

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

До захисту допущено:
В.о. завідувача кафедрою
Охріменко О. А.
«___» _____ 2022р.

Дипломний проект
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: «Проектування технологічного процесу виготовлення
пари «Кривошип-Шатун»»
УДК 621.7

Виконав :
студент IV курсу, групи МТз-81
Мироненко Ярослав Миколайович
Керівник:
Пуховський Євгеній Степанович
Рецензент:

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	5
1.1 Алмазно-абразивна обробка	5
1.2 Шліфувальні верстати	9
1.2.1 Призначення, область застосування та класифікація	9
1.2.2 Основні схеми шліфування	9
1.3 Круглошліфувальні верстати	11
1.3.1 Загальні технічні характеристики	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі	13
2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація	13
2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі	17
2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу	17
2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва	19
2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі	23
2.4 Проектування конструкції заготовки	23
2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки	23
2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів	26
2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі	30
2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз	30
2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій	34
2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки	37
2.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі	39
2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання	42
2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки ..	46
2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом (для оброблення двох відмінних поверхонь заготовки)	46
2.9.2 Визначення припусків аналоговими методами (за державними стандартами, технологічною довідниковою літературою, за стандартами підприємства на всі інші обробні поверхні) 52	
2.10 Визначення режимів різання	53
2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом (для двох технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки, для яких припуски визначались розрахунково-аналітичним методом)	54
2.10.2 Визначення режимів різання аналоговими методами (за державними стандартами, технологічною довідниковою літературою, за стандартами підприємства для всіх технологічних переходів)	59
2.11 Нормування технологічних операцій	60
2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції (для однієї технологічної операції навести детальний опис виконання нормування)	60

2.11.2	<i>Нормування аналоговими методами (для всіх інших технологічних переходів).....</i>	63
3.	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ.....	63
3.1	<i>Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв</i>	63
3.1.1	<i>Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв</i>	63
3.1.2	<i>Послідовність розроблення конструкції пристрою</i>	66
3.2	<i>Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв</i>	67
3.2.1	<i>Розрахунок похибок базування</i>	67
3.2.2	<i>Визначення похибок закріплення верстатного пристрою</i>	68
3.2.3	<i>Послідовність проектного розрахунку точності пристрою</i>	69
3.3	<i>Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв</i>	69
3.3.1	<i>Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q</i>	69
3.3.2	<i>Розрахунок силових механізмів пристроїв.....</i>	70
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	70

ВСТУП

Пара кривошип-шатун є частиною кривошипно-повзунового механізму, що перетворює обертальний рух основного валу швейної машини в зворотньо-поступальний рух ігловоду. Такий механізм є одним з найбільш поширених у техніці. Його призначення - перетворення зворотньо-поступального руху повзуна в обертальний рух кривошипу чи навпаки - обертального у зворотньо-поступальний. Він знайшов широке застосування у двигунах, парових машинах, поршневих насосах, компресорах тощо.

Конструкція таких механізмів є відносно простою, надійною в експлуатації та має невеликі габарити і масу. Процес виготовлення таких механізмів є відносно простим, супроводжується невеликою трудомісткістю. Також вони зручні в обслуговуванні. Конструкція механізму відносно високу частоту обертання.

Останнім часом з'явилося багато різних конструкцій кривошипно-шатунних механізмів які різняться підвищеними технічними параметрами. Розрізняють такі основні типи, як: центральний КШМ, у якого вісь циліндру перетинається з віссю колінчатого валу; зміщений КШМ у якого вісь циліндру зміщена відносно вісі колінчатого валу на деяку величину; V-подібний КШМ (в тому числі з причепним шатуном), у якого два шатуни, що працюють на лівий та правий циліндри, розміщені на одному кривошипі колінчатого валу та інші типи.

Такий механізм здобув дуже широкого застосування в швейному виробництві, а саме для виготовлення високопродуктивних та компактних швейних машин. На універсальних промислових машинах марки Samiz частота обертів основного валу досягає 2200 об/хв, конструкція шатуна повинна бути добре збалансована для запобігання вібрацій під час роботи машини на максимальній швидкості.

В даній роботі пропонується розробити технологічний процес виготовлення основної частини одного з найголовніших вузлів швейної машини - вузла просування ігловоду, а саме пари кривошип-шатун.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Алмазно-абразивна обробка

Остаточна обробка деталей, зі сталей та високоміцних важкооброблюваних сплавів, звичайними абразивними інструментами, внаслідок недостатньо високої продуктивності, підвищеного зносу кругів, хімічної взаємодії оброблюваного матеріалу з абразивом та високих температур в зоні шліфування, які негативно впливають на якість обробленої поверхні, не забезпечує задовільних результатів. Використання кубічного нітриду бору та алмазів дозволило істотно зменшити похибки форми деталей за рахунок зменшення впливу температурних та силових факторів.

При шліфуванні сталей ЭИ515, Х18Н9Т, У10А, У12А алмазними кругами зростає як якість оброблюваної поверхні, так і продуктивність обробки.

При всіх режимах алмазного шліфування, а в особливості із застосуванням високоефективних МОР досягається висока якість поверхневого шару деталі.

Якісні параметри оброблюваних деталей підвищуються завдяки здатності алмазних кругів працювати в умовах підвищеної температури. Так, алмазне хонінгування деталей з легованих сталей проходить при температурі в зоні обробки не вище 70-80°C. Що призводить до підвищення геометричної точності деталей.

Найповніше переваги алмазу в порівнянні з абразивом проявляються при хонінгуванні. Сьогодні таке хонінгування застосовують при обробці циліндрів та гільз циліндрів, тракторних та автомобільних двигунів, циліндрів колісних та гальмівних, тощо.

Також алмазні інструменти застосовують при виконанні операцій суперфінішування. Такій обробці піддаються шийки розподільних та колінчастих валів, пальці шатунів, тощо. При цьому використовують бруски на металевій зв'язці. Обов'язковою є подача МОР в зону обробки.

Також застосовують круги з подрібнених балласів АСБ для чорнового хонінгування сталей ШХ15, 35Х, 18ХГТ, їх зносостійкість у ряді випадків вище зносостійкості алмазів АСР і АСВ.

Кругами з кубічного нітриду бору досягається висока продуктивність при шліфуванні важкооброблюваних сталей та сплавів, таких як Р18, ЭП202, ЭИ867, ВВ2, ВТ6, Х18Н910. Стійкість таких кругів при шліфуванні отворів діаметром 15-20мм в деталях із сталі 20Х, які попередньо пройшли цементацію та загартування на твердість HRC 56-60, в 50-80 разів вище стійкості таких кругів з білого електрокорунду. При шліфуванні робочих доріжок роликів підшипників з теплостійкої сталі ЭИ347 кругами з ельбору, стійкість таких кругів в 40-50 разів вище, ніж у кругів з монокорунду.

Для виготовлення відповідальних деталей як правило використовують матеріали, що відносяться до важкооброблюваної групи. Магнітом'які сплави пермаллоєвого (79НМ, 80НХС, 81НМА) і альфенолового (16ЮХ, 16ЮИХ)

класів, магнітні ферити, що у своєму складі містять марганець та цинк або нікель та цинк. З одного боку такі магнітні матеріали металевого класу є сплавами із значним вмістом легуючих елементів. Це призводить до значного зростання в'язкості сплавів, що в свою чергу ускладнює їх алмазно-абразивну обробку. З іншого боку ферити, що являються типовими керамічними матеріалами, як наслідок мають підвищену крихкість, що ускладнює їх механічну обробку. Деталі з таких матеріалів отримують методами гарячого пресування, монокристалічного вирощування та методом керамічної технології. Такі матеріали також відносяться до групи структурно чутливих, тому під дією механічних навантажень, що супроводжують процеси алмазно-абразивної обробки, вони істотно змінюють свої первинні фізичні властивості.

Таблиця 1.1 – Характеристики якості поверхні, що отримали при ручній доводці деталей зі сплаву 80НХС

Абразивний інструмент	Зернистість, мкм	Клас шорсткості	Площинність, мкм	Глибина наклепу, мкм	Ступінь наклепу
"Індій" + "Арказас"	40	12б	1,2	15	1,8
63СМ7ВТЛ	7	12б	1,0	4	1,01
Чавунна плита+мікропорошок 63СМ3-МІ	<u>3-1</u>	12в	0,6- <u>0,7</u>	4	1,01
Брусок МЗП «Кедровсько Городовища»	10	12в	1,0- <u>1,2</u>	6	1,3
Брусок «Едігансько городовища»	10	12б	0,3	6	1,32
Брусок «Третьяковсько городовища»	10	12б	0,6	<u>6-8</u>	1,2
Брусок родовища «Шекпектас»	<u>60-100</u>	12в- <u>13а</u>	0,6- <u>0,9</u>	<u>8-10</u>	1,2
Брусок родовища «Кушоко»	<u>5-10</u>	<u>13б</u>	0,6	6	1,1
Брусок родовища «Барат»	<u>5-10</u>	<u>13б</u>	0,6	5	1,1
Брусок родовища «Атасу»	<u>2-6</u>	14а	0,3	4	1,05

Таблиця 1.2 – Оптимальні режими механічної обробки деталей з магнітом'яких сплавів абразивними, алмазними і ельборовими інструментами

Операція	Інструмент	Режим роботи	Масильно-охолоджуюча рідина
Тонке плоске шліфування поверхонь	Круг АСМ14Бр100%	Швидкість круга 22 м/с; поздовжня	-

	Круг БoM14Бp100% Круг 63CM14M2Гл	подача (швидкість виробу) 2 м/хв, поперечна 0,1-0,2 мм/подв.хід; глибина 0,002 мм	
Механічна доводка	Чавун притир(попередня доводка), олов'яний притир(остаточна доводка). Мікропорошки монокорунду (електрокорунду білого) зернистістю 5,3 і 1 мкм (послідовно) або пасти зернистістю 1-5 мкм	Швидкість круга 7 м/хв; питомий тиск 7 мПа (0,5- 0,7 кг/см ²)	Гас – 50%, олеїнова кислота – 50%
Тонке кругле шліфування циліндричних поверхонь	Круг АСМ14Бp100% Круг БoM14Бp100% Круг 63CM14M2Гл	Швидкість круга 35 м/с, виробу 30 м/хв; поздовжня подача 0,02 мм/об (5 мм/хв); глибина шліфування 0,0025 мм	Емульсія (рясне охолодження)

Таблиця 1.3 – Залежність шорсткості поверхні від режимів плоского шліфування (Деталі з пермалоєвого сплаву 79НМ оброблялися на верстаті FF-350 «Авагек» зі швидкістю круга 22 м/с без охолодження кругом 63СМ14СМ2Гл на гліфталевій зв'язці)

Поперечна подача S, мм/подв.хід	Швидкість виробу V, м/хв	Глибина шліфування t, мм					
		0,002		0,01		0,05	
		Rz, мкм	Клас чистоти	Rz, мкм	Клас чистоти	Rz, мкм	Клас чистоти
0,1	2	0,251	11б	0,330	11а	0,679	10а
	5	0,287	11б	0,365	11а	0,700	10а
	10	0,330	11а	0,415	10в	0,732	10а
0,2	2	0,320	11б	0,367	11а	0,859	9в
	5	0,341	11а	0,407	10в	0,949	9в
	10	0,395	11а	0,428	10в	1,041	9б
0,5	2	0,525	10б	0,617	10б	1,380	9а
	5	0,553	10б	0,665	10а	1,559	9а
	10	0,631	10а	0,713	10а	1,802	8в
0,7	2	0,642	10а	0,906	9в	1,945	8в
	5	0,654	10а	0,865	9в	2,110	8б

	10	0,742	10a	1,084	9в	2,377	86
--	----	-------	-----	-------	----	-------	----

Результати табл.1.3 підтверджені при тонкому плоскому шліфуванні магнітом'яких сплавів такими абразивами – 24М28Гл, 63СМ14Гл, 63СМ28Гл, 63СМ7Гл, 24АМ7Гл.

Також значно впливає на висоту нерівностей, при шліфуванні магнітних матеріалів і розмір зерна.

Спостерігається підвищення шорсткості зі збільшенням зернистості абразиву, що може пояснюватися збільшенням перетину зрізу. При збільшенні глибини шліфування магнітних матеріалів нормальна та тангенціальна складові зусилля різання закономірно зростають. Це пояснюють як зростанням навантаження на одиничне зерно абразиву, так і зростанням кількості зерен в зоні контакту круга з виробом. В табл.1.4 приведено деякі значення сил різання, що діють на одиницю довжини поверхні шліфувального круга при плоскому однопрохідному шліфуванні.

Таблиця 1.4 – Питомі сили різання, що діють на одиницю довжини поверхні шліфувального круга при плоскому однопрохідному шліфуванні (*Деталі з пермаллоєвого сплаву 79НМ оброблялися абразивними кругами зі швидкістю $v_{кр}=20...22$ м / с, $v_{дет}=0,05$ м / с з охолодженням 3% -ним содовим розчином*)

Глибина шліфування на лімбу верстату, мм	Характеристика круга								
	200x32x16 63C25CM2K			200 X32X16 63СМ14СМ2ГЛ			200x75x10 63СМ14СМ2К16		
	P_z	P_y	P_y/P_z	P_z	P_y	P_y/P_z	P_z	P_y	P_y/P_z
0,005	30	60	2,0	10	15	1,5	15	12	0,8
0,01	50	90	1,8	20	30	1,5	35	40	1,1
0,02	80	150	1,88	30	50	1,65	60	50	0,84
0,05	180	320	1,78	70	100	1,5	105	120	1,1

Задля зниження тангенціальної та нормальної величини складових зусилля різання застосовують дрібнозернисті круги на гліфталевій зв'язці. Такі круги характеризуються більшою пружністю в порівнянні з керамічною зв'язкою. При такому шліфуванні значення складових різання, що діють на одне зерно майже в 100 разів менше, ніж при такому шліфуванні крупнозернистими кругами. Деякі розрахункові дані приведено в табл.1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахункове навантаження на окреме ріжуче зерно круга P_z та P_y при абразивному шліфуванні (*Деталі з пермаллоєвого сплаву 79НМ оброблялися кругом шириною 10 мм зі швидкістю $v_{кр}=20$ м/с, $v_{дет}=0,05$ м/с і содовим розчином кругом шириною 10 мм*)

Глибина шліфування по лімбу верстату t , мм	Довжина дуги контакту L_k , мм	Характеристика шліфувального круга					
		400x32x16 63C25CM2K			200x32x16 63СМ14СМ2Гл		
		Число зерен	P_z , Н	P_y , Н	Число зерен	P_z , Н	P_y , Н
0,005	0,77	11	2,7	5,4	460	0,022	0,033
0,01	1,1	16	3,1	5,6	660	0,030	0,045
0,02	1,5	24	3,3	6,3	900	0,033	0,056
0,05	1,9	30	3,7	8,3	1140	0,035	0,058

1.2 Шліфувальні верстати

1.2.1 Призначення, область застосування та класифікація

У випадках пред'явлення високих вимог до точності і якості поверхонь застосовують різні методи обробки на шліфувальних верстатах. Ця висока розмірна точність та якість поверхонь досягаються за допомогою високоточної підгонки вузлів верстата, застосуванню спеціальних режимів шліфування та використанню абразивного інструменту. Інструментами для таких верстатів виступають шліфувальні круги заданих розмірів, форми та зернистості.

На даних верстатах, як правило, оброблюють зовнішні циліндричні, конічні, фасонні та плоскі поверхні, різноманітні шліци, різьба, зубці коліс тощо.

Такі верстати, в залежності від ступеня автоматизації, застосовують для всіх типів виробництв – одиничних, дрібносерійних, серійних, багатосерійних та масових. Вони знайшли широке застосування як при виготовленні нових так і при відновленні вже побувавших в експлуатації деталей.

Класифікують шліфувальні верстати за такими технологічними ознаками:

- Круглошліфувальні – центрові верстати для обробки зовнішніх циліндричних, конічних та фасонних поверхонь;
- Плоскошліфувальні – верстати для обробки плоских поверхонь. Бувають з горизонтальним розміщенням шпинделя та прямокутним столом, чи з вертикальним розміщенням одного або двох шпинделів з круглим столом;
- Внутрішньошліфувальні – звичайні чи планетарні верстати для обробки внутрішніх циліндричних, конічних та торцевих поверхонь;
- Безцентрошліфувальні – верстати для обробки зовнішньої чи внутрішньої циліндричної, конічної або фасонної поверхні;
- Абразивно-відрізні – верстати для порізки заготовок;
- Спеціалізовані – верстати для обробки шліців, різьб чи зубців зубчатих коліс;
- Заточні верстати;

Доводчі верстати – хонінгувальні, полірувальні, притирочні та верстати для суперфінішування.

1.2.2 Основні схеми шліфування

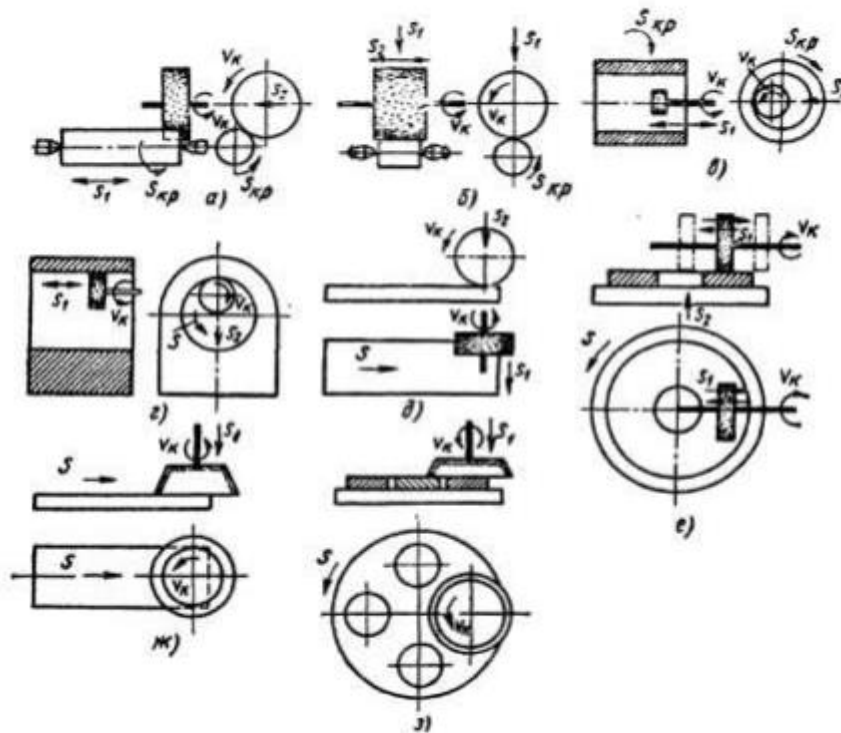


Рисунок 1.2.1 – Схеми шліфування

У всіх шліфувальних верстатах головним рухом є обертальний рух шліфувального круга – кругова швидкість V_k , що вимірюється в м/с. На показаній схемі шліфування (рис. 1.2.1) обробка здійснюється такими рухами подач:

- а - круглошліфувальні верстати, що працюють методом повздовжньої подачі: обертання заготовки - кругова подача $S_{кр}$; повздовжня подача стола з заготовкою S_1 , поперечна подача шліфувальної бабки за хід чи подвійний хід стола S_2 ;
- б - круглошліфувальні верстати, що працюють врізанням: поперечна подача шліфувальної бабки S_1 ; обертання деталі $S_{кр}$; на деяких шліфувальних верстатах стіл або шліфувальна бабка можуть отримувати коливальні осьові переміщення S_2 ;
- в - внутрішньо шліфувальні верстати на яких обробка відбувається рухами: обертання заготовки $S_{кр}$; повздовжня подача стола зі шліфувальною бабкою S_1 ; поперечна подача шліфувальної бабки S_2 за подвійний хід;
- г - планетарні внутрішньо шліфувальні верстати. Обробка відбувається наступним чином: шліфувальне коло крім головного обертального руху, має ще обертання навколо вісі деталі $S_{кр}$ (деталь закріплено нерухомо); повздовжню подачу робить стіл із шліфувальною бабкою S_1 ; поперечну подачу отримує бабка зі шліфувальним кругом S_2 ;
- д - плоскошліфувальні верстати, обробка периферією кола з прямокутним столом проходить наступним чином: повздовжня подача

- стола з заготовкою S ; поперечна подача столу з заготовкою S_1 ;
вертикальна подача шліфувальної бабки S_2 (ручна або механічна);
- е - плоскошліфувальні верстати з круглим столом, обробка периферією кола проходить так: обертання столу з деталями - кругова подача S ; подача бабки зі шліфувальним колом S_1 ; вертикальна подача шліфувальної бабки або столу S_2 ;
- ж - плоскошліфувальні верстати з прямокутним столом, які працюють торцем кола і здійснюють подачі: повздовжнє переміщення столу з заготовками S ; періодична вертикальна подача кола S_1 ;
- з - плоскошліфувальні верстати з круглим столом, які працюють торцем кола і здійснюють подачі: обертання столу з заготовками - кругова подача S ; періодична вертикальна подача шліфувального кола S_1 .

1.3 Круглошліфувальні верстати

1.3.1 Загальні технічні характеристики

Круглошліфувальні верстати призначені для зовнішнього шліфування розрізняються на прості (неуніверсальні), універсальні, врізні та спеціальні. Такі верстати дозволяють оброблювати деталі діаметром до 450 мм та довжиною до 5600 мм. Також універсальні верстати даного типу дозволяють виконати внутрішнє шліфування отворів діаметром до 200 мм та осьюовою довжиною до 125 мм.

Внутрішньошліфувальні верстати, в свою чергу, призначені для обробки отворів діаметром від 3 до 800 мм та довжиною до 800 - 1000 мм.

Зовнішній вигляд шліфувального верстату приведено на рис. 1.3.1, а внутрішньошліфувального на рис. 1.3.2.

