являється і вимоги на проведення магнітної дефектоскопії болта.

Вимоги на зборку: затяжку гайки контролювати по подовженню болта на довжину 0,77±0,22 мм – пояснюється необхідністю контролю напруження, передавального болту при зборці.

По іншим вільним поверхням деталі граничні відхилення розмірів задані по H14, h14, ±t₂/2. Це повністю обґрунтовано, так як вказані поверхні формують конфігурацію деталі і не оказують значного впливу на її експлуатаційні властивості. Відповідає вказаній точності і шорсткості вільних поверхонь – 6,3 мкм Ra.

В цілому оформлення креслення «болт шатунний» відповідає загальноприйнятим стандартам. На кресленні зображений один поздовжній розріз деталі, що є цілком достатнім для тіл обертання. Додатково на кресленні вказано два види з торців деталі і три місцевих виноска виконано за вимогами застарілих стандартів (ГОСТ). За вимогами діючих стандартів місцеві види замість позначення римськими цифрами (I, II, III) слід вказувати заголовними буквами – E, B, Ж.

									Лист
									17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 18510225-00.ПЗ

Розстановка розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості – вірна, і дає повне уявлення про конфігурації розглянутої деталі.

«Болт шатунний» є однією з основних деталей «шатунного» вузла кривошипно-шатунного механізму компресора, що працює у важких експлуатаційних умовах. Тому такі жорсткі технічні вимоги повністю обґрунтовані і відповідають сучасному рівню виготовлення виробів енергетичного машинобудування.



					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБІТ

Тип виробництва і відповідна йому форма організації робіт визначають характер технологічного процесу і його структуру.

На попередньому етапі проектування з використанням табличного методу було визначено тип виробництва – середньосерійний.

За ГОСТ 3.1108-74 тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{з.о}$, який показує відношення всіх різних операцій, виконуваних підрозділом протягом місяця, до числа робочих місць [3].

Виконаємо розрахунок $K_{з.о}$ з урахуванням таких початкових даних:

- річний обсяг випуску деталей – $N_{р\dot{и}ч} = 500$ шт. (згідно з завданням);
- нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для середньосерійного типу виробництва – $\eta_{з.н} = 0,75$ [3];
- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 6;
- штучний час обробки деталі за операціями $T_{шт}$ – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. таблицю 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання – $F_d = 4015$ год [3].

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою [3]:

$$m_p = \frac{N_{р\dot{и}ч} \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}. \quad (3.1)$$

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таблиця 3.1 – Розрахунок $K_{з.о}$

№ операції	Найменування операції	$T_{шт, хв}$	m_p	P	$\eta_{з.ф}$	O
1	Фрезерно-центрувальна	11,80	0,0326	1	0,0326	23
2	Токарна з ЧПК	13,37	0,0370	1	0,0370	20,27
3	Різьбонакатна	7,3	0,0202	1	0,0202	37,12
4	Горизонтально-фрезерна	6,12	0,0169	1	0,0169	44,37
5	Горизонтально-розточувальна	8,84	0,0244	1	0,0244	33,48
6	Круглошліфувальна	7,7	0,0213	1	0,0213	35,21
Сума:				6		193,45

Кількість робочих на кожній операції беремо

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 \text{ осіб.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції визначимо за формулою [3]:

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

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою [3]:

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

В результаті коефіцієнт закріплення операцій дорівнюватиме

$$K_{з.о} = \Sigma O / \Sigma P = 193,45 / 6 = 32,24. \quad (3.4)$$

Таким чином маємо $20 < K_{з.о} = 32,24 < 40$, що відповідає середньо-серійному типу виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску допускається визначати спрощеним способом за формулою

$$n = (N \cdot a) / 254, \quad (3.5)$$

де N – річна програма випуску;

a – періодичність запуску в днях. (Рекомендується наступна періодичність запуску виробів: 5, 10, 15, 20 днів). Обираємо режим 1 раз на 10 днів.

$$n = (500 \cdot 10) / 254 = 19,68 \text{ шт.}$$

Округлюємо розраховану величину в більшу сторону, тоді кількість деталей в партії $n = 20$ шт.

«Середньосерійний» тип виробництва характеризується одночасним виготовленням на підприємстві широкої номенклатури однорідної продукції, випуск якої повторюється протягом тривалого часу, і широкою спеціалізацією робочих місць. Коефіцієнт закріплення операцій становить 20 – 40 [3].

Підприємствами цього типу випускається в даний час 75-80% всієї продукції машинобудування в Україні. За технологічним та виробничим характеристикам велико-серійне виробництво займає проміжне місце між одиничним і масовим виробництвом але найбільш наближеним до умов масового виробництва.

У середньосерійному типі виробництва використовуються універсальні і спеціалізовані, частково спеціальні верстати, які розташовуються в послідовності технологічного процесу для однієї або декількох деталей, що потребують однакового порядку обробки, в тій же послідовності утворюється і рух деталей.

Виробництво йде партіями, причому деталі кожної партії можуть дещо відрізнятися одна від одної розмірами або конструкцією, допускають обробку на

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

одному і тому ж обладнанні. Виробничий процес ведеться таким чином, що після виконання обробки заготовок на одній операції виробляється обробка цієї ж партії на наступній операції.

При середньосерійному типі виробництва широко використовуються верстати з числовим програмним управлінням, обробні центри, а так само знаходять застосування гнучкі автоматичні системи верстатів з ЧПК. Переналагодження верстатів, пристроїв та інструментів, а також перебудова виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньою технологічною підготовкою.

Середня кваліфікація робітників при великосерійному типі виробництва вище, ніж у масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, працюють робітники-оператори невисокої кваліфікації, що працюють на настроєних верстатах.

Технологічна документація та технічне нормування докладно розробляються для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та дослідно-статистичного нормування найпростіших заготовок.

При виборі форми організації виробництва обирається груповий метод обробки деталей. Сутність цього методу полягає в розробці технологічного процесу і технологічного оснащення для групи подібних деталей або операцій, для яких потрібні однотипне устаткування й оснащення; при цьому скорочується різноманіття оброблюваних деталей і операцій. Цей метод сприяє застосуванню технології відповідного рівню великосерійного і масового виробництв. Групове виробництво в процесі обробної стадії на базі групової технології може бути створене у вигляді по-детально-групових цехів, ділянок і групових (багатопредметних) потокових ліній, де деталі оброблюються без переналагодження верстатів.

Розмір партії деталей – основний календарно-плановий норматив в серійному виробництві. Він зумовлює всі інші нормативи (періодичність

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

запуску-випуску, тривалість циклу виготовлення) і впливає на техніко-економічні показники роботи ділянки.»



					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Габарити болта шатунного 386·113 мм, деталь є тілом обертання типу «болт» з перепадами зовнішніх діаметрів від 60 мм до 113 мм, що при сумарній довжині в 683 мм говорить про недостатність поперечної жорсткості, так як відношення довжини до діаметру $l/d = (11,38 - 6,04)$ і має важкодоступні місця для обробки.

Матеріал деталі – сталь 40ХН2МА-Ш ГОСТ 4543-71, це хромонікельмолібденова сталь з високою міцністю і в'язкістю, яка застосовується для особливо відповідальних деталей, схильних до загартування і відпуску, зокрема, колінчатих валів, муфт, осей, і тому подібних деталей.

Заготовка – поковка штампуванням на КГШП. Здавальні характеристики: межа текучості, відносне звуження, ударна в'язкість, ці умови притаманні IV групі поковки.

Наявність значного перепаду діаметрів окремих ступенів дозволяє вважати, що болт шатунний являється не технологічним, з точки зору механічної обробки, конструкція допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має гарні базові поверхні і проста по конфігурації. Однак на заготовці присутні галтели та накатна різь, пази, які мають складну форму, що у свою чергу передбачає використання для обробки спеціальний інструмент і пристосування. Конфігурація зовнішнього контуру не викликає великих труднощів при отриманні заготівлі.

У зв'язку з відповідальним призначенням деталі до її матеріалу пред'являються підвищені вимоги щодо якості (регламентована наявність, розміри дефектів, умови випробування на розтягування тощо).

Враховуючи порівняно важкі умови експлуатації деталі, до неї надають достатньо жорсткі вимоги по розмірній точності, точності форми і взаємного розташування поверхонь, визначаючих її положення в шатуні, чистоті поверхонь тому деталі має ряд нетехнологічних елементів та ознак:

									Лист
									24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 18510225-00.ПЗ

1) циліндрична поверхня $\varnothing 72f7$ ($Ra = 0,8$ мкм, допуск циліндричності – 12 мкм). За рахунок 7-го квалітету з шорсткістю $Ra = 0,8$ мкм, деталь проходить обробку на декількох верстатах;

2) після попередньої механічної обробки піддати 100% ультразвуковому контролю. У металі поковки не допускаються тріщини, флокени, усадкові раковини, рихлості, розшарування. Допускаються окремі дефекти типу не металевих включень з еквівалентною площею до 3 мм включно. Це необхідно бо деталь болт шатунний виконує важливу роль в шатуні, будь-яка з перелічених деформацій можуть призвести до руйнування всього компресора;

3) Піддати контролю магнітною дефектоскопією. Допускаються поодинокі дефекти типу неметалічних включення з площею не більше 1.5 мм, протяжністю до 2 мм у кількості 3 штуки на площі 10 10 см при цьому відстань між дефектами має бути не менше 50 мм

4) торцеві пази $H = 1,5 \pm 0,125$ мм і шириною $B = 24$ ($Ra = 1,6$ мкм, допуск паралельності поверхонь дна вказаних пазів 0,08 мм, що складає 9 – 10 степінь точності, зі стандартними допусками 60 мкм і 100 мкм, відповідно). Важливість цих пазів полягає в спеціальній процедурі для болта шатунного в якій він підвергається розтягуванню в спеціальному пристрої, пази служать поверхнею вимірювання індикатором;

5) основна різьбова поверхня M70-3-6g ($Ra = 1,6$ мкм, з заокругленнями вершин і впадин різьбових витків з R0,576). На цій стадії заготовка обробляється методом накатування різі;

6) галтель R25 ($Ra = 0,4$ мкм). Для обробки не стандартного радіуса R25, використовується різець прохідний з замінною ріжучою пластиною, PCLNR 2020 K12 T15K6;

Отже, конструкція деталі забезпечує вільне підведення і відведення інструменту і СОЖ в зону різання і з неї, і відведення стружки не дивлячись на ряд нетехнологічних елементів в конструкції, деталь в цілому є технологічною і може бути виготовлена без зміни конструкції.

						Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510225-00.ПЗ	

5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Основною умовою раціональної технології є максимальне приближення форми та розмірів заготовки до форми готової деталі. На характер технологічного процесу впливають наступні фактори:

- розмір виробничої програми, тип виробництва, форми організації технологічного процесу;
- характер обладнання і технологічного оснащення, які використовуються;
- конструктивні форми, розміри і технологічність виробу;
- вид матеріалу і його властивості;
- форми, розміри і точність виготовлення заготовок;
- вимоги до точності і шорсткості поверхонь, які обробляються;
- особливі вимоги до фізико-хімічних властивостей виконавчих поверхонь: твердість, корозійна стійкість, жаростійкість, антифрикційні властивості тощо;
- вимоги продуктивності і економічності виробництва.

Основними методами утворення форми заготовок або їх основних поверхонь є: лиття, обробка тиском, формування, обробка різанням, наплавлення, металізація, напилювання, заливка рідинним металом, електрохімічна та електрофізична обробка.

В базовому технологічному процесі виготовлення деталі «Болт шатунний» заготовка отримана як поковка вільним куванням на молотах.

Перевагою вільного кування є:

- можливість виготовлення великогабаритних поковок масою до 300 ... 400 т при використанні порівняно малопотужного обладнання (мінімальна маса - кілька десятків грам);
- застосування універсального устаткування і оснащення дозволяють отримати поковки широкого асортименту;
- поліпшується якість металу, його механічні властивості (пластичність, ударна в'язкість).

										Лист
										26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 18510225-00.ПЗ

Недоліки кування:

- низька продуктивність;
- великі припуски, допуски, напуски, що викликає великий обсяг механічної обробки.

Обираємо більш продуктивний метод штамповки на кривошипних гаряче-штампованих пресах. За рахунок більшої продуктивності, меншої кількості зайвого матеріалу.

Одержання заготовки ($\varnothing 120$ з переходом на $\varnothing 79$, і довжиною 1692): пруток затискають між матрицями та осаджують пуансоном повзуна. При зворотному русі повзуна пруток з висадженим кінцем звільняється. Штampi для КГШП складаються з матриці та пуансона. Затискним ривчакам надають овального перетину, що забезпечує надійне закріплення заготовок під час їх штампування. За призначенням пуансони можуть бути формувальними, пробивальними, прошивальними та обрізувальними, а за конструкцією суцільними та складаними.

Як вже зазначалося вище, існують 2 основних способи виробництва поковок – штампування і кування. У свою чергу, штампування буває гарячої і холодної. У першому випадку сировинну заготовку спочатку піддають нагріванню, після чого за допомогою преса надають їй потрібну форму. У другому – процес штампування здійснюється без попередньої термообробки.

Штампування має кілька переваг у порівнянні з куванням:

- більш висока якість поверхонь поковок та менші величини припусків та напусків визначають менші обсяги подальшого оброблення заготовки різанням;
- метод штампування дозволяє отримати більш складні деталі, з розташованими в різних площинах поверхнями.
- більш висока продуктивність. Завдяки високій швидкості виготовлення поковки можливо виробництво великих обсягів металопрокату в стислі терміни.

Поковки по видам випробування розділяються на групи вказані в ГОСТ 8479-70 та визначається конструктором. Оскільки деталь проходить

										Лист
										27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510225-00.ПЗ					

випробування на розтягування, визначення ударної в'язкості, визначення твердості, відповідає вимогам комплектації партії, а саме поковка одної плавки сталі, які спільно пройшли термічну обробку. Здавальні характеристики: межа текучості, відносне звуження, ударна в'язкість, тому ми обираємо IV групу поковки.

