

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
кришки 725.444.024

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41
спеціальності 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Смерека Н.І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Окіпний І.Б.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Ткаченко І.Г.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Окіпний І.Б.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

РЕФЕРАТ

У першому розділі визначено, що деталь “Кришка” 725.444.024 використовується в освітлювальних системах, що застосовуються у приміщеннях з підвищеною безпекою виникнення пожеж. Матеріал кришки 725.444.024 сплав АК12 відповідно до креслення деталі. На основі аналізу якісних та кількісних показників технологічності кришка 725.444.024 за базовими показниками та критеріями відноситься до технологічних деталей. Для умов середньосерійного типу виробництва верстати базового технологічного процесу при дрібносерійному типі виробництва не забезпечують достатню продуктивність обробки кришки 725.444.024.

У другому розділі, враховуючи форму деталі “Кришка” 725.444.024, проведено порівняння двох методів литва заготовки. Перший метод - лиття під тиском. Другий метод – лиття в піщані форми. За результатами розрахунку мас припусків та заготовок, а також коефіцієнтів використання матеріалів, враховуючи програму випуску 30000 шт. та середньосерійний тип виробництва прийнято для розроблення технологічного процесу спосіб виготовлення заготовки деталі “Кришка” 725.444.024 литво під тиском. Для механічної обробки деталі “Кришка” 725.444.024 розроблено та проаналізовано декілька варіантів маршрутів технологічного процесу. Проведено вибір інструментів, обладнання та режимів різання.

У третьому розділі для одночасного свердління 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$, витримуючи розмір $\varnothing 140 \pm 0,2$ у деталі “Кришка” 725.444.024 на 015 операції розроблено спеціальний кондуктор, що є у взаємодії з шестишпindelною свердлильною головкою.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Загально-технічна частина	
1.1. Службове призначення деталі	
1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....	
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....	
1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....	
2 Технологічна частина	
2.1. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.4. Визначення припусків на оброблення.....	
2.5. Вибір ріжучих та вимірювальних інструментів.....	
2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....	
3 Конструкторська частина	
3.1. Розрахунок похибки пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування.....	
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	
4.1. Техніка безпеки під час роботи на верстатах.....	
4.2. Спеціальне навчання і перевірка знань з питань охорони праці працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У роботі розглянуто процес оброблення кришки 725.444.024. Деталь використовується в освітлювальних системах, що застосовуються у приміщеннях з підвищеною безпекою виникнення пожеж.. Матеріал кришки 725.444.024 сплав АК12 відповідно до креслення деталі.

На перших операціях базового технологічного процесу використано токарно-гвинторізні верстати для оброблення базових поверхонь, на наступних – вертикально-свердлильні та різенарізні верстати із використанням в якості баз попередньо оброблених поверхонь. Для умов середньосерійного типу виробництва такі верстати не забезпечують достатню продуктивність обробки кришки 725.444.024, також при ручному режимі управління можуть виникати похибки при обробленні різьбової поверхні M130×2-7H за декілька переходів.

Для умов середньосерійного типу виробництва верстати базового технологічного процесу при дрібносерійному типі виробництва не забезпечують достатню продуктивність обробки кришки 725.444.024. Тому внесено такі зміни: токарні операції замінено на токарні з ЧПК з відповідною заміною токарно-гвинторізних верстатів на токарні верстати з ЧПК, при цьому для обробки поверхонь застосовувати різці із твердосплавними пластинами на основі карбїду вольфраму; при токарній обробці стандартні трьохкулачкові патрони замінено на спеціальні цангові патрони, що забезпечують максимальну площу контакту між затискними елементами та поверхнею заготовки; вертикально-свердлильні та різенарізні операції замінено на свердлильні з ЧПК з відповідною заміною вертикально-свердлильних та різьбонарізних верстатів на свердлильні верстати з ЧПК; шість отворів діаметром 3,3 мм під різьбу M4-7H формуються, застосовуючи багатошпindelну свердлильну головку та кондуктор; для оброблення малих отворів із фасками застосовано комбіновані інструменти; на технологічній оснастці до операцій технологічного процесу використано механізовані приводи.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Кришка” 725.444.024 використовується в освітлювальних системах, що застосовуються у приміщеннях з підвищеною безпекою виникнення пожеж внаслідок загоряння дрібних частинок у повітрі різних галузей промисловості.