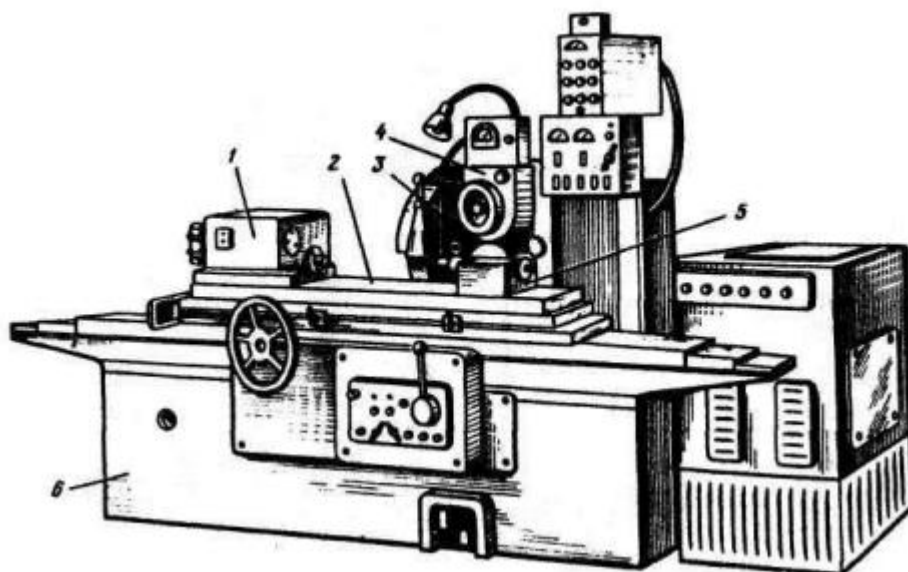


Рисунок 1.3.1 – Зовнішній вигляд шліфувального верстату

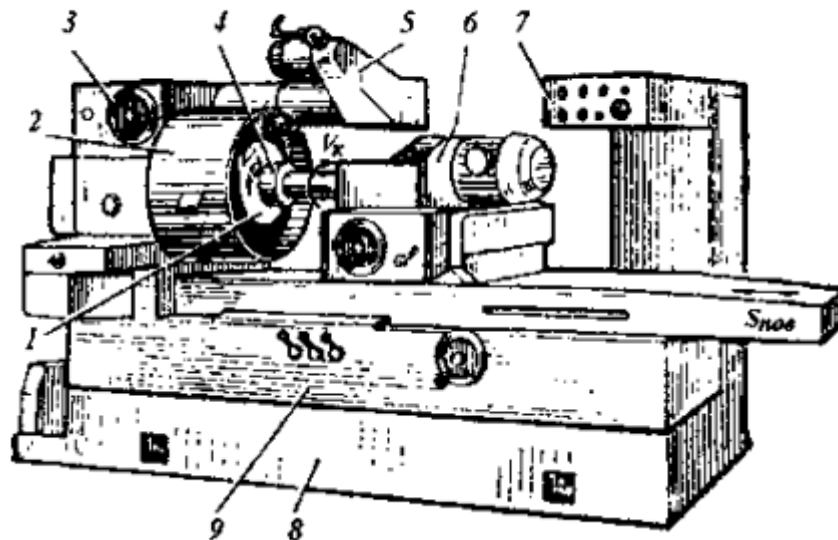


Рисунок 1.3.2 – Зовнішній вигляд внутрішньошліфувального верстату

Розглянемо основні компоненти шліфувального верстату (рис. 1.3.1). Станина 6, стіл 2, що переміщується на напрямних в повздовжньому напрямку від гідроприводу, чи вручну від маховика. На столі 2 розміщено дві бабки – бабка виробу 1 та задня 5 в центрах яких встановлюють заготовку. Привід, що розміщується у корпусі передньої бабки, передає заготовці обертання (кругову подачу). На шпинделі шліфувальної бабки 3 встановлено шліфувальний круг, що отримує від приводу обертання (головний рух).

Розглянемо основні компоненти зовнішньошліфувального верстату (рис. 1.3.2). Усі основні вузли верстату розміщені на станині 8 з двома взаємно перпендикулярними направляючими, що призначені для встановлення ручного переміщення шпиндельної бабки 6. Заготовка 1 встановлюється у патрон на шпинделі шпиндельної бабки та обертається зі швидкістю V , відносно вісі шпинделя. Вісь разом з бабкою можна повертати в горизонтальній площині на кут до 45° , що в свою чергу дозволяє шліфувати внутрішні конуси. Під час роботи заготовку закривають щитком 2. Шліфувальний круг 4 обертається із швидкістю V_k . З панелі 9 здійснюється керування гідросистемою верстата, а з панелі 7 – електричною. Торцешліфувальний пристрій 5 дозволяє за одну установку виконати обробку торця заготовки.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі

2.1.1 Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Дана пара - кривошип-шатун призначена для перетворення обертального руху основного валу універсальної швейної машини у зворотно-поступальний рух ігловоду. Деталі, що входять до даної пари відносяться до групи деталей середнього машинобудування. В залежності від операції стачки на швейній машині кривошип може піддаватися збільшеному навантаженню.

Деталі такої пари за своїми конструктивними ознаками відносяться до спеціальних і являються тілами невеликих габаритів.

Моделі зборки та її деталей наведено на рис. 2.1-2.4.

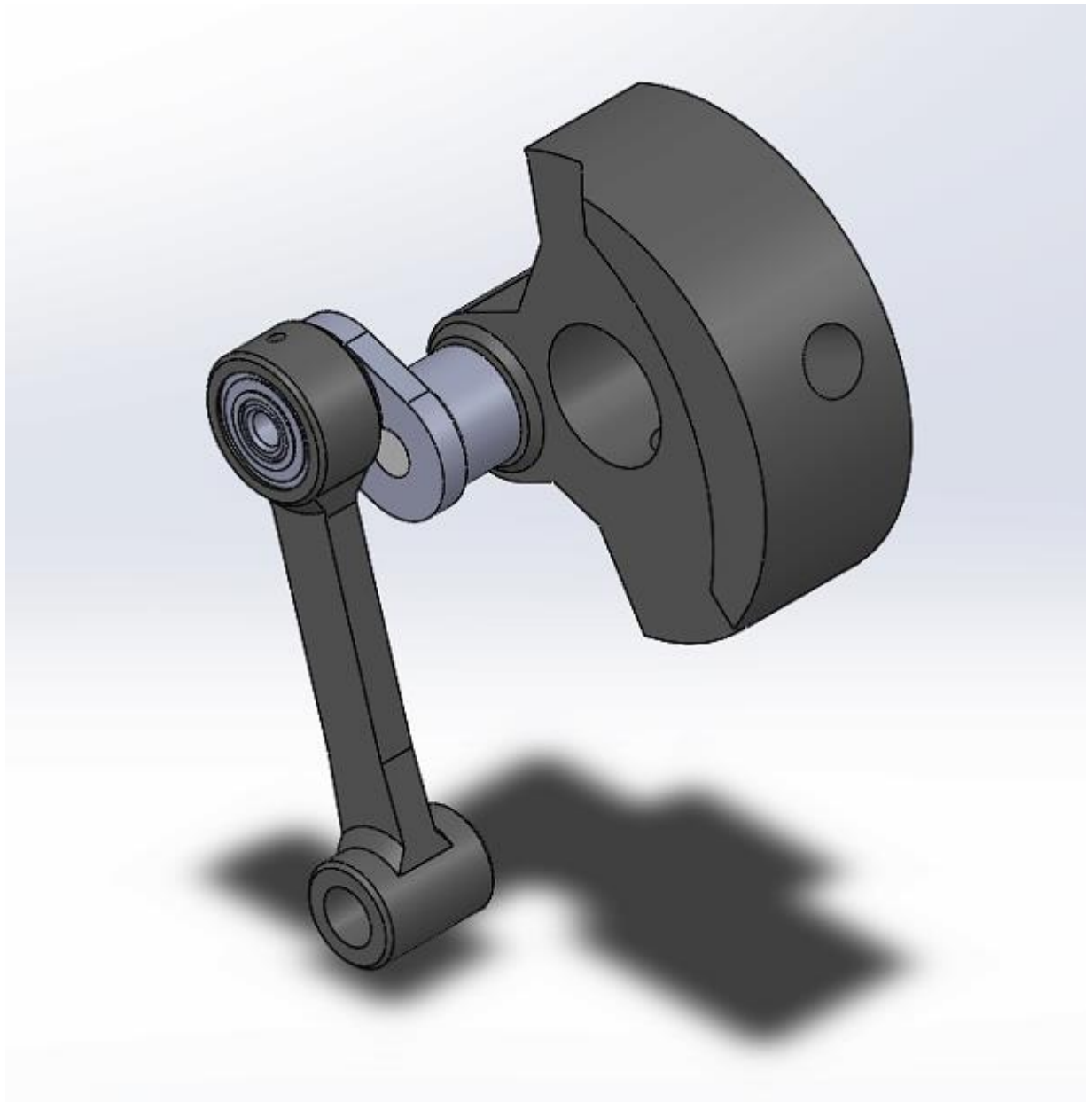


Рисунок 2.1 – Пара кривошип-шатун у зборці

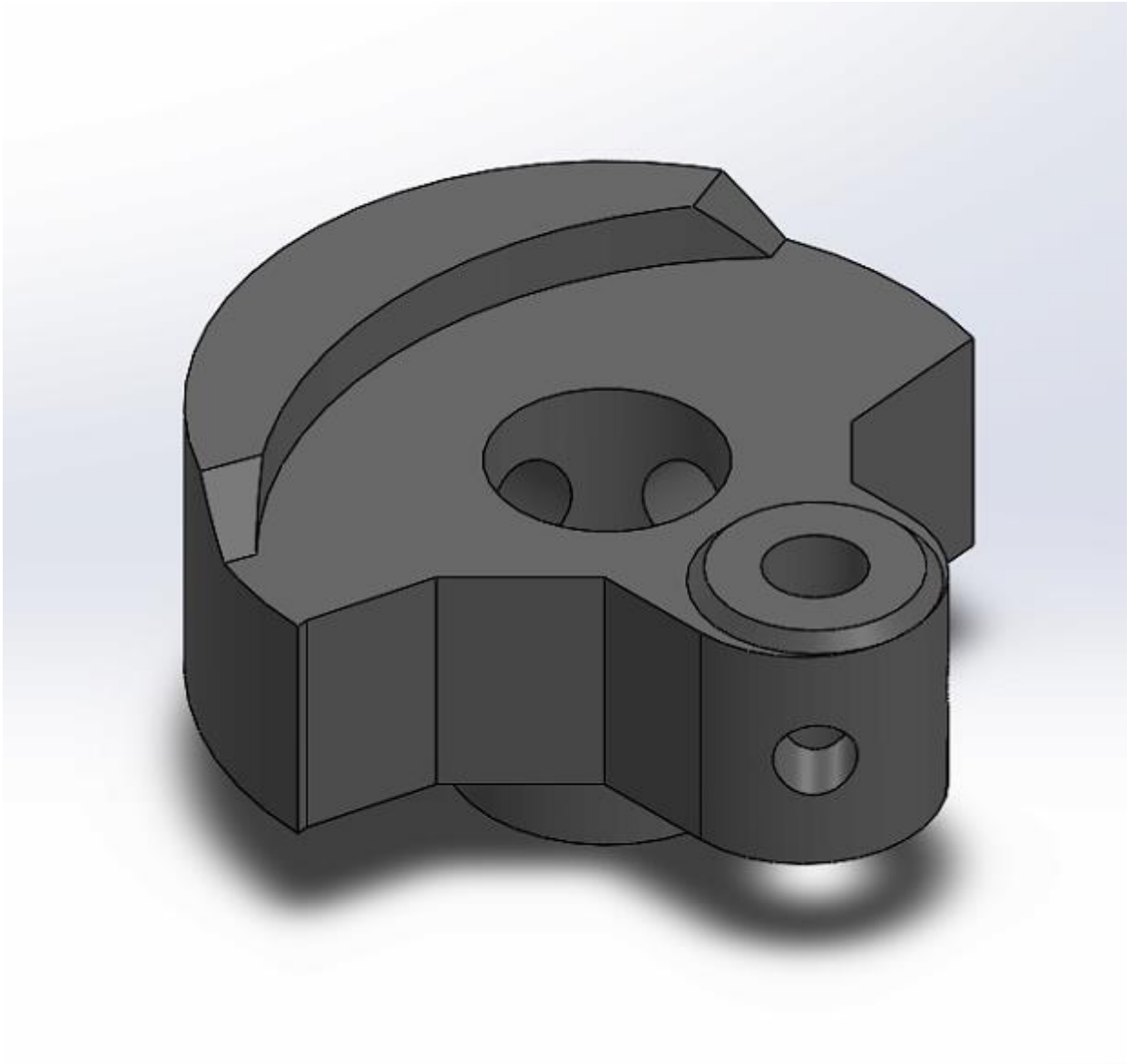


Рисунок 2.2 – Кривошип

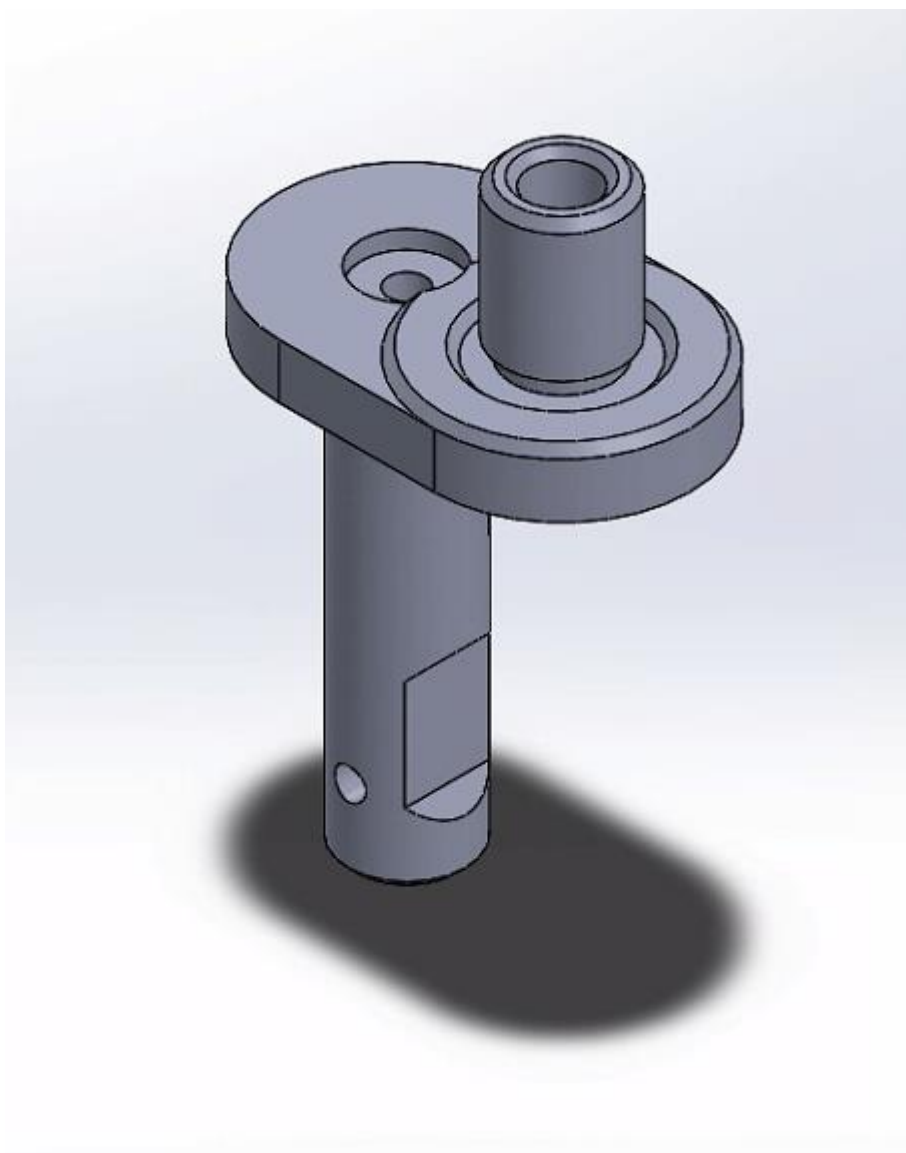


Рисунок 2.3 – Вставка в кривошип.

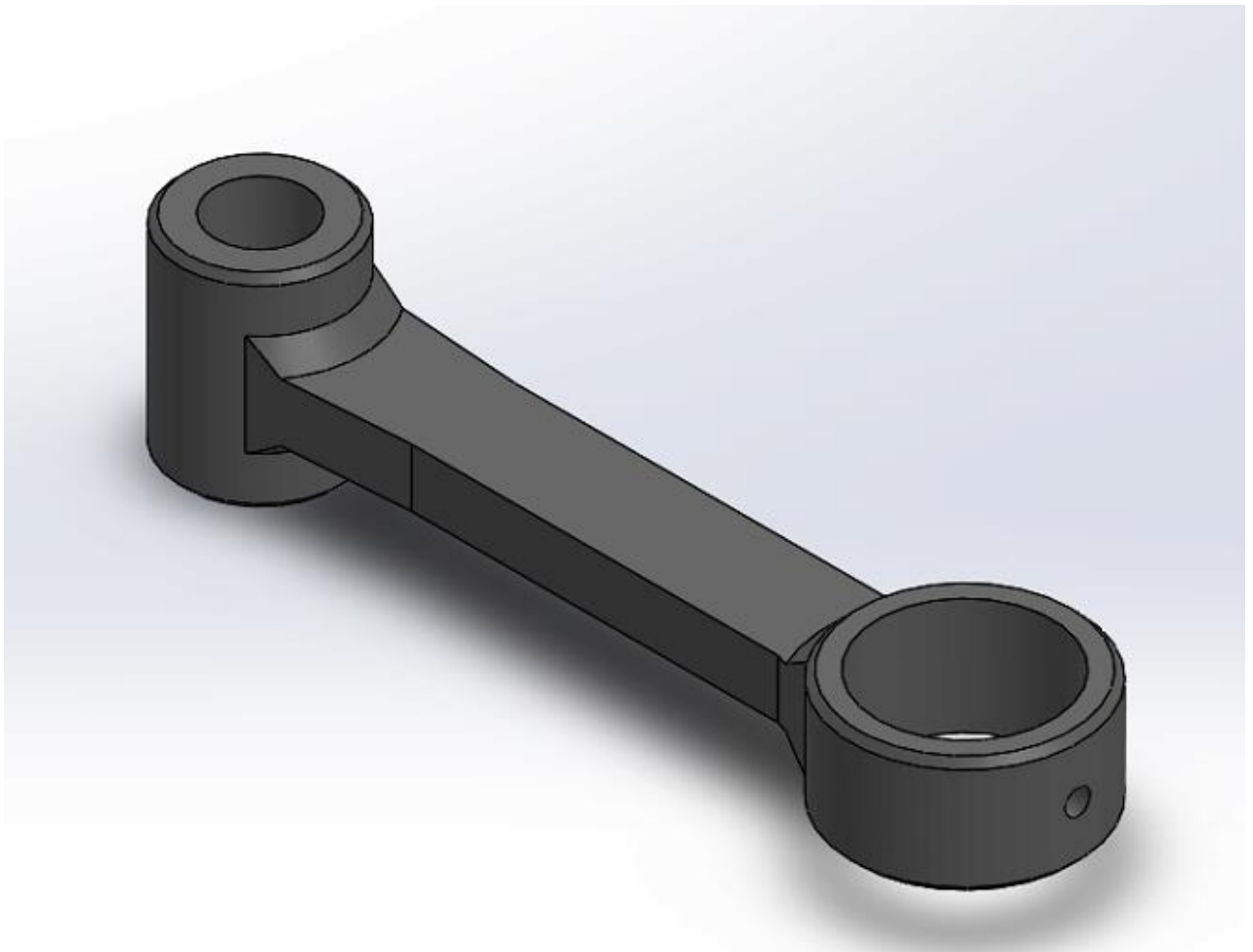


Рисунок 2.4 – Шатун

2.1.2 Аналіз умов роботи деталі в складальній одиниці або вузлі

Зважаючи на конструкцію деталей та їх призначення. Для забезпечення зносостійкості відповідальних поверхонь деталей доцільно прийняти шорсткість $Ra = 2,5$ мкм.

2.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Заготовку деталей кривошипу та шатуна буде доцільно виготовити з сірого чавуну СЧ25 ГОСТ1412-85. Даний матеріал дозволяє забезпечити довготривалу роботу деталей в заданих експлуатаційних умовах. Деталі з сірого чавуну мають вищий коефіцієнт поглинання коливань при вібраціях деталей (у 2-4 рази вище, ніж у сталі), що має велике значення у виробництві швейних машин. Також такі деталі характеризуються малою чутливістю до впливу зовнішніх концентраторів напруги при циклічних навантаженнях. Антифрикційні властивості підвищуються завдяки наявності графіту, що покращує умови змащування при терті.

Сірий чавун (СЧ) є основним конструкційним матеріалом для виготовлення корпусних деталей. При відносно невисокій вартості він має гарні ливарні властивості, що дозволяє одержувати виливки складної конфігурації. Сірий чавун добре обробляється і має непогані фізико-механічні властивості, які можна змінювати в потрібному напрямку з допомогою модифікації чавуну і термічного оброблення. Виливки з сірого чавуну мають високу циклічну в'язкість, що сприяє демпфуванню коливань. При виборі марки чавуну треба враховувати те, що при зменшенні швидкості охолодження виливків (при збільшенні товщини стінок та маси) механічні властивості чавуну знижуються. Механічні властивості сірих чавунів та їх рекомендований склад визначає міждержавний стандарт ГОСТ 1412-85.

Виготовлення якісних заготовок забезпечується відмінними ливарними властивостями сірих чавунів, що також сприяє хорошему оброблюванню лезовими різальними інструментами, цим обумовлена висока продуктивність їх оброблення різанням.

Сірий чавун СЧ25 відповідно до стандарту ГОСТ 1412-85 має такі фізико-механічні характеристики, наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні характеристики чавуну СЧ25 ГОСТ 1412-85

Тимчасовий опір при розтягуванні, σ_B , МПа	Твердість, НВ кгс/мм ²	Густина α, ρ кг/м ³	Масова частка елементів, %				
			C	Si	Mn	S	P
250	180–250	7200	3,2–3,4	1,4–2,2	0,7–1,0	≤ 0,2	≤ 0,15



Механические свойства чугуна СЧ25 при T=20°C						
Прокат	Размер	Напр.	σ_B (МПа)	σ_T (МПа)	δ_5 (%)	ψ %
			250			

Физические свойства чугуна СЧ25						
T (Град)	E 10^{-5} (МПа)	α 10^{-6} (1/Град)	λ (Вт/(м·град))	ρ (кг/м ³)	C (Дж/(кг·град))	R 10^{-9} (Ом·м)
20	1		50	7200		
100		10			500	

Рисунок 2.5 – Характеристики СЧ25

2.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Тип виробництва – комплексна характеристика організаційно-технічного рівня виробництва, вона охоплює номенклатуру продукції, обсяг виробництва, випуск однотипної продукції, характер завантаження робочих місць, кваліфікацію робітників та собівартість продукції. У відповідності до стандартів ГОСТ 3.1108-74 Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ).