Припуски та допуски на поковку штампуванням визначимо відповідно до ГОСТ 7505-89:

- клас точності: T4, визначаємо виходячи з шорсткості обробленої поверхні деталі виготовленої з штамповки, а також в залежності від величини розмірів та ваги штамповки;
- група сталі: M1 (до 0,35% і легуючих елементів до 2% включно);
- ступінь складності: C2, визначаємо шляхом обчислення ваги поковки до ваги готової деталі;
- вихідний індекс – 13, виходячи з раніше перерахованих значень обираємо вихідний індекс.

Розрахунок ваги заготовки $M_{п}$.

$$M_{п} = M_{д} \cdot K_{р}, \quad (5.1)$$

де $M_{д}$ – вага готової деталі, $M_{д} = 19,7$ кг;

$K_{р}$ – розрахунковий коефіцієнт, $K_{р} = 1,3$.

$$M_{п} = 19,7 \cdot 1,3 = 25,61 \text{ (кг)}$$

Коефіцієнт використання заготовки базового варіанту

$$K_{з1} = m_{д} / m_{з} \quad (5.2)$$

де $m_{д}$ – вага готової деталі;

$m_{з}$ – вага заготовки

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

$$K_3 = 19,7/25,3 = 0,77$$

Припуски на механічну обробку:

- 2,0 – діаметр 113 мм і чистота поверхні – 6,3 мкм за критерієм Ra;
- 2,0 – діаметр 60 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;
- 2,0 – діаметр 72 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;
- 2,0 – діаметр 60 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;
- 1,8 – діаметр 70 мм і чистота поверхні 1,6 мкм за критерієм Ra;
- 1,8 – діаметр 60 мм і чистота поверхні 1,6 мкм за критерієм Ra;
- 1,8 – довжина 53 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;
- 2,5 – довжина 161 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;
- 2,5 – довжина 180 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;
- 2,5 – довжина 161 мм і чистота поверхні 0,8 мкм за критерієм Ra;
- 1,8 – довжина 82 мм і чистота поверхні 1,6 мкм за критерієм Ra;
- 1,8 – довжина 47 мм і чистота поверхні 1,6 мкм за критерієм Ra;
- 3,0 – довжина 630 мм і чистота поверхні 6,3 мкм за критерієм Ra;

Призначити додатковий припуск, приймаємо – 1,5 мм.

Розміри поковки:

- діаметр $113 + (2,0 + 1,5) \cdot 2 = 120$ мм;
- діаметр $60 + (2,0 + 1,5) \cdot 2 = 67$ мм;
- діаметр $72 + (2,0 + 1,5) \cdot 2 = 79$ мм;
- діаметр $60 + (2,0 + 1,5) \cdot 2 = 67$ мм;
- діаметр $70 + (1,8 + 1,5) \cdot 2 = 76,6$ мм;
- діаметр $60 + (1,8 + 1,5) \cdot 2 = 66,6$ мм;
- довжина $53 + (1,8 + 1,5) \cdot 2 = 59,6$ мм;
- довжина $161 + (2,5 + 1,5) \cdot 2 = 169$ мм;
- довжина $180 + (2,5 + 1,5) \cdot 2 = 188$ мм;
- довжина $161 + (2,5 + 1,5) \cdot 2 = 169$ мм;
- довжина $82 + (1,8 + 1,5) \cdot 2 = 88,6$ мм;
- довжина $47 + (1,8 + 1,5) \cdot 2 = 53,6$ мм;

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

- довжина $630+(3,0+1,5) \cdot 2=639$ мм;

Вигідніше використовувати заготовку – поковку штампуванням на КГШП, ніж поковку вільним куванням на молотах, тому що коефіцієнти використання заготовки і матеріалу на КГШП є вищими. Розміри поковки наведемо в таблиці 5.1, ескіз поковки наведемо на рисунку 5.1.

Таблиця 5.1 – Визначення розмірів поковки, у міліметрах

Розмір деталі	Основний припуск на сторону	Додатковий припуск на сторону	Розрахунковий розмір заготовки	Допуск і граничні відхилення	Прийнятий розмір заготовки
Ø 113	2,0	1,5	Ø81,2	3,5	$113^{+1.8}_{-1.0}$
Ø 60	2,0	1,5	Ø46,2	3,5	$60^{+1.6}_{-0.9}$
Ø 72	2,0	1,5	Ø54,6	3,5	$72^{+1.6}_{-0.9}$
Ø 70	1,8	1,5	Ø51,2	3,3	$72^{+1.6}_{-0.9}$
Ø 60	1,8	1,5	Ø44,8	3,3	$60^{+1.6}_{-0.9}$
153	3,0; 3,0	1,5	159,6	3,3	$53^{+1.6}_{-0.9}$
1161	3,0; 2,7	1,5	1169	4	$161^{+2.1}_{-1.1}$
1180	3,0; 2,7	1,5	1188	4	$180^{+2.1}_{-1.1}$
182	3,0; 2,5	1,5	188,6	3,3	$82^{+1.6}_{-0.9}$
147	3,0; 2,3	1,5	153,6	3,3	$47^{+1.6}_{-0.9}$

Для вибору раціонального методу одержання заготовки необхідно провести техніко-економічне обґрунтування. З цією метою можна порівняти два методи одержання заготовок, поковки вільним куванням на молотах і поковку штампуванням на КГШП, визначивши собівартості їх виготовлення.

Собівартість поковки розраховуємо за формулою [3]:

$$S_{пок} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} - (Q - g) \cdot \frac{S_{вдох}}{1000}, \quad (5.3)$$

де C_i – базова собівартість 1 т заготовок, грн. Для поковки вільним куванням на молотах беремо $C_i = 29000$ грн/т;

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_{II}$ – коефіцієнти, які залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й об’єму виробництва заготовок. Беремо: $K_T = 1,0$ – для нормальної точності поковок; $K_M = 1,21$ – для сталі 40ХН2МА-Ш; $K_C = 1,15$ – для 1-ї групи складності; $K_B = 0,78$ – для маси поковки $Q = 30,2$ кг; $K_{II} = 0,95$ – для об’єму виробництва заготовок менше 500 шт/год.

В результаті для поковки вільним куванням на молотах маємо:

$$S_{\text{пок}} = \frac{29000}{1000} \cdot 30,2 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,78 \cdot 1,21 \cdot 0,95 - (30,2 - 19,7) \cdot \frac{3500}{1000} = 866,29 \text{ грн.}$$

Для поковки штампуванням на КГШП беремо: $C_i = 33000$ грн/т, $Q = 25,61$ кг, $K_T = 1,0$ – для нормальної точності поковок; $K_M = 1,21$ – для сталі 40ХН2МА-Ш; $K_C = 1,15$ – для 1-ї групи складності; $K_B = 0,78$ – для маси поковки 25,61 кг; $K_{II} = 0,95$ – для об’єму виробництва заготовок менше 500 шт/год.

Собівартість поковки штампуванням на КГШП розраховуємо за формулою (5.3):

$$S_{\text{пок}} = \frac{33000}{1000} \cdot 25,6 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 0,78 \cdot 1,21 \cdot 0,95 - (25,6 - 19,7) \cdot \frac{3500}{1000} = 850,73 \text{ грн.}$$

Таким чином, отримання заготовок у вигляді поковки штампуванням на КГШП за вартістю й металоємністю є меншим, ніж для поковок вільним куванням на молотах, що дозволяє отримати певний економічний ефект: в якості способу отримання вихідної заготовки при виготовленні «болта шатунного» вибираємо поковку штампуванням на КГШП.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

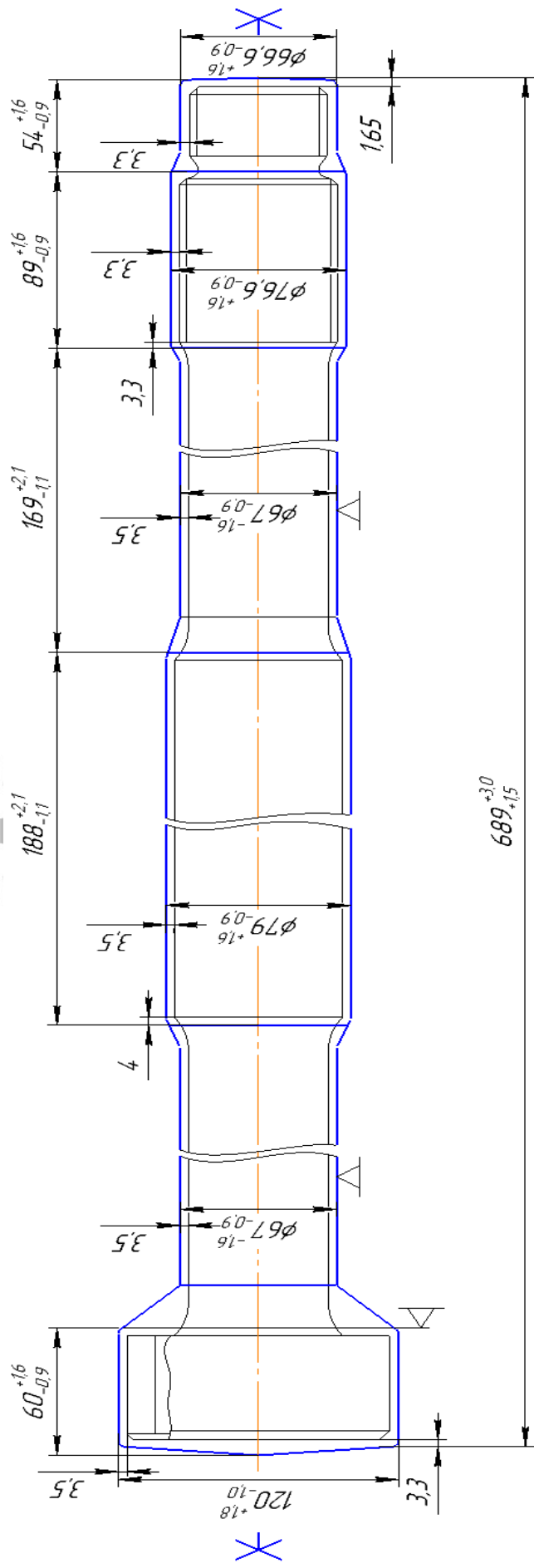


Рисунок 5.1 – Поковка штампунням на КГШП

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510225-00.ПЗ

6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку аналітичним методом

Згідно з завданням визначимо операційні припуски та розміри аналітичним методом для зовнішньої поверхні тіла обертання $\varnothing 72f7$. Маршрут обробки даної поверхні вибирається по [4] с.8, таблиця 4 і зводиться в таблицю 6.1.1.

Таблиця 6.1.1 – Маршрут обробки поверхні $\varnothing 72f7$

Назва операції (переходу)	Квалітет точності IT
заготівельна	+1,6; -0,9
чорнова	h14 (0; -0,74)
півчистова	h12 (0; -0,30)
чистова	h8 (0; -0,074)
шліфування	f7 (-0.030; -0.060)

Величина мінімального припуску при точінні циліндричної поверхні заготовки, встановленої в центрах визначається за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (6.1.1)$$

де Rz_{i-1} - висота мікронерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції) (зневуглецьована або вибілений шар), мкм;

ρ_{i-1} - сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм.

Висота мікронерівностей Rz і глибина дефектного шару h вибираються за таблицями [4]:

- для заготовки (с.186, таблиця 12): Rz=250 мкм; h=300 мкм;
- по переходах (с. 188, таблиця 25):
 - а) для точіння чорнового: Rz = 125 мкм; h = 120 мкм;
 - б) для точіння півчистового: Rz = 125 мкм; h = 120 мкм;
 - в) чистове точіння: Rz = 40 мкм; h = 40 мкм;
 - г)оздоблювальне шліфування: Rz = 5 мкм; h = 5 мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в центрах зовнішніх поверхонь визначається за формулою:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_{км}^2 + \rho_{ц}^2}, \quad (6.1.1)$$

де $\rho_{км}$ - місцева кривизна заготовки, мкм;
 $\rho_{ц}$ - похибка центрування поковки, мкм.

Похибка центрування поковки визначається за формулою:

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1}, \quad (6.1.2)$$

де δ - допуск на діаметр базової поверхні заготовки, використаної при центруванні, $\delta=2800$ мкм.

$$\rho_{ц} = 0,25 \cdot \sqrt{2800^2 + 1} = 700 \text{ мкм.}$$

Підставивши розраховані значення в формулу (6.1.1), отримуємо:

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{1,6^2 + 1,1^2} = 1941 \text{ мкм.}$$

Величина залишкового сумарного значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою:

$$\rho_i = \rho_{\text{заг}} \cdot K_y, \quad (6.1.3)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення.

Коефіцієнт уточнення вибирається по [4] с.190, таблиця 29:

- для точіння чорнового: $K_y = 0,06$;
- для точіння чистового: $K_y = 0,05$;
- для точіння чистового: $K_y = 0,04$.

Тоді сумарні значення просторових відхилень форми по переходах рівні:

$$\rho_{\text{чор}} = 0,06 \cdot 1941 = 116,5 \text{ мкм,}$$

$$\rho_{\text{п/ч}} = 0,05 \cdot 1941 = 97,05 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 0,04 \cdot 1941 = 77,64 \text{ мкм.}$$

Елементи припуску заносяться в таблицю 6.1.2.

Процес установки включає в себе базування і закріплення в такому випадку можна розділити похибку базування та закріплення. Похибка базування залежить від схеми базування заготовки, а похибка закріплення, це випадкова похибка, яку можна визначити тільки в результаті експерименту, вона залежить

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

від того які сили закріплення діють на поверхню, на скільки великими будуть деформації поверхні заготовки.

При більш точних розрахунках точності обробки, відхилення σ , можна визначити за таблицями [4]

- для чорнового точіння: $\sigma = 0$ мкм;
- для півчистового точіння: $\sigma = 0$ мкм;
- для чистового точіння: $\sigma = 0$ мкм.