Кришка 725.444.024 загвинчується на корпус системи освітлення і призначена для захисту внутрішніх електричних елементів. Наявність кришки дозволяє виконувати огляд та ремонт системи при необхідності.

Основними поверхнями кришки 725.444.024 є: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 131H9^{(+0,1)}$; Ra3,2, яка призначена для установки корпуса; внутрішня різьбова поверхня M130×2-7H – для кріплення кришки до корпуса; торцева поверхня 32h14 $(-0,62)$; Ra12,2 призначена для щільного контакту кришки з корпусом; два отвори $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$; Ra 1,6; l=3,4 $^{+0,85}$ для встановлення штифтів. Шість глухих отворів M4-7H, l=6,5; Ra 6,7 призначені для приєднання фіксатора, що перешкоджає самовідгвинчуванню кришки. Глухий різьбовий отвір M4-7H; l=6,5; Ra 6,7 – для кріплення гвинта захисного ланцюга, необхідного при ремонті.

Матеріал кришки 725.444.024 сплав АК12 відповідно до креслення деталі. Забезпечує необхідну герметичність з'єднання. Додатково перевіряється, щодо наявності тріщин, раковин, порушення герметичності на спеціальній установці з подачею рідини під тиском.

У таблицях 1.1 та 1.2 наявна інформація про властивості сплаву АК12.

Таблиця 1.1 – Інформація щодо вмісту сплаву АК12, %

Алюміній	Кремній	Кальцій	Титан	Мідь	Цинк	Магній	Цирконій
		не більше					
основа	10-13	0,08	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1

Таблиця 1.2 – Інформація щодо властивостей сплаву АК12

Спосіб лиття	Вид термообробки	Густина, ρ , г/см ³	σ_p , МПа	Відносне видовження, %	Твердість, НВ
в кокіль	–	2,55-2,6	157	2,0	50
під тиском	–		157	1,0	50
в кокіль	відпал		147	3,0	50

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Параметри поверхонь деталі “Кришка” 725.444.024, що піддаються обробці різанням окреслено у таблиці 1.3. Найвища точність за сьомим квалітетом вимагається для оброблення двох глухих отворів $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$; $l = 3,4^{+0,85}$; $53 \pm 0,2$ із найнижчою шорсткістю Ra1,6. Також підвищену точність за дев'ятим квалітетом має внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 131H9^{(+0,10)}$; $l=3$ із шорсткістю Ra3,2.

Таблиця 1.3 – Параметри поверхонь деталі “Кришка” 725.444.024, що піддаються обробці різанням

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість, мкм
1	2	3	4
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 150h14_{(-1,0)}$; $l=3$	14	Ra12,2
2	Торцева поверхня $32h14_{(-0,62)}$	14	Ra12,2
3	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 131H9^{(+0,10)}$; $l=3$	9	Ra3,2
4	Внутрішня фаска 45°	14	Ra12,2
5	Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$	12	Ra12,2
6	Внутрішня різева поверхня M130×2-7H	12	Ra6,7
7	Внутрішня фаска 45°	14	Ra12,2
8	Внутрішня канавка $\varnothing 131^{+1,0}$; $8^{+0,36}$; 45°	14	Ra12,2

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
9	Внутрішня торцева поверхня 27H14(^{+0,52})	14	Ra12,2
10	Внутрішня фаска 2×45°	14	Ra12,2
11,12	Два отвори глухих $\varnothing 6H7$ (^{+0,012}); $l=3,4^{+0,85}$; 53±0,2	7	Ra1,6
13,14	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,2
15-20	Шість отворів під різь М4-7Н l=8	12	Ra6,7
21-26	Шість внутрішніх фасок 0,5×45°	14	Ra12,2
27-32	Шість різевих отворів М4-7Н	12	Ra6,7
33	Глухий отвір під різь М4-7Н 6,5±0,5	12	Ra6,7
34	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,2
35	Різовий отвір М4-7Н	12	Ra6,7

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Згідно завдання програма випуску деталі “Кришка” 725.444.024 дорівнює 30000 шт. Попередній аналіз встановив, що така програма випуску деталей відповідає середньо серійному типу виробництва, тому технологічність деталі повинна відповідати цьому типу виробництва. Матеріал деталі сплав АК12 легко піддається різанню інструментами із твердими пластинами на основі карбиду вольфраму, а також осьовими інструментами із швидкоріжучої сталі. Також цей сплав має високу рідкотекучість при температурі плавлення, тому заготовки доцільно виготовляти методами литва. Для зменшення припусків на обробку з максимальним наближенням конфігурації деталі до конфігурації заготовки доцільно застосовувати точні методи литва. Деталь є не складною з огляду виготовлення форм для литва.

