

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему «Розроблення процесу механічної обробки маточини
ведучого колеса електронавантажувача»

Виконав: студент групи Маш-41

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Володимир КОЛОМІЙЦЕВ
(ім'я та прізвище)

Керівник: канд. техн. наук, доцент
(нак. ступінь, вчене звання)

Олексій ШВЕЦЬ
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ І УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

Освітній ступінь «Бакалавр»
Спеціальність 133 - Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
Машинобудування
(назва кафедри)

(підпис)
професор Віталій ВЛАСОВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту

Коломійцеву Володимиру Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розроблення процесу механічної обробки маточини ведучого колеса електронавантажувача»

Керівник роботи _____
к.т.н., доцент Швець Олексій Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЛНУП від 27 листопада 2023 року №641/к-с

2. Строк подання студентом роботи до 17 червня 2024 року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, технічні характеристики та креслення деталі «Маточина», характеристики конструкційних матеріалів, методики розробки технологічних процесів, типові технологічні процеси механічної обробки деталі, методики розрахунку режимів різання, технічні характеристики металообробних верстатів, каталоги ріжучого інструменту, інструкції з охорони праці.

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

4.1. Аналіз вихідних даних про деталь; 4.2. Розробка технології виготовлення деталі; 4.3. Розробка керуючої програми; 4.4. Охорона праці; 4.5. Розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації в середовищі PowerPoint обсягом 10-12 листів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Швець О.П. доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М. доц. каф. ФІМтаБВ			

7. Дата видачі завдання “ _____ ” _____ 20__ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	Аналіз вихідних даних про деталь	22.01.23	
2	Розробка технології виготовлення деталі	16.02.23	
3	Розробка керуючої програми	15.03.23	
4	Охорона праці	12.04.24	
5	Розрахунок технологічної собівартості виготовлення деталі	10.05.24	
6	Оформлення пояснювальної записки	30.05.24	
7	Оформлення графічної частини	17.06.24	

Студент _____
(підпис)

Володимир КОЛОМІЙЦЕВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олексій ШВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

УДК 621.791; 62-522.7(075.8)

Коломійцев В. О. «Розроблення процесу механічної обробки маточини ведучого колеса електронавантажувача»: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 67 с.

Проведено аналіз конструкцій деталі «Маточина» ведучого колеса електронавантажувача, її матеріал, визначено технологічність деталі та розглянуто базову технологію її виготовлення.

Розроблено нову технологію механічної обробки деталі з використанням верстата з числовим програмним керуванням. Вибрано верстат та підібрано необхідний комплект інструменту. Розраховано режими різання та затрати часу на виконання операцій. Для обраного верстата складено керуючу програму.

Розглянуто питання охорони праці під час виконання операцій механічної обробки деталей на металорізальних верстатах.

Визначено собівартість технологічного процесу виготовлення маточини ведучого колеса електронавантажувача та економічний ефект від впровадження нової технології її механічної обробки..

Табл. 11; рис. 28; бібліогр. джерел 22; дод. 1.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРО ДЕТАЛЬ	7
1.1 Призначення деталі та рекомендовані матеріали	7
1.2 Аналіз робочого креслення деталі	8
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	10
1.3.1 Якісний аналіз технологічності	11
1.3.2 Кількісний аналіз технологічності	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу обробки деталі «Маточина»	12
Висновки за розділом	13
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	14
2.1 Вибір заготовки	14
2.2 Вибір технологічних баз	15
2.3 Розробка технологічних операцій механічної обробки деталі	18
2.4 Вибір технологічного обладнання	21
2.5 Вибір ріжучого та вимірювального інструменту	26
2.6 Характеристики ріжучого інструменту	30
2.7 Вибір режимів різання	36
2.8 Розрахунок технічних норм часу	39
Висновки за розділом	42
3 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ	43
3.1 Система керування SIEMENS SINUMERIK 840D sl	43
3.2 Основні та додаткові функції системи ЧПК	43
3.3 Розробка керуючої програми	45
Висновки за розділом	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	49
4.1 Загальні положення	49
4.2 Логічне моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків під час роботи на токарному верстаті	51

4.3	Розробка інструкції з охорони праці	53
4.3.1	Вимоги безпеки перед початком роботи	53
4.3.2	Вимоги безпеки під час виконання роботи	53
4.3.3	Вимоги безпеки після закінчення роботи	56
4.3.4	Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	57
	Висновки за розділом	57
5	РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	58
	ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	64
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	65
	ДОДАТКИ	67

ВСТУП

Обробка металів різанням є одним з основних технологічних процесів у машинобудуванні та металообробці. Стан і рівень розвитку технології механічної обробки конструкційних матеріалів є одним із визначальних факторів технічного прогресу. Але у відповідності до сучасного виробництва вони потребують постійного вдосконалення.

Основні тенденції вдосконалення процесів механічної обробки полягають у намаганні досягти максимального результату за мінімальних витрат. Досягти цього максимального результату можна такими шляхами:

- застосування високопродуктивних обробних центрів з програмним керуванням та якісного інструменту;
- збільшенням зони взаємодії інструменту з виробом;
- підвищенням інтенсивності взаємодії інструменту з виробом;
- забезпеченням узгодженості дії параметрів технологічної системи «верстат-деталь-інструмент»;
- максимальним використанням ресурсів системи.

Головним завданням сучасного машинобудівного виробництва є випуск високоякісної конкурентної продукції. Основними складовими якості виробів машинобудівної галузі є точність розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталей машин, їх шорсткість, а також фізико-механічні властивості матеріалу деталей і складальні з'єднання. Всі ці складові сьогодні в переважній більшості забезпечуються обробкою заготовок різними методами різання, а також різноманітними методами складання.

Створення конкурентної продукції сьогодні неможливо без урахування таких показників, як продуктивність і економічність виробництва. Тому важливе значення в технологічній підготовці виробництва має аналіз конструкції деталі на технологічність з точки зору складності, унікальності конфігурації деталі, дорожнечі і поширеності матеріалу, можливості використання при її обробці сучасних засобів механізації та автоматизації.

1. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРО ДЕТАЛЬ

1.1. Призначення деталі та рекомендовані матеріали

Деталь «Маточина» є частиною механізму трансмісії, а саме ведучого мосту вилкового електронавантажувача. Ця деталь служить посадочним місцем для ведучого колеса і передає на нього обертовий рух від півосі ведучого моста. До деталі висуваються високі вимоги щодо її міцності та зносостійкості.

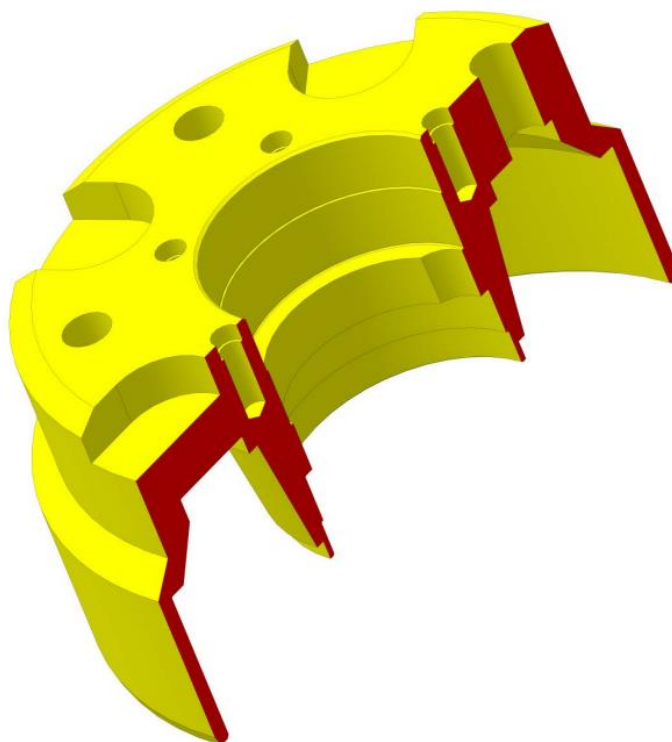


Рисунок 1.1 – Деталь «Маточина ведучого моста»

Деталь має масу 10,7 кг. Її виготовляють із сталі 35Л ДСТУ 8781:2018 [5]. Це нелегована сталь для виготовлення виливків для заготовок, з яких виготовляють деталі, які працюють під впливом середніх динамічних та статичних навантажень. У таблиці 1.1 наведено хімічний склад сталі 35Л, а в таблиці 1.2 наведено її механічні властивості сталі.

Зі сталі 35Л також виготовляють станини прокатних станів, зубчасті колеса, тяги, бігунки, засувки, балансири, діафрагми, котки, валки, кронштейни та інші деталі. Її заміниками можуть бути сталі 30Л, 40Л, 45Л.

Таблиця 1.1 – Характеристика хімічного складу сталі 35Л

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,32- 0,4%	0,2- 0,52%	0,4- 0,9%	до 0,3%	до 0,045%	до 0,04%	до 0,03%	до 0,03%	97%

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 35Л

Режим термообробки	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_5 , (%)	ψ , %	KCU (Дж/см ²)	НВ (HRC)
		Не менше					
Нормалізація 860-880 °С Відпуск 600-630 °С	До 100	280	500	15	25	35	-
Гартування 860-880 °С Відпуск 600-630 °С	До 100	350	550	16	20	30	-
Відпал 850 °С в печі	30	255	530	19	34	49	146
Відпал 950 °С в печі				22	39	64	143

1.2. Аналіз робочого креслення деталі

Технічні вимоги до деталі відповідають вимогам до деталі типу фланець. На рис. 1.2, 1.3 наведені креслення деталі.

На основі аналізу технічних вимог сформульовано технологічні завдання:

1. Забезпечити точність розмірів:

- основних отворів за 7-м квалітетом: $\varnothing 85P7$ є базою Г, $\varnothing 90P7$ є базою Д;
- інших отворів за 9-м квалітетом: $\varnothing 86H9$, $\varnothing 92H9$, віссю отворів є база;
- 5 отворів за 12 кваліфікацією: $\varnothing 16H12$.
- інші розміри: діаметральних: $\varnothing 208_{-1,15}$, $\varnothing 227_{-1}$, $\varnothing 216,7^{+0,115}$; $\varnothing 182,5^{+0,8}$; $\varnothing 96_{-0,87}$; $\varnothing 83,2^{+1}$; $\varnothing 104 \pm 0,07$;
- за Н14 – $\varnothing 195$; $\varnothing 160$; $\varnothing 227_{-1}$; $\varnothing 122_{-1}$; $\varnothing 115$; $\varnothing 72$;
- кутових: $45^\circ \pm 2^\circ$, $30^\circ \pm 2^\circ$, $15^\circ \pm 2^\circ$, $35^\circ \pm 2^\circ$.
- лінійних: $46^{+1,5}_{-1}$; 5^{+1} ; $114_{-0,37}$; 60^{+1} ; $35^{+0,62}$; $30,5^{+0,34}$; $13 \pm 0,43$; $21^{+0,5}$; $7^{+1,5}$; 36^{+1}_{-3} ; 15^{+1}_{-3} ; 4 ± 3 ; $44^{+0,34}$; $22 \pm 0,52$; 30^{+2} ; 24 ± 1 ; 40 .

2. Забезпечити точність розташування поверхонь:

- співвісності отворів $\text{◎ } \phi 0,05 \text{ B}$: $\phi 85\text{P7}, \phi 90\text{P7}$ - відносно бази В; $\phi 182,5_{+0,8}, \phi 160$ $\text{◎ } \phi 0,15 \text{ Г}$ - відносно бази Г;
- позиціонування 5-ти отворів $\text{⊕ } \phi 0,1$: $\phi 16\text{H12}$;
- радіальне биття: $\phi 216_{+0,115}$ - $\text{↗ } 0,1 \text{ ГД}$, $\phi 195$ - $\text{↗ } 0,05 \text{ ГД}$ відносно баз Г та Д;
- перпендикулярність торця: 227_{-1} $\text{⊥ } 0,8 \text{ ГД}$ відносно баз Г і Д.

3. Забезпечити якість поверхонь:

- шорсткість базових поверхонь отворів:
 $Ra 2,5$ - $\phi 85\text{P7}, \phi 90\text{P7}, \phi 86\text{H9}, \phi 92\text{H9}, \phi 216,7_{+0,115}$;
 $Ra 3,2$ - $\phi 85\text{P7}, \phi 90\text{P7}, \phi 86\text{H9}, \phi 92\text{H9}$, 5 відп. $\phi 16\text{H12}$, 6 відп. M10-5H6H ;
 $Ra 6,3$ - 6 відп. $\text{M10-5H6H/10,2H11}^{(+0,11)} \times (6 \pm 0,5)$, $\phi 227_{-1}$.
- інших неказаних поверхонь $Ra 12,5$.
- отвір $\phi 72$ та внутрішня порожнина не оброблена – $Rz 200$.

4. Забезпечити виконання інших технічних вимог, зазначених на кресленні:

- взаємне розташування відп. Е і Ж і пазів довільне.
- допускається на поверхню І, М ділянки поверх. з шорсткістю в стан поставки або слід від інструмента глибиною до 0,5 мм не більше одного витка.
- фаска Н, варіанти А на $\phi 85,5^{+1}$ та Б на $\phi 90,5^{+1}$ технологічні.
- дозволяється на поверхню К врізатись до 0,1мм.
- покриття поверхні Л-Емаль НЦ-11 чорна ГОСТ 9198-83 (3). Т1.
- хім. фос. прп. клей БФ-2 або БФ-4 ГОСТ 12172-74 поверхня Л - Емаль НЦ-11 чорна ГОСТ 9198-83 (3). Т1.
- неказані граничні відхилення розмірів діаметрів по $h14, H14$ інших ІТ14/2.

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції полягає в оцінці можливості виготовлення деталі за заданим кресленням. Виконаємо оцінку технологічності деталі з урахуванням її креслення (рис. 1.2, 1.3).

Оцінка технологічності проводиться якісно та кількісно за ГОСТ 14.201-83. Деталь вважатиметься технологічною в тому випадку, коли її конструкція дозволяє застосовувати заготовку, у якої форма та розміри раціональні та максимально наближені до форми та розмірів готової деталі, а також використовувати високоефективні процеси обробки.

Основні вимоги до технологічності:

- обґрунтований вибір матеріалу деталі та відповідність вимог якості поверхневого шару із маркою матеріалу деталі;
- скорочення числа установок заготовки під час обробки;
- можливість використання стандартизованих та нормалізованих ріжучих інструментів та вимірювальних приладів; забезпечення високоефективних умов роботи ріжучого інструмента;
- уніфікація форми та розмірів оброблюваних елементів, що дозволить виконати обробку їх мінімальним числом інструментів та використання типових підпрограм на верстатах із ЧПК.

1.3.1. Якісний аналіз технологічності

1. Конфігурація деталі та матеріал дозволяє застосовувати найбільш прогресивні заготовки, які скорочують обсяг механічної обробки.

2. При конструюванні виробу використовуються прості геометричні форми, що дозволяють застосовувати високопродуктивні методи обробки. Наявна зручна та надійна технологічна база в процесі обробки.

3. Обґрунтовано задані вимоги до точності розмірів та форми деталей.

4. Для зниження обсягу механічної обробки заготовка для деталі виготовляється литтям у кокіль.

5. Забезпечено достатню жорсткість деталі.

6. Передбачена можливість зручного підведення жорсткого та високопродуктивного інструменту до зони обробки деталі.

7. Забезпечено вільний вхід та вихід інструменту із зони обробки.