Підставивши вибрані (Rz , h) і розраховані (ρ) значення визначаються мінімальні припуски на відповідних переходах:

$$2Z_{\min\text{ч}} = 2(250 + 300 + \sqrt{1941^2 + 0}) = 4,982 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min\text{н/ч}} = 2(125 + 120 + \sqrt{116.5^2 + 0}) = 0,723 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min\text{чист}} = 2(125 + 120 + \sqrt{97.05^2 + 0}) = 0,6841 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min\text{шліф}} = 2(40 + 40 + \sqrt{77.64^2 + 0}) = 0,3152 \text{ мм}$$

Допуск заготовки $\delta_{\text{заг}}$: $Td_{\text{заг}}=2,5$ мм ($es=1,6$ мкм; $ei=-0,9$ мкм).

Допуски по переходах визначаються по [5]:

- для чорнового точіння: $Td_{\text{чорн}}=0,74$ мм ($es=0$ мм; $ei=-0,74$);
- для півчистового точіння: $Td_{\text{н/ч}}=0,30$ мм ($es=0$ мм; $ei=-0,30$);
- для чистового точіння: $Td_{\text{чист}}=0,074$ мм ($es=0$ мм; $ei=-0,074$);
- для оздоблювального шліфування: $Td_{\text{шліф}}=0,090$ мм ($es=-0,030$ мм; $ei=-0,060$);

Розміри поверхні після шліфування визначаються за формулами:

$$d_{\min\text{ шліф}} = d_{\text{номшліф}} + ei_{\text{шліф}}, \quad (6.1.4)$$

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$d_{\min_{\text{шліф}}} = 72 - 0,060 = 71,940 \text{ мм},$$

$$d_{\max_{\text{шліф}}} = d_{\text{ном}_{\text{шліф}}} + e_{\text{шліф}}, \quad (6.1.5)$$

$$d_{\max_{\text{шліф}}} = 72 - 0,030 = 71,970 \text{ мм}.$$

Номинальний і максимальний припуски на шліфування визначаються за формулами:

$$2Z_{\max_{\text{шліф}}} = T_{\text{дозд}} + 2Z_{\min_{\text{шліф}}} + ES_{\text{шліф}} + EI_{\text{чист}}, \quad (6.1.6)$$

$$2Z_{\max_{\text{шліф}}} = 0,030 + 0,3152 + 0,03 + 0,074 = 0,4492 \text{ мм}.$$

Розміри поверхні після чистового точіння визначаються за формулами:

$$d_{\min_{\text{чист}}} = d_{\text{ном}_{\text{шліф}}} + 2Z_{\min_{\text{шліф}}}, \quad (6.1.7)$$

$$d_{\min_{\text{чист}}} = 72 + 0,3152 = 72,3152 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{ном}_{\text{чист}}} = d_{\max_{\text{чист}}} = d_{\min_{\text{чист}}} + T_{d_{\text{чист}}} \quad (6.1.8)$$

$$d_{\text{ном}_{\text{чист}}} = d_{\max_{\text{чист}}} = 72,3152 + 0,074 = 72,3892 \text{ мм}.$$

Номинальний і максимальний припуски на чистове точіння визначаються за формулами:

$$2Z_{\max_{\text{чист}}} = T_{d_{\text{чист}}} + T_{d_{\text{н/ч}}} + 2Z_{\min_{\text{чист}}} \quad (6.1.9)$$

$$2Z_{\max_{\text{чист}}} = 0,074 + 0,30 + 0,6841 = 1,0581 \text{ мм}.$$

Розміри валу після точіння напівчистового визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ н/ч}} = d_{\text{ном чист}} + 2Z_{\min \text{ чист}}, \quad (6.1.10)$$

$$d_{\min \text{ н/ч}} = 72,3892 + 0,6841 = 73,0733 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\text{max н/ч}} = d_{\min \text{ н/ч}} + Td_{\text{н/ч}} \quad (6.1.11)$$

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\text{max н/ч}} = 73,0733 + 0,30 = 73,3733$$

Максимальний припуск на точіння напівчистове визначається за формулою:

$$2Z_{\text{max н/ч}} = Td_{\text{н/ч}} + Td_{\text{чорн}} + 2Z_{\min \text{ н/ч}}, \quad (6.1.12)$$

$$2Z_{\text{max н/ч}} = 0,30 + 0,74 + 0,723 = 1,763 \text{ мм.}$$

Розміри діаметру після точіння чорнового визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ чорн}} = d_{\text{ном н/ч}} + 2Z_{\min \text{ н/ч}}, \quad (6.1.13)$$

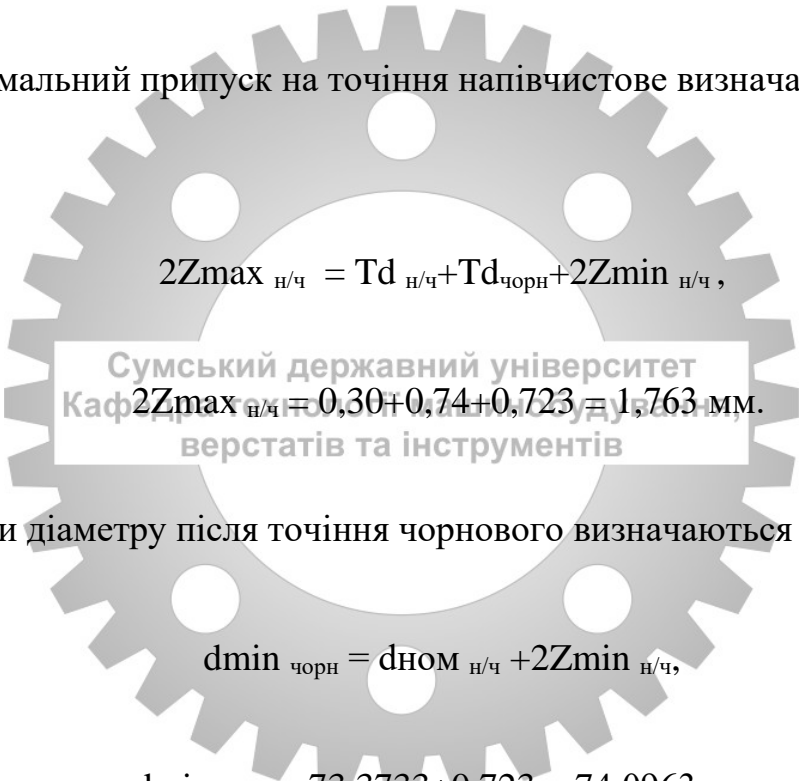
$$d_{\min \text{ чорн}} = 73,3733 + 0,723 = 74,0963 \text{ мм,}$$

$$d_{\text{ном чорн}} = d_{\text{max чорн}} = d_{\min \text{ чорн}} + Td_{\text{чорн}}, \quad (6.1.14)$$

$$d_{\text{ном чорн}} = d_{\text{max чорн}} = 74,0963 + 0,74 = 74,8363 \text{ мм.}$$

Максимальний припуск на точіння чорнове визначаються за формулою:

$$2Z_{\text{max чорн}} = Td_{\text{чорн}} + Td_{\text{заг}} + 2Z_{\min \text{ чорн}}, \quad (6.1.15)$$



$$2Z_{\max \text{ чорн}} = 0,74 + 2,5 + 4,982 = 8,222 \text{ мм.}$$

Розміри заготовки визначаються за формулами:

$$d_{\min \text{ заг}} = d_{\text{ном чорн}} + 2Z_{\min \text{ чорн}}, \quad (6.1.16)$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 74,8363 + 4,982 = 79,8183 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ном заг}} = d_{\min \text{ заг}} + e_{i \text{ заг}}, \quad (6.1.17)$$

$$d_{\text{ном заг}} = 79,8183 + 0,9 = 80,7183 \text{ мм,}$$

$$d_{\max \text{ заг}} = d_{\text{ном заг}} + e_{s \text{ заг}}, \quad (6.1.18)$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 80,7183 + 1,6 = 82,3183 \text{ мм.}$$

Сумський державний університет
Кафедра механіки, металознавства, обробки металів
верстатів та інструментів

Розраховані значення номінальних і максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться в таблицю 1.7.

Розрахунок загального припуску на обробку поверхні здійснюється за формулою:

$$2Z_{\text{ном.обц}} = \sum 2Z_{\text{ном.м.о.}} \quad (6.1.19)$$

де $\sum 2Z_{\text{ном.м.о.}}$ сума номінальних між операційних припусків, мм.

$$2Z = 4,982 + 0,723 + 0,684 + 0,31528 = 6,70428 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{норм.м.о.}} = \delta 2Z \quad (6.1.20)$$

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

де $\delta 2Z_{\text{макс.м.о}}$ – сума максимальних між операційних припусків, мм

$$\delta 2Z_{\text{макс.м.о}} = 8,222 + 1,763 + 1,0581 + 0,4492 = 11,4923 \text{ мм}$$

Таблиця 6.1.2 – Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір, в міліметрах

Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм			Розрахунок припусків		Розрахунок розмірів		
	Rz _{i-1}	h _{i-1}	ρ _{i-1}	2Z _{min}	2Z _{max}	d _{min}	d _{ном}	d _{max}
заготівельна	250	300	1941	-	-	79,818	80,718	82,318
точіння чорнове	125	125	116.5	4,982	8,222	74,096	74,836	74,836
точіння півчистове	125	120	97.05	0,723	1,763	73,073	73,373	73,373
точіння чистове	40	40	77.64	0,684	-	72,3152	72,389	72,389
шліфування	5	5	-	0,315	0,449	71,940	72	71,970

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

6.2 Обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки

Виконаємо обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки на операції токарна з ЧПК 020.

Аналіз конфігурації заготовки показав, що за усієї сукупності її поверхонь на роль технологічних баз під час точіння болта шатунного, перш за все претендують центрувальні отвори. Таким способом обробки всі поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваної поверхні, є досить розвинутими та чисто обробленими: точність розмірів цих поверхонь відповідає 12 квалітету, шорсткість – 6,3 мкм за критерієм Ra. Оброблювані поверхні вказані на рис. 6.2.1

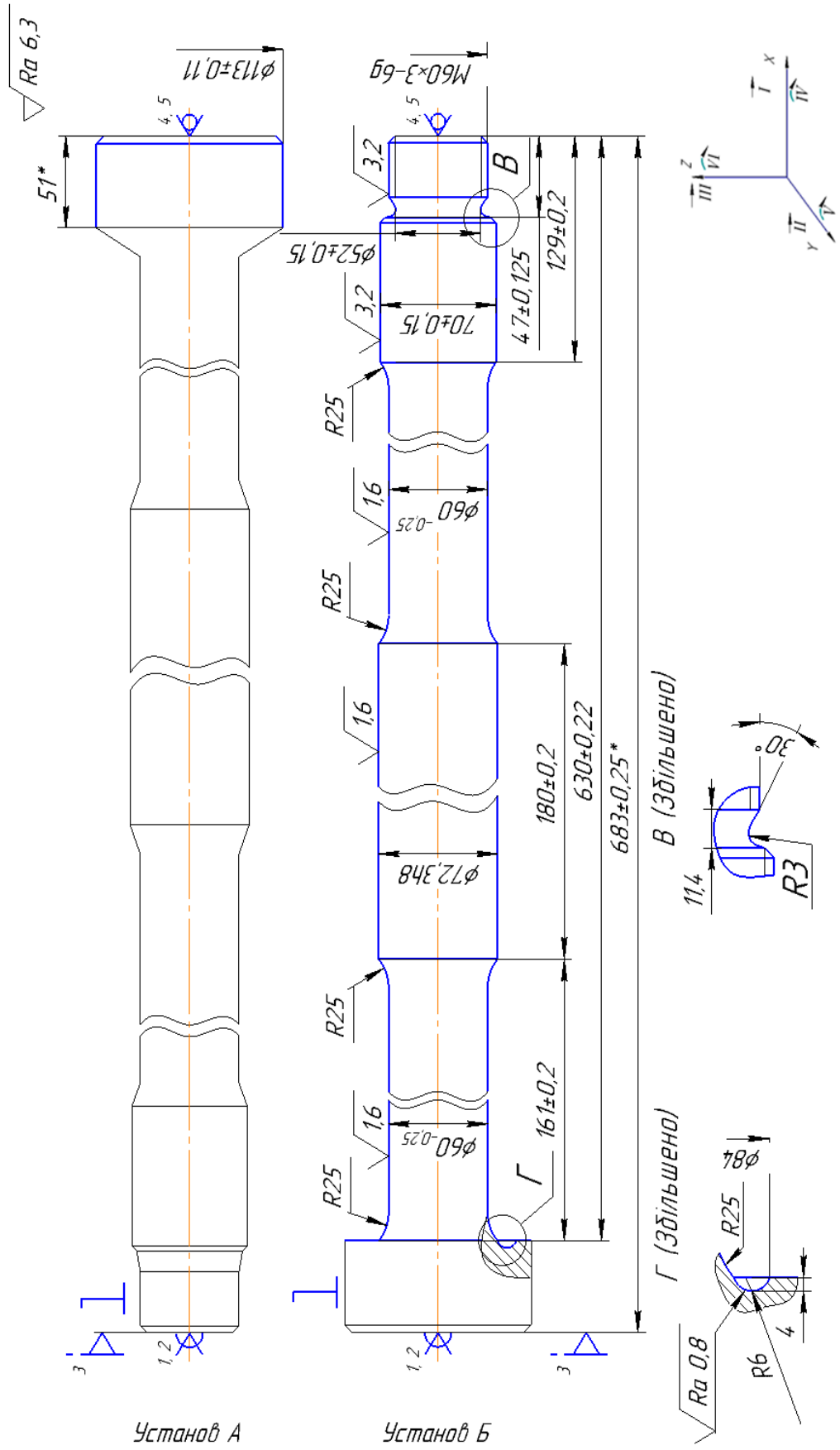
Згідно правила вибору чистових баз обираємо як базові поверхні заготовки центрові отвори. Таким чином ми маємо змогу задовольнити принципи сумісності та постійності баз оброблюючи заготовку за два установа.