Коефіцієнт закріплення операції K_{30} є однією з основних характеристик типів виробництва. Його визначають як відношення кількості всіх операцій, що виконуються чи будуть виконуватися протягом базового відрізка часу до загальної кількості робочих місць.

Коефіцієнт закріплення операції – це відношення числа всіх різних технологічних операцій, що виконано чи належить виконати протягом місяця, до числа робочих місць (ДСТУ 2974-95).

Операція – це закінчена частина технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці, над однією деталлю, одним або кількома інструментами, одним або групою робітників (ДСТУ 2391-94).

Робоче місце – це елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції та оснащена матеріально-технічними засобами, використовуваними в процесі праці (ДСТУ 2960-94).

Коефіцієнт закріплення операції розраховується за формулою:

$$K_{30} = \frac{\sum_{i=1}^n OP_i}{\sum_{j=1}^n PM_j} \quad (2.1)$$

де K_{30} – коефіцієнт закріплення операції розрахований на місяць;

ОП – загальна кількість операцій, що виконуються на ділянці впродовж місяця;

РМ – кількість робочих місць на ділянці, на яких виконують різні технологічні операції.

Визначення коефіцієнта закріплення за формулою (2.1) приведеною вище можливе тільки для наявної ділянки цеху. Тому, для попереднього проектування використаємо аналоговий метод визначення типу виробництва. Для цього нам знадобиться визначити масу та річний обсяг виготовлення даної деталі.

Масу нашої деталі можна визначити за допомогою програмного комплексу САПР – SolidWorks. Для цього використаємо 3Д моделі деталей із вказаним матеріалом, з якого вона будуть виготовлятися (рис 2.6-2.8).

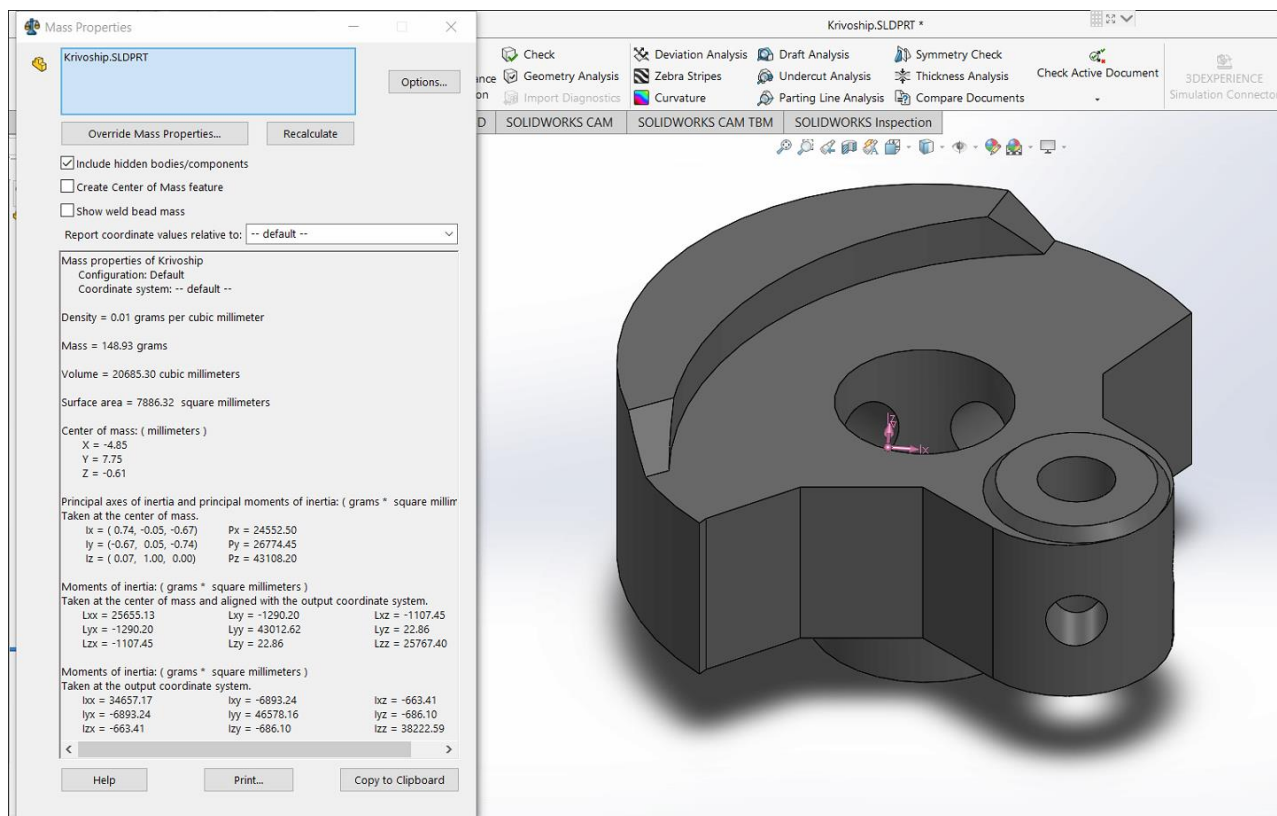


Рисунок 2.6 – 3Д модель та характеристика деталі «Кривошип»

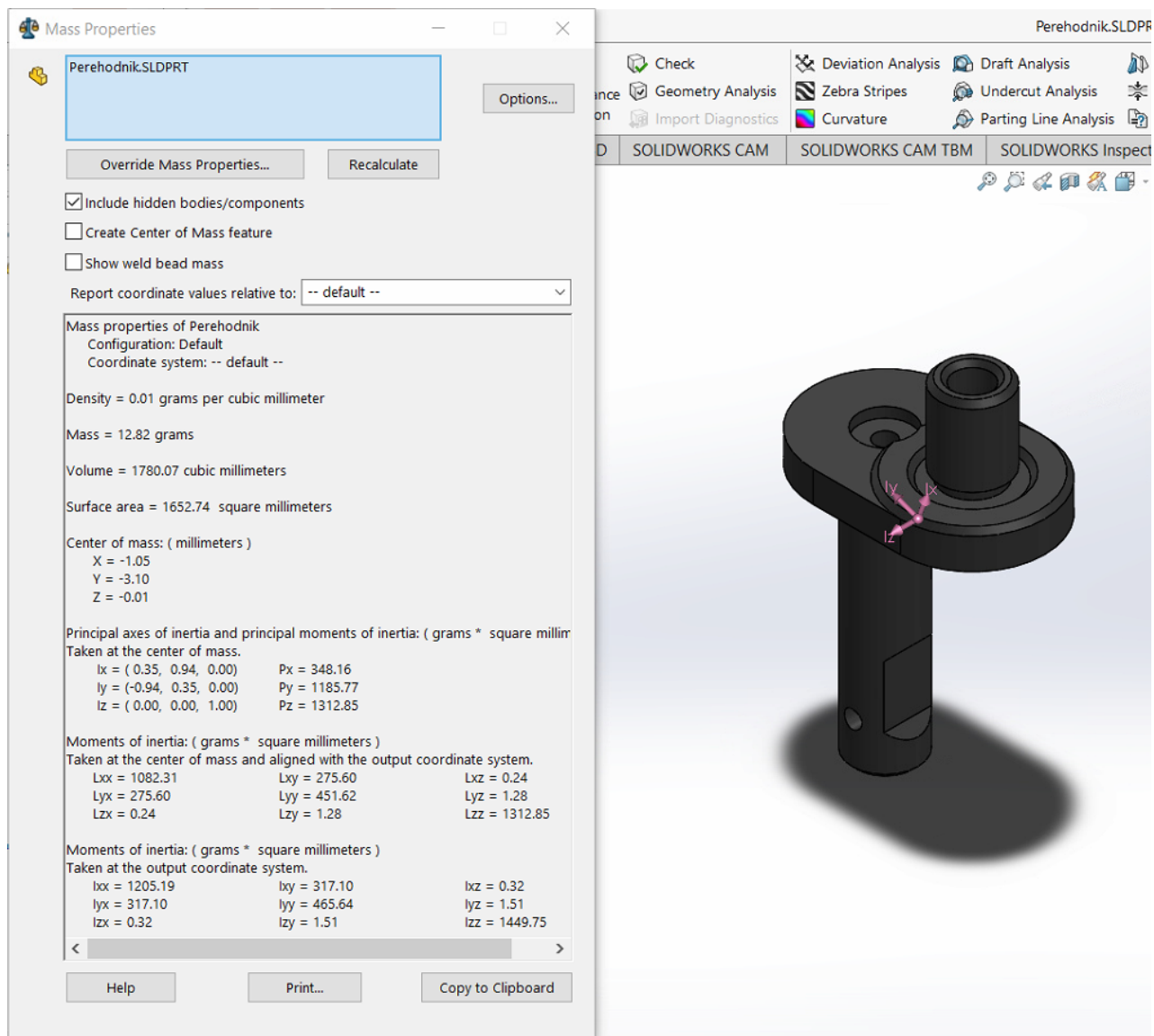


Рисунок 2.7 – 3Д модель та характеристика деталі «Вставка в кривошип»

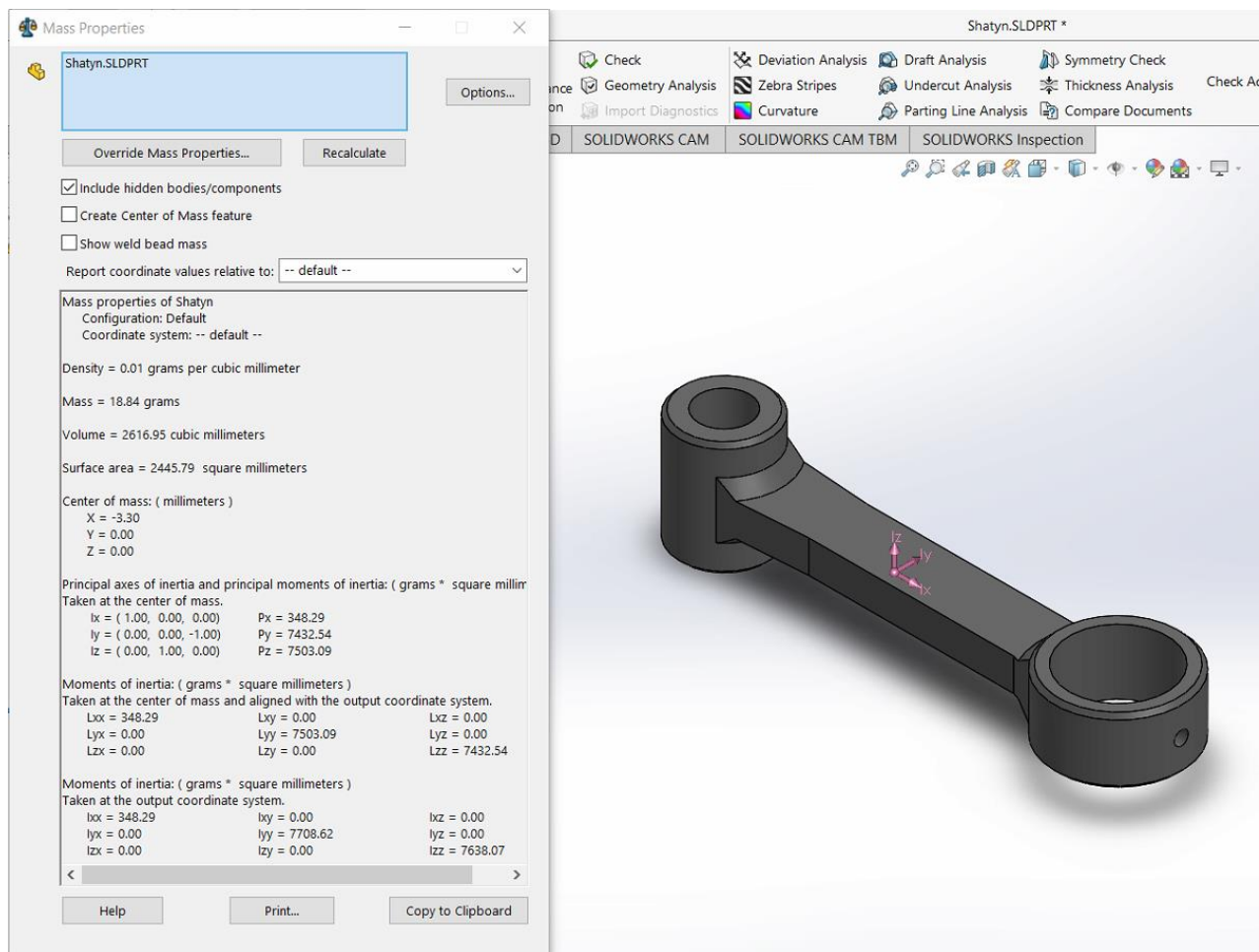


Рисунок 2.8 – 3Д модель та характеристика деталі «Шатун»

Відповідно маси деталей – 148,93 г, 12,82 г та 18,84 г, а обсяг виробництва – 1000 штук на рік. Так як потрібно виготовити пару кривошип-шатун, то загальний обсяг виробництва, з урахуванням кількості деталей, буде – 3000 штук на рік.

Маючи всі необхідні дані можна визначити тип виробництва за табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Аналогові дані для визначення типів виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт.		
	Легкі, масою до 20 кг	Середні, масою до 20..30 кг	Важкі, масою більше 30 кг
Одиничне	до 100	до 10	1..5
Малосерійне	101..500	11..200	6..100
Середньо серійне	501..5000	201..1000	101..300
Велико серійне	5001..50000	1001..5000	301..1000
Масове	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Беремо масу найважчої деталі – 148,93 г та обсяг випуску – 3000 шт. на рік, тому тип виробництва – середньо серійне.

Серійне виробництво – тип виробництва, що характеризується одночасним виготовленням на підприємстві обмеженої номенклатури однорідної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94).

Отже для даної деталі обираємо середньо серійний тип виробництва.

2.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Робота із забезпечення технологічності конструкції деталі повинна бути спрямована на підвищення продуктивності праці, скорочення часу виготовлення та матеріальних затрат на проектування технологічного процесу, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, технічне обслуговування та на ремонт із забезпеченням необхідної якості деталі (ГОСТ 14.201-73).

За допомогою сучасних верстатів з ЧПУ можна досягти значного покращення технологічності конструкції виробу, так як їх технологічні можливості разом із числовим програмним управлінням дають змогу оброблювати найрізноманітніші деталі.

Заготовка деталі «Кривошип» технологічна. Її конструкцію складають прості поверхні, обробка яких не потребує залучення спеціальних різальних інструментів. Також конструкція не ускладнює доступ різального та вимірювального інструменту до оброблюваних поверхонь. Достатня жорсткість деталі допускає роботу на високих режимах різання. Технологічний пристрій базування забезпечує точні та надійні кріплення та базування в процесі оброблення.

Простота форм деталі в сукупності з можливостями сучасних верстатів з ЧПУ, що дозволяють обробляти практично всі конструктивні елементи різноманітних деталей, значно полегшують подальше проектування виготовлення цієї деталі.

Умови технологічності деталі:

- Допускається прохідне оброблення деталі;
- Для обробки застосовуються стандартні різальні та вимірювальні інструменти.

Отже технологічний процес виготовлення деталі «Кривошип» будемо проектувати для умов середньо серійного виробництва із застосуванням верстатів з ЧПУ.

2.4 Проектування конструкції заготовки

2.4.1 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Заготовка деталі – предмет виробництва, з якого під час подальшої обробки виготовляють деталь.

Виготовлення заготовки – один з основних етапів машинобудівного виробництва, що безпосередньо впливає на витрати матеріалів, якість виробів, трудомісткість їх виготовлення та собівартість готового продукту.

В сучасному машинобудуванні існують такі основні види виготовлення заготовок:

- Литтям;
- Пластичним деформуванням;
- Відділенням (відрізанням чи вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, складних профілів, листів чи плит тощо);
- Методами порошкової металургії;
- Комбінованими методами (наприклад виготовлення деяких частин деталі методами приведеними вище та подальше їх зварювання між собою).

Переважає більшість заготовок у машинобудуванні виготовляється литтям чи пластичним деформуванням. У процесі виготовлення швейної машини виключення складає лише корпус – його виготовляють методом порошкової металургії.

В першу чергу, для визначення виду заготовки потрібно проаналізувати фізико-механічні характеристики обраного конструкційного матеріалу, конструкційні особливості виготовлюваної деталі та особливості її роботи у вузлі. У машинобудуванні в якості матеріалу заготовки найчастіше використовують конструкційні сталі та чавуни. Відповідно їхні фізико-механічні характеристики прогнозують тип виготовлення заготовки. Так для виготовлення деталей з конструкційних сталей найчастіше використовують пластичне деформування, а для деталей з чавунів – лиття.

Кресленик деталі являється вихідним документом для проектування заготовки, на якому вказують конструкційний матеріал та відповідні стандарти, що визначають його основні фізико-механічні властивості. Також потрібно брати до уваги масу деталі та річний обсяг випуску.

Тому для ґрунтовного визначення виду та способу виготовлення заготовки необхідно послідовно визначити наступні показники конструкції деталі:

- Код конструкційного матеріалу (КМ);
- Код серійного виготовлення заготовки (КС);
- Код конструкційної форми (КФ);
- Код маси заготовки (КВ).

Таблиця 2.3 – Узагальнена класифікація конструкційних матеріалів за видами виготовлення заготовок

Код матеріалу (КМ)	Конструкційні матеріали	Окремі марки конструкційних матеріалів даної групи
1	Матеріали для виготовлення заготовок литтям	
11	Чавуни:	
	Сірі чавуни (ГОСТ 1412-85)	СЧ10; СЧ15; СЧ20; СЧ25; СЧ30; СЧ35
	Високоміцні чавуни (ГОСТ 7293-85)	ВЧ35; ВЧ40; ВЧ45; ВЧ60; ВЧ100;
	Ковкі чавуни (ГОСТ 1215-79)	КЧ30-6; КЧ60-3; КЧ70-2;
	Леговані чавуни (ГОСТ 7769-82)	ЧХ1; ЧС17; ЧЮ6С5; ЧНХТ

Таблиця 2.4 – Визначення коефіцієнту серійності виготовлення заготовок

Маса заготовки, кг	Код групи серійності (КС) для заданого обсягу випуску заготовок				
	1	2	3	4	5
до 20	<300	300-3000	3001-35000	35000-200000	>200000

Таблиця 2.5 – Конструктивні форми деталей

Код форми (КФ)	Основні конструктивні ознаки деталі	Приклади конструкцій
3	Призматичні деталі	
31	Деталі простої форми, які складаються з гладких або ступінчастих площин, циліндричних або комбінованих поверхонь з наявністю буртів, ребер, бобишок, фланців та отворів	Плити, кронштейни, фланці, накривки, щоби
32	Коробчасті рознімні корпусні деталі з установочною поверхнею, яка паралельна або перпендикулярна до площини рознімання, які мають одну або більше базових поверхонь, а також ребра, заглиблення та виступи	Корпус редукторів та варіаторів, коробок швидкостей, коробок подач
33	Деталі закритої та частково відкритої циліндричної і коробчастої форми. Зовнішні поверхні можуть мати плоску та криволінійну форму з кронштейнами, фланцями, патрубками та іншими елементами. Внутрішні поверхні найчастіше мають складну форму з значними виступами та заглибленнями	Станини металорізальних верстатів, столи верстатів, супорти, блоки циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, корпуси газових та водяних насосів, корпуси електродвигунів

Таблиця 2.6 – Визначення коду маси заготовки

Код маси заготовки (МВ)	Маса заготовки, кг
1	до 20

Таблиця 2.7 – Економічна точність розмірів та параметри шорсткості поверхонь заготовки, що виготовлені різними способами

Код	Спосіб виготовлення заготовок	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості Ra, мкм
1	Литтям		
11	Лиття в піщано-глинясті форми		
111	Ручне формування за дерев'яними моделями	17	80-20
112	Ручне формування за металевими моделями	16-17	40-10
113	Машинне формування за металевими моделями	14-16	20-5
12	Лиття в оболонкові форми	13-14	10-5
13	Лиття в кокіль	12-15	20-5
14	Відцентрове лиття	12-14	40-10
15	Лиття під тиском	9-12	10-2,5
16	Лиття за моделями, які виплавляються	11-12	10-2,5

Лиття в кокіль застосовують для отримання фасонних виливків з кольорових сплавів, чавуну і сталі в умовах серійного і масового виробництва. Розміри виливків можуть досягати розмірів до 1,5м та масою від кількох кілограмів до кількох тон. Виливки в кокіль мають більш високу точність розмірів (11-й, 12-й квалітети), параметр шорсткості поверхні виливків $Ra = (10 \dots 5)\mu\text{м}$. Все це дозволяє в 2-3 рази зменшити припуски на оброблення різанням. Для виливків із чавуну розміром до 1000мм припуск залишають в межах (0,7...3,5)мм; а для більш точних виливків з кольорових сплавів відпадає необхідність оброблення більшості поверхонь. Для виливків в кокіль характерна щільніша дрібнозерниста структура металу, що сприяє підвищенню їх фізико-механічних характеристик на 15...30%.

2.4.2 Проектування конструкції заготовки у відповідності до стандартів

Для виготовлення заготовки способом лиття в кокіль згідно з ГОСТ 26645-85 призначаємо:

- Для деталі «Шатун»

1. Технологічний процес – лиття у кокіль; клас розмірної точності виливка 4;
2. Ступінь жолоблення – 5;
3. Квалітет точності поверхонь виливка – 12;
4. Шорсткість поверхонь виливка : $Ra = 25$ мкм;
5. Клас точності маси виливка – 5;
6. Ряд припусків на обробку виливка – 5.

– Для деталі «Вставка в кривошип»

1. Технологічний процес – лиття у кокіль; клас розмірної точності виливка 3т;
2. Ступінь жолоблення – 2;
3. Квалітет точності поверхонь виливка – 12;
4. Шорсткість поверхонь виливка : $Ra = 25$ мкм;
5. Клас точності маси виливка – 4;
6. Ряд припусків на обробку виливка – 4.