1.3.2. Кількісний аналіз технологічності

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі виробляють за такими коефіцієнтами [19]:

1. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad ()$$

де $M_{\text{д}}$ - маса деталі за кресленням, кг;

$M_{\text{з}}$ – маса матеріалу, який витрачається на виготовлення деталі, кг.

$$K_{\text{вм}} = \frac{10,7}{17,3} = 0,62$$

2. Коефіцієнт точності обробки деталі:

$$K_{\text{то}} = \frac{T_{\text{н}}}{T_{\text{д}}}, \quad ()$$

де $T_{\text{н}}$ – число розмірів необґрунтованого ступеня точності обробки;

$T_{\text{д}}$ - загальна кількість розмірів, які підлягають обробці.

$$K_{\text{то}} = \frac{5}{40} = 0,125$$

3. Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі:

$$K_{\text{ш}} = \frac{\text{Ш}_{\text{к}}}{\text{Ш}_{\text{о}}}, \quad ()$$

де $\text{Ш}_{\text{к}}$ – кількість поверхонь деталі, з необґрунтованою шорсткістю, шт.;

$\text{Ш}_{\text{о}}$ – загальна кількість поверхонь деталі, які підлягають обробці, прим.

$$K_{\text{ш}} = \frac{3}{40} = 0,075$$

За якісними та кількісними показниками деталь є досить технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу обробки деталі «Маточина»

У базовому технологічному процесі механічної обробки деталі використовується універсальне обладнання та універсальний ріжучий інструмент, маршрут виготовлення деталі та норми часу на кожну операцію механічної обробки представлені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Операції базового технологічного процесу

Номер операції	Операція	Обладнання	$T_{шт-к}$, хв
300	Контрольна		
305	Фрезерна	Вертикально-фрезерний 654	25
310	Слюсарна		
315	Токарна	Токарний п/а 1Б284-6	21,4
320	Токарна	Токарний п/а 1Б284-6	18,3
325	Слюсарна		
330	Зварювальна		
450	Токарна з ЧПК	Токарний п/а TZС-32	22
455	Токарна з ЧПК	Токарний п/а TZС-32	29,6
465	Фрезерна	Вертикально-фрезерний 6Н13	5,4
470	Слюсарна		
475	Агрегатний	Агрегатний 11А809Н	26,8
480	Свердлильна	Радіально-свердлильний 2Н55	9
485	Слюсарна		
490	Свердлильна	Радіально-свердлильний 2Н55	6,6
500	Промивна		
505	Маркувальна		
510	Слюсарна		
515	Контрольна, хв		
			$T_{шт-к} = \sum 164,1$

Висновки за розділом

В результаті аналізу встановлено, що деталь є досить технологічною хоч і має багато оброблюваних поверхонь. Наявне креслення та характеристики матеріалу дозволяють ефективно виконувати її механічну обробку.

2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1. Вибір заготовки

Вибір заготовки для подальшої механічної обробки є одним із найважливіших етапів проектування технологічного процесу виготовлення деталі [19, 21]. На вибір заготовки впливають такі фактори:

- Матеріал - сталь 35Л [5].
- Обсяг та тип виробництва – річна програма випуску - 900 штук; виробництво – середньосерійне.
- Тип деталі – фланець.
- Розмір деталі та обладнання, на якому вона виготовляється.
- Економічність виготовлення заготовки.

У базовому технологічному процесі заготовку отримують литтям у піщані форми, але під час аналізу заводського технологічного процесу було вирішено змінити спосіб виготовлення деталі, оскільки лиття в піщані форми є найбільш універсальним методом, але потребує великих затрат часу, тому як орієнтовний спосіб вибираємо лиття в кокіль.

Лиття в кокіль економічно доцільне за величини партії не менше 300-500 шт. для дрібних виливків та 30-50 шт. для великих виливків. Цим способом можна отримувати виливки масою 0,25-7 т. Процес кристалізації сплаву при литті в кокіль прискорюється, що сприяє отриманню виливків із щільною і дрібнозернистою будовою, а отже, з гарною герметичністю та високими фізико-механічними властивостями [10].

У технологічних вимогах заготовки базового технологічного процесу вказана точність виливки 11т-0-0-11т. Ця вимога так само дотримується для кокільного лиття.

За ГОСТ 26645-85 точність виливки 11т-0-0-11т розшифровується в такий спосіб:

11т – клас розмірної точності;

0 - ступінь жолоблення;

0 – ступінь точності поверхонь;

11т - клас точності маси виливка [2].

Також за ГОСТ 26645-85 обрані припуски на механічну обробку. Заливка кокільної форми проводиться знизу, це допоможе зменшити загальну вагу заготовки, отже, припуски на всі розміри заготовки дорівнюватимуть 3,5 мм. Вид заготовки з усіма розмірами представлений на кресленні (рис. 2.1).

Далі проведемо економічне порівняння отримання заготовок литтям в піщані форми та литтям у кокіль.

Порівняння методів отримання заготовки за коефіцієнтом використання металу.

$$K_{в.м} = \frac{m_d}{m_3}, \quad (2.1)$$

де m_d – маса деталі, кг;

m_3 – маса заготовки, кг;

При литті в піщані форми

$$K_{в.м} = \frac{10,7}{18,6} = 0,58$$

При литті в кокіль

$$K_{в.м} = \frac{10,7}{17,3} = 0,62$$

В результаті порівняння двох варіантів виготовлення заготовки можна зробити висновок, що економічно вигідно виготовляти заготовку литтям у кокіль, оскільки для неї коефіцієнт використання матеріалу є вищим.

2.2. Вибір технологічних баз

Для вибору технологічних баз під час обробки маточини ви користуємо основні принципи та вимоги до них [8]:

- принцип суміщення баз, коли за технологічні бази приймають основні бази, тобто конструкторські бази, які використовуються для визначення положення деталі у виробі. У випадку, якщо виникає розбіжність технологічних

та конструкторських баз, необхідно перерахувати допуски, задані конструктором, у бік їх зменшення;

- принцип сталості баз, коли на всіх основних операціях використовують одні й самі бази. Для дотримання цього принципу можна створювати бази, які не мають конструктивного призначення (наприклад, центрові гнізда валів тощо);
- вимога хорошої стійкості та надійності установки заготовки.

Слід пам'ятати, що найбільша точність досягається за умови використання на всіх операціях механічної обробки одних і тих самих комплектів баз, тобто за дотримання принципу їх єдності.

Оцінка точності базування під час виконання кожної наступної операції проводиться в такому порядку:

1. Встановити чи дотримується принцип суміщення баз з дотримання заданих розмірів. При цьому слід розглянути основні розміри або групи ідентичних розмірів деталі за різними координатними напрямкам (наприклад, для циліндричної деталі – осьові розміри, радіальне биття поверхонь тощо). Якщо зазначений принцип дотримується, похибка базування буде рівна нулю, а аналіз точності базування на цьому закінчують.

2. Якщо принцип суміщення баз не дотримується, слід встановити чи впливає це на точність обробки за даними параметрами.

Слід мати на увазі те, що дуже часто точність розмірів забезпечується за рахунок налагодження інструментів і не залежить від базування. Розглянемо випадки базування заготовки на основних операціях її обробки.

Під час виконання операція 015 (токарна) використовують токарно-гвинторізний верстат 1М63. На цій операції виконують чорнову обробку заготовки та готується чорнова база для наступної її установки на верстаті з ЧПК. Заготовка затискається в грибоквих центрах за внутрішній отвір, причому один із центрів має бути рифлений, для того щоб передати деталі обертання від шпинделя [12]. Таке базування дозволяє обробити чорнову базу відносно осі, тобто відносно конструкторської бази В.

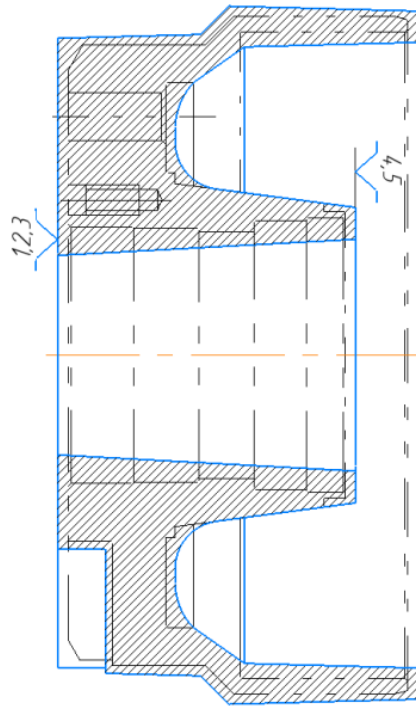


Рисунок 2.1 – Базування деталі на операції 015

Для операції 020 (токарно-фрезерна з ЧПК) застосовується токарно-фрезерний верстат DMG MORI CTX beta 800 TC. Деталь встановлюється в трикулачковому самоцентрованому патроні. Так як вона має малу товщину стінки, то для сильнішого затискання деталі кулачками патрона на її поверхню встановлювали розрізне цангове кільце.

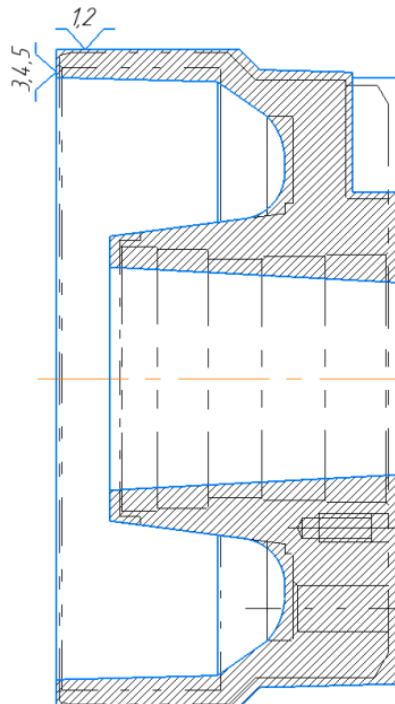


Рисунок 2.2 – Базування деталі в трикулачковому патроні (Установ А)

За перший установ обробляється базова поверхня, а саме база Г та всі інші поверхні які доступні для обробки на цьому верстаті.

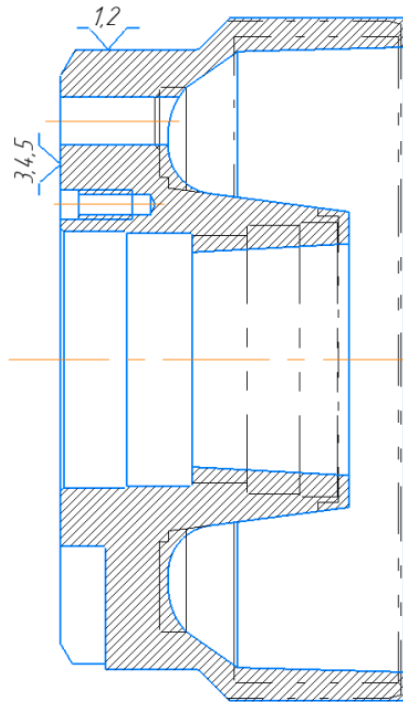


Рисунок 2.3 – Базування деталі у трикулачковому патроні (Установ Б)

При установі Б базування здійснюють по зовнішній поверхні – $\varnothing 208_{-1,15}$, оскільки вона була оброблена в одному установі з базою Г. Це дозволяє при подальшій обробці витримати розміри та допуски, задані на кресленні вимоги за точністю.

2.3. Розробка технологічних операцій механічної обробки деталі

У базовому технологічному процесі механічної обробки деталі використовується універсальне обладнання та універсальний ріжучий інструмент. У проектованому технологічному процесі пропонується замінити універсальне обладнання на токарно-фрезерний верстат з ЧПК марки DMG MORI CTX beta 800 TC та універсальний верстат 1M63. У зв'язку з виконанням більшої частини операцій на верстаті з ЧПК пропонується наступний удосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Маточина» (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Технологічний маршрут механічної обробки деталі «Маточина»

№ операції	Назва та короткий зміст операції	Інструмент	Обладнання
015	Точити поверхню 1. Підрізати торець 2.	Різець прохідний упорний 2101-0007 T15K6 ГОСТ 18879-73	Верстат 1М63
020 Установ А	1. Підрізати торець 1, 2 попередньо, точити п. 3, 4, 5, 6, 7 попередньо. 2. Підрізати торець 1, 2 остаточно, точити п. 3, 4, 5, 6 з утворенням R_1^{+1} , 7 остаточно. 3. Розточити п. 8, 9, 10, 11 попередньо. 4. Розточити п. 8, 10 з утворенням $R_{0,5}^{+0,5}$, 9, 11, 12 остаточно. 5. Розточити канавку, п. 13, 14. 6. Зацентрувати 6 отв. 15 на глибину $L=2$. 7. Свердлити під різьблення М10-5Н6Н 6 отв. пов. 15 на глибину $L=30^{+2}$ попередньо. 8. Свердлити під різьблення М10-5Н6Н 6 отв. пов. 15 на глибину $L=30^{+2}$ остаточно. 9. Фрезерувати 6 глухих отв. пов. 15 на глибину $L=6\pm 0,5$. 10. Нарізати різьблення в 6 отв. пов. 15 на глибину $L = 24\pm 1$. 11. Зацентрувати 5 отв. 16 на глибину $L=2$. 12. Свердлити 5 наскрізних отв. 16 попередньо. 13. Свердлити 5 наскрізних отв. 16 остаточно.	Різець чорновий з пластиною WNMG080408-B25 «KORLOY» та державкою DWLNI2525-M08 «KORLOY»; Різець чистовий з пластиною WNMG080408-B25 «KORLOY» та державкою DWLNI2525-M08 «KORLOY»; Різець розточний чорновий з пластиною CNMG120408-GS «KORLOY» та державкою H63T-A25K-DCLNL 12 «KORLOY»; Різець розточний чистовий з пластиною CNMG120404-LP «KORLOY» та державкою H63T-A25K-DCLNL 12 «KORLOY»; Різець канавковий з пластиною IG200 «KORLOY» та державкою IGH220L «KORLOY»; Свердло центральне $\varnothing 2,5$ 111000 «CARANT»; Свердла: $\varnothing 6$ 113260 «CARANT», $\varnothing 8,5$ 113260 «CARANT»,	Обробний центр DMG MORI CTX beta 800 TC

	14.Фрезерувати 5 пазів 17 на глибину $L = 15_{-1}^{+3}$	Ø16 113150 «CARANT»; Фреза кінцева: Ø8 191360 «HOLEX», Ø22 191360 «HOLEX»; Мітчик M10 134620 " CARANT "	
020 Установ Б	1.Підрізати торці 18, 19. 2.Точити пов. 20, 21, 22. 3. Розточити пов. 23, 24 попередньо. 4. Розточити пов. 23 з утворенням $R0,5^{+0,5}$, 24, 25 остаточно. 5. Розточити пов. 26, 27, 28, 29 попередньо. 6. Розточити пов. 26, 28 з утворенням $R0,5^{+0,5}$, 27, 29 та фаскою 30 остаточно. 7. Розточити канавку, пов. 31, 32. 8.Точити пов. 33, 34 з утворенням $R0,5^{+1}$, 35, 36. 9. Розточити пов. 33, 37 з утворенням $R0,5^{+0,3}$. 10.Точити пов. 38, 39. 11.Зенкерувати 5 фасок 40. 12.Фрезерувати два радіусні пази 41.	Різець чистовий з пластиною WNMG080408-B25 «KORLOY» та державкою DWLNI2525-M08 «KORLOY»; Різець розточний чорновий з пластиною CNMG120408-GS «KORLOY» та державкою H63T-A25K-DCLNL 12 «KORLOY»; Різець розточувальний чистовий з пластиною CNMG120404-LP «KORLOY» та державкою H63T-A25K-DCLNL 12 «KORLOY»; Різець канавковий з пластиною IG200 «KORLOY» та державкою IGH220L «KORLOY»; Різець розточувальний правий/лівий з пластиною VCMT160408-HMP «KORLOY» та державкою S16Q-SVJCR/L-08 «KORLOY»; Фреза кінцева Ø24 191280 «CARANT»; Зенківка Ø20,5 150378 «CARANT»	Обробний центр DMG MORI CTX beta 800 TC

2.4. Вибір технологічного обладнання

Технологічне обладнання – це комплекс елементів, які забезпечують виконання процесу виготовлення деталей з заданою точністю та продуктивністю з оптимальними витратами на виробництво.