Згідно рисунку 6.2.1 ескіз обробки деталі на операцію 020 маємо такі бази:

- подвійна опорна база яка позбавляє заготовку 2-х степенів вільності (поступальне переміщення вздовж осі Y та Z).
- подвійна опорна база яка позбавляє заготовку 2-х ступенів вільності (обертання навколо осей Y та Z).
- опорна база яка позбавляє заготовку 1-го ступеня вільності (постійне переміщення вздовж осі X).

Також додано таблицю відповідності 6.2.1 та матрицю зв'язків 6.2.2.

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41



* Розміри для довідок

Рисунок 6.2.1 - Ескіз обробки деталі на операцію 020

					Лист
TM 18510225-00.ПЗ					42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Таблиця – 6.1.3 Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування бази
1,2	II, III	ПОБ
4,5	V, VI	ПОБ
3	I	ОБ

Таблиця – 6.1.4 Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування бази
1	0	1	1	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	ПОБ
α	0	1	1	
1	1	0	0	ОБ
α	0	0	0	

Виконаємо аналіз схеми базування заготовки з точки зору забезпечення точності, операційних розмірів: $\varnothing 113$, $\varnothing 72h8$, $\varnothing 60h12$, $1630js11$.

Для розміру $630js11$ має місце похибка базування так як технологічна та вимірювальна бази для нього не співпадають:

$$E_{6630js11} = T_{683js11} = 0,5 \text{ мм} = T_{630} = 0,44 \text{ мм.}$$

Для забезпечення точності розміру $630js11$ пропоную виконати прив'язку ріжучого інструменту за правим торцем заготовки. В такому разі похибкою базування для розміру $630js11$ можна знехтувати.

Для інших лінійних розмірів які формуються на даному установі за аналогією ми можемо знехтувати існуючою похибкою базування.

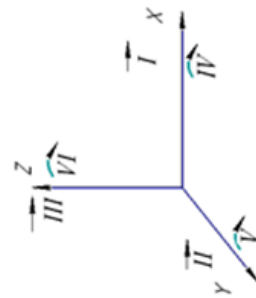
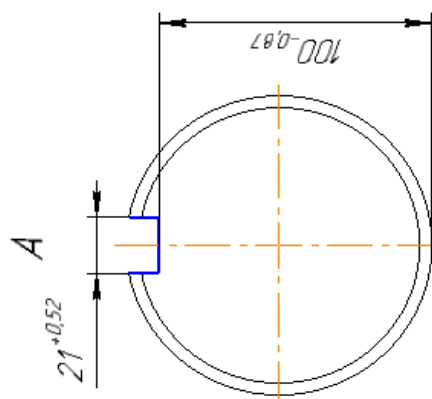
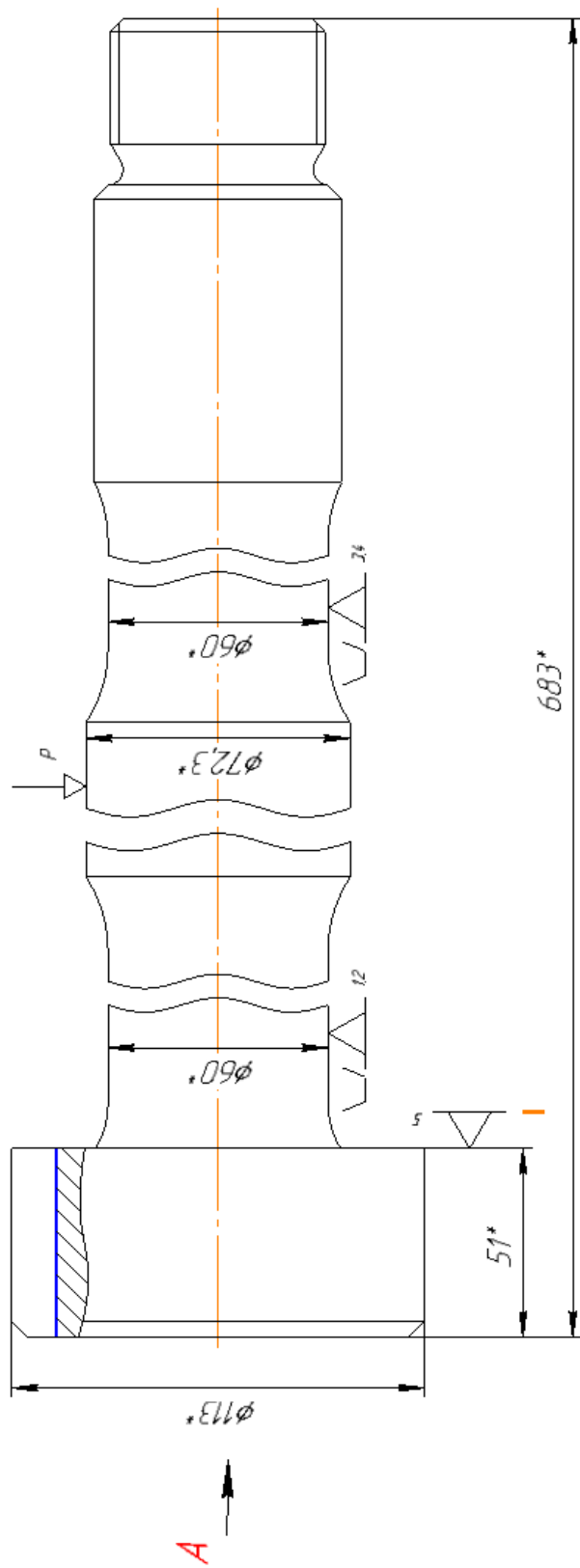
Виконаємо обґрунтування вибору схеми базування та закріплення заготовки на операції горизонтально-фрезерній 035.

Аналіз конфігурації заготовки показав, що за усієї сукупності її поверхонь на роль технологічних баз під час фрезерування пазу В 21Н14 перш за все претендують циліндричні поверхні $\varnothing 60h12$ та внутрішній торець головки болта $\varnothing 113h14$. Зазначені поверхні є доступними, не заважають доступу ріжучого інструменту до оброблюваної поверхні, є досить розвинутими та чисто обробленими: точність розмірів цих поверхонь відповідає 12 квалітету, шорсткість – 6,3 мкм за критерієм Ra.

Можна стверджувати що точність оброблюваних та бокових поверхонь знаходиться на одному рівні.

Під час базування заготовки по зовнішнім циліндричним поверхням $\varnothing 60h12$ (2 поверхні) реалізується подвійна напрямна база, яка позбавляє заготовку чотирьох степенів вільності, а саме двох поступальних та двох обертових переміщень уздовж і навколо осей Y і Z при горизонтальному розташуванні «болта», та базуванні по внутрішньому торцю головки болта $\varnothing 113h14$, реалізується опорна база яка позбавляє заготовку одного ступеня свободи, а саме переміщення вздовж осі X. Приклад базування приведений на рисунку 6.2.2, також додано таблицю відповідності 6.1.5 та матрицю зв'язків 6.1.6

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44



* Розміри для довідок

Рисунок 6.2.2 Схема базування «Болт шагунний» на горизонтально-фрезерній операції 035

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

ТМ 18510225-00.ПЗ

Таблиця 6.1.5 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3, 4	II, III, V, VI	ПНБ
5	I	ОБ
6	IV	

Таблиця 6.1.6 – Матриця зв'язків

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

Під час обробки паза формуються такі розміри: ширина паза – $21^{+0,52}$ мм, глибина паза – $100_{-0,87}$ мм. Розмір довжини паза визначається відстанню між зовнішнім та внутрішнім торцями головки болта (52 мм).

Точність розміру ширини паза $21^{+0,52}$ забезпечується геометричними параметрами фрези, степенями її зношування тощо (вибір схеми базування не впливає на точність розміру).

Під час установки заготовки в опорних призмах для розміру глибини паза $100_{-0,87}$ мм має місце похибка базування, величину якої можна розрахувати за формулою [5]:

$$\epsilon_{T100} = 1/2 \cdot T_D \cdot 1/(\sin(\alpha/2))$$

де T_D – допуск на параметр базової поверхні заготовки;

α – кут нахилу призми, 90° .

$$T_D = T_{\emptyset 113} = 0,35 \text{ мм} \quad (6.1.21)$$

$$\varepsilon_{T100} = 1/2 \cdot 0,35 \cdot 1/\sin 45^\circ = 0,247 \text{ мм}$$

Таким чином похибка базування не перевищує допуск на операційний розмір ($T_{100} = 0,87 \text{ мм} > \varepsilon_{T100} = 0,247 \text{ мм}$), що є прийнятним.

У зв'язку з тим що оброблюваний паз розташований на ступені $\varnothing 113_{-0,35} \text{ мм}$ а базова поверхня має розмір $\varnothing 60_{-0,3} \text{ мм}$ враховуємо більш поганий варіант тобто беремо $T_d = 0,35 \text{ мм}$.

6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

Виконаємо обґрунтування вибору металорізальних верстатів для операції токарна з ЧПК 020.

Для виконання операції 020 токарна з ЧПК розглянемо верстат, на якому можна реалізувати обробку деталі, враховуючи, що тип виробництва середньо-серійний, виконуючи обробку точіння за два установи циліндричних поверхонь $\varnothing 113$, $\varnothing 72h8$, $\varnothing 60h12$, $\varnothing 70$, $\varnothing 60$, канавки $\varnothing 54$, галтелей R25, на розмір L683, чотирма різцями, стіл верстата повинен забезпечити надійне закріплення заготовки та відповідати за розмірами для переміщення під час обробки. Модель верстата: СКЕ6136Z з ЧПК.

Технологічні можливості верстата дозволяють виконати цю операцію. Розглянемо технічні характеристики верстата (таблиця 6.3.1).

Таблиця 6.3.1 – Технічна характеристика верстата моделі СКЕ6136Z

Найменування технічної характеристики	Величина
Ширина направляючих, мм	300
Максимальний обробляючий розмір, мм	750
Діаметр заготовки над супортом, мм	180

Продовження таблиці 6.3.1

Найменування технічної характеристики	Величина
Поперечні переміщення, мм	205
Поздовжні переміщення, мм	620
Конус шпинделя	A2-6/D6
Діаметр патрона, мм	200
Конус отвору шпинделя	M6
Діаметр отвору шпинделя, мм	52
Діапазон швидкості шпинделя, об/хв	20-650
Частотно-регулюючий привод, об/хв	75-2500
Ступені швидкості шпинделя	2 діапазони
Потужність частотно-регульована е/д, кВт	5,5
Сервомотора, кВт	5,5
Швидкі переміщення осі X/Z, м/хв	4/5
Точність позиціонування револьверної головки, мм	0,008
Час зміни інструменту – верт. 4х позиції. револьверна головка, с	2,1
Час зміни інструменту – горизонт. 6х позиції. револьверна головка, с	2,1
Конус пінолі, мм	M4
Висунення пінолі задньої бабки, мм	130
Діаметр пінолі, мм	60
Маса, кг	1600
Габаритні розміри, мм	2300x1480x1520

Виконаємо обґрунтування вибору металорізальних верстатів для операції горизонтально-фрезерній 035

Для виконання операції 035 горизонтально-фрезерної розглянемо верстат, на якому можна реалізувати обробку деталі, враховуючи, що тип виробництва середньо-серійний, виконуючи обробку фрезерування горизонтального пазу шириною 21 на головці болта, дисковою фрезою, стіл верстата повинен забезпечити надійне закріплення заготовки та відповідати за розмірами для переміщення під час обробки,. Модель верстата: 6ДМ83ГФ2 з ЧПУ. Операція - 035 передбачає фрезерування пазу на головці болта. Технологічні можливості

верстата дозволяють виконати цю операцію. Розглянемо технічні характеристики верстата (таблиця 6.3.2).

Таблиця 6.3.2 – Технічні характеристики верстата 6ДМ83ГФ2

Найменування технічної характеристики	Величина
Система управління	TNC 124 (Heidenhain)
Клас точності	H
Діапазон подач ось X, мм/ хв	10...2800
Діапазон подач ось Y, мм/ хв	10...2800
Діапазон подач ось Z, мм/ хв	10...900
Розмір горизонтального стола, мм	400x1600
Переміщення ось X, мм	1000
Переміщення ось Y, мм	400
Переміщення ось Z, мм	400
Ускорене переміщення ось X, м/ хв	3000
Ускорене переміщення ось Y, м/ хв	3000
Ускорене переміщення ось Z, м/ хв	1000
Конус шпинделя гор.	50
Кількість швидкостей шпинделя гор.	21
Частота обертання шпинделя гор., об/хв	16...1600 20...2000
Габарити Д x Ш x В, мм	2280x2110x1700
Вага нетто, кг	3300

6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

Виконаємо обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів для операції токарна з ЧПК 020.

Для обробки деталі на даній операції використовується чотири ріжучих інструментів. Різець токарний прохідний з механічним кріпленням підтискальним важелем через отвір твердосплавних непереточуючої ромбічної пластинки з ріжучої кромкою 12,7 мм і кутом в плані 95°, задній кут пластинки

0°, правий, перетином НХВ = 20x20 мм, довжиною 125 мм. Позначення: Різець PCLNR 2020 K12 T15K6.

Різець спеціальний канавковий для точіння канавки b7,6 з напайною пластиною з твердого сплаву T15K6.

Різець спеціальний канавковий для точіння канавки R3 з напайною пластиною з твердого сплаву T15K6.

Різець токарний різьбовий типу 1, перетином НХВ = 25x16 мм, для метричної різьби з кроком S = 3 мм з пластиною з твердого сплаву марки T15K6. Позначення: Різець 2660-0005 з ГОСТ 18885-73.

Оснащення для операції токарна з ЧПК:

Патрон повідковий токарний 7108-0021, діаметром D = 200 мм ГОСТ 2571-71.

Хомутик 7107-0043 для токарних робіт для затискання виробів діаметром від 65 до 85 мм. ГОСТ 2578-70.

Центр 7032-0043 для виконання нормальної точності з конусом Морзе 6. ГОСТ 13214-79.

Центр А-1-5-Н верстатний типу А, з конусом Морзе 5, нормальної серії ГОСТ 8742-75.