– Для деталі «Кривошип»

7. Технологічний процес – лиття у кокіль; клас розмірної точності виливка 3т;
8. Ступінь жолоблення – 3;
9. Квалітет точності поверхонь виливка – 12;
10. Шорсткість поверхонь виливка : $Ra = 25$ мкм;
11. Клас точності маси виливка – 5;
12. Ряд припусків на обробку виливка – 5.

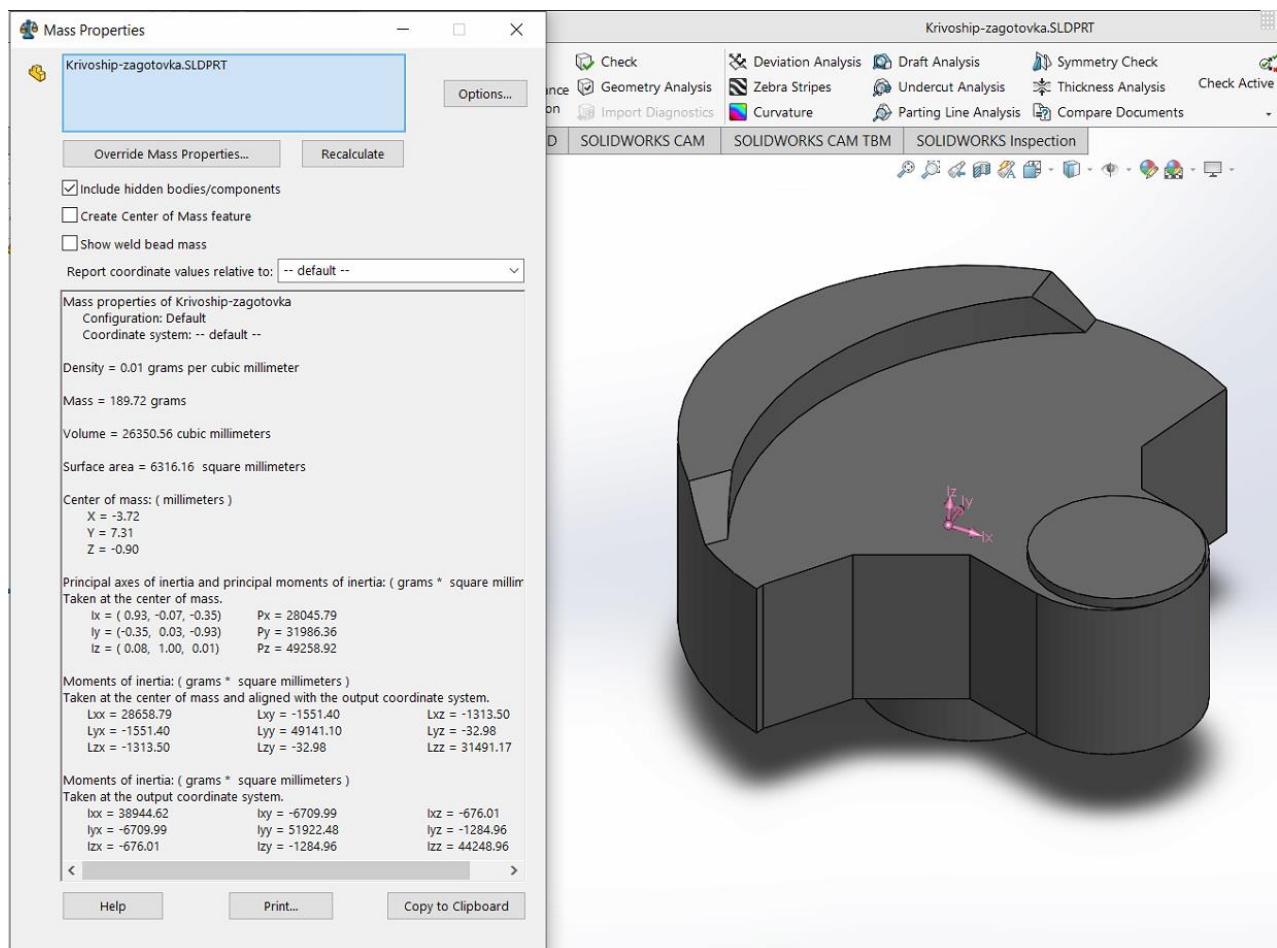


Рисунок 2.9 – 3Д модель та характеристика заготовки деталі «Кривошип»

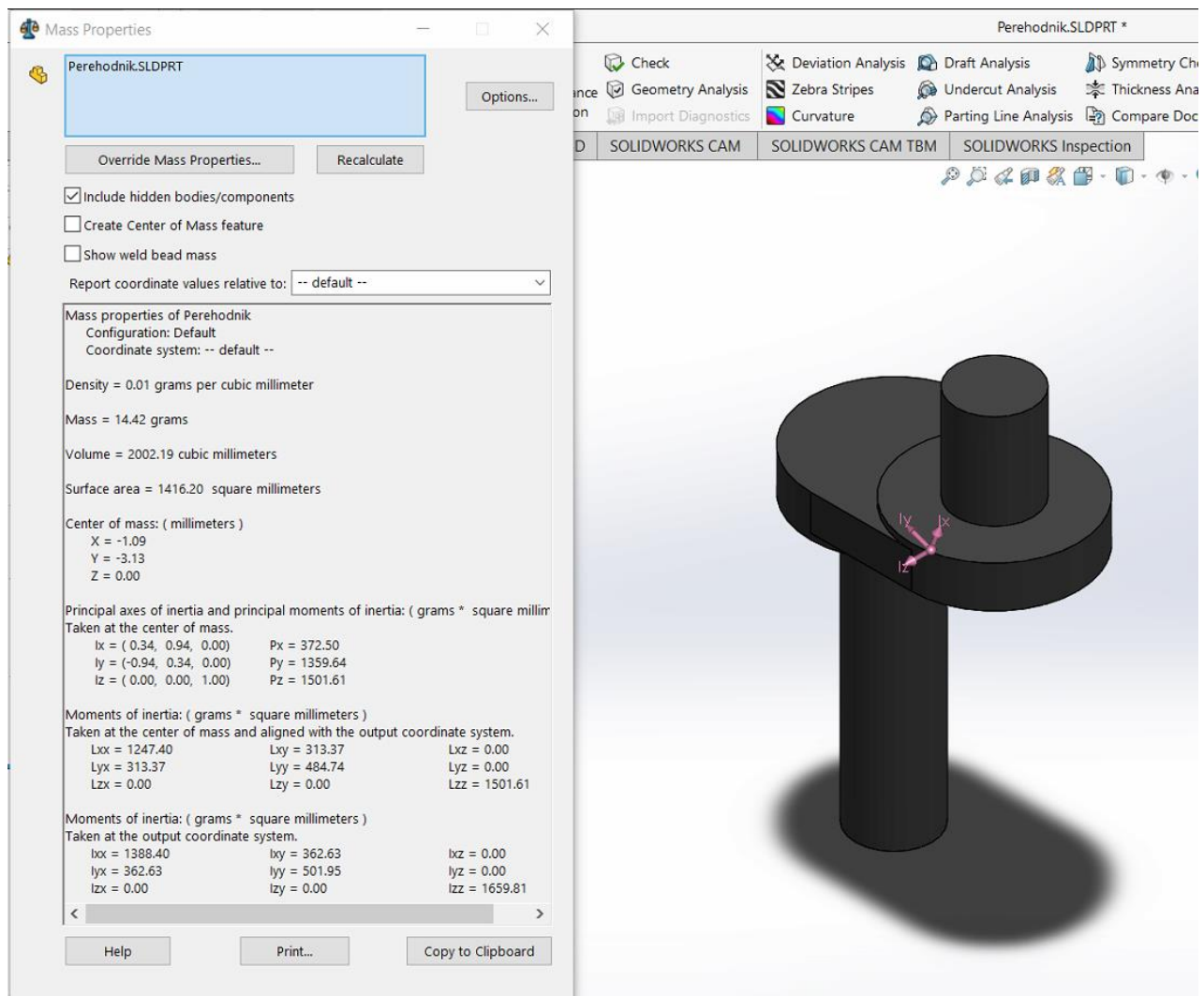


Рисунок 2.10 – 3Д модель та характеристика заготовки деталі «Вставка в кривошип»

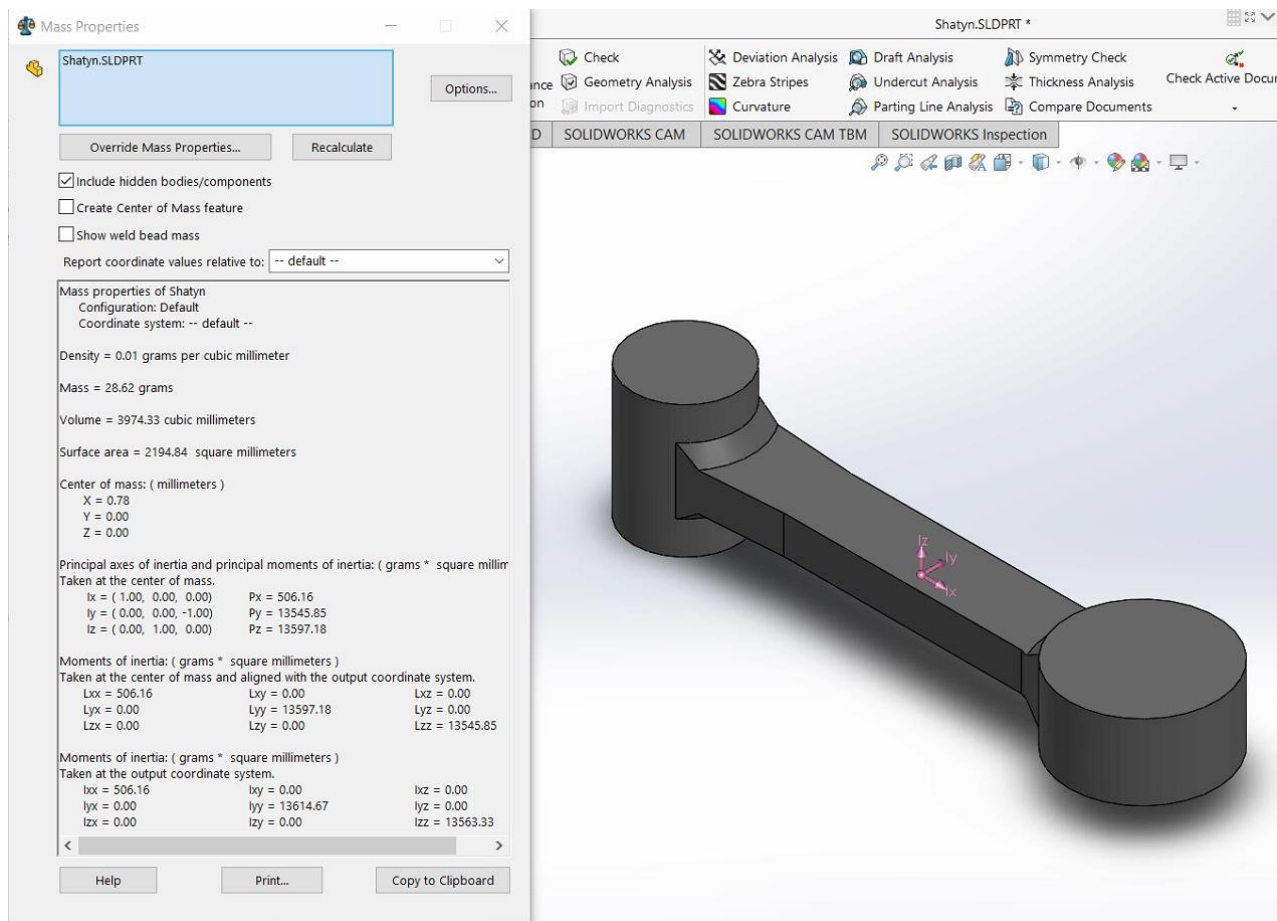


Рисунок 2.11 – 3Д модель та характеристика заготовки деталі «Шатун»

Отже заготовку деталі доцільно отримувати методом лиття в кокіль за металевими моделями.

2.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі передбачає послідовне виконання таких етапів:

- Обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- Обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП).

2.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Для вибору ЗТБ використаємо робочий кресленик деталі.

Для цього виконаємо класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

Конструкцію будь-якої деталі можна представити як сукупність чотирьох видів поверхонь:

- Основна конструкторська база (ОКБ);
- Допоміжна конструкторська база (ДКБ) - поверхні, котрі визначають положення інших деталей відносно даної;
- Кріпильна поверхня (КП)- проводять фіксацію положення ДКБ відносно елементів, що приєднуються;
- Вільні поверхні (ВП) - об'єднують вказані поверхні у єдину цілу деталь.

Класифікація поверхонь деталі «Кривошип» за службовим призначенням приведено на рисунку 2.12(а, б, в), на ньому показано ОКБ, ДКБ та КП, всі інші поверхні є ВП.

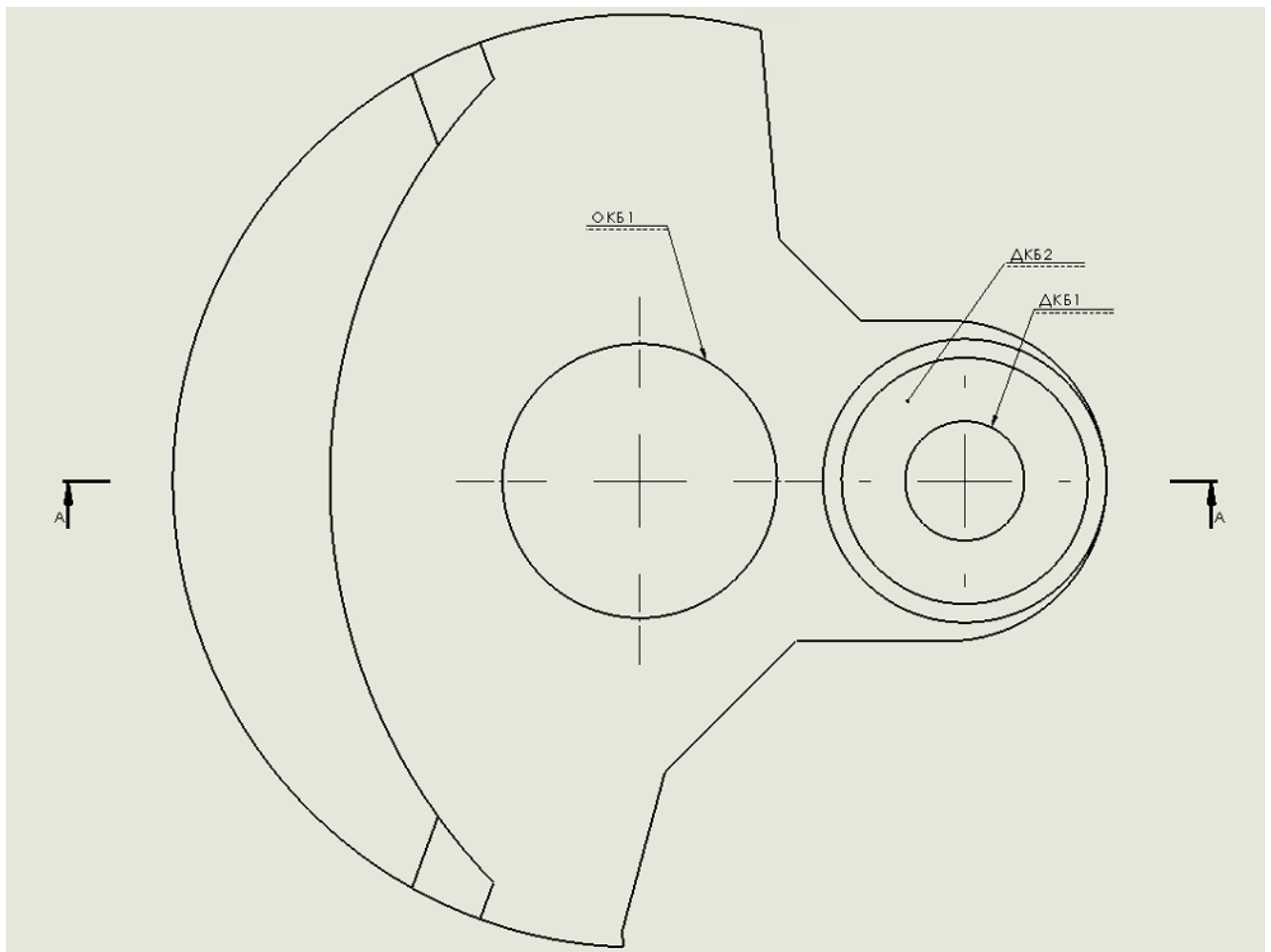


Рисунок 2.12а – Класифікація поверхонь деталі «Кривошип» за службовим призначенням

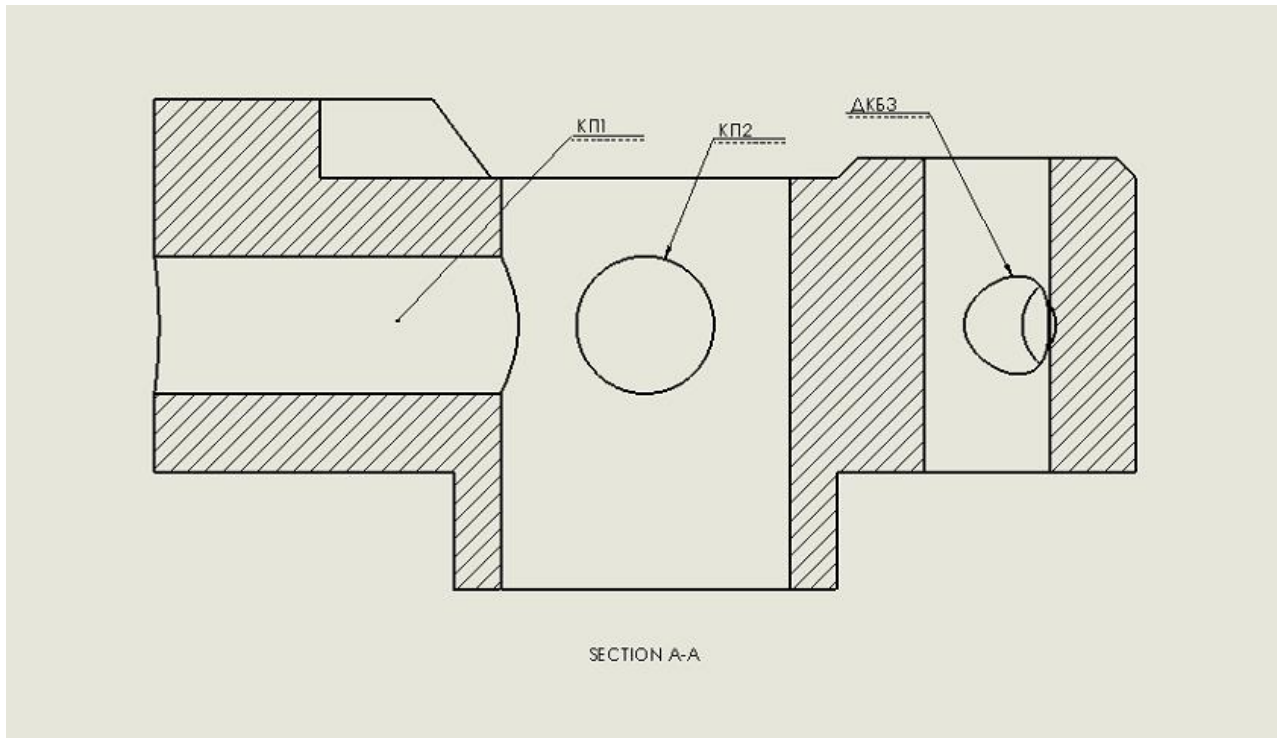


Рисунок 2.12б – Класифікація поверхонь деталі «Кривошип» за службовим призначенням

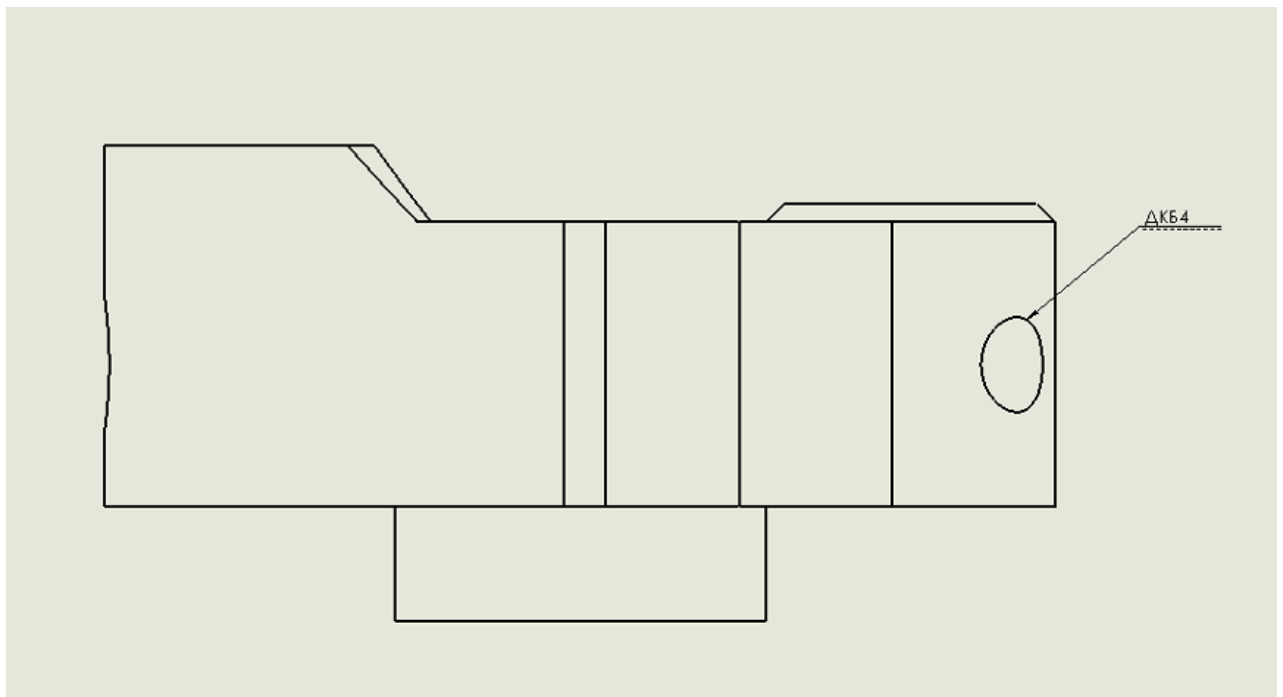


Рисунок 2.12в – Класифікація поверхонь деталі «Кривошип» за службовим призначенням

Основною конструкторською базою деталі «Кривошип» виступає центральний отвір ОКБ1.