Раціональний вибір всіх елементів: металорізального обладнання, установчо-затискних пристроїв, ріжучого, вимірювального та допоміжного інструменту дозволять забезпечити оптимальні режими різання та високу продуктивність.

Вибір технологічного обладнання – верстатів залежить від:

- типу виробництва, необхідної продуктивності та його собівартості;
- методу обробки окремих елементів деталі;
- габаритних та оброблюваних розмірів;
- потужності, яка потрібна для різання;
- можливості забезпечення точності розмірів та форми;
- ступеня зручності та безпеки роботи верстата.

Для даної технології виберемо два верстати: верстат токарно-гвинторізний моделі 1M63 та токарно-фрезерний верстат з ЧПК марки DMG MORI CTX beta 800 TC з новим ультракомпактним токарно-фрезерним шпинделем.

Токарно-гвинторізний верстат моделі 1M63 є швидкісним універсальним верстатом, призначеним для виконання різноманітних токарно-гвинторізних робіт по чорних та кольорових металах, включаючи точіння конусів і нарізування метричної, модульної, дюймової та питчевої різьблень [6].

Жорстка конструкція верстата, висока межа частоти обертання шпинделя (1250 об/хв) та порівняно велика потужність приводу (15 кВт) дають можливість використовувати його як швидкісний верстат із застосуванням різців із швидкорізальної сталі та твердих сплавів.

Технічні характеристики верстата наведено у таблиці 2.2.

На даному верстаті проводитиметься чорнова операція, а саме підготовка чорнкової бази шляхом затискання деталі в центрі та видалення шару металу із залишками ливарної системи.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики токарно-гвинторізного верстата 1М63

Найменування параметрів	Од. вим.	Значення
1	2	3
Найбільший діаметр виробу, який встановлюється над станиною	мм	700
Найбільший діаметр виробу, який обробляється над станиною	мм	630
Найбільший діаметр виробу, який обробляється над супортом	мм	350
Найбільший діаметр виробу, що обробляється над порожниною станини	мм	900*
Найбільша довжина оброблюваної заготовки	мм	1500
Розмір кінця шпинделя передньої бабки за DIN		11М
Кількість ступенів частот обертання шпинделя		22
Діаметр циліндричного отвору в шпинделі	мм	105
Межі частоти обертання шпинделя	об/хв	10...1250
Межі поздовжніх робочих подач супорта	мм/об	0,033...5,6
Межі поперечних робочих подач супорта	мм/об	0,013...2,064
Межі робочих подач різцетримача	мм/об	0,010...1,76
Межі кроків нарізання метричних різьб	мм	1...224
Межі кроків нарізання дюймових різьб	ниток/1"	28-0,25
Межі кроків нарізних модульних різьб	модуль	0,25-56
Межі кроків нарізних пітчевих різьб	пітч	112 ... 0,5
Прискорене переміщення поздовжнього супорта	мм/хв	5,2
Прискорене переміщення поперечного супорта	мм/хв	2
Найбільша вага заготовки	кг	3500
Потужність приводу головного руху	кВт	13
Габаритні розміри верстата:		
- довжина	мм	3750
- ширина	мм	1780
- висота	мм	1550
Маса токарно-гвинторізного верстата	кг	4840

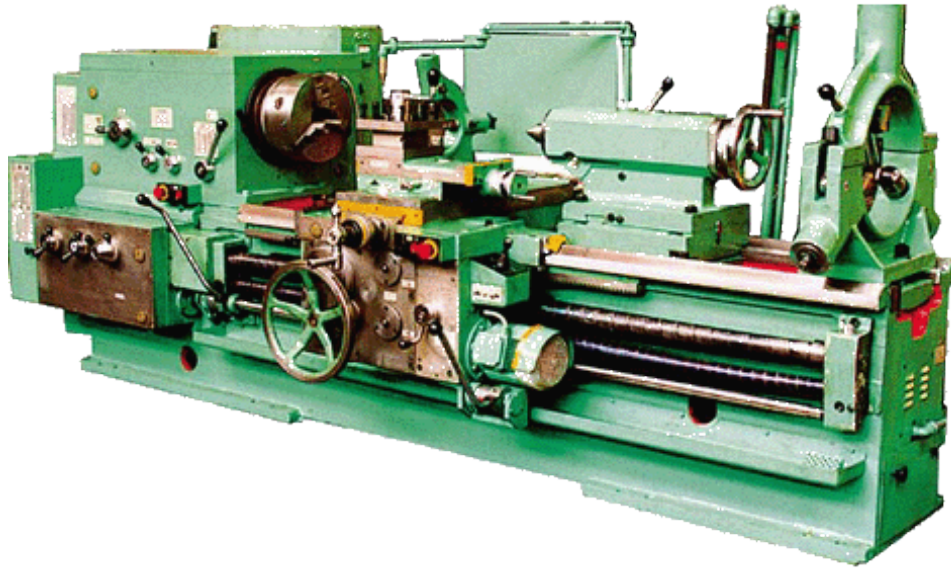


Рисунок 2.4 – Токарно-гвинторізний верстат моделі 1М63

Токарно-фрезерний верстат DMG MORI CTX beta 800 TC являє собою максимально маневрений верстат у сфері токарної та фрезерної обробки заготовок діаметром до 500 мм та довжиною обробки до 850 мм. Верстат представлений у новому загальному дизайні, з покращеною функціональністю та стійкістю до пошкоджень [6, 18].

Його переважаючими технічними характеристиками це; хід по осі Y 200 мм; ключовий елемент верстата - вісь В з лінійним приводом та діапазоном повороту 110 °; верстат укомплектований новим малогабаритним токарно-фрезерним шпинделем. Компактний дизайн шпинделя із вбудованим гідравлічним циліндром для затиску інструменту має довжину всього 350 мм та забезпечує крутний момент 120 Нм. Також витрати на устаткування знижені, так як в його магазині можуть використовуватися стандартні інструменти для похилих поверхонь та порожнин. Крім ґрунтовно збільшеної маневреності та продуктивності, CTX beta 800 TC доступний за привабливою ціною та надає можливості ефективної токарно-фрезерної обробки невеликих деталей.

На даному верстаті використовується стійка версії Operate 4.5 SIEMENS 840D solutionline у базовій комплектації та забезпечений панеллю управління ERGOline з 19-дюймовим екраном. У доповненням до різноманітних можливостей верстата наявні 12 унікальних технологічних циклів, за допомогою яких час програмування може бути зменшено на 60% [4, 18].



Рисунок 2.5 – Токарно-фрезерний верстат - DMG MORI CTXbeta 800 TC

Технічні характеристики верстата наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики верстата DMG MORI CTX beta 800 TC

Параметр	Од. вим.	Значення
1	2	3
Робоча зона		
Максимальний діаметр точіння	мм	500
Максимальна довжина точіння	мм	800
Максимальна відстань від головного шпинделя до задньої бабки (без патрона)	мм	1020
Головний шпиндель		
Частота обертання вбудованого мотор-шпиндель із віссю С (0,0001°)	об/хв	5000
Потужність при тривалості включення 100% (АС)	кВт	33

1	2	3
Крутний момент при тривалості включення 100%	Нм	580
Максимальний внутрішній діаметр затискної втулки	мм	102
Протишпиндель (опція)		
Частота обертання вбудованого мотор-шпиндель із віссю С (0,0001°)	об/хв	6000
Потужність при тривалості включення 100% (АС)	кВт	12
Крутний момент при тривалості включення 100%	Нм	170
Токарно-фрезерний шпиндель		
Максимальна частота обертання	об/хв	20000
Крутний момент при тривалості включення 100%	Нм	87
Вісь В		
Діапазон переміщення осі	град.	220
Інструментальний магазин		
Максимальна кількість позицій інструмента	позицій	80
Максимальний діаметр інструменту	мм	120
Верхній супорт для токарно-фрезерного шпинделя		
Хід по осях Х	мм	480 [+470-10]
У		±100
Z		845
Прискорений хід по осях Х	м/хв	36
У		40
Z		40
Розміри верстата		
Займана площа в базовій комплектації з транспортером стружки, без внутрішньої подачі ЗОЖ	м ²	10,2

2.5. Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

Для того, щоб досягти максимальної продуктивності та чудової якості оброблення деталей кожен ріжучий інструмент для верстатів з ЧПК обов'язково має відповідати певним вимогам, які задовольняють низку умов:

- стабільність ріжучих властивостей;
- правильне формування та виконання відведення стружки;
- універсальність використання для обробки різного виду деталей на різнотипних верстатах;
- швидку їх змінність для переналагодження, обробки інших деталей або зміни затупленого інструменту;
- забезпечення необхідної точності обробки деталей.

Ретельний відбір та підготовка необхідних інструментів забезпечує технічну надійність, автоматизацію робочого процесу верстата з ЧПК, включає відповідність високого рівня міцності таких пристроїв з їхньою універсальністю.

Для обробки на верстатах із ЧПК пропонується використовувати інструменти наступних марок: «KORLOY», «GARANT», «HOLEX», а також вітчизнані різці з твердосплавного матеріалу [7].

Інструменти даних марок підходять за своїми властивостями та надійністю, а також вибір цих інструментів залежав від їх вартості. Усі інструменти вибиралися із каталогів 2022-2024 років, випущеними даними фірмами.

В технології обробки маточини пропонується використовувати такі різальні інструменти:

Операція 015 "Токарна" - Різець 2102-1106 Т15К6 ГОСТ 18877-73: різець прохідний відігнутий правий з напаяною пластиною з твердосплавного матеріалу Т15К6 [20].

Операція 020 «Токарно-фрезерна з ЧПК» – оскільки на цій операції використовуються сучасні різальні інструменти, представимо розшифровку маркування різальних пластин, державок, осьових інструментів на рисунках 2.6, 2.7 та 2.8 [7].

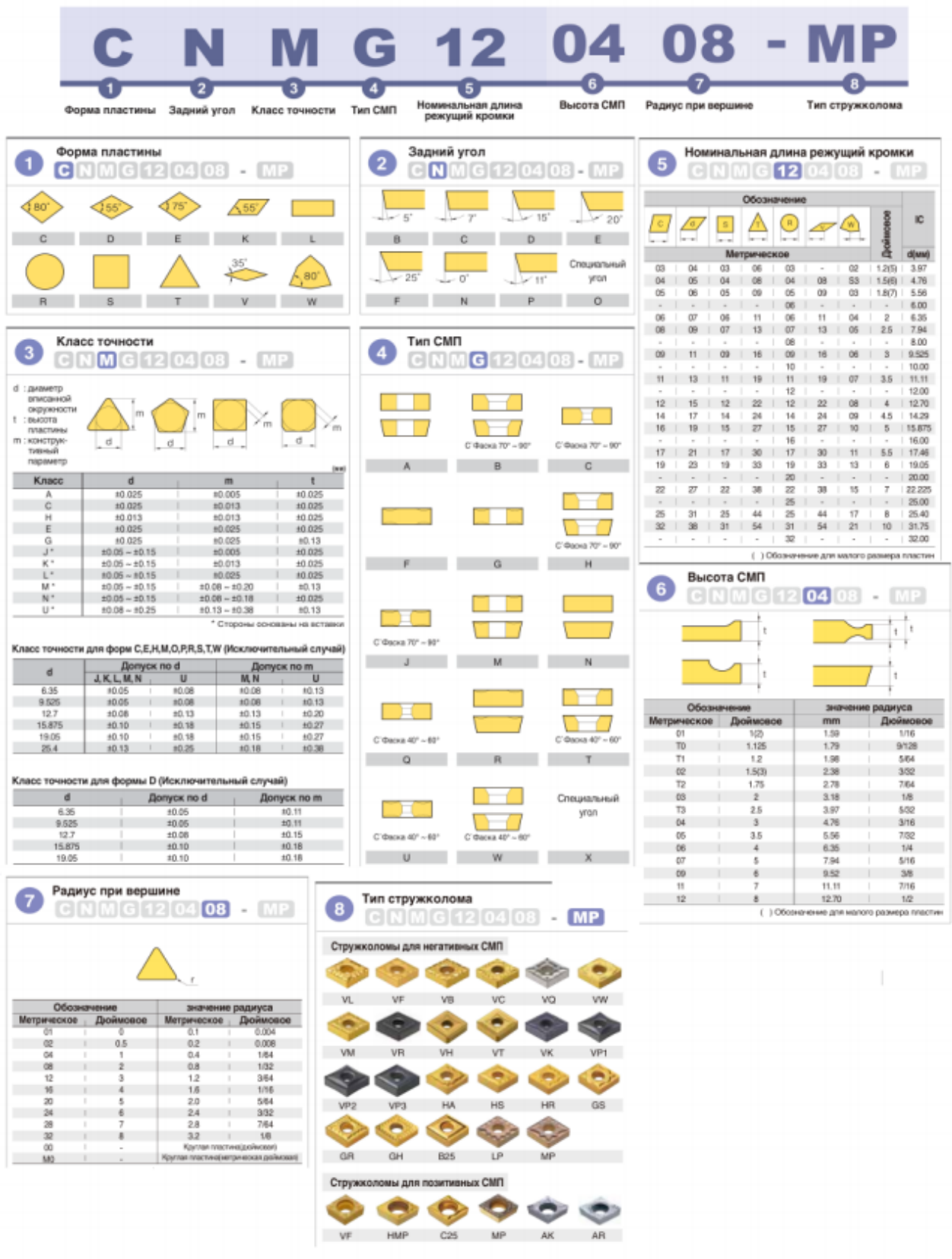


Рисунок 2.6 – Позначення токарних СМП за ISO від компанії «KORLOY»

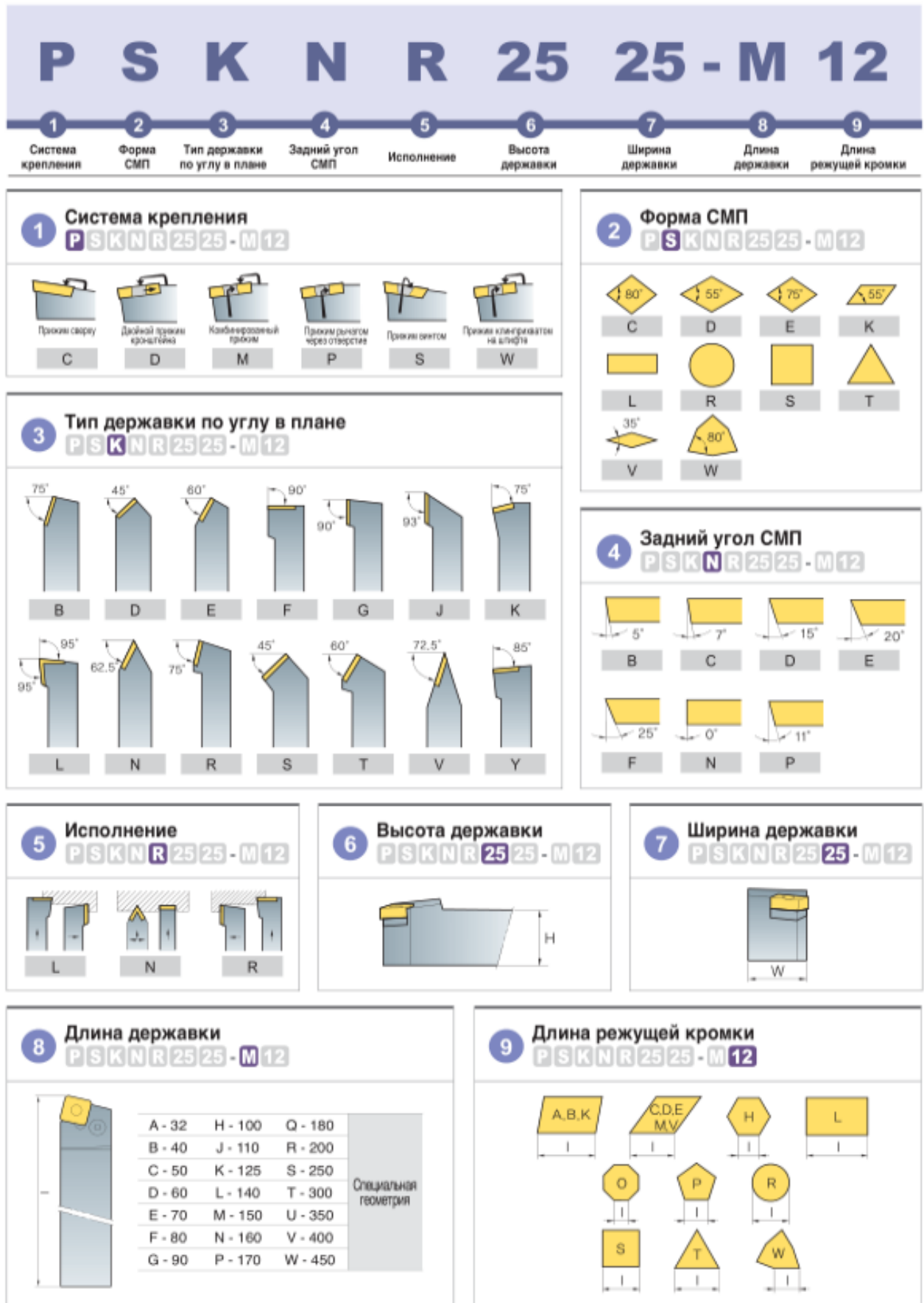


Рисунок 2.7 – Позначення державок для зовнішнього точіння за ISO від компанії «KORLOY»