Вимірювальним інструментом на даній операції є штангенциркуль ШЦ-III-500-0,1 ГОСТ 166-89, скоба спеціальна Ø72h9, скоба 8113-0132 h12 ГОСТ 18362-73, кільця 8211-0131 6g, 8211-1131 6g, 8211-0146 6g, 8211-1146 6g ГОСТ 17763-72, калібри канавкові b11,4, R3, R6, шаблон радісний R25, контрольно-вимірювальне пристосування для контролю торцевого биття, зразки шорсткості ГОСТ 9378-93.

Виконаємо обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів для операції горизонтально-фрезерній 035.

Для обробки паза на головці болта заготовки «Болт шатунний» обираємо ріжучий інструмент фрезу дискову Ø90x14x27, що за один прохід зробить паз шириною b21.

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

Для фрези $\text{Ø}90 \times 14 \times 27$ використовується допоміжний інструмент оправка $\text{Ø}27$, в комплект якого входять шпонка і гвинт зажимний.

В ролі верстатного пристрою служить призма з кутом 90° ГОСТ 12195-66, для більш надійного закріплення та базування заготовки при значних силах різання, що діють паралельно основі призми.

Зведемо до таблиці 6.4.1 ріжучий та вимірювальний інструмент, який використовується при механічній обробці на операції 035.

Таблиці 6.4.1 – Ріжучий та вимірювальний інструмент для операції 035

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
Фрезерувати паз b21 наскрізь	Фреза дискова $\text{Ø}90 \times 14 \times 27$, Z=14, 2240-0158 ГОСТ 28527-90	Оправка для дискових фрез $\text{Ø}27$	Пристрій верстатний спеціальний з механізованим приводом	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, зразки шорсткості ГОСТ 9378-93

6.5 Розрахунок режимів різання

Виконаємо розрахунок режимів різання для токарна з ЧПК 020.

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 020 Токарна з ЧПК. Вихідні дані: матеріал сталь 40ХН2МА-Ш, межа міцності 730 МПа, матеріал ріжучої частини різців Т15К6 ЗОР - емульсія, заготовка – поковка штампування на КГШП.

Проводиться чорнове, півчистове та чистове точіння зображених на малюнку 6.6.1. Припуск на сторону: 1-h=4,5 мм; 2-h=3,5 мм; 3-h=4 мм; 4-h=3,3 мм; 5-h=3мм; 6-h=3,3 мм; 8-h=3,5 мм 10-h=3,5 мм; 12-h=3,5 мм; 14-h=4 мм.

Таблиця 6.4.1 – Припуски на сторону

№ поверхні	Чорнова	Півчистова	Чистова
1	4.5	-	-
2	2.5	0.7	0.3
3	4	-	-
4	2.3	0.7	0.3
5	3	-	-
6	2.3	0.7	0.3
8	2.5	0.7	0.3
10	2.5	0.7	0.21
12	2.5	0.7	0.3
14	4	-	-

Подача при точінні призначається за [6] с. 36 карта 1.

Для обробки заготовки діаметром до 100 мм) різцем перерізом (20x25) мм, при глибині різання до 3 мм рекомендується подача $S_o = 0,23$ мм/об.

Знаходиться максимальна подача, що допускається міцністю державки різця [6] с. 385, додаток 9: для сталі з $\sigma_{\text{т}} = 785$ Н/мм²; глибині до 3,5 мм і перерізу різця (20x25) мм $S_{0\text{доп}} = 2,0$ мм/об. Приймаємо, що різець встановлений в різцетримачі з нормативним вильотом $l = 1,5 \cdot H$. В цьому випадку поправочний коефіцієнт на подачу $K_S = 1,0$ [6] с. 385, додаток 9.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при перерізі державки, міцності ріжучої частини [6] с.42 карта 5, при перерізі державки (20x25) $K_{Sh} = 1,05$ і міцності ріжучої частини (товщина пластинки 6 мм) $K_{Sh} = 1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при механічних властивостях оброблюваного матеріалу і схеми установки заготовки [7] с.43 карта 5, при механічних властивостях оброблюваного матеріалу (Твердість HB до 1300) $K_{Sm} = 1,0$ і схеми установки заготовки (схема 2 відношення довжини до діаметру до 5) $K_{Sy} = 1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при стану поверхні заготовки і геометрії параметрів різця [7] с.44 карта 5, при стану

поверхні заготовки (без корки) $K_{SY} = 1,0$ і геометрії параметрів різця (пайка, кут в плані 90, кут при вершині 75) $K_{S\Phi} = 1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу при жорсткості верстат [7] с.45 карта 5, (найбільший діаметр установчий над станиною 500 мм) $K_{SJ} = 1,0$.

Знаходимо подачу при врахуванні поправочних коефіцієнтів:

$$S_o = S_o \cdot K_{SH} \cdot K_{SH} \cdot K_{SH} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SY} \cdot K_{S\Phi} \cdot K_{SJ} \quad (6.4.1)$$

$$S_o = 0,23 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,2415 \text{ мм/об}$$

Назначаємо нормативний період стійкості різця $T = 60$ хв по [7] с.317, додаток 13.

Визначаємо швидкість головного руху різання, що допускається різцем по [7] с.73, карта 21. Для глибини до 3,0 мм; подачі S_o до 0,30 мм / об і стану поверхні (без корки) $V_T = 167$ м/хв. Враховуючи поправочний коефіцієнт на швидкість різання в залежності від інструментального матеріалу наведені в карті (Т15К6) $K_{Vi} = 1,05$.

Швидкість головного руху різання визначається за формулою:

$$V = V_n \cdot K_{Vi} \quad (6.4.2)$$

$$V = 167 \cdot 1,05 = 175,35 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.4.3)$$

де D Діаметр оброблюваної поверхні, мм.

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

- поверхня 2 $-n = \frac{1000 \cdot 175,35}{3,14 \cdot 113} = 494,19$ об/хв;
- поверхня 4 $-n = \frac{1000 \cdot 175,35}{3,14 \cdot 60} = 946,5$ об/хв.
- поверхня 6 $-n = \frac{1000 \cdot 175,35}{3,14 \cdot 70} = 821,2$ об/хв.
- поверхня 8 $-n = \frac{1000 \cdot 175,35}{3,14 \cdot 60} = 930,7$ об/хв.
- поверхня 10 $-n = \frac{1000 \cdot 175,35}{3,14 \cdot 72} = 775,6$ об/хв.
- поверхня 12 $-n = \frac{1000 \cdot 175,35}{3,14 \cdot 60} = 930,7$ об/хв

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсне значення частоти обертання: поверхні 2 $-n_{\phi}=500$ об/хв; поверхня 4,8,12 $-n_{\phi}=1000$ об/хв поверхня 6,10- $n_{\phi}=800$ об/хв

Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000}, \quad (6.4.4)$$

- поверхня 2 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 113 \cdot 500}{1000} = 177,4$ м/хв;
- поверхня 4 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 185,26$ м/хв.
- поверхня 6 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 800 \cdot 70}{1000} = 170,8$ м/хв;
- поверхня 8 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,4$ м/хв;
- поверхня 10 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 800 \cdot 72}{1000} = 180,8$ м/хв;
- поверхня 12 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,4$ м/хв;

Визначаємо потужність, витрачену на різання по [7] с.73, карта 21. Для глибини до 3 мм; S_0 до 0,30 мм/об $N_T=4,9$ кВт. Для заданих умов обробки наведено в карті поправочний коефіцієнт на потужність $K_N=1,05$. Отже,

$$N=4,9 \cdot 1,05 = 5,15 \text{ кВт.}$$

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

Перевіряється, чи достатня потужність приводу верстата по залежності:

$$N_{рез.} \leq N_{ин.} \quad (6.4.5)$$

За паспортними даними верстата мод. СKE6136Z: потужність електродвигуна приводу верстата $N = 7,5$ кВт; ККД верстата $\eta=0,85$. Потужність шпинделя верстата визначається за формулою:

$$N_{ин} = N \cdot \eta, \quad (6.4.6)$$

$$N_{шп} = 7,5 \cdot 0,85 = 6,37 \text{ кВт.}$$

Так як умова (1.37) виконалася ($4,9 < 6,37$), то обробка можлива.

Знаходиться максимальна подача, що допускається міцністю державки різця [6] с. 385, додаток 9: для сталі з $\sigma_{доп} = 785 \text{ Н/мм}^2$; глибини до 3,5 мм і перерізу різця (20x25) мм $S_{0доп} = 2,0 \text{ мм/об}$. Приймаємо, що різець встановлений в різцетримачі з нормативним вильотом $l = 1,5 \cdot H$. В цьому випадку поправочний коефіцієнт на подачу $K_S = 1,0$ [6] с. 385, додаток 9.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при перерізі державки, міцності ріжучої частини [7] с.42 карта 5, при перерізі державки (20x25) $K_{Sh} = 1,05$ і міцності ріжучої частини (товщина пластинки 6 мм) $K_{Sh} = 1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при механічних властивостях оброблюваного матеріалу і схеми установки заготовки [7] с.43 карта 5, при механічних властивостях оброблюваного матеріалу (Твердість HB до 1300) $K_{Sm} = 1,0$ і схеми установки заготовки (схема 2 відношення довжини до діаметру до 5) $K_{Sy} = 1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при стану поверхні заготовки і геометрії параметрів різця [6] с.44 карта 5, при стану

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

поверхні заготовки (без корки) $K_{SY} = 1,0$ і геометрії параметрів різця (пайка, кут в плані 90, кут при вершині 75) $K_{S\Phi} = 1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу при жорсткості верстат [7] с.45 карта 5, (найбільший діаметр установчий над станиною 500 мм) $K_{SJ} = 1,0$.

Знаходимо подачу при врахуванні поправочних коефіцієнтів:

$$S_o = S_o \cdot K_{Sh} \cdot K_{Sh} \cdot K_{Sh} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SY} \cdot K_{S\Phi} \cdot K_{SJ} \quad (6.4.7)$$

$$S_o = 0,20 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,21 \text{ мм/об}$$

Назначаємо нормативний період стійкості різця $T = 90$ хв по [7] с.317, додаток 13.

Визначаємо швидкість головного руху різання, що допускається різцем по [7] с.73, карта 21. Для глибини до 3,0 мм; подачі S_o до 0,30 мм / об і стану поверхні (без корки) $V_T = 174$ м/хв. Враховуючи поправочний коефіцієнт на швидкість різання в залежності від інструментального матеріалу наведені в карті (Т15К6) $K_{VI} = 1,05$

Швидкість головного руху різання визначається за формулою (6.4.2):

$$V = 174 \cdot 1,05 = 182,7 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо по формулі (6.4.3):

- поверхня 8 - $n = \frac{1000 \cdot 182,7}{3,14 \cdot 60} = 969,7 \text{ об/хв};$
- поверхня 10 - $n = \frac{1000 \cdot 182,7}{3,14 \cdot 72} = 808,12 \text{ об/хв.}$
- поверхня 12 - $n = \frac{1000 \cdot 182,7}{3,14 \cdot 60} = 969,7 \text{ об/хв};$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсне значення частоти обертання: поверхні поверхня 8,12 – $n_{\phi}=1000$ об/хв поверхня 10- $n_{\phi}=800$ об/хв


Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою (6.4.4):

- поверхня 8 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,4$ м/хв;
- поверхня 10 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 800 \cdot 72}{1000} = 180,8$ м/хв;
- поверхня 12 $-V_d = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 1000}{1000} = 188,4$ м/хв;

Визначаємо потужність, витрачену на різання по [7] с.73, карта21. Для глибини до 3 мм; S_0 до 0,30 мм/об $N_T=3,9$ кВт. Для заданих умов обробки наведено в карті поправочний коефіцієнт на потужність $K_N=1,05$. Отже,

$$N=3,9 \cdot 1,05 =4,09 \text{ кВт.}$$

Перевіряється, чи достатня потужність приводу верстата по залежності:


$$N_{рез.} \leq N_{шп.}$$

За паспортними даними верстата мод. СKE6136Z: потужність електродвигуна приводу верстата $N = 7,5$ кВт; ККД верстата $\eta=0,85$. Потужність шпинделя верстата визначається за формулою (6.4.6):

$$N_{шп} = 7,5 \cdot 0,85 = 6,37 \text{ кВт.}$$

Так як умова виконалася ($3,9 < 6,37$), то обробка можлива.

Знаходиться максимальна подача, що допускається міцністю державки різця [14] с. 385, додаток 9: для сталі з ... $=785$ Н/мм²; глибині до 3,5 мм і

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		57

перерізу різця (20x25) мм $S_{0\text{доп}}=2,0$ мм/об. Приймаємо, що різець встановлений в різцетримачі з нормативним вильотом $l=1,5 \cdot H$. В цьому випадку поправочний коефіцієнт на подачу $K_S=1,0$ [6] с. 385, додаток 9.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при перерізі державки, міцності ріжучої частини [7] с.42 карта 5, при перерізі державки (20x25) $K_{Sh}=1,05$ і міцності ріжучої частини (товщина пластинки 6 мм) $K_{Sh}=1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при механічних властивостях оброблюваного матеріалу і схеми установки заготовки [7] с.43 карта 5, при механічних властивостях оброблюваного матеріалу (Твердість HB до 1300) $K_{Sm}=1,0$ і схеми установки заготовки (схема 2 відношення довжини жо діаметру до 5) $K_{Sy}=1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу що допускається при стану поверхні заготовки і геометрії прарметрів різця [7] с.44 карта 5, при стану поверхні заготовки (без корки) $K_{Sy}=1,0$ і геометрії прарметрів різця (пайка, кут в плані 90, кут при вершині 75) $K_{S\phi}=1,0$.

Знаходиться поправочний коефіцієнт на подачу при жорсткості верстат [7] с.45 карта 5, (найбільший діаметр установчий над станиною 500 мм) $K_{Sj}=1,0$.

Знаходимо подачу при врахуванні поправочних коефіцієнтів за формулою (6.4.7):

$$S_0=0,11 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0,115 \text{ мм/об}$$

Назначаємо нормативний період стійкості різця $T=90$ хв по [7] с.317, додаток 13.