До усіх поверхонь є вільний доступ інструментів для обробки різанням, зокрема різців, свердл, зенкерів, розверсток та мітчиків. Це дозволяє застосовувати для механічної обробки токарні та свердлильні верстати з ЧПК.

Деталь має зменшену жорсткість через низьку границю міцності матеріалу заготовки, порівняно із сталлюю. Крім цього на поверхні деталі при затиску можуть формуватись вм'ятини. Тому на першій операції токарній доцільно застосовувати патрон, що забезпечує максимальну площу контакту між затискними елементами та поверхнею заготовки.

Отже, деталь “Кришка” 725.444.024 є технологічною.

Кількісні показники технологічності деталі “Кришка” 725.444.024 визначаємо за стандартними показниками визначених на базі показників поверхонь із таблиці 1.3.

Коефіцієнт точності обробки

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 16 + 12 \cdot 16 + 9 \cdot 1 + 7 \cdot 2}{35} = 12,54;$$

$$K_{T,ч} = 1 - \frac{1}{12,54} = 0,92.$$

При $K_{T,ч} = 0,92$ “Кришка” 725.444.024 технологічна.

Коефіцієнт шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 3 + 4 \cdot 15 + 3 \cdot 17}{35} = 3,6,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,6} = 0,28.$$

При $K_{ш}=0,28$ “Кришка” 725.444.024 технологічна.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{30}{35} = 0,86,$$

При $K_{y.e.} = 0,86$ “Кришка” 725.444.024 технологічна.

На основі аналізу якісних та кількісних показників технологічності “Кришка” 725.444.024 за базовими показниками та критеріями відноситься до

технологічних деталей, що дозволяє використовувати верстати з ЧПК та багатоінструментальні наладки для механічної обробки поверхонь.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Інформацію про послідовність виконання базового технологічного процесу механічної обробки деталі “Кришка” 725.444.024 із зазначенням обладнання та оснастки відображено у таблиці 1.4. На перших операціях використано токарно-гвинторізні верстати для оброблення базових поверхонь, на наступних – вертикально-свердлильні та різенарізні верстати із використанням в якості баз попередньо оброблених поверхонь. Для умов середньосерійного типу виробництва такі верстати не забезпечують достатню продуктивність обробки кришки 725.444.024, також при ручному режимі управління можуть виникати похибки при обробленні різьбової поверхні M130×2-7H за декілька переходів. Отвори на вертикально-свердлильних операціях обробляються послідовно, що також підвищує основний час обробки. На токарно-гвинторізних операціях застосовано стандартні патрони та кулачки, що можуть пошкоджувати поверхню деталі під час затиску. Технологічна оснастка застосовується із ручним затиском заготовки, що підвищує тривалість допоміжного часу.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

На основі аналізу якісних та кількісних показників технологічності “Кришка” 725.444.024 за базовими показниками та критеріями відноситься до технологічних деталей, що дозволяє використовувати верстати з ЧПК та багатоінструментальні наладки для механічної обробки поверхонь.

Для умов середньосерійного типу виробництва верстати базового технологічного процесу при дрібносерійному типі виробництва не забезпечують достатню продуктивність обробки кришки 725.444.024, також при ручному режимі управління можуть виникати похибки при обробленні

різбових поверхонь. Тому виникає необхідність внесення змін у базовий технологічний процес.

У проектному технологічному процесі запропоновано такі зміни базового процесу:

- для формування заготовок необхідно застосовувати методи литва із підвищеними характеристиками точності для зменшення припусків на обробку з максимальним наближенням конфігурації деталі до конфігурації заготовки, зокрема литва під тиском;

- токарні операції доцільно замінити на токарні з ЧПК з відповідною заміною токарно-гвинторізних верстатів на токарні верстати з ЧПК, при цьому для обробки поверхонь застосовувати різці із твердосплавними пластинами на основі карбїду вольфраму;

- при токарній обробці стандартні трьохкулачкові патрони доцільно замінити на спеціальні цангові патрони, що забезпечують максимальну площу контакту між затискними елементами та поверхнею заготовки;

- вертикально-свердлильні та різенарізні операції доцільно замінити на свердлильні з ЧПК з відповідною заміною вертикально-свердлильних та різьбонарізних верстатів на свердлильні верстати з ЧПК;