Інструментальний матеріал	HSS E	Быстрорежущая сталь, легированная кобальтом (5%)	HSS E-PM	Порошковая быстрорежущая сталь	VHM	Межзернистый цельный твердый сплав, группы сплавов K10-K40 и P40	HSS E-SPM	Специальная порошковая быстрорежущая сталь, с высоким содержанием кобальта
	PKD	Поликристаллический алмаз	Кермет	Кермет				
Тип	Тип N	Тип N = нормальный		Твердосплавный роутер с разнонаправленными зубьями для высокопроизводительной обработки	HR	Мелкий черновой профиль		Левое резание
Стандарт	DIN 206 B	Соотв. DIN 206	EN 22568	Соотв. Euro-Norm 22568	Норма	Заводской стандарт	DIN 371	Соотв. DIN 371
Хвостовик	Твердосплавные сверла и фрезы с хвостовиком DIN 6535-HA (от $\varnothing \geq 6$ мм) по желанию могут поставляться с лыской на хвостовике HB или HE: Обращайте внимание на текст под заголовком. Указание в описании соответствующего режущего инструмента. Требуется: 1 сверло № 12 2659 разм. 10 с лыской HE. Пример заказа: 1 шт. № 12 2659 разм. 10 + 1 шт. № 12 9100 HE Хвостовик с допуском h6 с лыской по DIN 1835-B Хвостовик с допуском h7 с 3 лысками для 3-кулачковых патронов			Изготовление лыски на хвостовике: по индивидуальному заказу – возможность отказа от заказа не предусмотрена.				
Длина		Длина рабочей части $25 \times \varnothing$ (сверло для глубокого сверления)		Общая длина режущего инструмента		Фреза с обнуженным хвостовиком (L4)		Диаметр обнужения (D4)
Угол		Ступенчатый инструмент для чекования 180°		Возможна подача фрезы в этом направлении		Зенковка с углом при вершине 60°		Зенкующая ступень
		Допуск прецизионного инструмента в мм-диапазоне		Прогрессивная геометрия спиральной канавки		Нерегламентированная фаска на вершине режущей кромки		Фаска 45° на вершине режущей кромки
Форма / зубья		Вершина сверла со специальной подточкой – для армидных волокон		Инструмент с 3 зубьями		Форма С		Высокопроизводительные сверла с 6-направленной зенковкой и внутренним подачей СОЖ
		Комические зенковки с неравномерным шагом для точного зенкования						
Резьба		Метрическая мелкая резьба		Метрическая резьба для проволоочных вставок		С углом профиля 60°		2-3 шага резьбы Форма С с поднутрением
		Необходимый для метчика \varnothing отверстия под резьбу		Шаг резьбы				
Примечание по применению метчиков с каналами для охлаждения на синхронных шпинделях:	В целях оптимальной смазки (для наибольшего периода стойкости и максимальной эксплуатационной надёжности) со смазочно-охлаждающим маслом или MMS рекомендуется использовать быстросменные резьборезные патроны GARANT со встроенной системой микросмазки и минимальной компенсацией длины (MLA) № 33 8100 – 8121.							
Допуск	H7	Для отверстий с допуском H7	ISO 2 6H	Метрическая резьба ISO Класс применения 2 6H – средний допуск	m7	\varnothing режущей кромки, допуск m7	-0,007 +0,002	\varnothing режущей кромки, абсолютные величины допуска
Применение	HPC	High Performance Cutting для максимальной производительности	MTC	Multi Task Cutting Инструмент MTC с пониженной силой резания	TPC	TPC	TPC	Trochoidal Performance Cutting Динамическое трохоидальное фрезерование
		Требуется направляющее отверстие и вспомогательное направляющее отверстие		С внутренним охлаждением, минимальное давление 25 бар. При работе со сверлами от 12x \varnothing в систему подачи СОЖ должен быть вставлен фильтр 20 – 25 мкм.				

Рисунок 2.8 – Позначення осевого інструменту компаній «GARANT» та «HOLEX»

Застосування твердосплавних пластин забезпечує:

- підвищення стійкості на 20-25% порівняно з напаяними різцями;
- можливість підвищення режимів різання за рахунок простоти відновлення ріжучих властивостей багатограничних пластин шляхом їх повороту;
- скорочення витрат на інструмент у 2-3 рази; допоміжного часу на зміну та переточування різців;
- зменшення інструментального господарства за рахунок універсальності застосування.

Нижче детальніше розглянемо необхідний ріжучий інструмент.

2.6 Характеристики ріжучого інструменту

Для зовнішнього точіння використовують різець з пластиною WNMG080408-B25 "KORLOY".

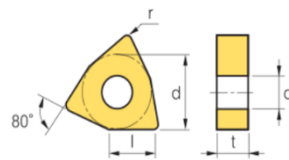
Рекомендований режимі різання: $S = 0,15 \sim 0,60$ мм/об; $t = 1 \sim 5$ мм.

WN ○ ○



Тригональна форма

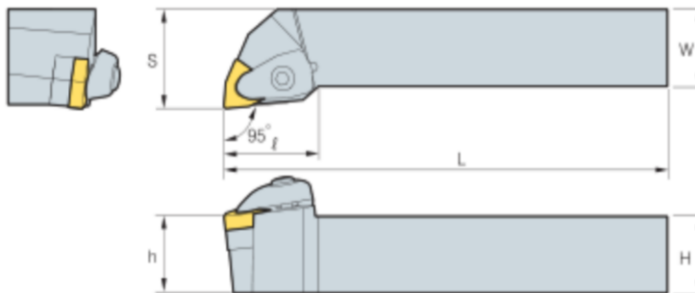
80° Відємна геометрія



Лінійні розміри, мм

Size	d	t	d1
06	9.525	4.76	3.81
08	12.7	4.76	5.16

Рисунок 2.9 – Параметри пластини WNMG080408-B25 «KORLOY»



H	W	L	S	h	ℓ
25	25	150	32	25	26

Рисунок 2.10 – Параметри державки DWLNL2525-M08 «KORLOY»

Для чорнового та чистового розточування вибираємо розточувальний різець, для якого використовуються дві державки з різними пластинами:

1) Пластина CNMG120408-GS "KORLOY" з рекомендованим режимом різання: $S = 0,1 \sim 0,5$ мм/об; $t = 1 \sim 5$ мм.

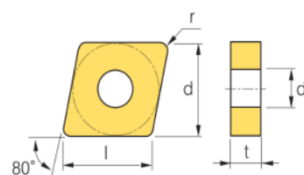
2) Пластина CNMG120404-LP "KORLOY" з рекомендованим режимом різання: $S = 0,1 \sim 0,35$ мм/об; $t = 0,3 \sim 2$ мм.

CN ○ ○

Чорнове,
напівчистове точіння

Ромб

80° Відємна геометрія



Лінійні розміри, мм

Size	d	t	d1
12	12.7	4.76	5.16
16	15.875	6.35	6.35
19	19.05	6.35	7.93
25	25.4	7.94~9.52	9.12

Рисунок 2.11 – Параметри пластин CNMG120408-GS та 120404-LP «KORLOY»

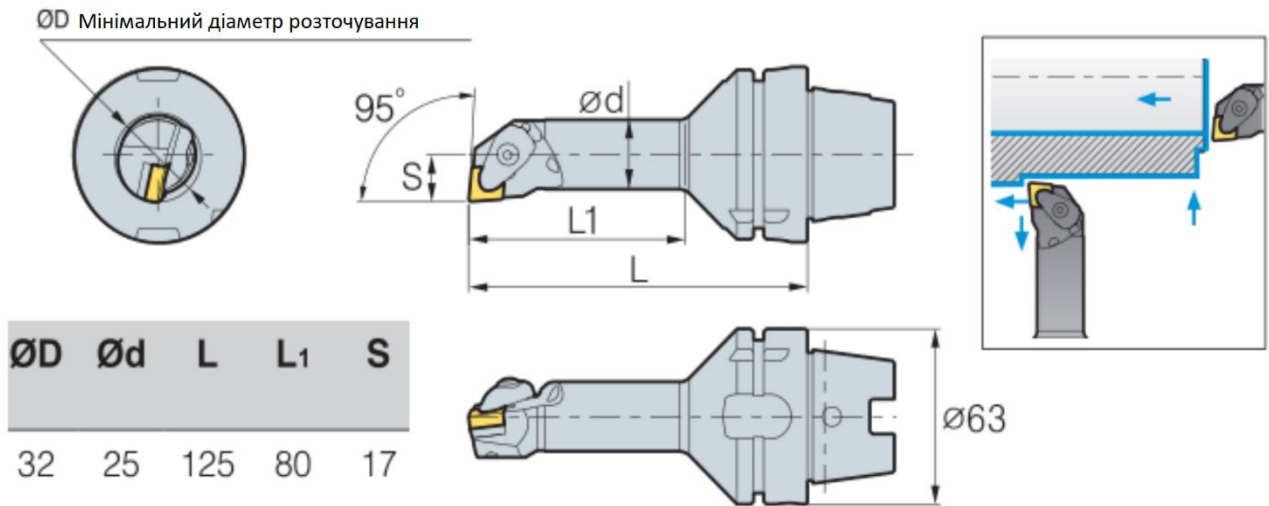


Рисунок 2.12 – Параметри державки H63T-A25K-DCLNL-12 «KORLOY»

Для розточування глибоких внутрішніх поверхонь вибираємо розточувальний різець. З ним використовується пластина одного типу VCMT160408-HMP "KORLOY" і дві державки – права та ліва:

Рекомендований режимі різання: $S = 0,13 \sim 0,33$ мм/об; $t = 0,6 \sim 2,6$ мм.

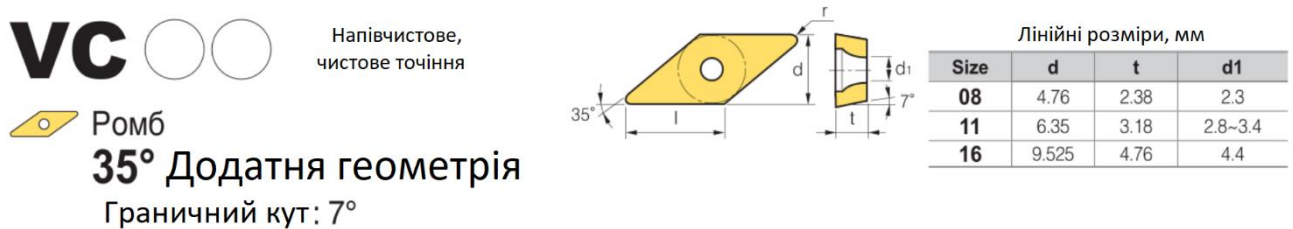


Рисунок 2.13 – Параметри пластини VCMT160408-HMP «KORLOY»

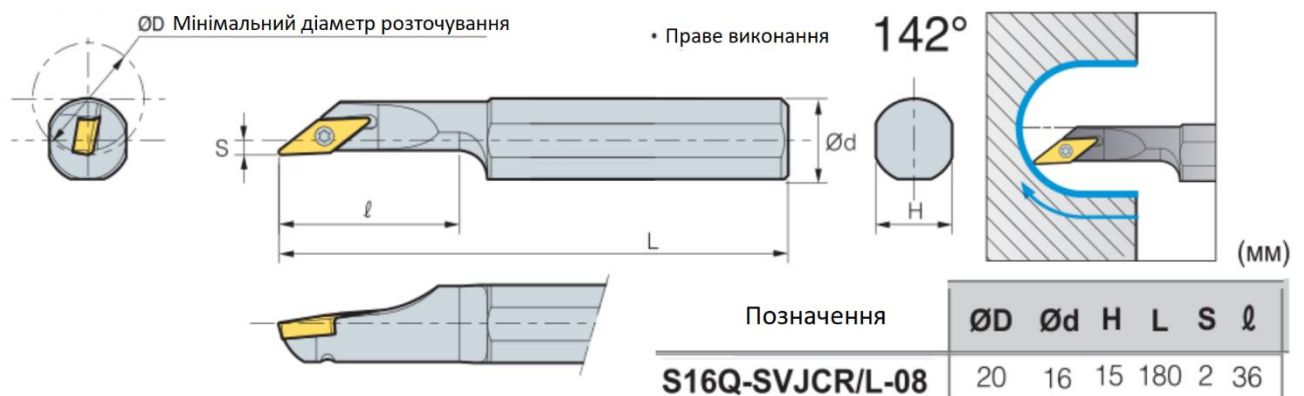


Рисунок 2.14 – Параметри держави S16Q-SVJCR/L-08 «KORLOY»

Для розточування внутрішніх канавок вибираємо різець IG200 «KORLOY».