Визначаємо швидкість головного руху різання, що допускається різцем по [7] с.73, карта 21. Для глибини до 3,0 мм; подачі S_0 до 0,30 мм / об і стану поверхні (без корки) $V_T=187$ м/хв. Враховуючи поправочний коефіцієнт на швидкість різання в залежності від інструментального матеріалу наведені в карті (Т15К6) $K_{Vn}=1,05$

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

Швидкість головного руху різання визначається за формулою (6.4.2):

$$V=187 \cdot 1,05=196,35 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо по формулі (6.4.3):

$$\text{- поверхня 10 - } n = \frac{1000 \cdot 196,35}{3,14 \cdot 72} = 868,49 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата і встановлюємо дійсне значення частоти обертання: поверхня 10- $n_{\phi}=1000$ об/хв

Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою (6.4.4):

$$\text{- поверхня 10 - } V_d = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 72}{1000} = 226 \text{ м/хв;}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання по [7] с.73, карта21. Для глибини до 3 мм; S_0 до 0,30 мм/об $N_T=3,6$ кВт. Для заданих умов обробки наведено в карті поправочний коефіцієнт на потужність $K_N=1,05$. Отже, $N=3,6 \cdot 1,05 = 3,78$ кВт.

Перевіряється, чи достатня потужність приводу верстата по залежності:



За паспортними даними верстата мод. СКЕ6136Z: потужність електродвигуна приводу верстата $N = 7,5$ кВт; ККД верстата $\eta=0,85$. Потужність шпинделя верстата визначається за формулою (6.4.6):

$$N_{шп} = 7,5 \cdot 0,85 = 6,37 \text{ кВт.}$$

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

Так як умова виконалася ($3,6 < 6,37$), то обробка можлива.

Виконаємо розрахунок режимів різання для операції горизонтально-фрезерній 035

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 035 Горизонтально-фрезерна. Вихідні дані: матеріал сталь 40ХН2МА-Ш, межа міцності 730 МПа, матеріал ріжучої частини фрези $\varnothing 90$ мм Т5К10, ЗОР - емульсія, заготовка – поковка штампування на КГШП.

Визначення подачі за оберт фрези S_o переміщення заготовки (мм) відносно фрези за один її оберт:

$$S_o = S_z \cdot z, \text{ (мм/об)}, \quad (6.4.8)$$

де z – кількість зубців фрези.

$$S_o = 0,06 \cdot 14 = 0,84 \text{ (мм/об)}.$$

Ширина фрезерування B – розмір обробленої за один прохід поверхні (мм), виміряний в напрямку, паралельному до осі фрези. Товщина зрізаного шару a (мм) – розмір шару металу, виміряний в радіальному напрямку. Ширина зрізаного шару b (мм) – довжина дотику головного ріжучого ребра з оброблюваною заготовкою. Глибина різання встановлюється, по можливості рівною припуску на обробку. При чорновому фрезеруванні вибирають подачу S_z на один зуб фрези (табл. В24, [8]), при чистовому на один оберт – S_o . При фрезеруванні швидкість різання розраховується за наступною формулою:

$$V = ((C_v \cdot D^q) / (T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p)) \cdot K_v \quad (6.4.9)$$

де m, x, y, u, p, q - показники степеня;

						ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			60

D – діаметр фрези;

B – ширина фрезерування;

z – кількість ріжучих зубців фрези;

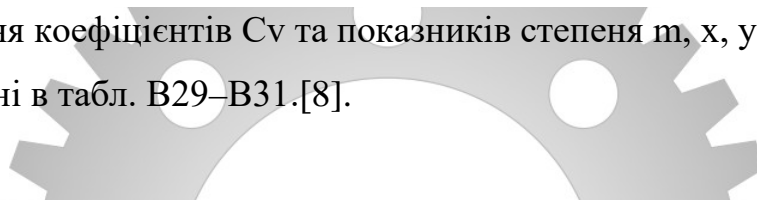
Sz – подача на зуб.

Kv – узагальнений поправочний коефіцієнт, що враховує зміни умов обробки по відношенню до табличних.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (6.4.10)$$

$$K_v = 0,935 \cdot 0,85 \cdot 0,83 = 0,7$$

Значення коефіцієнтів Cv та показників степеня m, x, y, u а також стійкості T представлені в табл. B29–B31.[8].



$$V = (1697,061) / 11,15 \cdot 0,7 = 102,85 \text{ [м/хв]}.$$

Після знаходження швидкості різання, розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою (6.4.3):

$$n_p = (1000 \cdot 102,85) / (3,14 \cdot 90) = 363 \text{ [об/хв]}.$$

Знайдене число обертів шпинделя коригуємо відповідно до паспортних даних верстата, $n_{nc} = 350 \text{ [об/хв]}$

Враховуючи, прийняте число обертів шпинделя визначають фактичну швидкість різання V_ϕ та хвилинну подачу :

$$V_\phi = (\pi \cdot D \cdot n_{nc}) / 1000 \quad (6.4.11)$$

$$V_\phi = (3,14 \cdot 90 \cdot 350) / 1000 = 98,91 \text{ [м/хв]}.$$

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

Колова сила різання:

$$P_z = (10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B^{up} \cdot z) / (D^{qp} \cdot n^{wp}) \text{ [Н]}, \quad (6.4.12)$$

де S_z – дійсна подача на один зуб інструмента

$x=0,9$, $y=0,8$, $p=-1,1$ – коефіцієнти та показники в формулі.

C_p – коефіцієнт, по [5] с.291, таблиця 41;

t – глибина різання,

S – подача,

n – частота обертання шпинделя, $n = 800$ об/хв;

$$P_z = (10 \cdot 261 \cdot 13^{0,9} \cdot 0,06^{0,8} \cdot 21^{1,1} \cdot 14) / (90^{1,1} \cdot 350^{0,1}) = 434,7 \text{ [Н]}.$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M = (10 \cdot P_z \cdot D) / (2 \cdot 1000), \text{ [Н·м]}.$$

(6.4.13)

$$M = (10 \cdot 434,7 \cdot 90) / (2000) = 195,6 \text{ [Н·м]}.$$

Потужність різання:

$$N_{\text{эф}} = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020), \text{ [кВт]}.$$

(6.4.14)

$$N_{\text{эф}} = (434,7 \cdot 98,91) / (60 \cdot 1020) = 0,63 \text{ [кВт]}.$$

Вибраний режим різання повинен задовольняти умову – $N_{\text{эф}} \leq N_{\text{дв}} \cdot \eta \cdot K_{\text{п}}$,
 $K_{\text{п}} = 1,5 = 0,63\% \leq 1,5\%$.

Основний час визначається за формулою:

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$T_o = (L/(S \cdot n)) \cdot i, \quad (6.4.15)$$

де L – довжина робочого ходу, мм. $L = 52$ мм.

i – кількість проходів

$$T_o = (52 / (0,12 \cdot 350)) \cdot 1 = 1,23 \text{ хв.}$$

6.6 Технічне нормування операції

Виконаємо технічне нормування операції для операції токарна з ЧПК 020.

Визначення технічних норм часу на операцію токарна з ЧПК виконаємо за типовою методикою [9].

Норма часу H_q на виконання операцій на верстатах з ЧПК при роботі на одному верстаті складається з норми підготовчо-завершального часу $T_{пз}$ і норми штучного часу $T_{шт}$ [9]:

$$H_q = T_{шт} + T_{пз} / n, \quad (6.4.16)$$

де n - кількість деталей в партії для одночасного запуску;

$T_{шт}$ - штучний час;

$T_{пз}$ - підготовчо-завершальний час

Основний час визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i, \quad (6.4.17)$$

де L - довжина робочого ходу різця, з урахуванням врізання, мм;

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

i - кількість проходів.

Довжина робочого ходу різця визначається за формулою:

$$L = l + y + \Delta, \quad (6.4.18)$$

де l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

y - Величина врізання, мм;

Δ - Величина перебігу, мм.

Чорнова обробка

- поверхня 2 - $L=52+4+3=59$ мм;

- поверхня 4 - $L=47+3=50$ мм;

- поверхня 6 - $L=82+3=85$ мм;

- поверхня 8 - $L=161+3=164$ мм;

- поверхня 10 - $L=180+3=183$ мм;

- поверхня 12 - $L=161+3=164$ мм.

Чорнова обробка.

Основний час:

- поверхня 2 - $T_o = \frac{59}{0,24 \cdot 500} \cdot 1 = 0,49$ хв;

- поверхня 4 - $T_o = \frac{50}{0,24 \cdot 1000} \cdot 1 = 0,208$ хв;

- поверхня 6 - $T_o = \frac{85}{0,24 \cdot 800} \cdot 1 = 0,442$ хв.

- поверхня 8 - $T_o = \frac{164}{0,24 \cdot 1000} \cdot 1 = 0,683$ хв.

- поверхня 10 - $T_o = \frac{183}{0,24 \cdot 800} \cdot 1 = 0,953$ хв.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510225-00.ПЗ

Лист

64

- поверхня 12 $-T_o = \frac{164}{0,24 \cdot 1000} \cdot 1 = 0,683 \text{ хв.}$

Півчистова обробка.

- поверхня 8 $-T_o = \frac{164}{0,21 \cdot 1000} \cdot 1 = 0,780 \text{ хв.}$

- поверхня 10 $-T_o = \frac{183}{0,21 \cdot 800} \cdot 1 = 1,08 \text{ хв.}$

- поверхня 12 $-T_o = \frac{164}{0,21 \cdot 1000} \cdot 1 = 0,780 \text{ хв.}$

Чистова обробка.

- поверхня 10 $-T_o = \frac{183}{0,11 \cdot 1000} \cdot 1 = 1,66 \text{ хв.}$

Сумарний основний час:

$$T_o = 0,49 + 0,208 + 0,442 + 0,683 + 0,953 + 0,683 + 0,780 + 1,08 + 0,780 + 1,66 = 7,759 \text{ хв}$$

$$T_o = 7,759 + 1,11 = 8,86 \text{ хв}$$

Допоміжний час визначається по формулі:

$$T_D = T_{D.уст.} + T_{D.оп.} + T_{D.вим.}, \quad (6.4.19)$$

де $T_{D.уст.}$ - час на установку і зняття деталі, за [9] с.60, карта 7: при установці деталі в центрах: = 1,54 хв;

$T_{D.оп.}$ - час пов'язаний з операцією, за [9] с.79, карта 14 = 1,0 хв;

$T_{D.вим.}$ - час на вимірювання, по [9] с.80, карта 15: = 0,86 хв.

$$T_D = 1,54 + 1,0 + 0,86 = 3,4 \text{ хв.}$$

Сума основного і допоміжного часу становить час оперативної роботи T_{OP}

$$T_{OP} = T_O + T_B, \quad (6.4.20)$$

$$T_{OP} = 8,86 + 3,4 = 12,26 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_{OP} \cdot \left(1 + \frac{a_{mex} + a_{орг} + a_{омл}}{100}\right), \quad (6.4.21)$$

де $a_{mex} + a_{орг} + a_{омл}$ час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби по [9] с.90, карта

16: $a_{mex} + a_{орг} + a_{омл} = 9\%$.
Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$T_{шт} = 12,26 * \left(1 + \frac{9}{100}\right) = 13,37 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-заключного часу $T_{ПЗ}$ визначається по [9] с.96, карта 21 і складається з:

- часу на отримання наряду, креслення, технологічної документації, ріжучого і допоміжного інструменту і пристосування: 9,0 хв;
- часу на ознайомлення з роботою, кресленням, технологічної документації: 4,1 хв;
- часу на інструктаж майстра: 2,0 хв;
- часу на установку первісний режим роботи верстата: 0,15 хв;
- часу на свій пристрій для подачі СОЖ: 0,25 хв.

$$T_{ПЗ} = 9 + 4,1 + 2,0 + 0,15 + 0,25 = 15,5 \text{ хв.}$$

$$N_{\text{ч}} = 13,37 + 15,5/20 = 14,14 \text{ хв.}$$

Виконаємо технічне нормування операції для операції горизонтально-фрезерна 035

Визначення технічних норм часу на операцію горизонтально-фрезерну 035 виконаємо за типовою методикою [9].

Норма часу $N_{\text{ч}}$ на виконання операцій на верстатах з ЧПК при роботі на одному верстаті складається з норми підготовчо-завершального часу $T_{\text{пз}}$ і норми штучного часу $T_{\text{шт}}$ [9] за формулою [6.4.16].

де $a_{\text{тех}} = 4\%$ [9];

$a_{\text{орг}} = 4,7\%$ [9];

$a_{\text{отл}} = 4\%$ [9];

$K_{\text{тв}}$ за таблицею 2.7 [9] технічне обслуговування 1.0;

$T_{\text{д}}$ – час на установку і зняття деталі [9];

будування, верстатів та інструментів

Допоміжний час визначається по формулі(6.4.19):

де $T_{\text{д.у}}$ – час на установку і зняття деталі вручну або під'ємним механізмом, 3,0 хв, [9];

$T_{\text{д.оп}}$ – допоміжний час, пов'язаний з операцією (який не увійшов до програми), 0,56 хв[9];

$T_{\text{д.вим}}$ – допоміжний час на вимірювання (який не перекривається), 0,04 хв[9];

$$T_{\text{д}} = 3,0 + 0,56 + 0,04 = 3,6 \text{ хв}$$

$$T_{\text{ца}} = T_{\text{о}} + T_{\text{мд}}, \quad (6.4.22)$$

де $T_{\text{о}}$ – основний час на обробку однієї деталі, хв;

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		67

$T_{мд}$ – машинно-допоміжний час за програмою (на підведення деталі або інструмента від початкових точок до зони обробки і відведення; установку інструмента на розмір, зміну інструмента, зміну величини і напрямку подачі, час технологічних пауз тощо), обираємо 0,28 хв, [9];

$$T_{ца} = 1,23 + 0,28 = 1,51 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = (1,51 + 3,6 \cdot 1,0) \cdot (1 + [4 + 4,7 + 4] / 100) = 6,12 \text{ хв.}$$

Використовуючи джерело [9] визначаємо підготовчо-завершальний час $T_{пз} = 45,3$ хв.

$$H_{ч} = 6,12 + 45,3/20 = 8,38 \text{ хв.}$$



7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Мета та завдання на проектування.