- ОКБ - бази які визначають положення даної деталі у вузлі - ОКБ1;
- ДКБ - поверхні, котрі визначають положення інших деталей відносно даної - ДКБ1, ДКБ2, ДКБ3, ДКБ4;

- КП - проводять фіксацію положення ДКБ відносно елементів, що приєднуються - КП1, КП2;
- ВП - об'єднують вказані поверхні у єдину цілу деталь – всі інші поверхні.

Класифікація поверхонь деталі «Вставка в кривошип» за службовим призначенням приведено на рисунку 2.13, на ньому показано ОКБ, ДКБ та КП, всі інші поверхні є ВП.

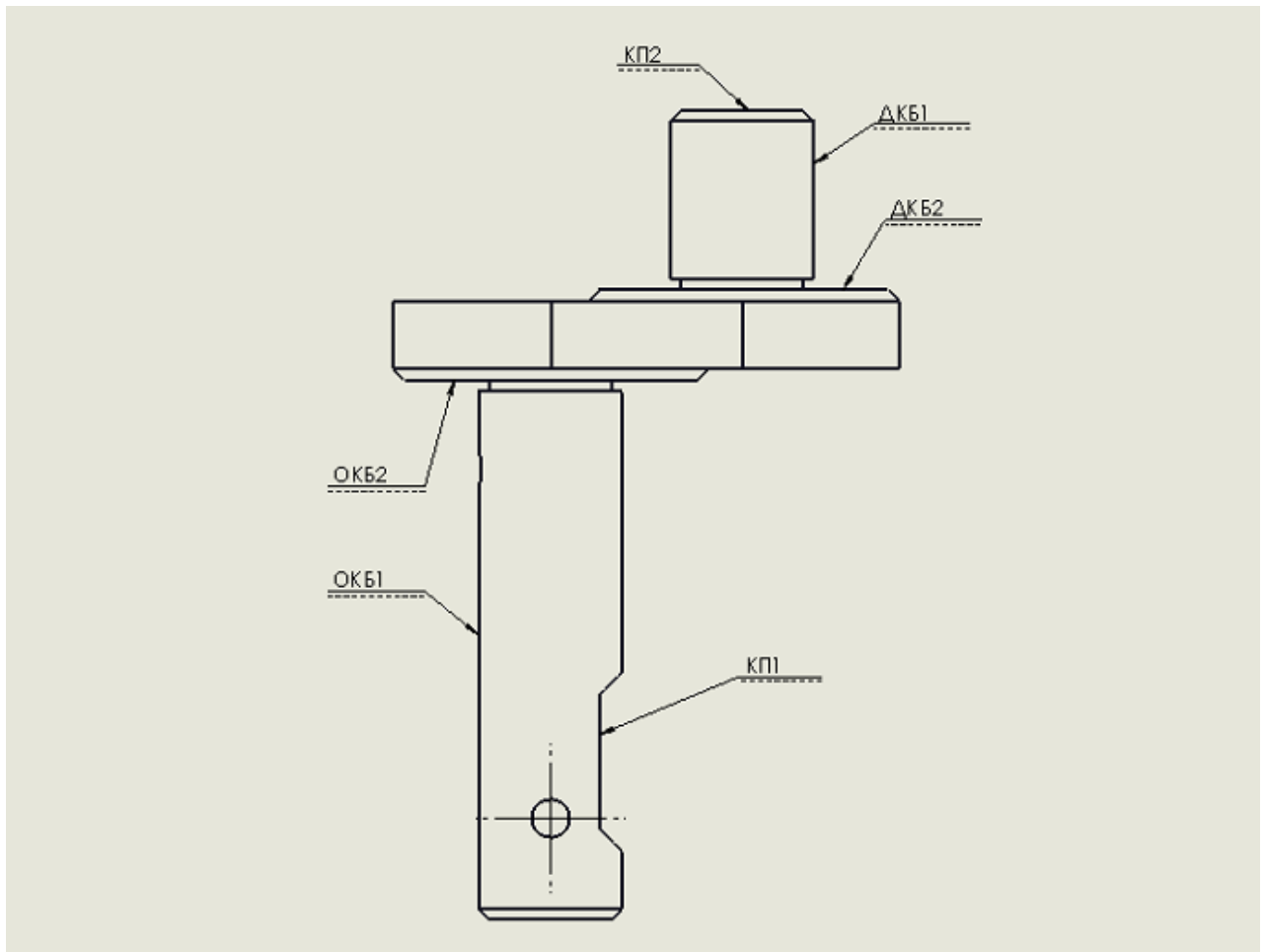


Рисунок 2.13 – Класифікація поверхонь деталі «Вставка в кривошип» за службовим призначенням

Основною конструкторською базою деталі «Вставка в кривошип» виступають дві поверхні – поверхня пальця ОКБ1 та площина ОКБ2.

- ОКБ - бази які визначають положення даної деталі у вузлі - ОКБ1, ОКБ2;
- ДКБ - поверхні, котрі визначають положення інших деталей відносно даної - ДКБ1, ДКБ2;
- КП - проводять фіксацію положення ДКБ відносно елементів, що приєднуються - КП1;
- ВП - об'єднують вказані поверхні у єдину цілу деталь – всі інші поверхні.

Класифікація поверхонь деталі «Шатун» за службовим призначенням приведено на рисунку 2.14, на ньому показано ОКБ, ДКБ та КП, всі інші поверхні є ВП.

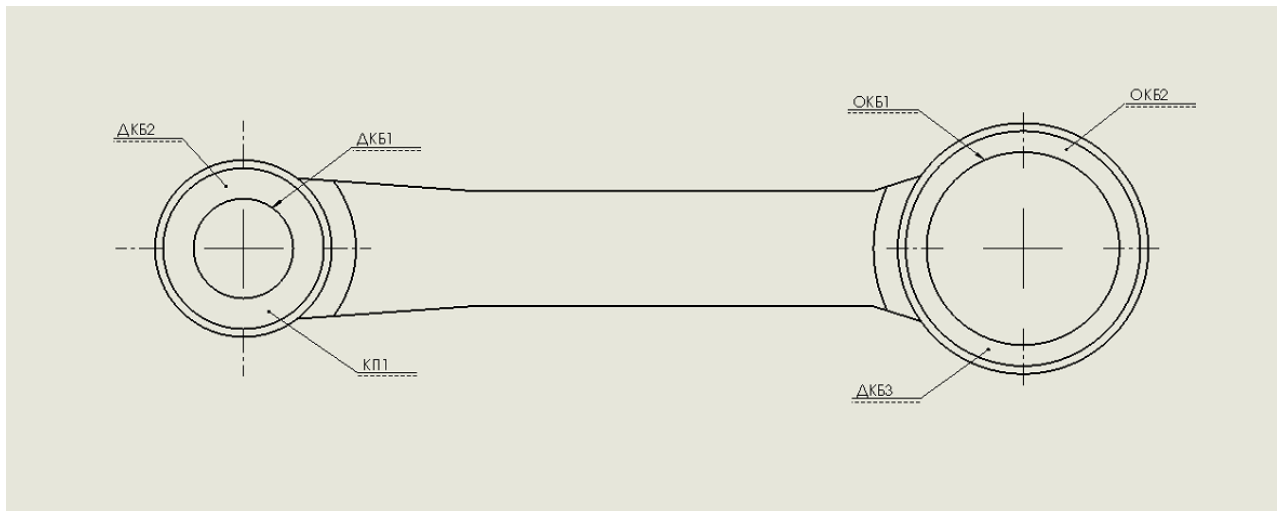


Рисунок 2.13 – Класифікація поверхонь деталі «Шатун» за службовим призначенням

Основною конструкторською базою деталі «Шатун» виступають дві поверхні – отвір ОКБ1 та площина ОКБ2.

- ОКБ - бази які визначають положення даної деталі у вузлі - ОКБ1, ОКБ2;
- ДКБ - поверхні, котрі визначають положення інших деталей відносно даної - ДКБ1, ДКБ2;
- КП - проводять фіксацію положення ДКБ відносно елементів, що приєднуються - КП1;

ВП - об'єднують вказані поверхні у єдину цілу деталь – всі інші поверхні.

2.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій

На даному етапі необхідно визначити схему базування для перших технологічних операцій. Загальною вимогою до всіх можливих схем базування є забезпечення оброблення комплексу поверхонь загальних технологічних баз. Кресленик заготовки є вихідним документом для вибору технологічних баз для перших операцій.

Розглянемо реалізацію базування по технологічним базам для деталі «Кривошип». Теоретична схема базування по технологічним базам наведено на рис. 2.14.

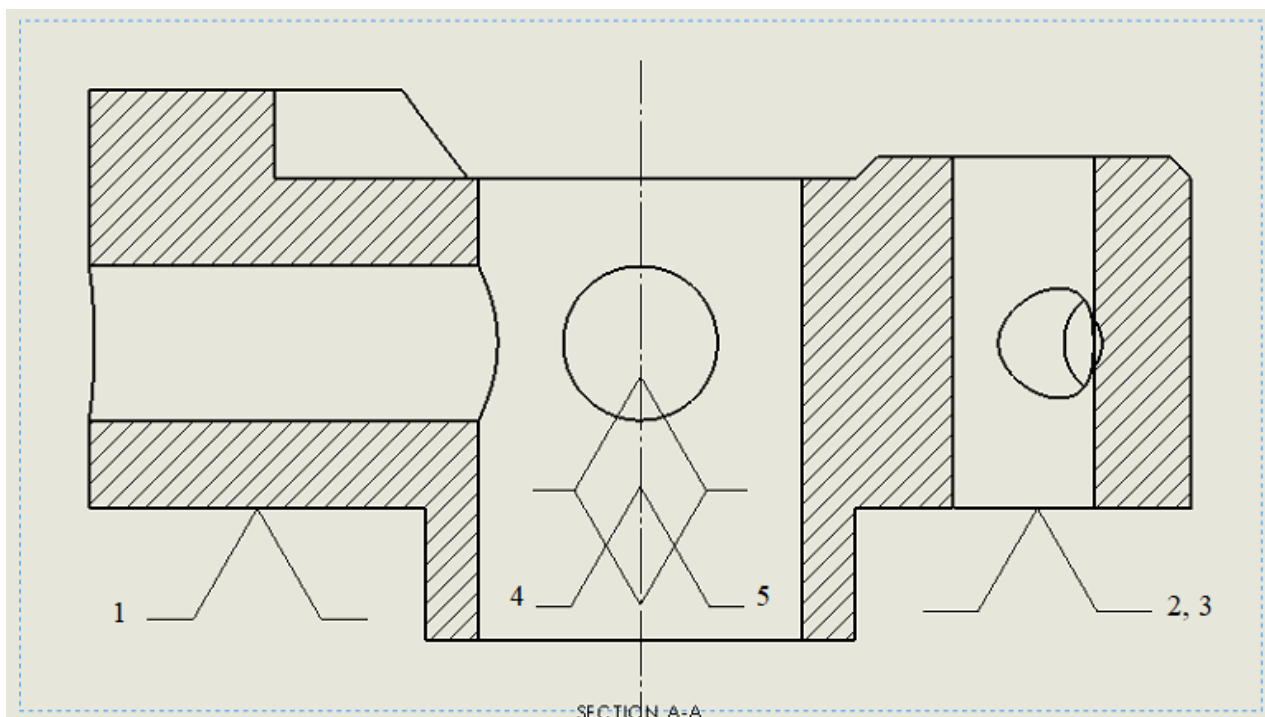


Рисунок 2.14 – Теоретична схема базування по загальним технологічним базам деталі «Кривошип»

Розглянемо реалізацію базування по технологічним базам для деталі «Вставка в кривошип». Теоретична схема базування по технологічним базам наведено на рис. 2.15.

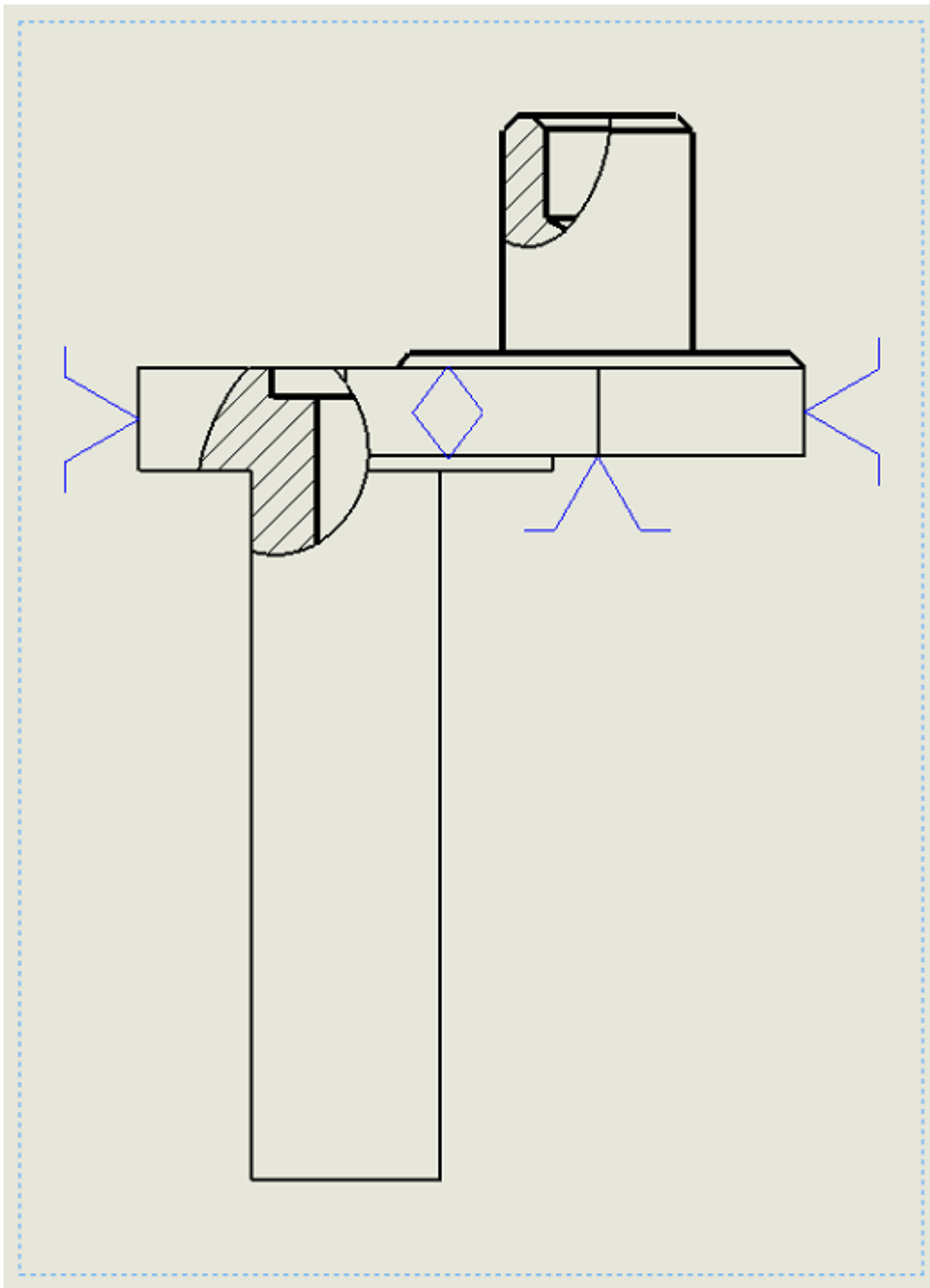


Рисунок 2.15 – Теоретична схема базування по загальним технологічним базам деталі «Вставка в кривошип»

Розглянемо реалізацію базування по технологічним базам для деталі «Шатун». Теоретична схема базування по технологічним базам наведено на рис. 2.16.

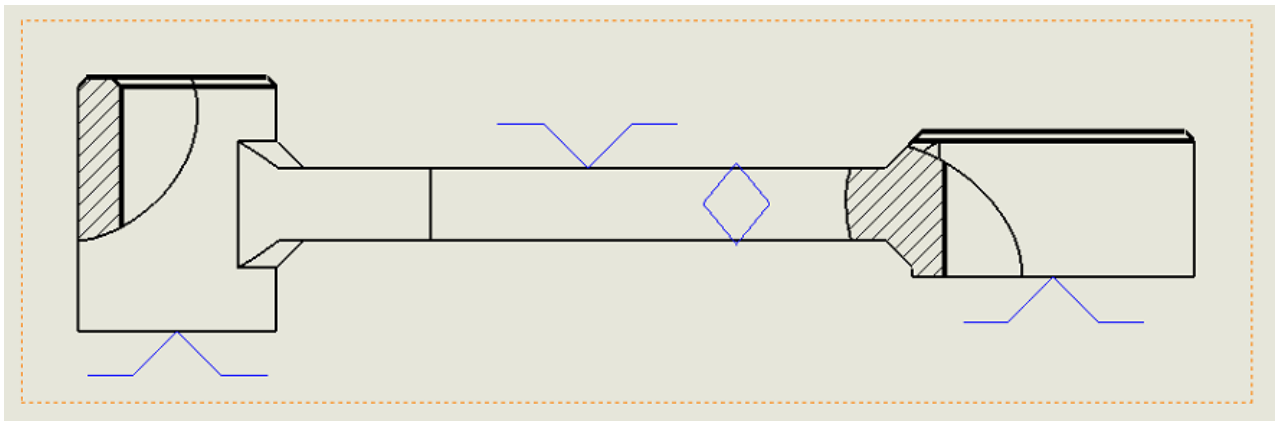


Рисунок 2.16 – Теоретична схема базування по загальним технологічним базам деталі «Шатун»

Після вибору схеми базування по загальній технологічній базі необхідно перевірити можливість її незмінного використання для більшості технологічних операцій. Наведені схеми базування не забезпечують оброблення всіх оброблюваних поверхонь заготовки, тому для наступних операцій деталі слід переставляти.

2.6 Проектування типових послідовностей оброблення поверхонь заготовки

На етапі проектування технологічного процесу оброблення необхідно визначити типові послідовності оброблення поверхонь. Для всіх обробних поверхонь заготовки визначаємо типові послідовності оброблення з урахуванням. Оброблення буде виконуватися на багатоцільовому верстаті з ЧПК на базі фрезерно-розточувальних верстатів.

При проектуванні технологічних процесів для верстатів з ЧПК питання базування, послідовності і змісту переходів, вибору пристосування, інструменту, призначення режимів різання і нормування мають свої особливості.

Базування деталей в умовах програмної обробки ускладнюється. Особливості пов'язані з тим, що на відміну від обробки на універсальних верстатах, коли точність розмірів витримується відносно технологічних баз, при обробці заготівель на верстатах з ЧПК точність розмірів забезпечується відносно початку відліку координатної системи верстата. При виборі базування велике значення має правильний вибір і взаємна ув'язка системи координат. На верстатах з ЧПК розрізняють три системи координат. Система координат верстата. Система координат деталі. Система координат інструменту.

У серійному виробництві можуть застосовуватися спеціалізовані налагоджувальні пристосування, які забезпечують базування і закріплення типових по конфігурації заготівель різних розмірів в заданому діапазоні.

Нерозбірні спеціальні пристосування застосовують лише в тих випадках, якщо не підходить жодна з універсальних переналаджуваних систем.

Типові послідовності оброблення деталей наведено в табл. 2.9-2.11

Таблиця 2.9 – Технологічна послідовність оброблення поверхонь деталі «Кривошип»

№ Поверхні	За кресленням		Технологічна послідовність оброблення	Після оброблення	
	IT	Ra, мкм		IT	Ra, мкм
ОКБ1, ДКБ1	12	25	Свердління Розсвердлювання Зенкерування Розточування попереднє Розточування завершальне	7	1,6
ДКБ1	12	25	Свердління Розсвердлювання Зенкерування Розточування попереднє Розточування завершальне	7	1,6
ДКБ2	12	25	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	10	2,5
ДКБ3, ДКБ4	12	25	Свердління Розсвердлювання Нарізання нарізі	-	-
КП1, КП2	12	25	Свердління Розсвердлювання Нарізання нарізі	-	-

Таблиця 2.10 – Технологічна послідовність оброблення поверхонь деталі «Вставка в кривошип»

№ Поверхні	За кресленням		Технологічна послідовність оброблення	Після оброблення	
	IT	Ra, мкм		IT	Ra, мкм
ОКБ1	12	25	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове Підрізання торців Шліфування	7	1,6
ОКБ2	12	25	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	10	2,5
ДКБ1	12	25	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове Підрізання торців Шліфування	7	1,6

КП1	12	25	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	10	2,5
КП2	12	25	Свердління Зенкерування Нарізання нарізі	-	-

Таблиця 2.11 – Технологічна послідовність оброблення поверхонь деталі «Шатун»

№ Поверхні	За кресленням		Технологічна послідовність оброблення	Після оброблення	
	ІТ	Ra, мкм		ІТ	Ra, мкм
ОКБ1, ДКБ1	12	25	Свердління Розсвердлювання Зенкерування Розточування попереднє Розточування завершальне	7	1,6
ОКБ2, ДКБ2, ДКБ3, КП1	12	25	Фрезерування чорнове Фрезерування чистове	10	2,5
ВП1, ВП2	12	25	Свердління	10	6,3

2.7Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі

Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі вимагає визначення послідовності виконання технологічних переходів на кожній технологічній операції.

Деталь – «Кривошип»

005 Лиття

010 Багатоцільова з ЧПК

Обладнання – горизонтально-фрезерний обробляючий центр з ЧПК моделі HAAS VF-2SS.

Установити, закріпити, зняти.