СМП Точіння внутрішніх канавок



Геометрія

Розміри пластини, мм

b	g	t	d	d ₁
2.0	2.3	3.18	6.35	2.8

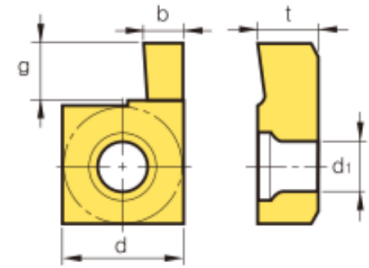


Рисунок 2.15 – Параметри пластини IG200 «KORLOY»

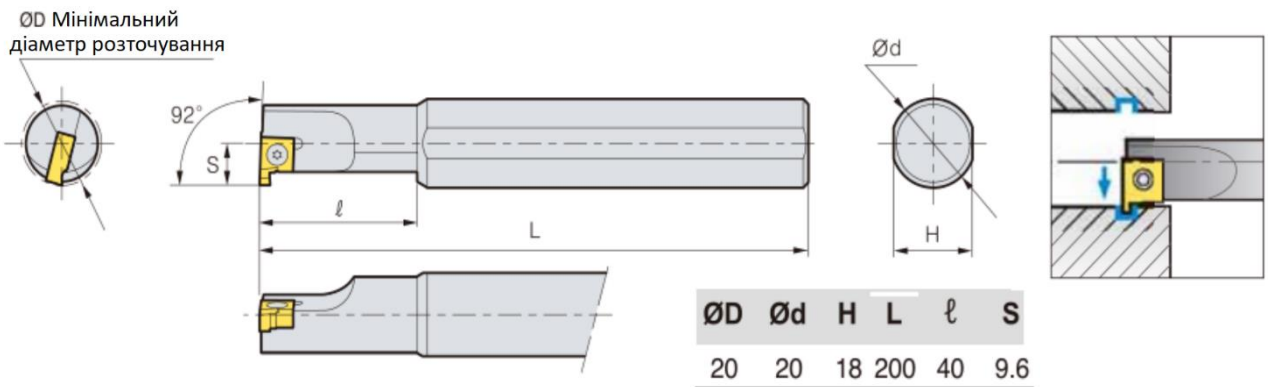


Рисунок 2.16 – Параметри державки IGH220L «KORLOY»

Для виконання центрувальних отворів у циліндричній заготовці вибираємо центрувальне свердло Ø2,5 111005 «HOLEX»:

HSS	DIN 333	Тип A	k12	60°	h7
-----	---------	-------	-----	-----	----

Центрувальне свердло

Вишліфване з суцільної заготовки і затиловане зі спіральними канавками
Розмір 0,5-0,8 - Одностороннє виконання

Підходить для Vc, м/хв	Al термостійкі	Al	Al литве > 10% Si	І < 500 N	І < 750 N	І < 900 N	І < 1100 N	І < 1400 N	І < 55 HRC	І < 60 HRC	І < 65 HRC	І < 67 HRC	І < 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	Ti > 850 N	Латунь, бронза	Унів.	
Код ISO 111005	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	H	H	M	M	S	N		
номінальний Ø k12	11 1005		для заготовок Ø																
MM	2,5		4,14		20 – 30		6,3		45		MM/об		0,03						

Рисунок 2.17 – Параметри свердла центрувального Ø2,5 111005 «HOLEX»

Для свердління отворів Ø6 вибираємо свердло 114020 «HOLEX»:

HSS

Тип N

h8

118°

HOLEX. Спіральні свердла з циліндричним хвостовиком

Катані, кут спіралі, товщина серцевини та її потовщення до хвостовика - стандартні, конструктивні розміри по DIN 338.

11 4020 - Міцне свердло з посиленою серцевиною та невеликою перемичкою біля вершини для полегшення розсвердлювання і більш точного центрування перед свердлінням.

Стружкові канавки прецизійно катані.

11 4020

(11 0420): Профіль оброблений тиском, направляючі стрічки додатково відшліфовані

Ø h8	11 4020	Спиральное сверло HSS	прецизионнокатаные N	MM	MM	MM	MM/об
6	1,56	10	57	93	0,07		

< 750 N

f

Підходить для Vc, м/хв	AI термостійкість	AI	AI литве > 10% Si	II < 500 N	II < 750 N	II < 900 N	II < 1100 N	II < 1400 N	II < 55 HRC	II < 60 HRC	II < 65 HRC	II < 67 HRC	II < 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	Ti > 850 N	СЧ(ВЧ)	Унив.	Латунь	Бронза	Унив.	Унив.	Унив.	Унив.
Код ISO	11 4020	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	H	M	M	S	K	25	○	●	●	●	●	●

Рисунок 2.18 – Параметри свердла Ø6 114020 «HOLEX»

Для свердління отворів Ø8,5 вибираємо свердло 113260 «GARANT»:

DIN 1897

h8

130°

GARANT. Високопродуктивні короткі свердла

11 3260 - Особливо міцне та надійне завдяки збільшеній товщині серцевини. Шліфований профіль, з низьким радіальним биттям.

Перевага:

11 3260 - Ідеальне для свердління з невеликою глибиною (наприклад 2-4 x D) на верстатах з ЧПК та автоматах.

11 3260

≥ 2,4 MM

HSS E

Ø h8	11 3260	Короткое сверло HSS-E	TAIN	MM	MM	MM	MM/об
8,5	27,76	5	37	79	0,09		

Нерж. сталь < 900 N

f

Підходить для Vc, м/хв	AI термостійкість	AI	AI литве > 10% Si	II < 500 N	II < 750 N	II < 900 N	II < 1100 N	II < 1400 N	II < 55 HRC	II < 60 HRC	II < 65 HRC	II < 67 HRC	II < 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	Ti > 850 N	СЧ(ВЧ)	Латунь, бронза	Унив.	Унив.	Унив.	Унив.	Унив.
Код ISO	11 3260	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	H	M	M	S	K	100	●	●	●	●	●

Рисунок 2.19 – Параметри свердла Ø8,5 113260 «GARANT»

Для свердління отворів Ø16 вибираємо свердло 11 4020 «HOLEX».

HSS

Тип N

h8

118°

HOLEX. Спіральні свердла з циліндричним хвостовиком

Катані, кут спіралі, товщина серцевини та її потовщення до хвостовика - стандартні, конструктивні розміри по DIN 338.

11 4020 - Міцне свердло з посиленою серцевиною та невеликою перемичкою біля вершини для полегшення розсвердлювання і більш точного центрування перед свердлінням.

Стружкові канавки прецизійно катані.

11 4020

Примітка: 11 4020 Розмір 10 - 20: хвостовик Ø 13 з 3 гранями

(11 0420): Профіль оброблений тиском, направляючі стрічки додатково відшліфовані

Ø h8	11 4020	Спиральное сверло HSS	прецизионнокатаные N	MM	MM	MM	MM/об
16	27,86	1	120	178	0,2		

< 750 N

f

Підходить для Vc, м/хв	AI термостійкість	AI	AI литве > 10% Si	II < 500 N	II < 750 N	II < 900 N	II < 1100 N	II < 1400 N	II < 55 HRC	II < 60 HRC	II < 65 HRC	II < 67 HRC	II < 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	Ti > 850 N	СЧ(ВЧ)	Унив.	Латунь	Бронза	Унив.	Унив.	Унив.
Код ISO	11 4020	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	H	M	M	S	K	25	○	●	●	●	●

Рисунок 2.20 – Параметри свердло Ø16 114020 «HOLEX»

Для фрезерування пазів вибираємо кінцеву фрезу Ø8 191360 «HOLEX».

HOLEX. Міні-фреза

Геометрія торцевої ріжучої кромки для врізного фрезерування.
Ексцентричне затилування. Хвостовик відповідає DIN 1835 з допуском h6.
 Універсальна геометрія ріжучої кромки. Може використовуватися в оправках Weldon та цангових патронах в якості шпонкової та кінцевої фрези.
 Висока продуктивність різання, дешево використання. Для фрезерування пазів.

Ø e8 D _c	19 1360	Міні-фреза	HSS-Co8	90°	8	8,33	18	43	8	0,01
---------------------	---------	------------	---------	-----	---	------	----	----	---	------

Підходить для Vc, м/хв	Al чистотой $\ge 99,99\%$	Al чистотой > 10% Si	Al литые < 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 55 HRC	< 60 HRC	< 65 HRC	< 67 HRC	< 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	Ті > 850 N	Латунь, бронза	Унив.
Код ISO	N	N	N	P	P	P	P	P	H	H	H	H	M	M	S	N	
19 1360		83		28	23	23										55	

Рисунок 2.21 – Параметри фрези кінцевої Ø8 191360 «HOLEX»

Для фрезерування інших поверхонь вибираємо кінцеву фрезу Ø22 191590 «HOLEX»:

Кінцева фреза

Багато зубів фрези. Ексцентричне затилування.
 19 1590 - Геометрія торцевої ріжучої кромки для врізного фрезерування. Задовільняє високі вимоги до продуктивності різання.
 Хороші результати під час сухого фрезерування.

Ø k10 D _c	19 1590	Концевая фреза	HSS-Co8	TiAlN	90°	22	51,91	38	104	20	0,035
----------------------	---------	----------------	---------	-------	-----	----	-------	----	-----	----	-------

Підходить для Vc, м/хв	Al чистотой $\ge 99,99\%$	Al чистотой > 10% Si	Al литые < 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 55 HRC	< 60 HRC	< 65 HRC	< 67 HRC	< 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	СЧ(ВЧ)	Латунь, бронза	Унив.	
Код ISO	N	N	N	P	P	P	P	H	H	H	H	H	M	M	K	N		
19 1590		120		78	55	55									17	14	46	92

Рисунок 2.22 – Параметри фрези кінцевої Ø22 191590 «HOLEX»

Для врізного фрезерування приймаємо кінцеву фрезу Ø24 191280 «GARANT».

GARANT. Кінцева фреза

Геометрія торцевої ріжучої кромки для врізного фрезерування.
Ексцентричне затилування.

Ø e8 D _c	19 1280	Концевая фреза	HSS-Co8	90°	24	33,04	53	110	25	0,021
---------------------	---------	----------------	---------	-----	----	-------	----	-----	----	-------

Підходить для Vc, м/хв	Al чистотой $\ge 99,99\%$	Al чистотой > 10% Si	Al литые < 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 55 HRC	< 60 HRC	< 65 HRC	< 67 HRC	< 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	СЧ(ВЧ)	Латунь, бронза	Унив.
Код ISO	N	N	N	P	P	P	P	H	H	H	H	H	M	M	K	N	
19 1280		83		28	23	23									23	55	

Рисунок 2.23 – Параметри фрези кінцевої Ø24 191280 «GARANT»

Для нарізування внутрішнього різьблення вибираємо мітчик M10 134620 «GARANT».

Мітчик машинний для глухих отворів

Сталь HSSE-PM для високої зносостійкості, з великою правою спіраллю для оптимального видалення стружки.

13 4620

Підходить для Vc, м/хв	Al переметалі	Al літве > 10% Si	< 500 N	< 750 N	< 900 N	< 1100 N	< 1400 N	< 55 HRC	< 60 HRC	< 65 HRC	< 67 HRC	< 70 HRC	Нерж. сталь < 900 N	Нерж. сталь > 900 N	Ti	Графіт, пластик	Унів.
Код ISO	N	N	N	P	P	P	P	N	N	N	N	N	M	M	S	N	
13 4620	15	18	18	18	18	9											

Метчик машинний HSS-E-PM

М10 30,30

1,5 100 10 8 8,5

Рисунок 2.24 – Параметри мітчика M10 134620 «GARANT»

Для зняття фасок на п'яти отворах використовується зенківка $\varnothing 20,5$ 150372 «GARANT».

Зенківки 90°, свердлильні

Всі зенковки з 3 ріжучими кромками, з радіальним затилуванням. Робоча частина вишліфувана з суцільної заготовки. Прицеійна зенковка, виготовлена з більш жорсткими виробничими допусками, ніж DIN335-C. З свердлильним циліндричним хвостовиком.

15 0372

Прицеійна зенковка, свердлильна

90° 110,63

Мін. \varnothing зенковки, для отворів від 3,5

164 10

Для гвинтів з потайною голівкою DIN 7991

M10

0,16

Затилювання

Рисунок 2.25 – Параметри зенковки $\varnothing 20,5$ 150372 «GARANT»

Для контролю геометричних параметрів деталі під час її виготовлення та перевірки наявності відхилень розмірів буде використовуватись вимірювальний інструмент:

Операція 015:

Штангенциркуль ШЦ-I-0-250-0,05 ГОСТ 166-89;

Операція 020:

Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89;

Штангенглибиномір ШГЦ-160-0,01 ГОСТ 162-90;

Нутромір НМ 75-175 ГОСТ 10-88;

Нутромір НМ 50-75 ГОСТ 10-88;

Калібр-скоба 8113-0310 Ø208 -1.15 ГОСТ 18360-93;

Калібр-скоба 8113-0315 Ø227 -1 ГОСТ 18360-93;

Калібр-пробка 8136-0015 Ø85P7 ПР ГОСТ 14815-69;

Калібр-пробка 8136-0115 Ø85P7 НЕ ГОСТ 14816-69;

Калібр-пробка спецвиріб Ø86H9;

Калібр-пробка спецвиріб Ø216,7H9;

Калібр-пробка спецвиріб Ø10H11;

Калібр-пробка різьбова 8221-3044 ПР M10-5H6H ГОСТ 18465-73;

Калібр-пробка 8136-0017 ПР Ø90P7 ГОСТ 14815-69;

Калібр-пробка 8136-0117 НЕ Ø90P7 ГОСТ 14816-69;

Калібр-пробка 8136-0018 ПР Ø92H9 ГОСТ 14815-69;

Калібр-пробка 8136-0118 НЕ Ø92H9 ГОСТ 14816-69;

Калібр-пробка 8133-0930 Ø16H12 ГОСТ 14810-69;

Шаблон 8371-0023 0,5×45° МН1416-61;

Шаблон спецвиріб 1,6 45°;

Шаблон спецвиріб $\angle 15^\circ$;

Шаблон спецвиріб 5;

Набір радіусних шаблонів №1 ТУ-2-034-228-87;

Шаблон R12 №2 ТУ-2-034-228-87;

Шаблон R20 №3 ТУ-2-034-228-87;

Шаблон 8371-0024 1×45° МН1416-61;

Шаблон 8371-0012 10×30° МН1415-61;

Шаблон 8371-0012 10×30° МН1415-61;

Спецкалібр $3^{+0,5}_{-1}$.

2.7. Вибір режимів різання

Режими різання визначаються глибиною різання t , мм; подачею на оберт S_0 , мм/об; швидкістю різання V , м/хв.

Вихідними даними при виборі режимів різання є:

1. Відомості про заготовку (вид, матеріал, величина припусків, стан поверхневого шару);
2. Характеристика оброблюваної деталі (форма, розміри, допуски на обробку, вимоги до стану поверхневого шару, до шорсткості);
3. Параметри ріжучого інструменту (типорозмір, матеріал ріжучої частини, геометричні параметри);
4. Паспортні дані верстатів.

Розрахуємо режими різання для операції 015 - Токарна.

Деталь «Маточина» виготовлена із сталі 35Л.

Заготівля – виливок.

Верстат - токарно-гвинторізний моделі 1М63.

На цій операції проводиться підготовка чорнової бази, а саме підрізування торця та проточування зовнішньої поверхні. Деталь встановлена в центрах грибкового типу, один із центрів є рифленим [12].

Глибина різання приймається $t = 2,5$ мм.

Подача згідно з довідником для зовнішнього чорнового точіння дорівнює $S = 0,8-1,3$ мм/об, що входить у діапазон граничних поздовжніх робочих подач супорта верстата $0,033 \dots 5,6$ мм/об, тому подачу вибираємо рівною $S = 1$ мм/об. [14].

Далі розрахуємо швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t \cdot s \cdot y}} \cdot K_v \quad (2.2)$$

де C_v – коефіцієнт, який характеризує матеріал заготовки та різця;

T - стійкість інструменту, яка дорівнює 60 хв;

t - глибина різання, мм;

s - подача, мм/об;

K_v - загальний поправочний коефіцієнт;

m, x, y – показники ступеня.

Загальний коефіцієнт поправки знаходиться за формулою :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PIV} \cdot K_{IV}, \quad (2.3)$$

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_{PIV} - Коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі;

K_{IV} - Коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Знаходимо поправочні коефіцієнти за формулою:

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}, \quad (2.4)$$

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{530}\right)^1 = 1,42$$

$$K_{PIV} = 0,8 [15,];$$

$$K_{IV} = 1 [15,];$$

За формулою (27) знайдемо загальний поправний коефіцієнт:

$$K_v = 1,42 \cdot 0,8 \cdot 1 = 1,136;$$

Коефіцієнт C_v та показники ступеня m, y, x [15]:

$$C_v = 280; m = 0,2; y = 0,45; x = 0,15.$$

Далі знайдемо швидкість різання підставивши всі знайдені значення формулу (25):

$$V = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 1,136 = 122,24 \text{ м/хв}$$

Після розрахунку швидкості різання можна розрахувати кількість обертів шпинделя за формулою (29):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.5)$$

де D - діаметр оброблюваної деталі.

Отже, за формулою (29) число обертів шпинделя дорівнює:

$$n = \frac{1000 \cdot 122,24}{3,14 \cdot 229} = 170 \text{ об/хв}$$

Орієнтуючись на наведені вище технічні характеристики верстата 1М63 це значення швидкості, входить в інтервал можливих швидкостей верстата.