Задачею на цьому етапі роботи є проектування верстатного пристрою на операцію токарну з ЧПК 020, на якій відбувається обробка циліндричної поверхні $\varnothing 72,3h8$ мм, $\varnothing 60$ мм, 1630 тощо.

В базовому технологічному процесі зовнішня поверхня $\varnothing 72,3h8$ точиться на токарному верстаті ЧПК. На операції 020 заготовка закріплюється в плаваючому (ліворуч) та жорсткому (праворуч) центрах.

Пристрій має підвищену розмірну точність, похибки базування і закріплення, що виникають при установці заготовки в пристрої, зводяться до мінімуму. Є можливість використати повну потужність верстата на чорнових проходах і при обробці важкооброблюваних матеріалів, пристрій має підвищену жорсткість конструкції.

Використання спеціального верстатного пристрою допоможе скоротити час на установку, базування та закріплення заготовки, знизити розряд оператора верстата, що значно зменшить допоміжний час, та як результат безпосередньо буде зменшена собівартість деталі. Також необхідно відмітити що використання спеціального верстатного пристрою допоможе збільшити точність стабільність параметрів отриманих на операції (точність форми та розміщення, шорсткість).

Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

Згідно завдання обробка деталі "Болт шатунний" виконується на токарній ЧПК операції. На цій операції за один установ точиться циліндрична поверхня $\varnothing 72,3h8$, $\varnothing 60$ та довжина 630. Умовою досягнення точності оброблюваної деталі є досягнення точного базування деталі в пристрої, при тому що точність верстата повинна задовольняти отримувані параметри.

На даній операції формується один лінійний розмір 630 і два діаметральних ($72,3h8$, $60h11$). На кресленні рекомендують проставляти такі відхилення для даного розміру: $630 \pm 0,22$ мм. Зовнішня циліндрична поверхня

									Лист
									69
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510225-00.ПЗ				

Ø72 мм повинна бути оброблена з точністю по IT8. Тож згідно таблиць допусків і посадок значення допуску становиться $T_{\phi 72,3h8} = 46 \text{ мкм} = 0,046 \text{ мм}$.

Аналогічно поверхня Ø60 мм повинна бути оброблена з точністю по IT11. Тож згідно таблиць допусків і посадок знаходимо значення допуску становиться $T_{\phi 60h11} = 300 \text{ мкм} = 0,3 \text{ мм}$.

Лінійний розмір $630 \pm 0,22$ ($T = 500 \text{ мкм}$) оскільки на кресленні не міститься допуск форми, то для рівня геометричної точності А не зазначений допуск площинності беремо орієнтовно у межах 60% на розмір: $T_{630} = 0,6 \cdot 500 = 300 \text{ мкм}$. Згідно таблиць допусків форми беремо найближче стандартне значення допуску площинності $T_{630} = 250 \text{ мкм}$, що відповідає ступеню точності 11.

Діаметральний розмір $72,3h8(-0,046)$, тобто допуск на розмір становить $T = 46 \text{ мкм}$.

Оскільки на кресленні не міститься допуск форми, то визначимо допуск циліндричності виходячи з рівня геометричної точності А з розрахунку 30% від допуску на діаметр: $T_{72,3h8} = 0,3 \cdot T_{72,3h8} = 0,3 \cdot 46 = 13,8 \text{ мкм}$. Згідно таблиць допусків форми беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості $T_{72,3h8} = 20 \text{ мкм}$, що відповідає ступеню точності 8.

Аналогічно $T_{60h11} = 0,3 \cdot 300 = 90 \text{ мкм}$. найближче значення $T_{60h11} = 100 \text{ мкм}$ (ступень точності 11).

На даній операції поверхня торця довжина 630 – перпендикулярний діаметральним розмірам (60,72). Радіальне биття на Ø60h11 не вказане на кресленні тому визначимо його величину з розрахунку 30% від допуску на розмір 30: $T_{60} = 300$. Згідно таблиць допусків розташування поверхонь визначаємо що і дана величина є стандартним значенням, відповідає ступеню точності 14.

Шорсткість оброблюваних поверхонь визначена кресленням та має значення 0,4;0,8;1,6 мкм за критерієм Ra (середнє арифметичне значень профілю), що відповідно класам шорсткості 8,7,6 .

									Лист
									70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Виявлення кількісних та якісних даних про заготовку.

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

Оскільки для обробки болта шатунного застосовуємо патрон трьохкулачковий клиновий, то базовими поверхнями служать: центрові отвори.

Відповідно до креслення поверхні $\varnothing 113$ виготовлені по класу точності Т4. Значення допуску: $T_{\varnothing 113} = 3,7$ мм.

Похибка форми циліндричних поверхонь $\varnothing 113$ характеризується відхиленням від круглості та циліндричності. Оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано в технічних вимогах і на кресленні деталі, то він може бути встановлений у межах допуску на розмір:

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

$$T_{\varnothing 113} = 0,3 \cdot 3,7 = 1,11 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості $T_{\varnothing 113} = 1,0$ мм, що відповідає 16 ступеню точності [5, с. 110].

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю для поверхонь $\varnothing 113$.

$$T_{\varnothing 113} = 0,6 \cdot 3,7 = 2,22 \text{ мм,}$$

За аналогією беремо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості $T_{\varnothing 113} = 2,5$ мм, що відповідає 16 ступеню точності [5, с. 110].

Шорсткість поверхонь, зазначена на кресленні, має значення $Ra = 25$ мкм.

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

Визначення умов в котрих буде виготовлятися та використовуватися проєктований пристрій

Пристрій повинен виконати понад 5000 тис. циклів за період випуску деталей.

Пристрій буде використовуватися на токарному верстаті з ЧПК моделі СКЕ6136Z.

Верстат має систему охолодження. Стружка видаляється з зони різання, стола верстата при виключеному обладнанні. Верстатний пристрій повинен обслуговуватися оператором 3-4-го розряду. Захисний кожух не дозволить в процесі обробки розлітатися стружці та охолоджуючій рідині. Ця модель станка має програмовану інструментальну револьверну головку. Револьверна головка оснащена муфтою для швидкого та плавного індексування інструмента. Можливо встановлення револьверної головки з сервоприводом. Верстат має зручний доступ до пульта ЧПУ, пульт можна перемістити.

Робоча температура навколишнього середовища, $t=20^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 80%, атмосферний тиск $P_{\text{ат}}=86\dots 106\text{кПа}$, швидкість руху повітря – 0,5 м/с, частота вібрації, виниклих в результаті роботи обладнання в цеху $f=20\div 30$ Гц, освітлення приміщення (місцеве освітлення) 1500 Люкс.

Розробка та обґрунтування схеми закріплення та типу силоутворюючого механізму.

Вибір базової поверхні що позбавляє найбільше ступенів вільності було проаналізовано в пункті (6.2), прийняли схему базування при якій заготовка лишається п'яти ступенів вільності.

Згідно обраній схемі базування заготовки на операції 020 (див. рисунок 6.2.1) маємо такі технологічні бази:

- подвійна опорна база яка позбавляє заготовку 2-х ступенів вільності (поступальне переміщення вздовж осі Y та Z).
- подвійна опорна база яка позбавляє заготовку 2-х ступенів вільності (обертання навколо осей Y та Z).

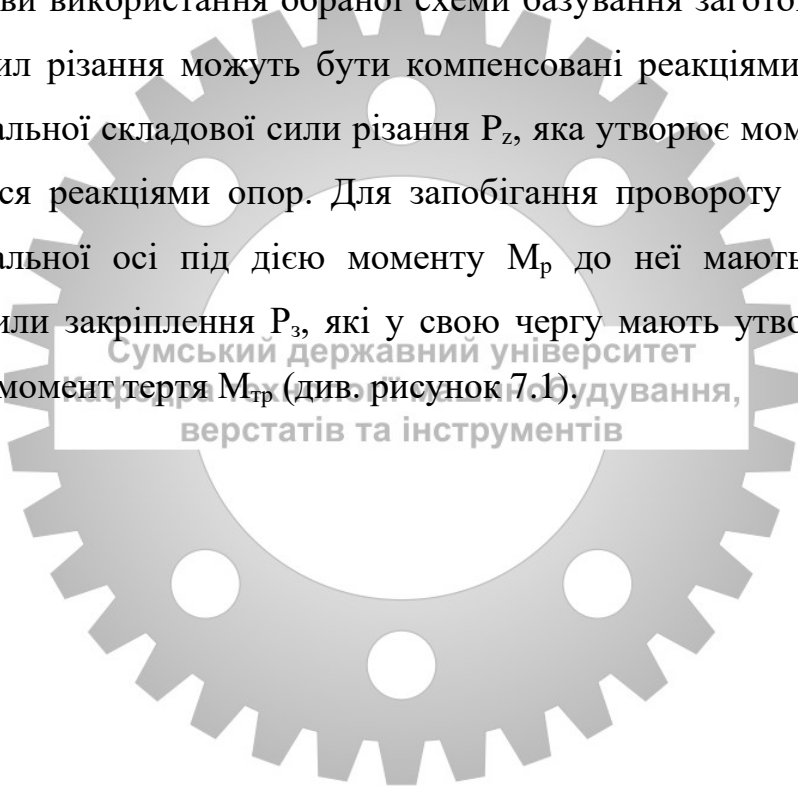
					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

- опорна база яка позбавляє заготовку 1-го ступеня вільності (постійне переміщення вздовж осі X).

Для нівелювання похибки базування заготовки у даному випадку передбачаємо осьове налагодження положення інструменту по правому торцю заготовки: похибкою базування для осьових розмірів можна знехтувати. Для радіальних та діаметральних розмірів з урахуванням ефекту самоцентрування похибка базування також буде відсутня.

Аналіз структури поля зрівноважувальних сил.

За умови використання обраної схеми базування заготовки тільки частина складових сил різання можуть бути компенсовані реакціями опор. Наприклад, дія тангенціальної складової сили різання P_z , яка утворює момент різання M_p , не компенсується реакціями опор. Для запобігання провороту заготовки навколо своєї центральної осі під дією моменту M_p до неї мають бути прикладені відповідні сили закріплення P_z , які у свою чергу мають утворювати відповідні сили тертя і момент тертя $M_{тр}$ (див. рисунок 7.1).



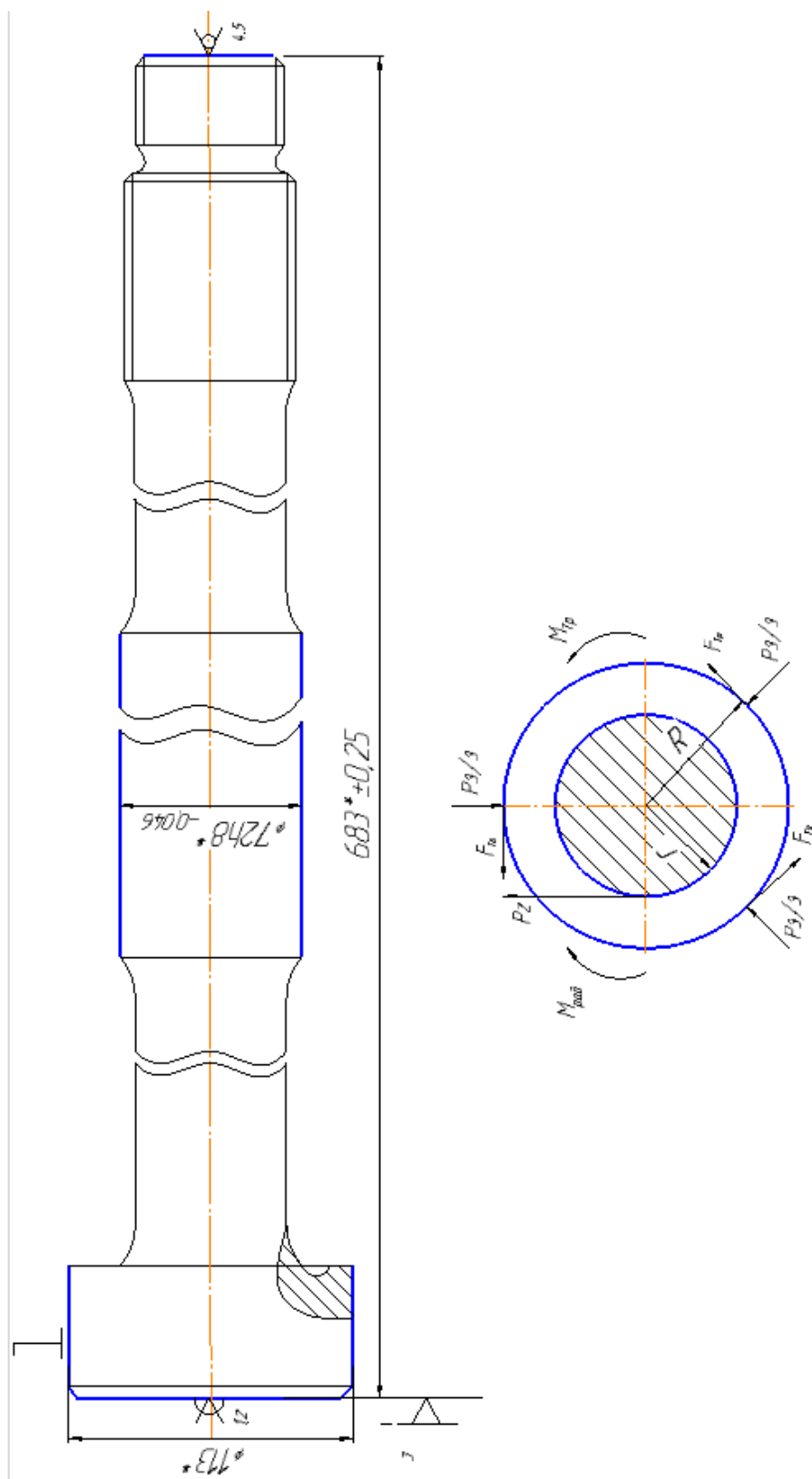


Рисунок 7.1 – Схема закріплення заготовки

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510225-00.ПЗ

Розрахунок сил закріплення.