- шість отворів діаметром 3,3 мм під різьбу M4-7H запропоновано формувати, застосовуючи багатошпindelну свердлильну головку та кондуктор. Це дозволяє зменшити основний час обробки деталі;

- для оброблення малих отворів із фасками доцільно застосовувати комбіновані інструменти, що також дозволяє скоротити основний час обробки;

- на технологічній оснастці до операцій технологічного процесу запропоновано використовувати механізовані приводи.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Кришка” 725.444.024 сплав АК12 має високу рідкотекучість при температурі плавлення, тому заготовки доцільно виготовляти методами литва. Для зменшення припусків на обробку з максимальним наближенням конфігурації деталі до конфігурації заготовки доцільно застосовувати точні методи литва. Деталь є не складною з огляду виготовлення форм для литва.

Враховуючи форму деталі “Кришка” 725.444.024, проведено порівняння двох методів литва заготовки. Перший метод - лиття під тиском відноситься до точних методів литва, забезпечує високу якість поверхні. Використовуються спеціальні дорогі машини для литва під тиском із спеціальними металевими пресформами. Другий метод – лиття в піщані форми відноситься до методів литва низької точності, проте для формування заготовок не потрібне дороговартісне обладнання і форми.

Перший метод забезпечує 7-й клас точності на допуски розмірів заготовки і перший ряд припусків. Другий метод забезпечує 11-й клас точності на допуски розмірів заготовки і третій ряд припусків.

Ескізи заготовок двох вказаних методів литва представлено на рис. 2.1 та 2.2. Зокрема, на рис. 2.1 зображено заготовку деталі “Кришка” 725.444.024, що виготовляється литтям під тиском, а на рис. 2.2 – заготовку, що може виготовлятися литтям в піщані форми.

Розміри заготовок одержані на базі даних таблиці 2.1 про два вказаних методи виготовлення заготовок.

У таблиці вказано поверхні, із яких знімається припуск під час механічної обробки а також граничні відхилення поверхонь до процесу різання.

Таблиця 2.1 – Розміри заготовок деталі “Кришка” 725.444.024

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) лиття під тиском				
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 150h14_{(-1,0)}$	Ra12,2	1,2	$0,64 \times 2 = 1,28$ конструктивно	$\varnothing 151,28 \pm 0,6$
Внутрішня циліндрична поверхня під різьбу $\varnothing 127,9^{+0,4}$	Ra12,2	1,2	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 125,5 \pm 0,6$
Торцева поверхня $27H14^{(+0,52)}$	Ra12,2	0,9	1,1	$25,9 \pm 0,45$ згідно креслення: $27 \pm 0,45$
Торцева поверхня $32h14_{(-0,62)}$	Ra12,2	0,9	1,1	$33,1 \pm 0,45$
2) лиття в піщані форми				
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 150h14_{(-1,0)}$	Ra12,2	5,0	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 160 \pm 2,5$
Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$	Ra12,2	5,0	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 117,9 \pm 2,5$
Торцева поверхня $27H14^{(+0,52)}$	Ra12,2	3,6	4,2	$22,8 \pm 1,8$ згідно креслення: $27 \pm 1,8$
Торцева поверхня $32h14_{(-0,62)}$	Ra12,2	3,6	4,2	$36,2 \pm 1,8$

За даними таблиці 2.1 та рисунків 2.1, 2.2 розраховуємо об'єми та маси заготовок. Маса заготовки складається із маси готової деталі ($q = 0,39$ кг) та маси припуску $m_{\text{пр}}$, що знімається під час виконання технологічного процесу виготовлення деталі “Кришка” 725.444.024:

$$Q = q + m_{\text{пр}} \cdot \quad (2.1)$$

Маса припуску при об'ємі $V_{\text{пр}}$ та густині $\rho = 2,6$ г/см³:

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho. \quad (2.2)$$

Об'єми припусків:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot h}{4}. \quad (2.3)$$

де D – діаметральний розмір, мм;

H – висота припуску, мм.