Для решти переходів режими різання вибираємо за каталогами та зведемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Режими різання

Операція	Перехід	Глибина різання, t , мм	Подача на оберт, S , мм/об	Розрахункова частота обертання шпинделя, n , об/хв	Швидкість різання, V , м/хв
015	1	2,5	1	170	122,24
	2	2,5	1	170	122,24
020 Установ А	1	2,5	0,3	386	255
	2	1	0,2	308	201
	3	2	0,4	790	206
	4	0,3	0,15	900	240
	5	2	0,15	790	212
	6	1,25	0,03	3185	25
	7	3	0,07	1592	30
	8	4,25	0,09	1386	37
	9	1	0,03	916	23
	10	1,5	1,5	573,25	18
	11	1,25	0,03	3185	25
	12	3	0,07	1592	30
	13	5	0,2	597	30
	14	2,5	0,14	796,55	55
020 Установ Б	1	1	0,2	350	252
	2	1	0,2	362	258
	3	2,5	0,3	375	253
	4	0,5	0,2	390	265
	5	2	0,3	790	218
	6	0,5	0,2	900,00	254
	7	2	0,15	790,00	224
	8	1	0,3	466,00	244
	9	1	0,3	450,00	258
	10	2	0,2	850,00	256
	11	1,6	0,16	466,06	30
	12	5	0,063	610,40	23

2.8. Розрахунок технічних норм часу

Під технічно обґрунтованою нормою часу розуміється час, необхідний для виконання заданого обсягу роботи (операції) при певних організаційно-технічних умовах.

Норма штучного часу – це норма часу виконання обсягу роботи, яка дорівнює одиниці нормування, на виконання технологічної операції [15].

Як приклад, приведемо розрахунки норм часу для операції 015 - Токарна.

Технічні норми часу за умов середньосерійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом за формулами:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_{\text{шт}}, \quad (2.6)$$

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_d + t_{об} + t_{від}, \quad (2.7)$$

де $T_{\text{п-з}}$ - підготовчо-заключний час на партію деталей, хв;

n - кількість деталей у партії, шт.;

t_o - основний час, хв;

t_d - допоміжний час, хв;

$t_{об}$ - час обслуговування робочого місця, хв.;

$t_{від}$ - час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.;

Допоміжний час складається із витрат часу на окремі прийоми [21]:

$$t_d = t_{вст} + t_{з.в} + t_{уп} + t_{вим}, \quad (2.8)$$

де $t_{вст}$ - час на встановлення та зняття деталі, хв.;

$t_{з.в}$ - час на закріплення та відкріплення деталі, хв.;

$t_{уп}$ - час на прийоми управління, хв.;

$t_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв.;

Визначимо час на встановлення та зняття деталі [15]:

$$t_{вст} = 0,36 \text{ хв.}$$

Визначимо час на закріплення та відкріплення деталі [15]:

$$t_{з.в} = 2,26 \text{ хв.}$$

Визначимо час прийоми управління [15]:

$$t_{уп} = 0,3 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання деталі [15]:

$$t_{вим} = 0,21 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час за формулою:

$$t_d = 0,36 + 2,26 + 0,3 + 0,21 = 3,13 \text{ хв.}$$

Основний час розраховується по всіх переходах обробки з урахуванням суміщення переходів за формулою:

$$t_o = \frac{l \cdot i}{S_x}, \quad (2.9)$$

де l - розрахункова довжина оброблюваної поверхні, мм;

i - число ходів;

S_x - хвилинна подача.

У загальному випадку розрахункова довжина оброблюваної поверхні визначається за формулою:

$$l = l_o + l_{вр} + l_{п} + l_{сх}, \quad (2.10)$$

де l_o - довжина оброблюваної поверхні у напрямі подачі, мм.;

$l_{вр}$ - довжина врізання інструменту, мм.;

$l_{п}$ - довжина підведення інструменту до заготовки, мм.;

$l_{сх}$ - довжина перебігу (сходу) інструменту, мм.

Довжину оброблюваної поверхні у напрямку подачі $l_o = 65,95$ мм.

Довжина підведення інструменту до заготовки та довжина перебігу (сходу) інструмента рівні $l_{п} = 4$ мм; $l_{сх} = 2$ мм [14].

Довжина врізання інструменту $l_{вр} = 4$ мм.

Розрахункова довжина оброблюваної поверхні становитиме:

$$l = 65,95 + 4 + 4 + 2 = 75,95 \text{ мм.}$$

Переведемо подачу S_o , мм/об в S_m , мм/хв за формулою:

$$S_m = S_o \cdot n, \quad (2.11)$$

де S_o - подача на оберт, мм/об;

n - частота обертання деталі, об/хв.

Згідно з формулою (2.11) хвилинна подача дорівнює:

$$S_m = 1 \cdot 170 = 170 \text{ мм/хв.}$$

Визначимо основний час обробки:

$$t_o = \frac{75,95 \cdot 1}{170} = 0,45 \text{ мм}$$

Суму основного та допоміжного часу називають оперативним часом, і розраховують за формулою:

$$t_{оп} = t_o + t_d, \quad (2.12)$$

$$t_{оп} = 0,45 + 1,13 = 1,58 \text{ хв.}$$

Час обслуговування робочого місця приймають 3,5% від оперативного часу:

$$t_{об} = 0,055 [15].$$

Час перерв на відпочинок та особисті потреби приймають 4% від оперативного часу:

$$t_{від} = 0,063 \text{ хв} [15].$$

За формулою (2.7) визначимо штучний час на обробку деталі:

$$T_{шт} = 1,58 + 0,055 + 0,063 = 1,698 \text{ хв.}$$

Трудомісткість операції визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{24}{21} + 1,698 \text{ хв}$$

Для інших операцій усі значення визначають за тією ж методикою, а їх значення зведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Зведена таблиця технічних норм часу за операціями, хв.

№ операції	Основний час на операцію, t_o , хв	Допоміжний час на операцію, t_d , х	Оперативний час, $t_{оп}$, хв	Час на обслуговування, $t_{об}$		Час на відпочинок, $t_{від}$		Штучний час, $T_{шт}$, хв.	Підготовчо-заключний час на партію, $T_{п-з}$; хв	Розмір партії, шт.	Штучно-калькуляційний час, $T_{шт-к}$, хв
				%	хв	%	хв				
015	0,45	1,13	1,58	3,5	0,055	4	0,063	1,698	24	21	2,84
020	43	7	50	3,5	1,75	5	2,5	21,25	30		52,68

Висновки за розділом

В даному розділі розроблено технологічний процес обробки деталі «Маточина» з використанням верстата з числовим програмним. Керуванням. Підбрано тип заготовки, визначено технологічні бази, вибрано необхідне технологічне обладнання й інструмент та розраховано режими його роботи.

3. РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Для розробки керуючої програми використовувався програмний продукт для системи ЧПК SIEMENS SINUMERIK 840D sl.

3.1. Система керування SIEMENS SINUMERIK 840D sl

Верстати з ЧПУ є основними засобами технічного оснащення технологічного процесу виробництва деталей. Ефективне програмне забезпечення верстатів з ЧПК дозволяє реалізувати ланцюжок процесів, який забезпечує максимальну продуктивність підприємства [3, 9].

Компанія SIEMENS є лідером в галузі випуску систем ЧПК. У всьому світі стійки компанії SIEMENS SINUMERIK 840D sl застосовується для токарної, свердлильної та фрезерної обробки. Ці системи мають широкий ряд опцій для різних сфер застосування, від дрібних майстерень до великих підприємств.

Система керування органами верстата SINUMERIK 840D sl забезпечує максимально можливу продуктивність та гнучкість за будь-яких типів обробки, у тому числі і на складних багатоосьових верстатах. Робота в даній системі полегшується тим, що в ній використовуються постійні цикли обробки по контуру, свердління, фрезерування і т.д., а також використовуються G і M функції для повного та правильного програмування.

3.2. Основні та додаткові функції системи ЧПК

Керуюча програма розробляється із застосуванням G та M функцій та використанням постійних циклів програмування.

Перелік підготовчих та допоміжних функцій для програмування наведено у таблицях 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Підготовчі функції

Підготовчі функції (G коди)	Опис функції
G0	Швидке переміщення
G1	Лінійна інтерполяція
G2	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою
G3	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки
G17	Вибір площини XY
G18	Вибір площини XZ
G19	Вибір площини YZ
G40	Скасування корекції на радіус інструменту
G41	Ліва корекція на радіус інструменту
G42	Права корекція на радіус інструменту
G43	Коригування положення інструменту
G52	Локальна система координат
G54- 57	Задане зміщення
G94	Швидкість подачі (F) мм/хв
G95	Швидкість подачі (F) у мм/об
G96	Постійна швидкість різання при точінні

Таблиця 3.2 - Допоміжні функції

Підготовчі функції (M коди)	Опис функції
1	2
M0	Запрограмована зупинка
M1	Зупинка на вибір
M3	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
M4	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки
M5	Зупинка (відключення) шпинделя

1	2
M2=3	Інструмент з механічним приводом увімкнути за годинниковою стрілкою
M2=4	Інструмент з механічним приводом увімкнути проти годинникової стрілки
M2=5	Інструмент з механічним приводом вимкнути
M6	Зміна інструменту
M8	Включення ЗОР
M9	Відключення ЗОР
M17	Кінець підпрограми
M25	Затискач кулачкового патрона
M26	Розжим кулачкового патрона
M30	Кінець програми, перехід на початок програми

3.3. Розробка керуючої програми

Керуюча програма розроблена для операції 020 - Токарна з ЧПК.

Фрагмент керуючої програми представлений у таблиці 3.3, а вся керуюча програма у додатку А.

Таблиця 3.3 - Фрагмент керуючої програми

Кадри керуючої програми	Розшифровка керуючої програми
1	2
wwp	Підпрограма виходу у референтну точку
t1 d1	Вибір інструменту
m6	Зміна інструменту
g0 g54 g90 g18 G95	Швидкий хід, абсолютні координати, зміщення нульової точки, площина XZ, швидкість подачі в мм/об

1	2
g96 s255 lims=386 F0.3 m3 m8	Постійна швидкість різання при точінні, задана швидкість різання, число обертів шпинделя, подача, обертання шпинделя за годинниковою стрілкою, включення ЗОР.
CYCLE95("contur1",2.5,0,0,1,0.3,0.3,0.3,209,0,0,0)	Виклик постійного циклу зняття припуску, чорнова обробка по зовнішньому контуру
m9	Відключення ЗОР.
wwp	Підпрограма догляд у референтну точку
t2 d1	Вибір інструменту
m6	Зміна інструменту
g0 g54 g90 g18 G95	Швидкий хід, абсолютні координати, зміщення нульової точки, площина XZ, швидкість подачі в мм/об
g96 s201 lims=308 F0.2 m3 m8	Постійна швидкість різання при точінні, задана швидкість різання, число обертів шпинделя, подача, обертання шпинделя за годинниковою стрілкою, включення ЗОР.
CYCLE95("contur2",1,0,1,0.2,0.2,0.3,5,0,0,0)	Виклик постійного циклу зняття припуску, фінішна обробка по зовнішньому контуру
m9	Відключення ЗОР
wwp	Підпрограма догляд у референтну точку
t3 d1	Вибір інструменту
m6	Зміна інструменту
g0 g54 g90 g18 G95	Швидкий хід, абсолютні координати, зміщення нульової точки, площина XZ, швидкість подачі в мм/об

g96 s212 lims=790 F0.15 m3	Постійна швидкість різання при точінні, задана швидкість різання, число обертів шпинделя, подача, обертання шпинделя за годинниковою стрілкою.
CYCLE93(85,- 44,3,0.5,0,0,0,0,0,0,0,0, 1,0,13,5)	Виклик постійного циклу точіння канавки, внутрішня обробка
wwp	Підпрограма догляд у референтну точку
g0 g90 g54 g95	Швидкий хід, абсолютні координати, зміщення нульової точки, швидкість подачі в мм/об
g18	Площина XZ
spos=0	Головний шпиндель повернути в 0 градусів по осі С
t6	Вибір інструменту
m6	Зміна інструменту
setms(2)	Обертання приводного інструменту
s2=3185 m2=3	Число оборотів фрезерного шпинделя, обертання по годинниковій стрілки фрезерного шпинделя
transmit	Трансформація осей
diamof	Скасування діаметральних розмірів
g17	Площина XY
g0 x52 z1 y0	Переміщення в задані координати швидкого ходу
m8	Увімкнення ЗОР
F0.03	Подача
CYCLE82(1,0,1,-2,,0)	Виклик постійного циклу для центрувального свердла
spos=60	Головний шпиндель повернути на 60 градусів по осі С щодо нуля

CYCLE82(1,0,1,-2,,0)	Виклик постійного циклу для центрувального свердла
spos=120	Головний шпиндель повернути на 120 градусів по осі С щодо нуля
CYCLE82(1,0,1,-2,,0)	Виклик постійного циклу для центрувального свердла
spos=180	Головний шпиндель повернути на 180 градусів по осі С щодо нуля
CYCLE82(1,0,1,-2,,0)	Виклик постійного циклу для центрувального свердла
spos=240	Головний шпиндель повернути на 240 градусів по осі С щодо нуля
CYCLE82(1,0,1,-2,,0)	Виклик постійного циклу для центрувального свердла
spos=300	Головний шпиндель повернути на 300 градусів по осі С щодо нуля
CYCLE82(1,0,1,-2,,0)	Виклик постійного циклу для центрувального свердла
m9	Відключення ЗОР
wwp	Підпрограма догляд у референтну точку

Висновки за розділом

Керуюча програма розщроблена для управління верстатом DMG MORI CTXbeta 800 TC в системі SIEMENS SINUMERIK 840D sl. Вона складається з послідовності G та M кодів і забезпечує обробку деталі всього за два установи.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення

Інструкція з охорони праці під час роботи на металообробних верстатах включає вимоги з охорони праці і направлена на забезпечення безпечних умов праці при виконанні робіт на токарному верстаті.

Працівник зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

До роботи на токарному верстаті допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання, освоїли безпечні прийоми виконання робіт, пройшли первинний інструктаж на робочому місці.

Дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку, виконувати вимоги правил пожежної безпеки, виконувати тільки доручену роботу.

Забороняється знаходитися і виконувати роботи на території організації і робочому місці в стані алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння (отруєння). Палити дозволяється тільки в спеціально встановлених місцях.

Під час роботи на працівника можуть впливати такі небезпечні й шкідливі виробничі чинники:

- Рухомі механізми і частини устаткування;
- Недостатня освітленість робочої зони;

- Можливість ураження електричним струмом;
- Підвищена і знижена температура, вологість повітря;
- Підвищений рівень шуму;
- Падаючі предмети, заготовки, матеріали.

Користуватися справними інструментами, пристосуваннями і тільки за їх прямим призначенням.

Утримувати в чистоті і порядку робоче місце, не захаращувати сторонніми предметами проходи, проїзди, а також підходи до місць розташування первинних засобів пожежогасіння.

Працівник повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту відповідно до діючих норм.

Забороняється розміщувати матеріали і готові вироби в проходах і проїздах, на підлозі поблизу робочого місця.

Відходи слід зберігати в спеціальних ящиках і кожену зміну прибирати.

Обтиральні та змащувальні матеріали повинні зберігатися в металевих ящиках, що щільно закриваються.

Механічні передачі та інші рухомі частини верстата, а також ті частини, що обертаються, повинні мати огорожу. Оброблювальні вироби, що виступають за габарити верстата, повинні бути огорожені стійкими запобіжними пристроями.

Забороняється допускати до управління верстатом сторонніх осіб і залишати без нагляду включений верстат.

Працівник, який використовує при обробці деталей мастильно-охолоджуючі рідини, повинен забезпечуватися профілактичними мазями або рідинами для змащування рук.