Для передачі обертання заготовці передбачається використання комбінованого трикулачкового самоцентруючого токарного патрону.

При цьому сила закріплення через кулачки патрона буде перекладена до зовнішньої циліндричної поверхні заготовки діаметром 113 мм (дивитися рисунок 7.1).

Відповідно запропонованої схеми закріплення заготовки силу закріплення можна розрахувати за формулою:

$$P_3 = 2MK / (D_3 \cdot f), \quad (7.1)$$

де K - коефіцієнт запасу;
 M - крутний момент, діючий на заготовку при фрезеруванні, Н·м;
 D - діаметр заготовки, м;
 f_1, f_2 - коефіцієнти тертя відповідно в місцях контакту заготовки з опорами і затискними елементами, по [5] с.85, таблиця 10 при контакті обробленої заготовки з опорами і затискними елементами пристрою $f_1 = f_2 = 0,20$.
 $n=3$ – кількість точок прикладання сили закріплення

$$M_{\text{різ}} \cdot K_{\text{зак}} = M_{\text{тр}} \quad (7.2)$$

Коефіцієнт запасу K вводять в формули при обчисленні сили P_3 для забезпечення надійного закріплення заготовки, по [5] с.85:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.3)$$

- де K_0 - коефіцієнт гарантованого запасу, $K_0 = 1,5$;
- K_1 - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробці, $K_1 = 1,0$;
- K_2 - коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту, за [5] с. 84, таблиця 9, $K_2 = 1,6$;
- K_3 - коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при переривчастому точінні і торцевому фрезеруванні, $K_3 = 1,0$;
- K_4 - коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмоциліндрів подвійної дії, $K_4 = 1,0$;
- K_5 - коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів, $K_5 = 1,0$;
- K_6 - коефіцієнт враховують тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути заготовку, $K_6 = 1,5$.

Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
 $K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,6$.

Головна складова сили різання при точінні визначається за формулою:

$$P_{z y x} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \quad (7.4)$$

- C_p - коефіцієнт, по [5] с.291, таблиця 41; $C_p = 300$
- x, y, n, z - показники ступеня, по [5] с.275, таблиця 41 $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$;
- t - глибина різання, $t = 0,8$ мм;
- S - подача, $S = 0,4$ мм;
- V – Швидкість різання $V = 125,6$ мм
- n - частота обертання шпинделя, $n = 800$ об/хв;
- K_p - поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного

матеріалу, визначається за формулою.

Підставивши вибрані і розраховані значення у формулу (7.4), визначаємо головну складову сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,8^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 125,6^{-0,15} \cdot 3,6 = 2033,6 \text{ Н.}$$

Щоб визначити момент різання застосовуємо формулу:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot r, \quad (7.5)$$

де P_z – сила різання;
 r – менший радіус заготовки.

Підставивши вибрані і розраховані значення у формулу, визначаємо момент різання:

$$M_{\text{різ}} = 2033,6 \cdot 3,6 = 73212,02 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

Підставивши розраховане значення моменту різання в формулу , визначаємо силу закріплення:

$$P_z = 2 \cdot 73212,02 \cdot 3,6 / (113 \cdot 0,2) = 23324 \text{ Н.}$$

Обґрунтування вибору привода.

При даному способі кріплення як механізований привод обираємо пневмоциліндр двосторонньої дії, тому що виконується достатньо велике переміщення кулачків патрону при затисканні та розтисканні оброблюваної заготовки. Передавальні відношення сил i_c залежать від кута α клина та схеми механізму. Клино-плунжерні силові механізми дозволяють забезпечити значні зусилля при відносно невеликих зусиллях силових приводів що дозволяє

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		77

зменшити габарити верстатної оснастки. Силу на приводі розраховуємо за формулою:

$$Q = P_3 / i_c \quad (7.6)$$

Знаходимо значення i_c , оскільки $\alpha = 15^\circ$ і схему механізму обираємо з одностороннім плунжером без ролика див. на кресленні, то $I_c = 15^\circ = 1,9$.

Підставивши вихідні дані ми отримуємо таке рівняння:

$$Q = 23324 / 1,9 = 12275,8 \text{ Н.}$$

Діаметр пневмоциліндра, що забезпечує необхідну силу закріплення заготовки визначимо за формулою:

$$D_p = \frac{\sqrt{\frac{16Q_p}{\pi \rho n} + d^2}}{1,7} \quad (7.7)$$

де $d_{шт}$ - діаметр штоку, мм;
 ρ - розрахунковий тиск $\rho = 0,4$ МПа;
 n - коефіцієнт корисної дії, $n = 0,9$.

$$D_p = \frac{\sqrt{\frac{16 \cdot 12275,8}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9} + 20^2}}{1,7} = 245,4 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартній діаметр поршневого пневмоциліндра по [2, с. 91, таблиця 17]: $D_\phi = 250$ мм.

Розраховуємо дійсну силу закріплення заготовки на штоку пневмоциліндра

$$Q_p = \frac{\pi((D + 0,7D)^2 - d_{шт}) \cdot \rho n}{16} \quad (7.4)$$

$$Q_p = \frac{3.14((250+0.7 \cdot 250)^2 - 20) \cdot 0.4 \cdot 0.9}{16} = 12759,7 \text{ Н.}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, отже пристосування забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

Розрахунок верстатного пристрою на точність.

На кресленні не вказано допуск радіального биття, але буде доречно розглянути його на діаметрі 72,3h8 ($T_{\varnothing 72,3h8} = 0,046 \text{ мкм}$).

$T_{\text{радіальне}} = 0,046 \cdot 0,3 = 0,0138 \text{ мкм}$, обираємо найближче табличне значення 0,016 мкм що відповідає 5 ступеню точності.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2} \quad (7.4)$$

де $K_T - 1,2$ - коефіцієнт що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин;

$K_{T1} - 0,80$ - коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування;

$\varepsilon_6 = 0 \text{ мкм}$ - похибка базування;

$\varepsilon_3 = 0 \text{ мкм}$ - похибка закріплення;

$\varepsilon_y = 0 \text{ мкм}$ - похибка установки пристрою на верстаті;

$\varepsilon_{\text{п}} = 0 \text{ мкм}$ - похибка перекошу інструмента (відсутні постійні або змінні напрямні втулки);

$\varepsilon_{\text{зн}} = 0 \text{ мкм}$ - похибка зношення установчих елементів верстатного пристрою (за умови рівномірного зношення поверхонь);

$K_{T2} = 0,6$ - коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки [5];

$\omega = 10 \text{ мкм}$ - середня економічна точність оброблення поверхні.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 16 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 10)^2} = 9 \text{ мкм.}$$

									Лист
									79
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 18510225-00.ПЗ

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності [10, с. 106]
T = 10 мкм.

Вказуємо на складальному кресленні пристрою як технічну вимогу, що допуск радіального биття на $\varnothing 72$ не більше 0,01 мм.

Опис пристрою та принцип його роботи.

Принцип дії клинових патронів заснований на одночасному переміщенні кулачків патрона за допомогою осьового руху вперед втулки, яка має три клинових паза, що сполучаються з клиновими пазами на внутрішніх кінцях кулачків. Велика поверхня контакту прямолінійних клинових пазів кулачка з пазами втулки забезпечує високу точність руху кулачків і її збереження при експлуатації.

Закріплення заготовки здійснюється за допомогою пневматичного приводу, розміщеного на задньому кінці полого шпинделя і пов'язаного штоком з патроном. При осьовому русі клина три основних кулачка 15 і пов'язані з ними кулачки переміщуються в радіальному напрямку і затискають заготовку.

Для компенсації впливу відцентрових сил на силу стискування при високій частоті обертання шпинделя в конструкції патрону передбачено наявність контргруза 11, з'єднаного важілем 1 з основним кулачком 15.

Корпус патрону 12, з'єднується з фланцем 20, гвинтом 4. До корпусу патрона 12 кріпиться втулка 2, гвинтом 7, 8.

Зусилля затиску в стільки разів більше зусилля на штоку приводу, у скільки довге плече важеля більше його короткого плеча (в даному випадку в три рази). Для переналадження патрона на закріплення деталі іншого розміру служать гвинти з трапецеподібним різьбленням, на яких нарізані зубці, зачіпляються з плоским зубчастим колесом. Зубчасте колесо centruється на кільці, яке прикріплено до корпусу патрона трьома гвинтами.

При повороті ключем гвинта обертання передається двом іншим гвинтам. Гвинти, обертаючись, не можуть переміщатися уздовж своєї осі, так як цьому заважають виступи плазунів, що входять до виточки гвинтів, а кулачки не

можуть повернутися, але переміщуються під дією нарізки гвинтів по Т-образним пазах корпусу патрона.

Три щитки, прикріплені до повзуна гвинтами, і щиток оберігають механізм патрона від забруднення. Цей патрон відрізняється від інших наявністю механізму для швидкої перестановки кулачків. Тому він зручний для використання в одиничному і дрібносерійному виробництвах, де переустановка кулачків здійснюється досить часто.



					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

ВИСНОВОК

1. В даній роботі був виконаний аналіз службового призначення виробу, вузла, деталі «Болт шатунний», який входить до складу складальних одиниць поршневого компресора моделі 6ГМ40-16 / 100-420. Проведено аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі.

2. Визначено тип виробництва – середньосерійний, та форми організації робіт – групова.

3. Обґрунтовано спосіб отримання вихідної заготовки – поковки штампуванням на КГШП.

4. Розрахунково-аналітичним методом проф. В. М. Кована визначені операційні припуски та розміри на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 72f7$.

5. Аналіз існуючого технологічного процесу виконаний на прикладі двох верстатних операцій: 020 токарної з ЧПК та 035 горизонтально-фрезерної (обґрунтовано вибір схем базування заготовок, моделей металорізального устаткування, верстатних пристроїв, ріжучого та контрольно-вимірювального інструментів, визначені режими різання та технічні норми часу).

6. Спроектовано верстатний пристрій для базування та закріплення заготовки на операції токарній з ЧПК 020.

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

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		82

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Френкель, М. И. Поршневые компрессоры. Теория, конструкции и основы проектирования / М. И. Френкель. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1969. – 744 с.
2. Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов [Электронный ресурс] / А. С. Зубченко, М. М. Колосков, Ю. В. Каширский ; под ред. А. С. Зубченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
3. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учеб. пос. / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – 5-е изд., стереотип. Перепечатка с 4-го издания 1983 г. – М.: Альянс, 2007. – 256 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
5. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя [Электронный ресурс] : в 3-х т. Т.1 / В. И. Анурьев ; Под ред. И. Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2006. – 928 с.
6. Плескач, В. М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Уч. пособ. / П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач. К.: Вища шк., 1991. – 247 с.
7. 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.
8. Барановський, Ю. В. Режимы різання металів. Довідник. Вид. 3-е, пререраб. і доп. М.: Машинобудування. 1972. – 408 с.
9. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные,

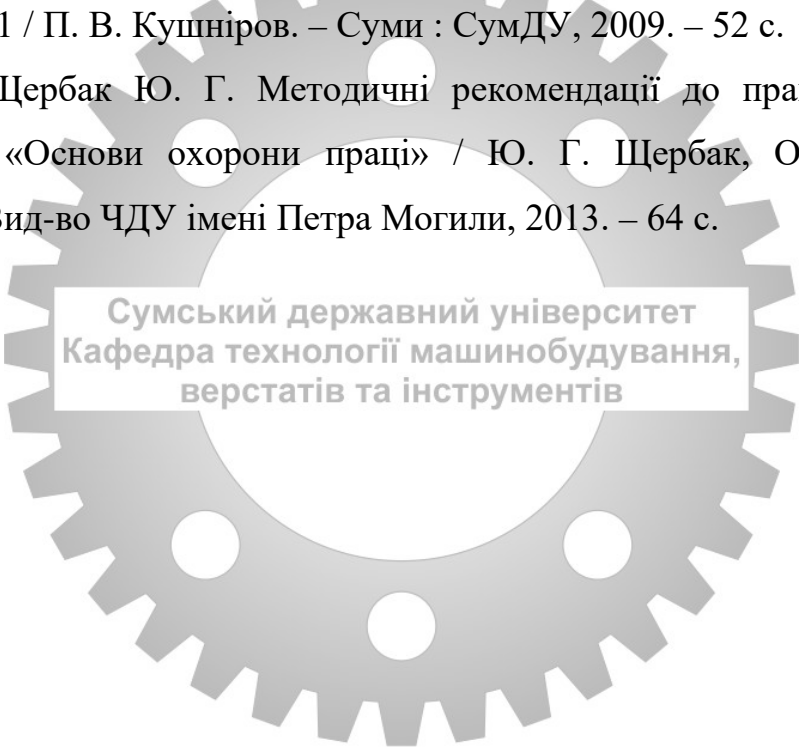
					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

сверлильные, фрезерные, долбежные и фрезерные станки. 2-е изд. – М: Машиностроение, 1974. – 406 с.

10. Романова, С. Ю. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть I. Нормативы времени. – Москва: Машиностроение, 1990. – 206 с.

11. Кушніров, П. В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу "Технологічна оснастка": для студ. за напрямом підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка» (спец. "Технологія машинобудування", "Металорізальні верстати та системи", "Інструментальне виробництво") денної та заочної форм навчання. Ч.1 / П. В. Кушніров. – Суми : СумДУ, 2009. – 52 с.

12. Щербак Ю. Г. Методичні рекомендації до практичних занять із дисципліни «Основи охорони праці» / Ю. Г. Щербак, О. В. Макарова. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2013. – 64 с.



Сумський державний університет
Кафедра технології машинобудування,
верстатів та інструментів

					ТМ 18510225-00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		84