010.01 Свердління отвору ОКБ1, витримуючи розмір 1

010.02 Розсвердлювання отвору ОКБ1, витримуючи розмір 1’

010.03 Зенкерувати отвір ОКБ1, витримуючи розмір 1’’

010.04 Розточувати попередньо отвір ОКБ1, витримуючи розмір 1’’’

010.05 Розточувати остаточно отвір ОКБ1, витримуючи розмір 1’’’’

(Позиція зображена на рис 2.176.)

010.06 Свердління отвору ДКБ1, витримуючи розміри 3, 2

010.07 Розсвердлювання отвору ДКБ1, витримуючи розміри 3, 2'

010.08 Зенкерувати отвір ДКБ1, витримуючи розміри 3, 2''

010.09 Розточувати попередньо отвір ДКБ1, витримуючи розміри 3, 2'''

010.10 Фрезерування чорнове поверхні ДКБ2, витримуючи розмір 4

010.11 Фрезерування чистове поверхні ДКБ2, витримуючи розмір 4'

010.12 Свердління 2 отворів ДКБ3, ДКБ4 витримуючи розмір 7, 5, 6

010.13 Розсвердлювання 2 отворів ДКБ3, ДКБ4 витримуючи розмір 7, 5', 6'

010.14 Нарізання нарізі в 2 отворах ДКБ3, ДКБ4 витримуючи розмір 7, 5'', 6''

010.15 Свердління 2 отворів КП1, КП2 витримуючи розмір 10, 8, 9

010.16 Розсвердлювання в 2 отворів КП1, КП2 витримуючи розмір 10, 8', 9'

010.17 Нарізання нарізі в 2 отворах КП1, КП2 витримуючи розмір 10, 8'', 9''

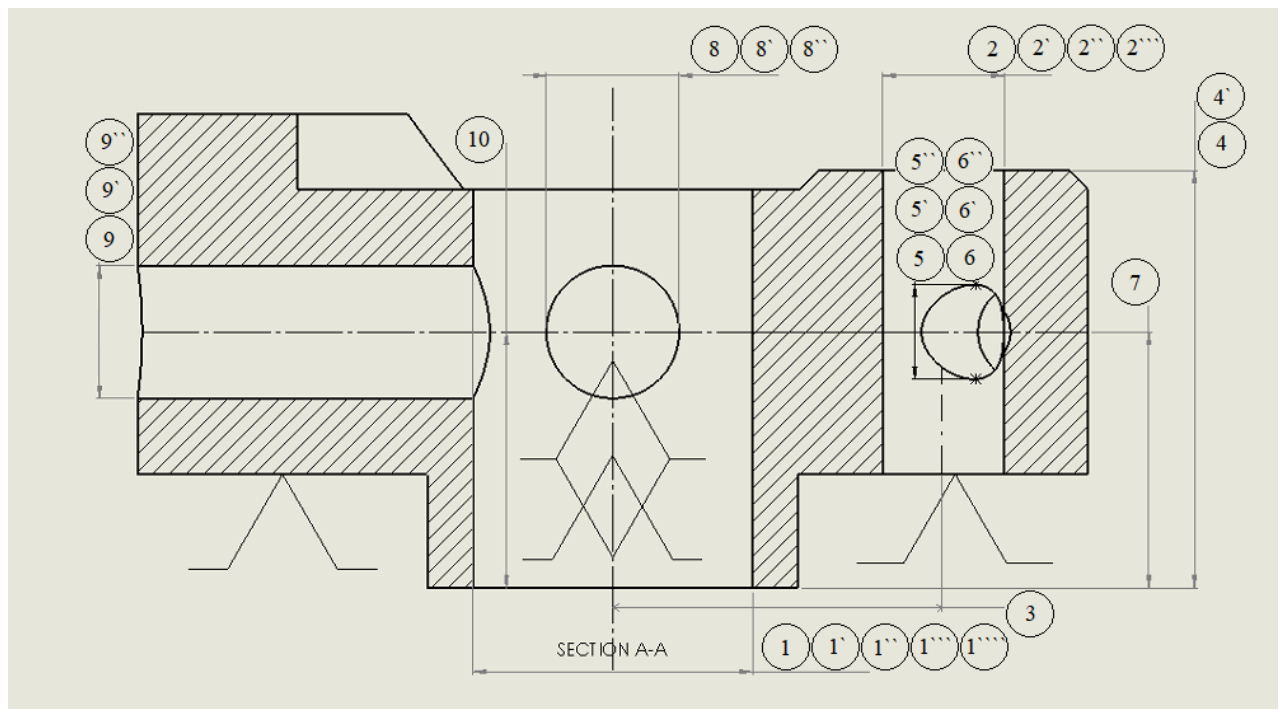


Рисунок 2.176 – операція 005 – Багатоцільова з ЧПК

020 Контрольна

Деталь – «Вставка в шатун»

005 Лиття

010 Багатоцільова з ЧПК

Обладнання – горизонтально-фрезерний обробляючий центр з ЧПК моделі HAAS VF-2SS.

Установити, закріпити, зняти

010.01 Фрезерування чорнове ОКБ1, ОКБ2, КП1 витримуючи розміри 1, 2, 3

010.02 Фрезерування чистове ОКБ1, ОКБ2, КП1, витримуючи розміри 1', 2', 3'

Перевернути

010.03 Фрезерування чорнове ДКБ1, ДКБ2 витримуючи розміри 4, 5

010.04 Фрезерування чистове ДКБ1, ДКБ2 витримуючи розміри 4', 5'

010.05 Свердління отвору КП2 витримуючи розміри 6, 7

010.06 Зенкерування отвору КП2 витримуючи розміри 6', 7

010.07 Нарізання нарізі КП2 витримуючи розміри 6'', 7

015 Токарна

Обладнання - токарний верстат Haas TL-1

Установити, закріпити, зняти.

015.01 Підрізати торець ДКБ1, ДКБ2 витримуючи розміри 8, 9

Перевернути

015.01 Підрізати торець ОКБ1, ОКБ2 витримуючи розміри 10, 11

020 Шліфувальна

Обладнання - шліфувальний верстат Haas Multigrinding SA

Установити, закріпити, зняти.

020.01 Шліфувати ОКБ1 витримуючи розмір 1''

Перевернути

020.02 Шліфувати ДКБ1 витримуючи розмір 4''

025 Мийочна

030 Контрольна

Деталь – «Шатун»

005 Лиття

010 Багатоцільова з ЧПК

Обладнання – горизонтально-фрезерний обробляючий центр з ЧПК моделі HAAS VF-2SS.

Установити, закріпити, зняти.

Перша позиція зображена на рис. 2.17б.

010.01 Свердлити 2 отвори ОКБ1, ДКБ1, витримуючи розміри 1, 2, 3

010.02 Розсвердлювати 2 отвори ОКБ1, ДКБ1, витримуючи розміри 1', 2', 3

010.03 Зенкерувати 2 отвори ОКБ1, ДКБ1, витримуючи розміри 1'', 2'', 3

010.04 Розточувати попередньо 2 отвори ОКБ1, ДКБ1, витримуючи розміри 1''', 2''', 3

010.05 Розточувати остаточно 2 отвори ОКБ1, ДКБ1, витримуючи розміри 1'''', 2'''', 3

010.05 Фрезерування чорнове ОКБ2, ДКБ2, витримуючи розміри 4, 5

010.06 Фрезерування чистове ОКБ2, ДКБ2, витримуючи розміри 4', 5'

Перевернути

010.05 Фрезерування чорнове ДКБ3, ДКБ4, витримуючи розміри 4, 5

010.06 Фрезерування чистове ДКБ3, ДКБ4, витримуючи розміри 4', 5'

015 Мийочна

020 Контрольна

2.8 Короткий опис вибору верстатного обладнання

Для реалізації оброблення загальних технологічних баз обираємо багатоцільовий верстат Вертикально фрезерний оброблюючий центр Haas VF-2SS (рис. 2.18(а, б)), а його технічні характеристики в табл. 2.12, токарний верстат Haas TL-1 (рис. 2.19(а, б)), його технічні характеристики в табл. 2.13, та шліфувальний Haas Multigrinding CA (рис. 2.20), його технічні характеристики приведено в табл. 2.14.



Рисунок 2.18а – Вертикально фрезерний оброблюючий центр Haas VF-2SS



Рисунок 2.18б – Вертикально фрезерний оброблюючий центр Haas VF-2SS

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики вертикально фрезерний оброблюючий центр Haas VF-2SS

Максимальна переміщення по вісі X, мм	762
Максимальна переміщення по вісі Y, мм	406
Максимальна переміщення по вісі Z, мм	508
Максимальна відстань від стола до торця шпинделя, мм	610
Мінімальна відстань від стола до торця шпинделя, мм	102
Довжина столу, мм	914

Ширина столу, мм	356
Максимальне навантаження на стіл (рівномірно розподілене), кг	680
Ширина Т-подібних пазів, мм	16
Відстань між Т-подібними пазами, мм	125
Розмір конуса шпинделя	40
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв	12000
Максимальна потужність шпинделя, кВт	22,4
Максимальний крутний момент, Нм	122
Максимальне осьове зусилля, кН	13,7
Максимальна швидкість холостих подач, м/хв	35,6
Максимальні робочі подачі по вісі XYZ м/хв	21,2
Кількість позицій в автоматичному зміщенні інструменту, шт	30+1
Максимальний діаметр інструмента (при знятих сусідніх позиціях), мм	64
Максимальна маса інструмента, кг	5,4
Час зміни інструмента (середній), с	2,8
Точність позиціонування, мм	$\pm 0,0050$
Повторюваність, мм	$\pm 0,0025$
Об'єм бака ЗОР, л	208
Орієнтовна маса станка (залежить від комплектації), кг	3550



Рисунок 2.19а – Токарний верстат Haas TL-1



Рисунок 2.196 – Токарний верстат Haas TL-1

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики токарного верстату Haas TL-1

Вісь X, мм	203
Вісь Z, мм	762
Прискорення переміщення по вісі X, м/хв	11,4
Прискорення переміщення по вісі Z, м/хв	11,4
Максимальне зусилля на вісь вздовж вісі X, Н	17321
Максимальне зусилля на вісь вздовж вісі Z, Н	8661
Максимальна швидкість, об/хв	1800
Діаметр отвору шпинделя, мм	58
Потужність, що передається на шпиндель, кВт	7,5
Орієнтовна маса станка (залежить від комплектації), кг	2223



Рисунок 2.20 – Шліфувальний верстат Haas Multigrinding CA

Таблиця 2.14 – Технічні характеристики шліфувального верстату Haas Multigrinding CA

Робочий діапазон вісі X, мм	630
Робочий діапазон вісі Y, мм	345
Робочий діапазон вісі Z, мм	430

2.9 Визначення припусків для технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки

Припуск - шар матеріалу, що видаляють з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі. Припуск на обробку поверхонь деталі може бути призначений по відповідних довідкових таблицях, ГОСТ або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припусків.

ГОСТ і таблиці дозволяють призначати припуски незалежно від технологічного процесу обробки деталі й умов його здійснення й тому в загальному випадку є завищеними, містять резерви зниження витрати матеріалу й трудомісткості виготовлення деталі.

2.9.1 Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом (для оброблення двох відмінних поверхонь заготовки)

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку базується на аналізі факторів, що впливають на припуски попередніх і виконуваного переходів технологічного процесу обробки поверхні. Значення припуску визначається методом диференційованого розрахунку по елементах, що становлять припуск. Розрахунково-аналітичний метод передбачає розрахунок припусків по всім послідовно виконуваних технологічних переходах обробки даної поверхні деталі (проміжні припуски), їхнє підсумовування для визначення загального припуску на обробку поверхні й розрахунок проміжних розмірів, що визначають положення поверхні, і розмірів заготовки. Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході похибок обробки й дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході, і компенсації похибок, що виникають на виконуваному переході. Проміжні розміри, що визначають положення оброблюваної поверхні та розміри заготовки розраховують із використанням мінімального припуску. Застосування розрахунково-аналітичного методу скорочує в середньому відхід металу в стружку в порівнянні з табличними значеннями.

Величина припуску повинна бути оптимальною, збільшений припуск призводить до підвищення зусилля різання, що при знятті стружки у процесі 32 обробки може служити причиною значного збільшення деформації деталі і зменшення точності її виготовлення, а також збільшує час на обробку. Разом з тим зменшений припуск не дає можливості отримати потрібний квалітет точності та клас шорсткості поверхні.

Для розрахунку найменшого припуску на діаметр будемо використовувати формулу:

$$2Z_{\min i} = 2 \left(R_{z\ i-1} + T_{\text{деф}\ i-1} + \sqrt{(\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)} \right), \quad (2.1)$$

де $2Z_{\min i}$ – мінімальний припуск на діаметр, мкм; $R_{z\ i-1}$ – шорсткість поверхні після попередньої обробки, мкм; $T_{\text{деф}\ i-1}$ – глибина дефектного шару після попередньої обробки, мкм; ρ_{i-1} – сума похибок форми та розташування поверхонь заготовки, що залишилися чи з'явилися при попередній обробці, мкм; ε_i – похибка установки і закріплення перед розглядуваною обробкою, мкм.

Сумарне відхилення погрішності по коробленню та зміщенню ρ_{i-1} визначаємо за формулою:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{(\Delta_{\text{см}\ i-1}^2 + \rho_{\text{кор}\ i-1}^2)}, \quad (2.2)$$

де $\Delta_{\text{см}\ i-1}$ – похибка заготовки по зміщенню відносно осі в радіальному напрямку; $\rho_{\text{кор}\ i-1}$ – похибка заготовки по жолобленню.

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{((\Delta_{\text{к}}d)^2 + (\Delta_{\text{к}}l)^2)}, \quad (2.3)$$

де $\Delta_k = 0,7$ мкм/мм – величина питомого жолоблення; d, l – відповідно діаметр та довжина оброблюваного отвору.

$$\Delta_{cm} = \rho_{\Pi} \times d, \quad (2.4)$$

де $\rho_{\Pi} = 0,001$ мкм/мм – питомий перекик вісі.

$$\rho_i = K_y \times \rho_0, \quad (2.5)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

$$\varepsilon_i = \sqrt{(\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2)}, \quad (2.6)$$

де $\varepsilon_{\delta} = 0,02$ – похибка базування, для останньої операції $= 0$; $\varepsilon_3 = 0,02$ мм – похибка закріплення.

$$Z_{max\ i} = Z_{min\ i} + \frac{T_{d\ i-1} - T_{d\ i}}{2}, \quad (2.7)$$

$$d_{max\ i} = d_{max\ i+1} - 2 \times Z_{max\ i+1}, \quad (2.8)$$

$$d_{min\ i} = d_{min\ i+1} - 2 \times Z_{min\ i+1}, \quad (2.9)$$

Розрахунок припуску для отримання отвору $\varnothing 14,7H7 (0..18$ мкм) (Ra 1,6)

Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовці, одержаної литтям у кокіль за металевою моделлю, точність та якість поверхонь, визначаємо за таблицями:

- Для заготовки $R_{z0} = 100$ мкм, $T_{деф0} = 100$ мкм;
- Для свердління $R_{z1} = 60$ мкм, $T_{деф1} = 80$ мкм;
- Для розсвердлювання $R_{z2} = 40$ мкм, $T_{деф2} = 70$ мкм;
- Для зенкерування $R_{z3} = 20$ мкм, $T_{деф3} = 43$ мкм;
- Для напівчистового розточування $R_{z4} = 15$ мкм, $T_{деф4} = 27$ мкм;
- Для чистового розточування $R_{z5} = 8$ мкм, $T_{деф5} = 18$ мкм;

Похибку заготовки по жолобленню, визначаємо за формулою (2.3):

$$\rho_{кор} = \sqrt{((0,7 \times 14,7)^2 + (0,7 \times 15)^2)} = \sqrt{(105,8841 + 110,25)} = 14,7 \text{ мкм.}$$

Похибку заготовки по зміщенню відносно вісі в радіальному напрямку, визначаємо за формулою (2.4):

$$\Delta_{cm} = 0,001 \times 14,7 = 0,0147 \text{ мм.}$$

Сумарні просторові відхилення, визначаємо за формулою (2.2):

$$\rho_0 = \sqrt{(0,0147^2 + 0,0147^2)} = 0,021 \text{ мм.}$$

Сумарні просторові відхилення після обробки, визначаємо за формулою (2.5):

K_y – коефіцієнт уточнення для чорнової обробки = 0,06:

$$\rho_1 = 0,06 \times 0,021 = 0,00126 \text{ мм.}$$

$K_y = 0,05$:

$$\rho_2 = 0,05 \times 0,021 = 0,00105 \text{ мм.}$$

$K_y = 0,04$:

$$\rho_3 = 0,04 \times 0,021 = 0,00084 \text{ мм.}$$

$K_y = 0,03$:

$$\rho_4 = 0,03 \times 0,021 = 0,00063 \text{ мм.}$$

$K_y = 0,02$:

$$\rho_5 = 0,02 \times 0,021 = 0,00042 \text{ мм.}$$

Похибку установки, визначаємо за формулою (2.6):

$$\varepsilon_i = \sqrt{(0,02^2 + 0,02^2)} = 0,028 \text{ мм.}$$

Мінімальні припуски на обробку, визначаємо за формулою (2.1):

$$\begin{aligned} Z_{\min 1} &= \left(R_{z0} + T_{\text{деф}0} + \sqrt{(\rho_0^2 + \varepsilon_0^2)} \right) = \left(0,1 + 0,1 + \sqrt{(0,021^2 + 0,028^2)} \right) = \\ &= (0,2 + 0,035) = 0,235 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\min 1} = 2 \times 0,235 = 0,47 \text{ мм;}$$

$$\begin{aligned} Z_{\min 2} &= \left(R_{z1} + T_{\text{деф}1} + \sqrt{(\rho_1^2 + \varepsilon_1^2)} \right) = \\ &= \left(0,06 + 0,08 + \sqrt{(0,00126^2 + 0,028^2)} \right) = (0,14 + 0,028) = \\ &= 0,168 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\min 2} = 2 \times 0,168 = 0,336 \text{ мм;}$$

$$\begin{aligned} Z_{\min 3} &= \left(R_{z2} + T_{\text{деф}2} + \sqrt{(\rho_2^2 + \varepsilon_2^2)} \right) = \\ &= \left(0,04 + 0,07 + \sqrt{(0,00105^2 + 0,028^2)} \right) = (0,11 + 0,028) = \\ &= 0,138 \text{ мм;} \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\min 1} = 2 \times 0,138 = 0,276 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} Z_{\min 4} &= \left(R_{z3} + T_{\text{деф}3} + \sqrt{(\rho_3^2 + \varepsilon_3^2)} \right) = \\ &= (0,02 + 0,043 + \sqrt{(0,00084^2 + 0,028^2)}) = (0,063 + 0,028) = \\ &= 0,091 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\min 1} = 2 \times 0,091 = 0,182 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} Z_{\min 5} &= \left(R_{z4} + T_{\text{деф}4} + \sqrt{(\rho_4^2 + \varepsilon_4^2)} \right) = \\ &= (0,015 + 0,027 + \sqrt{(0,00042^2 + 0,02^2)}) = (0,042 + 0,028) = \\ &= 0,07 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\min 1} = 2 \times 0,07 = 0,14 \text{ мм}.$$

Максимальні припуски на обробку, визначаємо за формулою (2.7):

$$Z_{\max 1} = Z_{\min 1} + \frac{T_{d0} - T_{d1}}{2} = 0,47 + \frac{0,1 - 0,08}{2} = 0,47 + 0,01 = 0,48 \text{ мм};$$

$$2 \times Z_{\max 1} = 2 \times 0,48 = 0,96 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} Z_{\max 2} &= Z_{\min 2} + \frac{T_{d1} - T_{d2}}{2} = 0,168 + \frac{0,08 - 0,07}{2} = 0,168 + 0,005 = \\ &= 0,173 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\max 2} = 2 \times 0,173 = 0,346 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} Z_{\max 3} &= Z_{\min 3} + \frac{T_{d2} - T_{d3}}{2} = 0,138 + \frac{0,07 - 0,043}{2} = 0,138 + 0,00135 = \\ &= 0,139 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\max 3} = 2 \times 0,139 = 0,278 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} Z_{\max 4} &= Z_{\min 4} + \frac{T_{d3} - T_{d4}}{2} = 0,091 + \frac{0,043 - 0,027}{2} = 0,091 + 0,008 = \\ &= 0,099 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\max 4} = 2 \times 0,099 = 0,198 \text{ мм};$$

$$\begin{aligned} Z_{\max 5} &= Z_{\min 5} + \frac{T_{d4} - T_{d5}}{2} = 0,07 + \frac{0,027 - 0,018}{2} = 0,07 + 0,0045 = \\ &= 0,0745 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$2 \times Z_{\max 5} = 2 \times 0,0745 = 0,149 \text{ мм}.$$

Максимальний розмір, визначаємо за формулою (2.8):

$$d_{\max 5} = D + T_{d5} \rightarrow 14,7 + 0,018 = 14,718 \text{ мм};$$

$$d_{\max 4} = d_{\max 5} - 2 \times Z_{\max 5} \rightarrow 14,718 - 0,149 = 14,569 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = d_{\max 4} - 2 \times Z_{\max 4} \rightarrow 14,569 - 0,198 = 14,371 \text{ мм};$$

$$d_{\max 2} = d_{\max 3} - 2 \times Z_{\max 3} \rightarrow 14,371 - 0,278 = 14,093 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = d_{\max 2} - 2 \times Z_{\max 2} \rightarrow 14,093 - 0,346 = 13,747 \text{ мм};$$

$$d_{\max 0} = d_{\max 1} - 2 \times Z_{\max 1} \rightarrow 13,747 - 0,96 = 12,787 \text{ мм}.$$

Максимальний розмір, визначаємо за формулою (2.9):

$$d_{\min 5} = D - T_{d5} \rightarrow 14,7 - 0 = 14,7 \text{ мм};$$

$$d_{\min 4} = d_{\min 5} - 2 \times Z_{\min 5} \rightarrow 14,7 - 0,14 = 14,56 \text{ мм};$$

$$d_{\min 3} = d_{\min 4} - 2 \times Z_{\min 4} \rightarrow 14,56 - 0,182 = 14,378 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = d_{\min 3} - 2 \times Z_{\min 3} \rightarrow 14,378 - 0,276 = 14,102 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = d_{\min 2} - 2 \times Z_{\min 2} \rightarrow 14,102 - 0,336 = 13,766 \text{ мм};$$

$$d_{\min 0} = d_{\min 1} - 2 \times Z_{\min 1} \rightarrow 13,766 - 0,47 = 13,296 \text{ мм}.$$

Внесемо отримані дані до табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Припуски на механічну обробку розміру $\varnothing 14,7\text{H7}$

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Між-операційні розміри, мм		Межові значення припусків, мкм	
	R_z , мкм	T_d , мкм	ρ , мкм	ε , мкм		$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка (лиття)	100	100	21	-	-	13,296	12,787	-	-
Свердління	60	80	1,26	28	470	13,766	13,747	470	960
Розсвердлю- вання	40	70	1,05	28	336	14,102	14,093	336	346
Зенкування	20	43	0,84	28	276	14,378	14,371	276	278
Розточу- вання напівчистове	15	27	0,63	28	182	14,56	14,569	182	198
Розточу- вання чистове	8	18	0,42	28	140	14,7	14,718	140	149

Загальні припуски:

$$Z_{\min 0} = Z_{\min 1} + Z_{\min 2} + Z_{\min 3} + Z_{\min 4} + Z_{\min 5} \\ \rightarrow 0,235 + 0,168 + 0,138 + 0,091 + 0,07 = 0,702 \text{ мм};$$

$$2 \times Z_{\min 0} = 2 \times 0,702 = 1,404 \text{ мм};$$

$$Z_{\max 0} = Z_{\max 1} + Z_{\max 2} + Z_{\max 3} + Z_{\max 4} + Z_{\max 5} \\ \rightarrow 0,48 + 0,173 + 0,139 + 0,099 + 0,0745 = 0,9655 \text{ мм};$$

$$2 \times Z_{\max 0} = 2 \times 0,9655 = 1,931 \text{ мм};$$

Перевірка правильності розрахунків, виконується за формулою (2.10):

$$T_{d0} - T_{d3} = 2Z_{\max 0} - 2Z_{\min 0}. \quad (2.10)$$

$$T_{d0} - T_{d3} \rightarrow 0,545 - 0,018 = 0,527 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 0} - 2Z_{\min 0} \rightarrow 1,931 - 1,404 = 0,527 \text{ мм}.$$

Умова виконується, тому приймаємо остаточно приймаємо припуск на обробку отвору рівний $2Z_0 = 1,6 \text{ мм}$.