Дотримуватися правил особистої гігієни: перед прийомом їжі, в перервах, після закінчення роботи мити руки водою з милом, не використовувати для цих цілей легкозаймисті та горючі рідини (бензин, гас, ацетон та ін), їжу приймати в обладнаних для цих цілей приміщеннях, спецодяг та особистий одяг зберігати у відведених для цього місцях.

У разі захворювання або отримання навіть незначної травми, припинити роботу, повідомити про це своєму керівнику і звернутися до лікаря.

За невиконання вимог цієї інструкції працівник несе відповідальність згідно чинного законодавства.

Плановий термін перегляду інструкції – 3 роки.

4.2. Логічне моделювання виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків під час роботи на токарному верстаті

У моделях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонезбезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу події.

Слід зауважити, що поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва.

Якщо на схемах, які зображують моделі процеси протікання (перебігу) випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічну модель процесу.

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними. *Статистично залежні події* - це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, може з'явитися незалежно одна від одної, то такі події є *статистично незалежними*. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні – послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображуються стрілками, які, показують напрямок протікання (перебігу) події.

Таблиця 4.1 - Логічна модель виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час роботи на токарному верстаті

Вид роботи, виробничий підрозділ	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1	2	3	4	5	6
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ ₁ - порушення ізоляцій. НУ ₂ - відсутність заземлення.	НД - Поява струму на корпусі верстата	НС – Контакт токаря з корпусом верстата	Т - Ураження струмом токаря	Заземлення струмоведучих частин і якісна їх ізоляція
НУ ₁ → НУ ₂ → НД→ НС→ Т					
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ- відсутність або несправність захисних кожухів обертових частин	НД – можливість контакту з обертовими частинами верстата	НС- контакт токаря з обертовими частинами верстата	Т – травмування токаря	Обладнання верстата кожухами обертових частин
НУ→ НД→ НС→ Т					
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ – не застебнутий робочий одяг	НД – контакт з рухомими частинами верстата	НС – захоплення одягу рухомими частинами верстата	Т – травмування токаря	Робота в робочому одязі та засобах інд. захисту відповідно до вимог ТБ
НУ → НД→ НС→ З					
Токарна обробка деталі, механічний цех підприємства	НУ – використання обладнання не за призначенням	НД – виконання робіт, не передбачених для даного обладнання	НС – поломка обладнання, його руйнування, падіння	Т – травмування токаря або інших робітників	Використання верстата та оснастки за призначенням
НУ → НД→ НС→ Т					

Логічна модель може стати основою для розробки графічної чи математичної моделей виникнення травмонебезпечної чи аварійної ситуації.

4.3. Розробка інструкції з охорони праці

4.3.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи необхідно:

1. Одягти спецодяг, підготувати необхідні для виконання роботи засоби індивідуального захисту.
2. Підготувати робоче місце, звільнивши підлогу від шматків металу, обрізків, інших предметів.
3. Оглянути силову електропроводку, провід захисного заземлення, переконатися в їхній справності. Місцеве освітлення відрегулювати так, щоб робоча зона була добре освітлена, і світло не засліплювало очі. Лампи місцевого освітлення повинні живитися струмом напругою до 42 В.
4. Переконатися в наявності і надійності кріплення огорож всіх рухомих частин передавального механізму верстату (шківів, ременів, шестерень, маховиків, валів), а також рухомих огорож.
5. Перед включенням верстата необхідно переконатися в тому, що включення не заподіє шкоди будь-кому, хто поруч працює.
6. Про всі несправності і зауваження по роботі верстата необхідно негайно повідомити керівника і без його дозволу до роботи не приступати.

4.3.2. Вимоги безпеки під час виконання роботи

Під час виконання роботи необхідно [13]:

1. При виконанні робіт бути уважним, не відволікатися самому і не відволікати інших. Забороняється допускати на робоче місце осіб, що не мають відношення до даної роботи.
2. Попередньо очищати оброблювані деталі від іржі, окалини, криги, піску та ін.

3. Не торкатися частин верстата, що обертаються, а також неізольованих електропроводок.

4. Забороняється працювати на токарному верстаті без захисних окулярів, у рукавицях, а також з забинтованими пальцями без гумових напальчників.

5. Виготовлені деталі укладати в штабель, висота якого не повинна перевищувати 0,5 м.

6. Дозволяється прибирати стружку після повної зупинки верстата за допомогою спеціальної щітки або металевого гачка .

7. Забороняється використовувати несправні або погано заточені інструменти.

8. Проявляти особливу обережність при встановленні-закріпленні деталей в патрон або їх заміні. Дану операцію виконувати після повної зупинки двигуна.

9. Забороняється вводити руки в зону дії ріжучого інструменту, проводити виміри та перевіряти рукою чистоту поверхні оброблюваної деталі при працюючому верстаті.

10. Забороняється працювати зі знятими огорожами.

11. Забороняється мити руки в маслі.

12. Бути обережним при використанні різців з твердосплавними напайками при їх заточуванні і в процесі різання ними, а також захищати різці від ударів, так як тверді сплави мають підвищену крихкість.

13. Різець встановлювати по центру оброблюваної деталі. Встановлення (накручування) патрона або планшайби зі шпинделя проводити при ручному обертанні патрона. Не скручувати патрон (планшайбу) раптовим гальмуванням шпинделя.

14. Не користуватися затискними пристосуваннями у разі, коли зношені робочі поверхні кулачків або губок.

15. При обробці довгих деталей (що дорівнюють або більше 12 діаметрів), а також при швидкісному різанні використовувати люнет.

16. При обробці пруткового матеріалу кінець прутка, що виступає зі шпинделя, необхідно огороджувати на всю довжину.

17. При нарізанні різьби плашками притримувати утримувач плашки (клуб) за допомогою супорта, а не руками.

18. Щоб уникнути травм при поломці інструменту необхідно дотримувати наступного:

- спочатку включити обертання шпинделя, а потім подачу, при цьому оброблювану деталь почати обертати до стикання її з різцем. Обертання здійснювати плавно, без ударів;

- перед зупинкою верстата відвести від оброблюваної деталі різальний інструмент, вимкнути при цьому подачу, потім вимкнути обертання шпинделя.

19. Забороняється гальмувати обертання шпинделя натиском руки на частини верстата чи деталі, що обертаються, а також включенням електродвигуна у зворотний бік обертання.

20. При відрізанні важких частин деталей або заготовок не притримувати кінець деталі, що відрізається, руками.

21. У кулачковому патроні без підпору центром задньої бабки закріплювати тільки короткі, завдовжки не більше двох діаметрів урівноважені деталі, в інших випадках для підпору виробів користуватися задньою бабкою.

22. Для центровки різця застосовувати спеціально призначені для цієї мети прокладки різної товщини, довжини і ширини не менше опорної площини різця. Використання випадкових прокладок не допускається.

23. При обробці в'язких матеріалів, що утворюють зливну стружку, необхідно застосовувати ріжучий інструмент зі спеціальною заточкою або пристосуванням, що забезпечує дроблення стружки в процесі різання.

24. При обробці крихких матеріалів і при утворенні мілко подрібненої стружки повинні застосовуватись відвідники стружки і накопичувачі стружки.

25. Заготовки і деталі вагою більше 80 кг піднімати із застосуванням підйомних механізмів та використанням спеціальних захватів.

26. Під час роботи на верстаті працівнику забороняється:

- спиратися на верстат і дозволяти це робити іншим;
- залишати ключі, пристосування, інструменти, заготовки і готові вироби на працюючому верстаті;
- брати і подавати через працюючий верстат будь-які предмети;
- одягатися чи роздягатися біля працюючого верстату;
- використовувати стиснене повітря зі шлангу для очищення столу верстата, оброблюваних деталей і одягу;
- користуватися місцевим освітленням напругою вище 42 В;
- охолоджувати інструмент чи деталь за допомогою ганчірки;
- виконувати самостійно ремонт електрообладнання, заміну вимикачів, розеток, зіпсованих електрозапобіжників;
- навмисно виводити з ладу запобіжні і блокувальні пристрої.

27. Зупинити верстат і вимкнути електрообладнання в наступних випадках:

- ідучи від верстата навіть на короткий час;
- при тимчасовому припиненні роботи;
- при перерві в подачі електроенергії;
- під час прибирання, змащення, чищення верстата;
- при виявленні будь-якої несправності, яка загрожує небезпекою;
- при підтягуванні болтів, гайок та інших кріпильних деталей.

4.3.3. Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. Після закінчення роботи вимкнути верстат, дочекатися повної його зупинки, зняти деталь і укласти її на відведене місце.

2. Очистити верстат від стружки та бруду, провести його змазку згідно схеми заводу-виробника. Вимкнути робоче освітлення.

3. Привести в порядок робоче місце, скласти інструмент в інструментальний ящик, скласти деталі на стелаж.

4. Зібрати весь використаний обтиральний матеріал у відповідну тару.
5. Доповісти керівнику робіт про виконання завдання і неполадки, які виникли в процесі в роботі.
6. Зняти спецодяг і засоби індивідуального захисту, виконати гігієнічні процедури.

4.3.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. У разі припинення подачі електроенергії, під час перерви в роботі, в ситуації, яка може викликати поломку устаткування, псування оброблюваної деталі, травмування, верстат повинен бути відключений від мережі живлення ввідним вимикачем ручної дії.
2. У разі виникнення шуму, перебоїв в роботі верстата негайно припинити роботу, знеструмити верстат и сповістити про це керівнику.
3. Не виконувати роботу на верстаті при відсутності (або несправності) місцевого освітлення.
4. У разі виникнення аварійної ситуації (при отриманні травми, раптового захворюванні, отруєнні, загорянні та ін.) необхідно негайно припинити роботу, доповісти про подію керівнику робіт і вжити заходи по ліквідації аварійної ситуації.

Висновки за розділом

В даному розділі проаналізовано основні небезпечні чинники, які можуть впливати на робітника під час роботи на металообробних верстатах, складено модель виникнення травмонебезпечної ситуації та запропоновано орієнтовну інструкцію з охорони праці.

5. РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Поточні витрати на обробку деталі розраховуються лише за тими статтями витрат, які змінюються у порівнюваних варіантах.

У загальному випадку технологічна собівартість складається з наступних елементів:

$$Z = Z_m + Z_{зп} + Z_e + Z_{об} + Z_{осн} + Z_i, \text{ грн} \quad (5.1)$$

де Z_m - витрати на матеріал заготовки, грн.;

$Z_{зп}$ - витрати на заробітну плату, грн.;

Z_e - зарплата на технологічну енергію, грн.;

$Z_{об}$ - витрати на утримання та експлуатацію обладнання, грн.;

$Z_{осн}$ - витрати, пов'язані з експлуатацією оснастки, грн.;

Z_i - витрати на металорізальний інструмент, грн.

Для базового технологічного процесу $Z_m^б = 3265,35$ грн.

Для проектного технологічного процесу $Z_m^п = 2278,25$ грн.

Розрахуємо витрати на заробітну плату основних та допоміжних робітників, які беруть участь у технологічному процесі обробки деталі:

$$Z_{пр} = C_m \cdot t_{шт-к} \cdot k_{баг} \cdot k_{доп} \cdot k_{стр} \cdot k_p, \text{ грн} \quad (5.2)$$

де C_m – годинна тарифна ставка робітника на операції, грн.;

$t_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний час на операцію, год.;

$k_{баг}$ – коефіцієнт, що враховує багатостатне обслуговування ($k_{баг} = 1$);

$k_{доп}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату ($k_{доп} = 1,2$);

$k_{стр}$ - коефіцієнт, що враховує страхові внески ($k_{стр} = 1,3$);

k_p – районний коефіцієнт, ($k_p = 1,15$).

Чисельність верстатників обчислюємо за формулою:

$$Ч_B = \frac{t_{шт-к} \cdot N_p \cdot k_{баг}}{F_p \cdot 60}, \quad (5.3)$$

де F_p - дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год.;

$t_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний час операції, хв;

N_p - річна програма випуску деталей, шт.

Дійовий фонд часу роботи верстатника визначається за виробничого календаря на поточний рік:

365 – календарна кількість днів;

118 – кількість вихідних та святкових днів;

247 – кількість робочих днів, із них: 3 – скорочені передсвяткові дні тривалістю 7 год;

244 – робочі дні тривалістю 8 год;

Втрати: 28 – чергова відпустка, 2 – втрати за лікарняним листом, 6 – інші; всього втрат - 36 днів.

Звідси кількість робочих годинників верстатника становить $F_p = 1685$ год.

Витрати на заробітну плату верстатників за базовим варіантом $Z_{зп}^6 = 853,48$ грн.

Витрати на заробітну плату верстатників за проєктованим варіантом 520,93 грн.

Оплата праці допоміжних робітників, як правило, здійснюється за погодинною чи погодинно-преміальною системою. Основна та додаткова заробітна плата допоміжних робітників (наладчиків, електронників) знаходиться за формулою:

$$Z_{доп} = \frac{C_T^{доп} \cdot F_p \cdot Ч_{доп} \cdot k_{доп} \cdot k_{стр} \cdot k_p}{N_p}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

де $C_T^{доп}$ – годинна тарифна ставка робітника відповідної спеціальності та розряду, грн.;

$Ч_{доп}$ – чисельність допоміжних робітників відповідної спеціальності та розряду, чол.

Чисельність транспортних робітників становить 5% від числа верстатників, чисельність контролерів – 7% кількості верстатників.

Для базового варіанту:

чисельність верстатників у базовому варіанті постачає $Ч_6 = 1,46$ люд.

чисельність транспортних робітників становить $Ч_{допТ} = 0,073$ люд.

чисельність контролерів становить $Ч_{допК} = 0,102$ люд.

оплата праці транспортних робітників $Z_{допТ} = 22,8$ грн.

оплата праці контролерів $Z_{\text{допК}} = 31,87$ грн.

Розрахуємо показники чисельності та заробітної плати за проектованого варіанта для транспортних робітників та контролерів.

Чисельність верстатників у проектованому варіанті $Ч_{\text{в}}^{\text{п}} = 0,5$ люд.

чисельність транспортних робітників становить $Ч_{\text{допТ}} = 0,025$ люд.

чисельність контролерів становить $Ч_{\text{допК}} = 0,035$ люд.

оплата праці транспортних робітників $Z_{\text{допТ}} = 7,81$ грн.

оплата праці контролерів $Z_{\text{допК}} = 10,94$ грн.

Отже, сумарні витрати на заробітну плату допоміжних робітників по базового варіанту $Z_{\text{доп}}^{\text{б}} = 54,67$ грн.

Витрати на заробітну плату допоміжних робітників по проектованому варіанту $Z_{\text{доп}}^{\text{п}} = 18,75$ грн.

Визначимо витрат на одну деталь із заробітної плати основних та допоміжних робітників:

Для базового технологічного процесу:

$$Z_{\text{зп}}^{\text{б}} = 853,48 + 54,67 = 908,15 \text{ грн.}$$

Для проектованого технологічного процесу:

$$Z_{\text{зп}}^{\text{п}} = 520,93 + 18,75 = 539,68 \text{ грн.}$$

Визначимо витрати на електроенергію:

$$Z_{\text{е}} = \frac{N_{\text{в}} \cdot k_{\text{N}} \cdot k_{\text{з}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_{\text{w}} \cdot t_{\text{шт-к}}}{\eta \cdot k_{\text{вн}}} \cdot C_{\text{е}}, \text{ грн} \quad (5.5)$$

де $N_{\text{в}}$ - встановлена потужність головного електродвигуна (за паспортними даними), кВт;

k_{N} – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для металообробних верстатів $k_{\text{N}} = 0,2 \dots 0,4$);

$k_{\text{з}}$ – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом, для середньосерійного виробництва $k_{\text{з}} = 0,7$;

$k_{\text{од}}$ - середній коефіцієнт одночасної роботи всіх електродвигунів верстата, $k_{\text{од}} = 0,75$ – при двох двигунах та $k_{\text{од}} = 1$ – при одному двигуні;

k_{w} – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії у мережі підприємства, $k_{\text{w}} = 1,04 \dots 1,08$;

η – коефіцієнт корисної дії обладнання (за паспортом верстата);

$k_{\text{вн}}$ - коефіцієнт виконання норм, $k_{\text{вн}} = 1,02$;

C_e - ціна 1 кВт · год електроенергії, $C_e = 4,6$ грн.

Витрати на електроенергію для базового варіанта становлять $Z_e^{\text{б}} = 54,39$ грн.

Витрати електроенергію для проектованого варіанта становлять $Z_e^{\text{п}} = 7,02$ грн.

Визначимо витрати на утримання та експлуатацію технологічного обладнання:

$$Z_{\text{об}} = C_{\text{ам}} + C_{\text{рем}}, \text{ грн} \quad (5.6)$$

де $C_{\text{рем}}$ - витрати на ремонт технологічного обладнання, грн.;

$C_{\text{ам}}$ – амортизаційні відрахування від вартості технологічного обладнання, грн.

Амортизаційні відрахування на кожен вид обладнання визначають за формулою:

$$C_{\text{ам}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{ам}} \cdot t_{\text{шт-к}}}{F_{\text{об}} \cdot k_3 \cdot k_{\text{вн}}}, \text{ грн} \quad (5.7)$$

де $C_{\text{об}}$ - ціна одиниці обладнання, грн.;

$N_{\text{ам}}$ – норма амортизаційних відрахувань, $N_{\text{ам}}^{\text{б}} = 12\%$ для базового обладнання, $N_{\text{ам}}^{\text{п}} = 6\%$ - для обладнання з ЧПУ;

$F_{\text{об}}$ – річний дійсний фонд роботи обладнання, $F_{\text{об}}^{\text{б}} = 3867$ год. і $F_{\text{об}}^{\text{п}} = 5386$ год;

k_3 - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $k_3 = 0,85$;

$k_{\text{вн}}$ – коефіцієнт виконання норм, $k_{\text{вн}} = 1,02$.

Витрати на поточний ремонт обладнання визначаємо за наступною формулою:

$$C_{\text{ам}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{рем}} \cdot t_{\text{шт-к}}}{F_{\text{об}} \cdot k_3 \cdot k_{\text{вн}}}, \text{ грн} \quad (5.8)$$

де $N_{\text{рем}}$ - норма ремонтних відрахувань, $N_{\text{рем}}^{\text{б}} = 2\%$ для базового обладнання, $N_{\text{рем}}^{\text{п}} = 2\%$ - для обладнання з ЧПУ;

Витрати на утримання та експлуатацію технологічного обладнання базового варіанта $Z_{\text{об}}^{\text{б}} = 115,55$ грн.

Витрати на утримання та експлуатацію технологічного обладнання для проєктованого варіанта $Z_{об}^п = 300,25$ грн.

Витрати на експлуатацію інструменту за базовим варіантом $Z_i^б = 88,26$ грн.

Витрати на інструмент за проєктованою технологією $Z_i^п = 71,42$ грн.

Так як у проєктованому технологічному процесі використовується цільний Результати розрахунків технологічної собівартості річного обсягу випуску деталі зводимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Технологічна собівартість обробки деталі

Статті затрат	Сума, грн	
	Базова технологія	Проєктована технологія
Затрати на матеріали	3265,35	2278,25
Заробітна плата з нарахуваннями	908,15	539,68
Затрати на електроенергію	54,39	7,02
Затрати на утримання і експлуатацію обладнання	115,22	300,25
Затрати на інструмент	88,26	71,42
Всього	4431,37	3196,62
Вартість річної програми	3988233	2876958

Економічний ефект від впровадження нової технології складатиме:

$$E = Z^б - Z^п, \text{ грн} \quad (5.9)$$

$$E = 3988233 - 2876958 = 1111275 \text{ грн}$$

У відсотковому співвідношенні

$$E = \frac{Z^б - Z^п}{Z^б} \cdot 100\%, \quad (5.10)$$

$$E = \frac{3988233 - 2876958}{3988233} \cdot 100 = 27,86 \%,$$

Висновки за розділом

В результаті розрахунку затрат на впровадження нового обладнання в технологічний процес та порівняння їх з базовою технологією встановлено, що економічний ефект від виконання річної програми випуску 900 шт. деталей становить 1111275 ргн.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі пропонується вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі «Маточина» ведучого колеса електронавантажувача в умовах середньосерійного виробництва.

Аналіз конструкції деталі та відпрацювання на її технологічність показав доцільність застосування в технологічному процесі високопродуктивних методів обробки з використанням верстатів з ЧПК.

Заміна універсального обладнання дозволила збільшити продуктивність праці, зменшити операційний час та знизити собівартість продукції.

Для операції «Токарна з ЧПК» розроблена керуюча програма для обробки деталі. При її розробці було враховано вимоги до матеріалу деталі, точності та шорсткості поверхонь. Вихідними даними стали розроблений маршрут обробки та вибрані й розраховані режими різання.

Пропонований технологічний процес забезпечує економічно вигідні показники випуску продукції високої якості із застосуванням на підприємстві сучасного обладнання та ріжучого інструменту.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Білоус О.В., Пахолюк А.П., Василенко І.І. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Проектування технологічного процесу обробки металів різанням. Методичні рекомендації до виконання практичних та індивідуальних робіт у підготовці за напрямом 6. 050503 «Машинобудування» для студентів денної іта заочної форми навчання. Львів: ЛНАУ, 2008. 60 с.
2. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник. Львів: Магнолія 2006, 2007. 500 с.
3. Дмитрієв Ю.О., Мацулевич О.Є., Щербина В.М., Холодняк Ю.В. Проектування керуючих програм для верстатів токарної групи з пристроєм числового програмного керування: навч. ВПЦ «Люкс», Мелітополь, 2018. 132 с.
4. Довідник по металорізальних верстатах та пресовому обладнанні. https://www.metalinstrument.com/sprav_ctx_beta800.htm
5. ДСТУ 8781:2018. Виливки зі сталі. Загальні технічні умови. <https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/06/dstu-8781-2018.pdf>
6. Інструкція з експлуатації токарного верстата 1М63. https://stanok-kpo.kz/netcat_files/44/33/1M63.stanok_kpo.pdf
7. Каталоги інструментів, ГОСТи та довідкова література: <https://ocean.biz.ua/catalog-i-price>
8. Когут М.С. Технологія машинобудування. Практикум до виконання курсового проекту для студентів спеціальностей «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання» та «Обладнання переробних і харчових виробництв». Львів: ЛНАУ, 2010. 114 с.
9. Муляр Ю. І., Дерібо О. В. Програмування токарної обробки на верстатах з ЧПК. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 91 с.
10. Пермяков В.О., Нілов О.О., Шимановський О.В. та ін. Металеві конструкції: підручник. Київ: Видавництво «Сталь», 2008. 812 с.
11. Петраков Ю.В. Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом «Інженерна механіка». Київ: Політехніка, 2006. 190 с.

12. Петров О. В., С. І. Сухоруков. Технологічна оснастка : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2018. 123 с.
13. Піддубний В.В., Стовбун О.І. Питання професійної гігієни праці в системі охорони праці. Київ: Логос, 2004. 195с.
14. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі. Методичні вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни "Технологія машинобудування" для студентів Механіко-машинобудівного інституту, інженерно-фізичного та поліграфічного факультетів / Укл. С. С. Добрянський , В. К. Фролов, В. А. Ковальов. Київ: Політехніка, 2002. 78с.
15. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Київ: Вища школа, 1993. 414 с.
16. Стискін Г.М., Ревнівцев М.П., Берізко М.М., Мелещик В.А. Інструменти для механічної обробки матеріалів. Львів: Оріяна-Нова, 2002. 240 с.
17. Технологія верстатних робіт: навч.пос. для проф.-техн. навч. закладів / за наук. ред. М. А. Вайнтрауба. Київ, 2015. 199с.
18. Токарні верстати. <https://vitcompany.com.ua/stanki/tokarnye-stanki>
19. Швець О.П. Технологія машинобудування. Методичних рекомендацій до виконання практичних робіт студентами ОС «Магістр» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування. Львів, 2019. 74 с.
20. Швець О.П. Технологія машинобудування. Методичних рекомендацій до виконання практичної роботи на тему: «Обґрунтування раціонального режиму токарної обробки деталі» студентами ОС «Магістр» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування. Львів, 2019. 34 с.
21. Швець О.П., Стукалець І.Г. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 133 "Галузеве машинобудування" Львів: ЛНАУ, 2023. 56 с.
22. <https://www.maxima-metall.com.ua/ua/balka/balka-dvotavrova-45m-st1-3ps-sp>

ДОДАТКИ

Додаток А – Керуюча програма

wwp	wwp
t1 d1	t5 d2
m6	m6
g0 g54 g90 g18 G95	g0 g54 g90 g18 G95
g96 s255 lims=386 F0.3 m3 m8	g96 s212 lims=790 F0.15 m3
CYCLE95("contur1",2.5,0,0,1,0.3	CYCLE93(85,-44,3,0.5,0,0,0,0,0
,0.3,0.3,209,0,0,0)	,0,0,0,1,0,13,5)
m9	wwp
wwp	g0 g90 g54 g95
t2 d1	g18
m6	spos=0
g0 g54 g90 g18 G95	t6
g96 s201 lims=308 F0.2 m3 m8	m6
CYCLE95("contur2",1,0,0,1,0.2,0.2	setms(2)
,0.3,5,0,0,0)	s2=3185 m2=3
m9	transmit
wwp	diamof
t3 d1	g17
m6	g0 x52 z1 y0
g0 g54 g90 g18 G95	m8
g96 s206 lims=790 F0.4 m3 m8	F0.03
CYCLE95("contur3",2,0,0,1,0.4,	CYCLE82(1,0,1,-2,,0)
0.4,0.4,211,0,0,0)	spos=60
m9	CYCLE82(1,0,1,-2,,0)
wwp	spos=120
t4 d1	CYCLE82(1,0,1,-2,,0)
m6	spos=180
g0 g54 g90 g18 G95	CYCLE82(1,0,1,-2,,0)
g96 s240 lims=900 F0.15 m3 m8	spos=240
CYCLE95("contur4",0.3,0,0,1,0.15,	CYCLE82(1,0,1,-2,,0)
0.15,0.15,7,0,0,0)	spos=300
m9	CYCLE82(1,0,1,-2,,0)

m9	t8
wwp	m6
g0 g90 g54 g95	s2=1386 m2=3
g18	g17
spos=0	g0 x52 z1 y0
t7	m8
m6	F0.09
s2=1592 m2=3	CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,
g17	5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)
g0 x52 z1 y0	spos=60
m8	CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,
F0.07	5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)
CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,	spos=120
5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)	CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,
spos=60	5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)
CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,	spos=180
5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)	CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,
spos=120	5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)
CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,	spos=240
5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)	CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,
spos=180	5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)
CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,	spos=300
5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)	CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,
spos=240	5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)
CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,	m9
5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)	wwp
spos=300	g0 g90 g54 g94
CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,	g18
5,1,,0.07,0,3,30,0,1,)	spos=0
m9	t9
wwp	m6
g0 g90 g54 g95	s2=916 m2=3
g18	g17
spos=0	g0 x52 z1 y0

m8
 POCKET4(2,0,1,-6,5.1,52,0,6,0.2,
 0.2, 27.48,27.48,3,12,10,,,)

spos=60
 POCKET4(2,0,1,-6,5.1,52,0,6,0.2,
 0.2, 27.48,27.48,3,12,10,,,)

spos=120
 POCKET4(2,0,1,-6,5.1,52,0,6,0.2,
 0.2, 27.48,27.48,3,12,10,,,)

spos=180
 POCKET4(2,0,1,-6,5.1,52,0,6,0.2,
 0.2, 27.48,27.48,3,11,10,,,)

spos=240
 POCKET4(2,0,1,-6,5.1,52,0,6,0.2,
 0.2, 27.48,27.48,3,11,10,,,)

spos=300
 POCKET4(2,0,1,-6,5.1,52,0,6,0.2,
 0.2, 27.48,27.48,3,11,10,,,)

m9
 wwp
 g0 g90 g54 g95
 g18
 spos=0
 t10
 m6
 s2=1592 m2=3
 g17
 g0 x52 z1 y0
 F1.5
 CYCLE84(1,0,0.5,,24,0,3,,1.5,
 0,573.25,0,3,1,0,0,,)

spos=60
 CYCLE84(1,0,0.5,,24,0,3,,1.5,
 0,573.25,0,3,1,0,0,,)

spos=120
 CYCLE84(1,0,0.5,,24,0,3,,1.5,
 0,573.25,0,3,1,0,0,,)

spos=180
 CYCLE84(1,0,0.5,,24,0,3,,1.5,
 0,573.25,0,3,1,0,0,,)

spos=240
 CYCLE84(1,0,0.5,,24,0,3,,1.5,
 0,573.25,0,3,1,0,0,,)

spos=300
 CYCLE84(1,0,0.5,-24,,0,3,,1.5,
 0,573.25,0,3,1,0,0,,)

wwp
 g0 g90 g54 g95
 g18
 spos=36
 t6
 m6
 s2=3185 m2=3
 g17
 g0 x80 z1 y0
 m8
 F0.03
 CYCLE82(1,0,1,-2,,1)
 spos=108
 CYCLE82(1,0,1,-2,,1)
 spos=180
 CYCLE82(1,0,1,-2,,1)
 spos=252
 CYCLE82(1,0,1,-2,,1)
 spos=324
 CYCLE82(1,0,1,-2,,1)
 m9
 wwp

g0 g90 g54 g95

g18

spos=36

t7

m6

s2=1592 m2=3

g17

g0 x80 z1 y0

m8

F0.07

CYCLE83(1,0,1,-40,-10,,5,1,,
0.07,0,3,40,0,1,)

spos=108

CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,5,1,,
0.07,0,3,30,0,1,)

spos=180

CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,5,1,,
0.07,0,3,30,0,1,)

spos=252

CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,5,1,,
0.07,0,3,30,0,1,)

spos=324

CYCLE83(1,0,1,-30,-15,,5,1,,
0.07,0,3,30,0,1,)

m9

wwp

g0 g90 g54 g95

g18

spos=36

t11

m6

s2=597 m2=3

transmit

diamof

g17

g0 x80 z1 y0

m8

F0.2

CYCLE83(1,0,1,-40,-10,,5,1,,
0.07,0,3,40,0,1,)

spos=108

CYCLE83(1,0,1,-40,-10,,5,1,,
0.07,0,3,40,0,1,)

spos=180

CYCLE83(1,0,1,-40,-10,,5,1,,
0.07,0,3,40,0,1,)

spos=252

CYCLE83(1,0,1,-40,-10,,5,1,,
0.07,0,3,40,0,1,)

spos=324

CYCLE83(1,0,1,-40,-10,,5,1,,
0.07,0,3,40,0,1,)

m9

wwp

g0 g90 g54 g95

g18

spos=0

t12

m6

s2=366 m2=3

g17

g0 x90 z1

m8

POCKET3(2,0,1,-15,50,40,20,90,

0, 0,15,0,0,111,47,111,47,2,12,0,,,,)

spos=72

POCKET3(2,0,1,-15,50,40,20,90,

0, 0,15,0,0,111,47,111,47,2,12,0,,,,)

spos=144

POCKET3(2,0,1,-15,50,40,20,90,
0, 0,15,0,0,111,47,111,47,2,12,0,,,,)

spos=216

POCKET3(2,0,1,-15,50,40,20,90,
0, 0,15,0,0,111,47,111,47,2,12,0,,,,)

spos=288

POCKET3(2,0,1,-15,50,40,20,90,
0, 0,15,0,0,111,47,111,47,2,12,0,,,,)

m9

trafoof

diamon

wwp

m30