2.9.2 Визначення припусків аналоговими методами (за державними стандартами, технологічною довідниковою літературою, за стандартами підприємства на всі інші обробні поверхні)

– Для деталі «Шатун»

1. Технологічний процес – лиття у кокіль; клас розмірної точності виливка 4;
2. Ступінь жолоблення – 5;
3. Квалітет точності поверхонь виливка – 12;
4. Шорсткість поверхонь виливка : $Ra = 25 \text{ мкм}$;
5. Клас точності маси виливка – 5;
6. Ряд припусків на обробку виливка – 5.

Таблиця 2.16 – Припуски і допуски для виливка деталі «Шатун»

Параметри	50 необроб. зовнішній	15,2 Н10	Ø14,7 Н7 Ra1,6 внутрішній	Ø6,4 Н7 Ra1,6 внутрішній
Допуск на розмір виливка (ті, що позначено «*» на 1 клас точніше)	1 ($\pm 0,5$)	0,4 ($\pm 0,2$)	1,47 ($\pm 0,7$)	0,64 ($\pm 0,3$)

Вид остаточної механічної обробки необхідного для забезпечення точності розмірів деталі ГОСТ 26645-85	-	Чорнова, чистова	Чорнова, чистова	Чорнова, чистова
Вид остаточної механічної обробки для забезпечення заданої шорсткості поверхні	-	Чорнова, напівчистова, чистова, тонка	Чорнова, чистова	Чорнова, чистова
Прийнята операція	-	Чорнова, напівчистова, чистова, тонка	Чорнова, чистова	Чорнова, чистова
Загальний припуск на сторону	-	1,5	2	1,5
Прийнята операція	-	Чорнова, напівчистова, чистова, тонка	Чорнова, чистова	Чорнова, чистова
Остаточний розмір вилівка	51 ($\pm 0,5$)	17,1 $\pm 0,2$	18,17 $\pm 0,7$	8,54 $\pm 0,3$

2.10 Визначення режимів різання

Розробка математичної моделі процесу різання є найважливішим етапом створення алгоритму оптимізації. При традиційному, класичному підході, математична модель будується у вигляді системи рівнянь, що виражають зв'язки між управляючими впливами, обмеженнями і прийнятим критерієм оптимальності на основі класичних залежностей теорії різання.

Режими різання визначаються за рахунок таких параметрів як: глибина різання t , (мм); подача s , (мм/об), або (мм/хв); швидкість різання V , (м/хв); частота обертів шпинделя n , (об/хв).

2.10.1 Визначення режимів різання розрахунково-аналітичним методом
(для двох технологічних переходів оброблення поверхонь заготовки, для яких припуски визначались розрахунково-аналітичним методом)

005.01 Свердління чорнове:

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК;

Пристосування – самоцентруючі лещата

Інструмент – Свердло DIN 338 HSS Ø13.5мм;

Глибина різання $t = 15$ мм;

Подача $S = 0,3$ мм/об табл. 26 с.277 [13];

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v, \quad (2.10)$$

де значення коефіцієнта C_V та показників ступеня обираємо за таблицею 29 с.279[13], а період стійкості T за таблицею 30 с.279[13].

$$C_V = 36; q = 0,25; x = 0,55; y = 0,4; m = 0,125; T = 60 \text{ хв.}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{nv}, \quad (2.11)$$

де:

$K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт на оброблюваний матеріал (табл. 1-4 с.261[13]);

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт на інструментальний матеріал (табл. 6 с.263[13]);

$K_{lv} = 1,0$ – коефіцієнт, враховує глибину різання (табл. 31 с.280[13]);

$K_{nv} = 0,8$ – додатковий поправочний коефіцієнт (табл. 5 с.263[13]).

$$K_v = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 = 0,8$$

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v = \frac{36 \times 13,5^{0,25}}{60^{0,125} 0,3^{0,4} 15^{0,55}} \times 0,8 = \frac{69,006}{4,571} \times 0,8 = 12,08 \frac{\text{м}}{\text{хв.}}$$

Крутний момент $M_{кр}$, Н×м та осьову силу P_o , Н розраховуємо за формулами:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p; \quad (2.12)$$

$$P_o = 10C_p S^y t^x K_p. \quad (2.12)$$

Значення коефіцієнтів C_M і C_p , та показники степені беремо з табл. 32 с.281[13]:

$$C_M = 0,005; q = 2; y = 0,8;$$

$$C_p = 9,8; y = 0,7.$$

Коефіцієнт, який враховує фактичні вимоги оброблення в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної деталі та визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp};$$

Значення K_{mp} для чавунів наведені у табл. 9 с.264[13]:

$$K_p = K_{mp} = 1,0.$$

$$M_{кр} = 10C_M D^q S^y t^x K_p = 10 \times 0,005 \times 13,5^2 \times 0,3^{0,8} \times 15^{0,55} \times 1,0 = 15,42 \text{ Н} \times \text{м};$$

$$P_o = 10C_p S^y t^x K_p = 10 \times 9,8 \times 0,3^{0,7} \times 15^{0,55} \times 1,0 = 187,09 \text{ Н}.$$

Потужність різання N_e , кВт розраховуємо за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750}, \quad (2.13)$$

де частота обертів інструменту або заготовки n , об/хв дорівнює:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 12,08}{3,14 \times 15} = 256,476 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

Приймаємо $n = 260$ об/хв;

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750} = \frac{15,42 \times 260}{9750} = 0,411 \text{ кВт}.$$

005.02 Розсвердлювання

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК;

Пристосування – самоцентруючі лещата

Інструмент – Свердло Р6М5 Ø14.2мм;

Глибина різання $t = 15$ мм;

Подача $S = 0,3$ мм/об табл. 26 с.277 [13];

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v, \quad (2.10)$$

де значення коефіцієнта C_V та показників ступеня обираємо за таблицею 29 с.279[13], а період стійкості T за таблицею 30 с.279[13].

$$C_V = 36; q = 0,25; x = 0,55; y = 0,4; m = 0,125; T = 60 \text{ хв.}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{nv}, \quad (2.11)$$

де:

$K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт на оброблюваний матеріал (табл. 1-4 с.261[13]);

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт на інструментальний матеріал (табл. 6 с.263[13]);

$K_{lv} = 1,0$ – коефіцієнт, враховує глибину різання (табл. 31 с.280[13]);

$K_{nv} = 0,8$ – додатковий поправочний коефіцієнт (табл. 5 с.263[13]).

$$K_v = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 = 0,8$$

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v = \frac{36 \times 14,2^{0,25}}{60^{0,125} 0,3^{0,4} 15^{0,55}} \times 0,8 = \frac{69,883}{4,571} \times 0,8 = 12,23 \frac{\text{м}}{\text{хв.}}$$

Крутний момент $M_{кр}$, Н×м та осьову силу P_o , Н розраховуємо за формулами:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p; \quad (2.12)$$

$$P_o = 10 C_p S^y t^x K_p. \quad (2.12)$$

Значення коефіцієнтів C_M і C_p , та показники степені беремо з табл. 32 с.281[13]:

$$C_M = 0,005; q = 2; y = 0,8;$$

$$C_p = 9,8; y = 0,7.$$

Коефіцієнт, який враховує фактичні вимоги оброблення в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної деталі та визначається за формулою:

$$K_p = K_{\text{мр}};$$

Значення $K_{\text{мр}}$ для чавунів наведені у табл. 9 с.264[13]:

$$K_p = K_{\text{мр}} = 1,0.$$

$$M_{\text{кр}} = 10C_M D^q S^y t^x K_p = 10 \times 0,005 \times 14,2^2 \times 0,3^{0,8} \times 15^{0,55} \times 1,0 = 17,06 \text{ Н} \times \text{м};$$

$$P_0 = 10C_p S^y t^x K_p = 10 \times 9,8 \times 0,3^{0,7} \times 15^{0,55} \times 1,0 = 187,09 \text{ Н}.$$

Потужність різання N_e , кВт розраховуємо за формулою:

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} n}{9750}, \quad (2.13)$$

де частота обертів інструменту або заготовки n , об/хв дорівнює:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 12,23}{3,14 \times 15} = 259,66 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

Приймаємо $n = 260$ об/хв;

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} n}{9750} = \frac{17,06 \times 260}{9750} = 0,454 \text{ кВт}.$$

005.03 Зенкерування

Вертикально фрезерний верстат з ЧПК;

Пристосування – самоцентруючі лещата

Інструмент – Зенкер Р6М5 Z=3 Ø14,5мм;

Глибина різання $t=15$ мм;

Подача $S=0,3$ мм/об табл. 26 с.277 [13];

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v, \quad (2.10)$$

де значення коефіцієнта C_V та показників ступеня обираємо за таблицею 29 с.279[13], а період стійкості T за таблицею 30 с.279[13].

$$C_V = 36; q = 0,25; x = 0,55; y = 0,4; m = 0,125; T = 60 \text{ хв.}$$

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv} K_{nv}, \quad (2.11)$$

де:

$K_{mv} = 1,0$ – коефіцієнт на оброблюваний матеріал (табл. 1-4 с.261[13]);

$K_{iv} = 1,0$ – коефіцієнт на інструментальний матеріал (табл. 6 с.263[13]);

$K_{lv} = 1,0$ – коефіцієнт, враховує глибину різання (табл. 31 с.280[13]);

$K_{nv} = 0,8$ – додатковий поправочний коефіцієнт (табл. 5 с.263[13]).

$$K_v = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,8 = 0,8$$

$$V = \frac{C_V D^q}{T^m S^y t^x} K_v = \frac{36 \times 14,5^{0,25}}{60^{0,125} 0,3^{0,4} 15^{0,55}} \times 0,8 = \frac{69,006}{4,571} \times 0,8 = 12,38 \frac{\text{м}}{\text{хв.}}$$

Крутний момент $M_{кр}$, Н×м та осьову силу P_o , Н розраховуємо за формулами:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y t^x K_p; \quad (2.12)$$

$$P_o = 10 C_p S^y t^x K_p. \quad (2.12)$$

Значення коефіцієнтів C_M і C_p , та показники степені беремо з табл. 32 с.281[13]:

$$C_M = 0,005; q = 2; y = 0,8;$$

$$C_p = 9,8; y = 0,7.$$

Коефіцієнт, який враховує фактичні вимоги оброблення в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної деталі та визначається за формулою:

$$K_p = K_{\text{мр}};$$

Значення $K_{\text{мр}}$ для чавунів наведені у табл. 9 с.264[13]:

$$K_p = K_{\text{мр}} = 1,0.$$

$$M_{\text{кр}} = 10C_M D^q S^y t^x K_p = 10 \times 0,005 \times 14,5^2 \times 0,3^{0,8} \times 15^{0,55} \times 1,0 = 17,79 \text{ Н} \times \text{м};$$

$$P_o = 10C_p S^y t^x K_p = 10 \times 9,8 \times 0,3^{0,7} \times 15^{0,55} \times 1,0 = 187,09 \text{ Н}.$$

Потужність різання N_e , кВт розраховуємо за формулою:

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} n}{9750}, \quad (2.13)$$

де частота обертів інструменту або заготовки n , об/хв дорівнює:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \times 12,38}{3,14 \times 15} = 262,85 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

Приймаємо $n = 270$ об/хв;

$$N_e = \frac{M_{\text{кр}} n}{9750} = \frac{17,79 \times 270}{9750} = 0,493 \text{ кВт}.$$

2.10.2 Визначення режимів різання аналоговими методами (за державними стандартами, технологічною довідниковою літературою, за стандартами підприємства для всіх технологічних переходів)

005 Перехід 01 чорнове свердління $D = 5$

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹
2	0,1	24,2	1541

005 Перехід 02 чорнове свердління $D = 6$

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹
3	0,13	23,8	1263

005 Перехід 03 чорнове свердління $D = 7$

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹
-------	---------------	---------	---------------------

4	0,18	23,2	1055
---	------	------	------

005 Перехід 04 нарізання різьби D = 5

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹
8	0,2	6,6	700

005 Перехід 05 нарізання різьби D = 7

t, мм	S_0 , мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹
8	0,19	6,5	700

2.11 Нормування технологічних операцій

2.11.1 Розрахунок поштучного часу для операції (для однієї технологічної операції навести детальний опис виконання нормування)

Розрахуємо поштучний час виробництва для операцій:

Операція 005

Таблиця 2.17 – Переходи технологічної операції 005

№	Перехід	Інструмент	Розрахункові розміри оброблення			Припуск на сторону, мм	Число проходів
			Довжина, мм	Вирізання та пробіг, мм	Розрахункова довжина, мм		
1	Свердлити розмір Ø14,7мм	Свердло	15	3	18	-	1
2	Розсвердлювати розмір Ø14,7мм	Свердло	15	3	18	-	1
3	Зенкерувати розмір Ø14,7мм	Зенкер	15	3	18	-	1
4	Шліфувати розмір Ø14,7мм	Алмазний круг	15	1	16	-	1

Технічні норми часу в умовах серійного та масового виробництва можна визначити розрахунково-аналітичним методом:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{обсл}} + T_{\text{в}} + T_{\text{отд}}. \quad (2.14)$$

При серійному виробництві додатково розраховують підготовче-заклучний час $T_{\text{п.з}}$ та штучно калькуляційний час $T_{\text{шк}}$:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}. \quad (2.15)$$

Після визначення змісту операцій, вибору обладнання, інструментів та розрахунку режимів різання норми часу визначаються в наступний послідовності:

1. На підставі розрахованих режимів роботи обладнання за кожним переходом розраховується основний (технологічний) час T_0 ;
2. За змістом кожного переходу визначається необхідний комплекс прийомів допоміжних робіт та визначається допоміжний час $T_{\text{в}}$ з урахуванням можливих та доцільних суміщень і перекриттів;
3. За нормативами в залежності від операцій та обладнання визначається час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби $T_{\text{обсл}}$ та $T_{\text{отд}}$;
4. Визначається норма штучного часу $T_{\text{шт}}$;
5. Для серійного виробництва визначається зміст підготовчо-завершальної роботи, розраховується підготовчо-завершальний час $T_{\text{п.з}}$ та штучно-калькуляційний час $T_{\text{шк}}$;

Визначимо основний (технологічний) час T_0 , хв за формулою:

$$T_0 = \frac{l + l_1}{nS} \times i, \quad (2.16)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (визначається за кресленням), мм; l_1 – величина врізання та перебігу інструмента, мм; n – частота обертів шпинделя, об/хв; S – подача на один оберт шпинделя, мм/об; i – число переходів.

Для 1 переходу:

$$T_{01} = \frac{l + l_1}{nS} \times i = \frac{15 + 3}{450 \times 0,3} \times 1 = 0,13 \text{ хв};$$

Для 2 переходу:

$$T_{02} = \frac{l + l_1}{nS} \times i = \frac{15 + 3}{450 \times 0,3} \times 1 = 0,13 \text{ хв};$$

Для 3 переходу:

$$T_{03} = \frac{l + l_1}{nS} \times i = \frac{15 + 3}{450 \times 0,3} \times 1 = 0,13 \text{ хв};$$

Для 4 переходу:

$$T_{04} = \frac{l + l_1}{nS} \times i = \frac{15 + 3}{400 \times 0,3} \times 1 = 0,15 \text{ хв};$$

Загальний технологічний час на операцію дорівнює:

$$T_0 = T_{01} + T_{02} + T_{03} + T_{04} = 0,13 + 0,13 + 0,13 + 0,15 = 0,54 \text{ хв.}$$

Допоміжний час зв'язаний з переходом, визначається за картою 20[14]:

Для 1 переходу – 0,32 хв;

Для 2 переходу – 0,32 хв;

Для 3 переходу – 0,11 хв;

Для 4 переходу – 0,21 хв;

$$T_0 = 0,32 + 0,32 + 0,11 + 0,21 = 0,96 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на управління верстатом, зміну швидкості шпинделя, заміну інструменту:

Час на заміну інструмента між переходами = 0,08 хв*4 переходів = 0,32 хв;

Час на заміну подачі = 0,06 хв *4 переходів = 0,24 хв;

Час на зміну швидкості шпинделя = 0,07 хв*4 переходів = 0,28 хв;

Допоміжний час на контрольні виміри = 0,2 хв;

Допоміжний час при заміру поверхонь штангенциркулем = 0,4 хв.

Допоміжний час на операцію:

$$T_0 = 0,96 + 0,32 + 0,24 + 0,28 + 0,2 + 0,4 = 2,4 \text{ хв.}$$

За картою 1[14] визначається поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від сумарної тривалості обробки партії деталей за трудомісткістю. При трудомісткості обробки партій деталі в 2 зміни цей

коефіцієнт дорівнює 0,87. З врахуванням поправочного коефіцієнту допоміжний час на операцію дорівнює:

$$T_o = 2,4 \times 0,87 = 2,09 \text{ хв.}$$

Визначимо час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби $T_{\text{обсл}}$ та $T_{\text{отд}}$:

Час на обслуговування робочого місця визначається за картою 45[14].
Для верстатів з ЧПК $T_{\text{обсл}} = 5 \text{ хв.}$

Час на відпочинок та природні потреби для станків з механічною подачею $T_{\text{отд}} = 4 \text{ хв.}$

Визначимо норми штучного час $T_{\text{шт}}$:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{обсл}} + T_v + T_{\text{отд}} = 2,09 + 5 + 5 + 4 = 16,09 \text{ хв.}$$

Визначимо підготовчо-заключного час $T_{\text{п.з}}$ за картою 47[14]:

$$T_{\text{п.з}} = 9 \text{ хв.}$$

Визначимо штучно-калькуляційний час $T_{\text{шк}}$ за формулою (2.15):

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 16,09 + \frac{9}{4} = 18,34 \text{ хв.}$$

2.11.2 Нормування аналоговими методами (для всіх інших технологічних переходів)

3. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Розроблення і розрахунок конструкцій верстатних пристроїв

3.1.1 Вихідні дані для розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Основними вихідними даними для розрахунку конструкції верстатних пристроїв є:

- Конструкторський документ на виготовлювані деталі та заготовки до них;
- Технічна документація на операції для якої проектується пристрій та передуючу їй;
- Річна програма випуску деталей;
- Довідник типових конструкцій верстатних пристроїв;
- Технічні характеристики металорізальних верстатів;
- Можливість обробки деталі у одномісному пристрої.

Пристрій для фіксації шатуна на фрезерному верстаті зображений на рис. 3.1 (а, б). Цей представляє самоцентрівні лещата з прижимною пластиною.

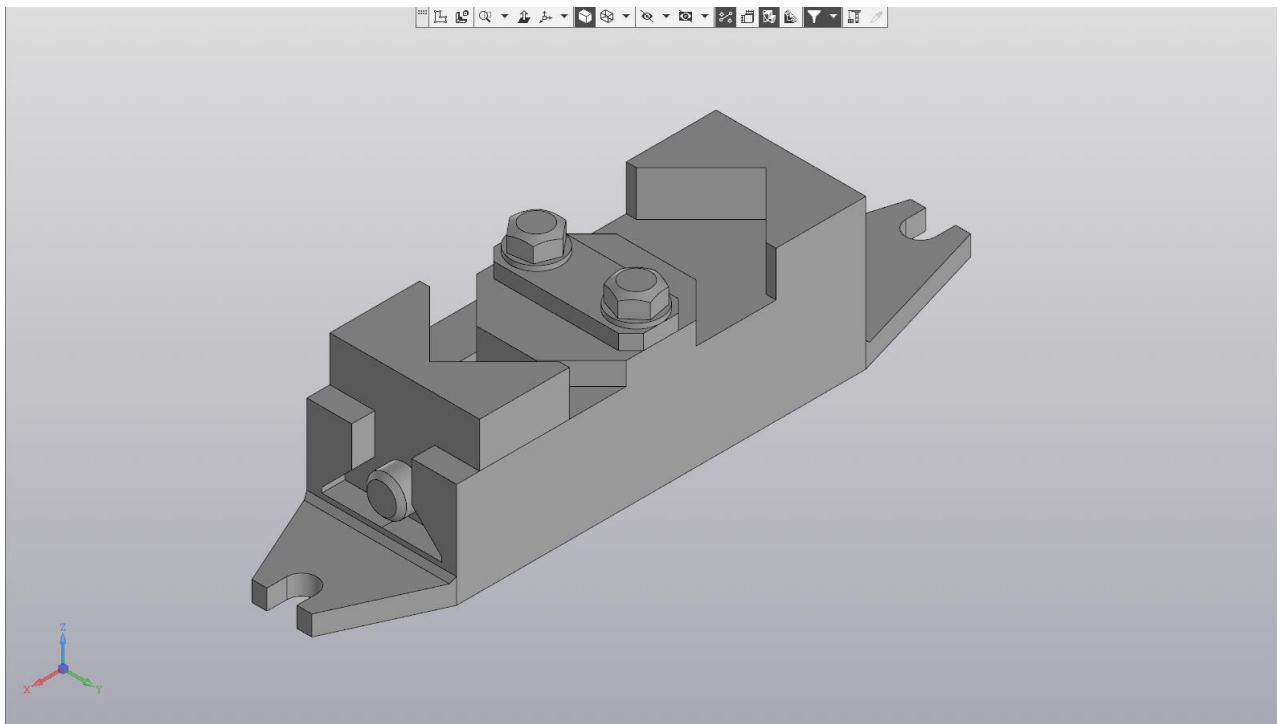


Рисунок 3.1а – 3Д модель пристрою для фіксації шатуна

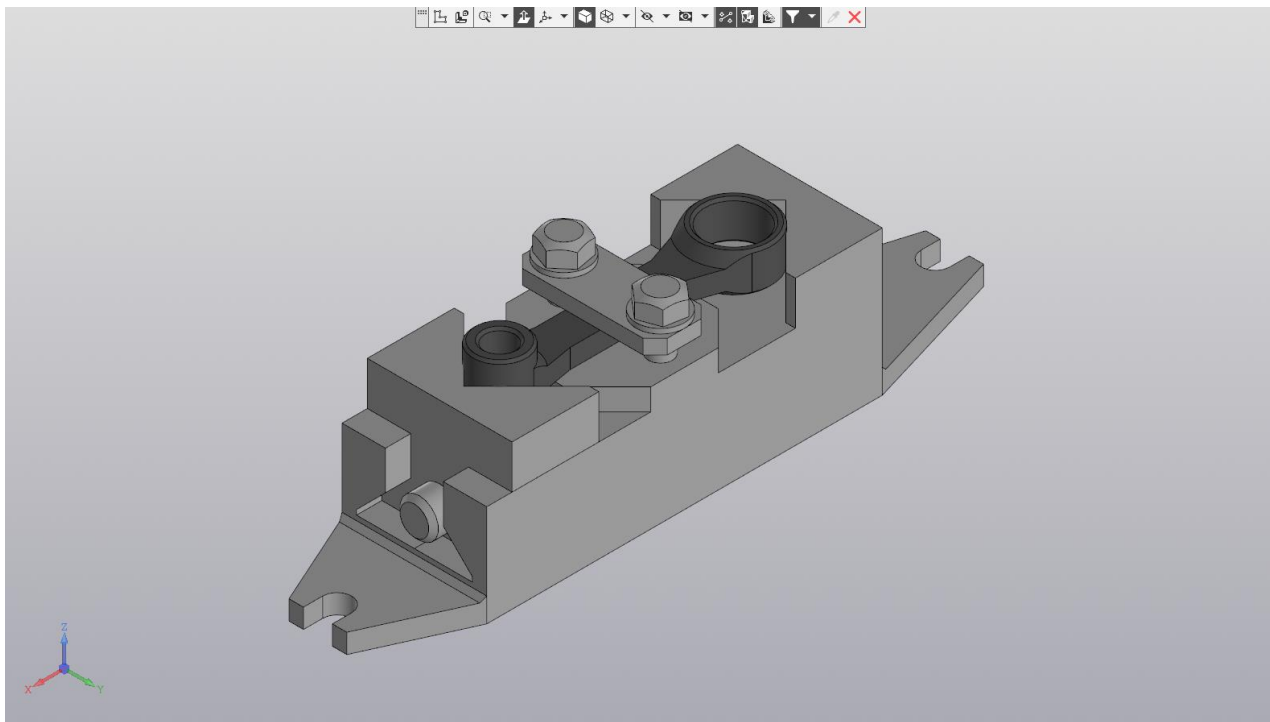


Рисунок 3.1б – 3Д модель пристрою для фіксації шатуна

Пристрій лещата самоцентрівні зображено на рис. 3.2 (а, б). Лещата представляють самоцентрівний прижимний механізм.

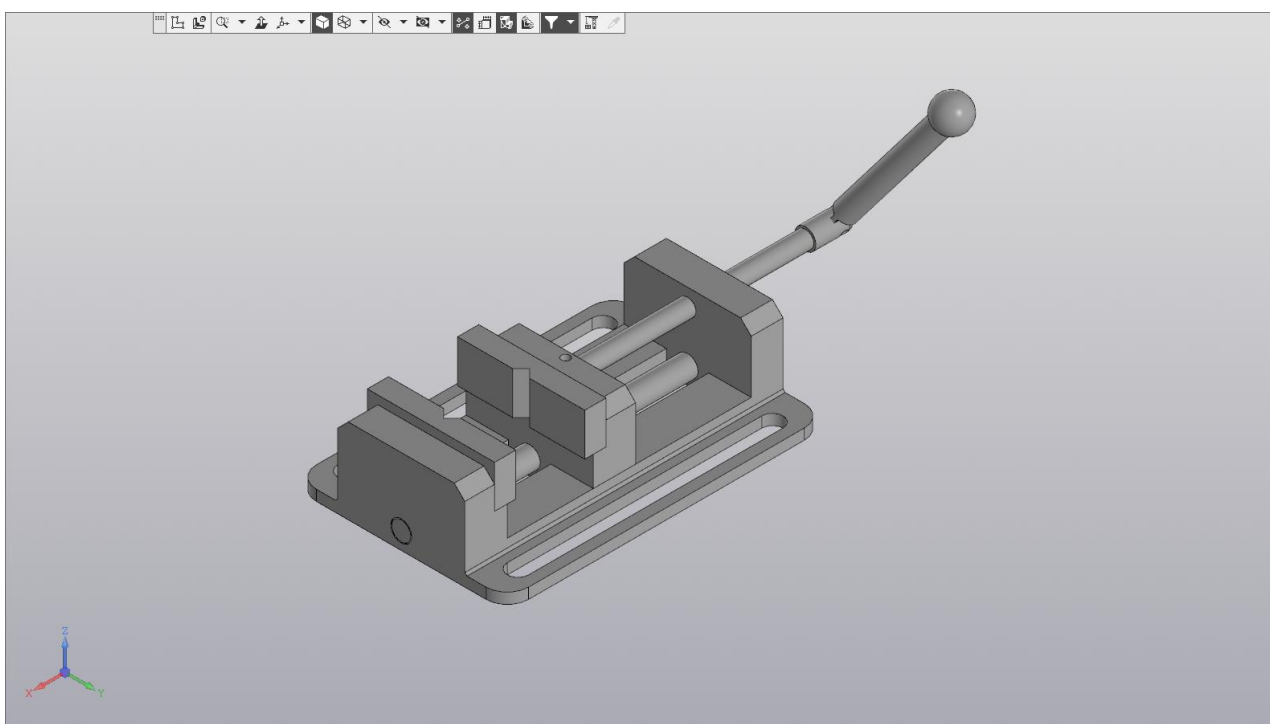


Рисунок 3.1а – 3Д модель пристрою – лещата самоцентрівні

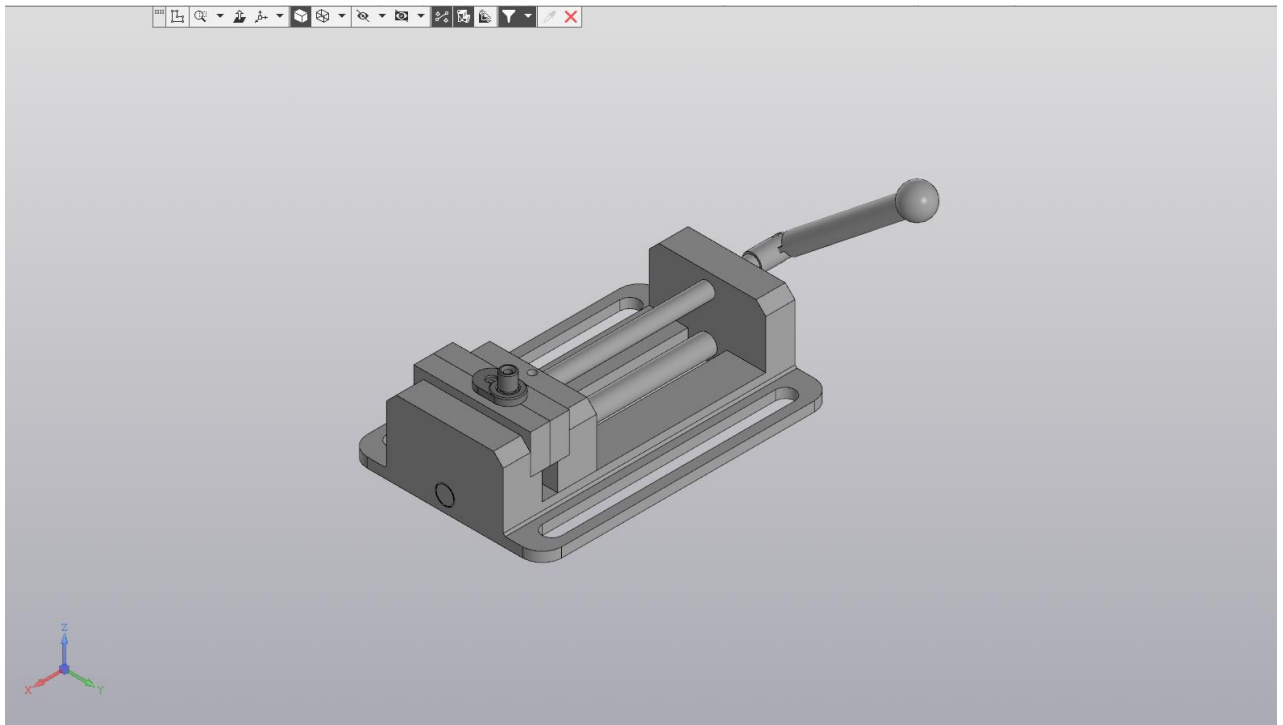


Рисунок 3.16 – 3Д модель пристрою – лещата самоцентрівні

3.1.2 Послідовність розроблення конструкції пристрою

Рекомендована послідовність проектувати верстатних пристроїв - наступна:

1. Визначити довжину робочого та холостого ходу станка, розміри стола та шпинделя, відстань від столу до шпинделя, відстань між центрами та висоту центрів. Ці дані потрібні для визначення габаритів пристроїв (розмірів, що залежать від характеристик верстата);
2. Визначити метод базування деталі враховуючи вибрані базові поверхні;
3. Потрібно ознайомитися з конструкцією та станом базових поверхонь заготовок, встановити дійсні розміри та їх відхилення це знадобиться для вибору конструкції опор;
4. Визначити напрямок дії сил різання, місце прикладення та напрямок затиску;
5. Визначити розташування установчих деталей пристрою та їхню кількість. При розташуванні опор потрібно враховувати напрямок дії сил затисків та розташовувати їх так, щоб дія сил різання сприймалось опорами, а не затискними пристроями;
6. Обрати тип затискного пристрою, в залежності від величини випуску деталей;
7. Обрати допоміжні деталі та механізми пристроїв. При визначенні їх конструкції та габаритів слід намагатися отримати як найменшу вагу та габарити, при цьому такий механізм повинен зберігати необхідну жорсткість та міцність;
8. Розробити специфікацію пристроїв з вказаними застосованими ГОСТами.

Для віднесення пристроїв до тієї чи іншої групи складності можна використати наступні ознаки:

1 група – невеликі пристрої (з габаритами до 200х200х200 мм) з простим корпусом (плита, стрижень), призначені для закріплення деталі та для переміщення разом з нею. Складаються з закріплених деталей однією – двома гайками чи рукоятками, з кількістю деталей до 5 (змінні губки, оправки, кулачки)

2 група – невеликі пристрої з корпусами середньої важкості (у виді П- та Г- подібні стінки, у виді комбінації двох – трьох циліндрів чи площин з циліндрами) та середніми габаритами від 200х200х200 до 500х500х500 мм. Призначені тільки для закріплення деталей.

3 група – невеликі пристрої з корпусами середньої важкості з складним принципом дії (з ділильними чи поворотними механізмами, з відносним рухомими частин), з простими чи середніми за складністю затисками. Середні за габаритами.

4 група – невеликі пристрої зі складними корпусами та середні пристрої з двох-/трьохстінними корпусами, з складним чи середнім за складністю принципом дії, з простими чи середніми затисками.

5 група – середні за габаритами пристрої зі складними корпусами та складним принципом дії, зі складними затисками.

3.2 Теоретичні та методологічні основи проектування верстатних пристроїв

3.2.1 Розрахунок похибок базування

При розрахунку похибки базування ε_6 для деталей, оброблюваних на налаштованих верстатах у серійному та масовому виробництві, можна прийняти частину значення ε_6 . Це обумовлюється тим, що при визначенні похибки базування приймається повне поле допусків та розрахунок ведеться по найбільшому та найменшому межовим розмірам D. Ймовірність виявлення деталей, з такими розмірами при обробці в умовах масового та серійного виробництва незначна. Враховуючи, що характер розподілу розмірів оброблюваних деталей близький до нормального. Для розрахунку похибки базування можна приймати коефіцієнт $k = 0,8 - 0,85$. При цьому відсоток ризику становитиме 1-1,3%. Тоді похибка базування буде розраховуватися за формулою:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{(\Delta\varepsilon_6)^2 + (\Delta\varepsilon_3)^2 + (\Delta\varepsilon_{np})^2}. \quad (3.1)$$

Похибка пристосування не зв'язана з процесом установки заготовок в пристосуваннях; тому її часто розраховують окремо, при визначенні точності.

Тоді

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{(\Delta \varepsilon_6)^2 + (\Delta \varepsilon_3)^2}. \quad (3.2)$$

Із навчального посібника [15] візьмемо значення $\Delta \varepsilon_3$, які потім будемо використовувати для розрахунків.

Схема базування в призмі. Формули наведено на рис. 3.5. Де TD – допуск на розмір, α – половина кута призми.

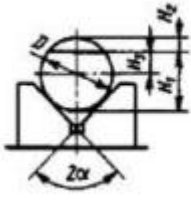
	H_1	$0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right)$
	H_2	$0,5 TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right)$
	H_3	$0,5 TD \frac{1}{\sin \alpha}$

Рисунок 3.5 – Формула похибки в залежності від розмірів деталі

Похибка базування ε_6 :

$$\varepsilon_6 = 0,5 TD \left(\frac{1}{\sin 60} - 1 \right) = 0,5 \times 100 \left(\frac{1}{\sin 60} - 1 \right) = 7,73 \text{ мкм.}$$

Похибку базування обираємо за таблицею:

Похибка закріплення $\Delta \varepsilon_3$:

Виходячи з впливу самоцентрівних лещат $\Delta \varepsilon_3 = 0$ мкм. Але на похибку закріплення також впливає і похибка виготовлення заготовки, а саме ливарні уклони торців, саме за які деталь і фіксується у пристосуванні. Кут нахилу такого торця дорівнює $2^\circ 34'$. При довжині основи $l = 15$ мм виходить:

$$\Delta \varepsilon_3 = l \times \sin \alpha = 0,483 \text{ мкм.}$$

Тоді

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{(\Delta \varepsilon_6)^2 + (\Delta \varepsilon_3)^2} = \sqrt{(7,73)^2 + (0,483)^2} = 7,74 \text{ мкм.}$$

3.2.2 Визначення похибок закріплення верстатного пристрою

3.2.3 Послідовність проектного розрахунку точності пристрою

3.3 Розрахунок затискних систем верстатних пристроїв

3.3.1 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки Q

Найбільші сили різання будуть виникати при свердлінні, тому будемо робити розрахунки виходячи з умови рівноваги на цій операції.

Вихідні дані:

- Інструмент – свердло DIN 338 HSS $\varnothing 13.5\text{мм}$;
- Швидкість різання $V = 12,08 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$;
- Частота обертання шпинделя $n = 256,476 \text{ об/хв}$;
- Сила різання: $P_z = 187,09 \text{ Н}$.

Визначимо необхідну силу затискача:

$$K \times P_z = P_z(f_{\text{оп}} + f_{\text{зм}}), \quad (3.3)$$

де,

$f_{\text{оп}} = 0,2$ – коефіцієнт тертя опори із заготовкою;

$f_{\text{зм}} = 0,2$ – коефіцієнт тертя затискних елементів із заготовкою.

Розрахунок сили затискача забезпечує його нерухоме закріплення під час обробки:

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3, \quad (3.4)$$

де,

$K_0 = 1,5$ – грантовий коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт одночасності обробки;

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт затуплення різального інструменту;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт режиму різання.

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 = 1,5 \times 1,2 \times 1,3 \times 1,2 = 2,808;$$

Тоді

$$Q = \frac{K \times P_z}{f_{\text{оп}} + f_{\text{зм}}} \rightarrow \frac{2,808 \times 187,09}{0,2 + 0,2} = 1,313 \times 10^3 \text{ Н}.$$

3.3.2 Розрахунок силових механізмів пристроїв

Знайдемо силу, що може прикласти робочий через важіль механізму:

$$F = \frac{Q \times (d_c \times \operatorname{tg}(\alpha + \varphi))}{L}, \quad (3.5)$$

де,

Q – необхідна сила затиску;

d_c – середній діаметр різьби;

L – довжина рукоятки лещат;

α – кут підйому різьби:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{P}{\pi d_c} = \operatorname{arctg} \frac{2}{3,14 \times 8} = 0,8^\circ; \quad (3.6)$$

φ – кут підйому різьби:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \frac{\beta}{2}} = \operatorname{arctg} \frac{0,2}{\cos \frac{30}{2}} = 11,69^\circ; \quad (3.7)$$

β – кут профілю різьби;

$$F = \frac{1,313 \times 10^3 \times (8 \times \operatorname{tg}(0,8 + 11,69))}{150} = 15,5 \text{ Н} = 1,55 \text{ кг.}$$

1. Таурит Г.Э., Пуховский Е.С., Добрянский С.С. Прогрессивные процессы резьбоформирования. К., Тэхника, 1975. 240 с.
2. Душинский В.В., Пуховский Е.С., Радченко С.Г. Оптимизация технологических процессов в машиностроении. К., Тэхника, 1977. 176 с.
3. Таурит Г.Э., Пуховский Е.С., Грищенко Е.Ю. Обработка крупногабаритных деталей. К., Тэхника, 1981. 208 с.
4. Пуховский Е.С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства. К., Выща школа, 1989. 240 с.
5. Пуховский Е.С., Мясников Н.Н. Технология гибкого автоматизированного производства. К., Тэхника, 1989. 207 с.
6. Пуховський Є.С. Прогресивні процеси обробки матеріалів. К., НТУУ(КПІ), (електронний ресурс), 2021. 138 с.
7. Пуховський Є.С. Безвібраційне багатолезове різання. К., НТУУ (КПІ), (електронний ресурс), 2022, 116 с.
8. Пуховський Є.С. Проектування верстатних систем гнучкого виробництва. К., НТУУ (КПІ), (електронний ресурс), 2020, 222 с.
9. Пуховський Є.С. Гнучкі виробничі системи машинобудівного виробництва. К., Вища школа. 1991, 218 с.
10. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Частина 1., К., НТУУ (КПІ). 2017. 286 с.
11. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М., Добрянський С.С. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Частина 2, К., НТУУ (КПІ). 2015, 204 с.
12. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М., Пуховський Є.С. Проектування і виробництво заготовок. К., НТУУ (КПІ). 2014. 354 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроения, 1986. – 495с.
14. «Общемашиностроительные нормативы времени» вспомогательного, на обслуживание рабочего времени и подготовительно – заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках, Научно-исследовательский институт труда, 1984. – 472с.
15. «Курсовое проектирование по технологии машиностроения» А.Ф. Горбачевич, В.А. Шкред, 1983. – 256с.

[illegible]

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

1. Ливарні ухили 1°...1°30'

2. Невказані граничні відхилення розмірів, форми та положення поверхонь по ОСТ 1 00022-80

3. Граничне відхилення маси ±0,017 кг

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кривошип					Лист	Масса	Масштаб		
Разраб.		Мирошник Я.М.											0,01489	1:1
Пров.		Пуховський Є.С.												
Т.контр.														
Н.контр.										КПІ ММІ				
Утв.														

СЧ25 ГОСТ 1412-85
Копировал
Формат А4

Перв. примен.				
Спроб. №				
Подп. и дата				
Инв. № дубл.				
Взам. инв. №				
Подп. и дата				
Инв. № подл.				

Technical drawing of a mechanical part with the following dimensions and specifications:

- Top view: Overall width 14, hole diameter $\phi 2$, outer diameter $\phi 3,37$, fillet radius $R2,5$, chamfer $0,5 \times 45^\circ$, and a slot with width 1,7 and depth 2.
- Side view: Overall height 22,5, hole diameter 7,44, surface finish $Ra2,5$, and chamfer $0,5 \times 45^\circ$.
- Bottom view: Chamfer $1 \times 45^\circ$, width 6, and surface finish $Ra6,3$ on the base.
- Other dimensions: 6,4, 4, and 17x2.

1. Ливарні ухили $1^\circ \dots 1^\circ 30'$
 2. Невказані граничні відхилення розмірів, форми та положення поверхонь по ОСТ 1 00022-80
 3. Граничне відхилення маси $\pm 0,0018$ кг

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Мироненко Я.М.		
Проб.		Пуховський Є.С.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Вставка в кривошип		Лист	Масса	Масштаб
			0,01282	2:1
СЧ25 ГОСТ 1412-85		Лист	Листов	1
		КПІ ММІ		

Копировал

Формат А4

Перв. примен.		Спроб. №		Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	

1. Ливарні ухили 1°...1°30'

2. Невказані граничні відхилення розмірів, форми та положення поверхонь по ОСТ 1 00022-80

3. Граничне відхилення маси ±0,0023 кг

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Шатун	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Мироненко Я.М.						0,01884	1,5:1
Проб.	Пуховський Є.С.					Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.					СЧ25 ГОСТ 1412-85		КПІ ММІ	

Копировав

Формат А4