Об'єми припусків:

– лиття під тиском (рис. 2.1):

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (151,28^2 - 150^2) \cdot 3}{4} = 1709,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (131^2 - 125,5^2) \cdot 5}{4} = 5537,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (131^2 - 125,5^2) \cdot 10}{4} = 11074,4 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (127,9^2 - 125,5^2) \cdot 12}{4} = 5728,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (152,4^2 - 125,5^2) \cdot 1,1}{4} = 6455,1 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 3,4}{4} = 192,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 6 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 8}{4} = 602,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 6,5}{4} = 81,6 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = 31382 \text{ мм}^3 = 31,38 \text{ см}^3.$$

– лиття в піщані форми (рис. 2.2):

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (160^2 - 150^2) \cdot 3}{4} = 7300,5 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (131^2 - 117,9^2) \cdot 5}{4} = 12797,8 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (131^2 - 117,9^2) \cdot 10}{4} = 25595,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (127,9^2 - 125,5^2) \cdot 12}{4} = 5728,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (160^2 - 117,9^2) \cdot 4,2}{4} = 38573,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 3,4}{4} = 192,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 26 \cdot 64 \cdot 1 = 1664 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = 6 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 8}{4} = 602,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 6,5}{4} = 81,6 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = 92537 \text{ мм}^3 = 92,5 \text{ см}^3.$$

Маси припуску $m_{\text{пр}}$:

– лиття під тиском (рис. 2.1):

$$m_{\text{пр1}} = 31,38 \cdot 2,6 = 81,59 \text{ г} \approx 0,082 \text{ кг}.$$

– лиття в піщані форми (рис. 2.2):

$$m_{\text{пр2}} = 92,5 \cdot 2,6 = 240,5 \text{ г} \approx 0,24 \text{ кг}.$$

Маси заготовок:

– лиття під тиском (рис. 2.1):

$$Q_1 = 0,39 + 0,082 = 0,472 \text{ кг}.$$

– лиття в піщані форми (рис. 2.2):

$$Q_2 = 0,39 + 0,24 = 0,63 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}. \quad (2.4)$$

– лиття під тиском (рис. 2.1):

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,39}{0,472} = 0,83.$$

– лиття в піщані форми (рис. 2.2):

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,39}{0,63} = 0,62.$$

За результатами розрахунку мас припусків та заготовок, а також коефіцієнтів використання матеріалів, враховуючи програму випуску 30000 шт. та середньо серійний тип виробництва прийнято для розроблення технологічного процесу спосіб виготовлення заготовки деталі “Кришка” 725.444.024 литво під тиском, що відноситься до точних методів литва і забезпечує високу якість поверхні.

2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Для механічної обробки деталі “Кришка” 725.444.024 розроблено та проаналізовано декілька варіантів маршрутів технологічної процесу, основні з яких записано у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрути обробки кришки 725.444.024

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 150h14_{(-1,0)}$; $l=3$	14	Ra12,2	Напівчистове точіння	—
2	Торцева поверхня $32h14_{(-0,62)}$	14	Ra12,2	Напівчистове точіння	—
3	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 13H9^{(+0,10)}$; $l=3$	9	Ra3,2	Чистове розточування	—
4	Внутрішня фаска 45°	14	Ra12,2	Розточування напівчистове	—
5	Внутрішня циліндрична поверхня під різь $\varnothing 127,9^{+0,4}$	12	Ra12,2	Розточування напівчистове	—

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
6	Внутрішня різьба поверхня М130×2-7Н	12	Ra6,7	Нарізання різі різцем	Фрезеру- вання різі гребінчас- тою фрезою
7	Внутрішня фаска 45°	14	Ra12,2	Розточування напівчистове	Розточу- вання напівчистове
8	Внутрішня канавка Ø131 ^{+1,0} ; 8 ^{+0,36} ; 45°	14	Ra12,2	Розточування напівчистове	—
9	Внутрішня торцева поверхня 27Н14 ^(+0,52)	14	Ra12,2	Розточування напівчистове	—
10	Внутрішня фаска 2×45°	14	Ra12,2	Розточування напівчистове	—
11, 12	Два отвори глухих Ø6Н7 ^(+0,012) ; 1=3,4 ^{+0,85} ; 53±0,2	7	Ra1,6	Розвертання чистове	Свердління Розвер- тання чистове
13, 14	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,2	Зенкування	Утворення свердлом
15- 20	Шість глухих отворів під різь М4-7Н; l=8	12	Ra6,7	Центрування Свердління	Свердління

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
21-26	Шість внутрішніх фасок 0,5×45°	14	Ra12,2	при свердлінні	Зенкування
27-32	Шість отворів М4-7Н	12	Ra6,7	Нарізання різи мітчиком	—
33	Глухий отвір під різь М4-7Н ; 6,5±0,5	12	Ra6,7	Центрування Свердління	Свердління
34	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,2	при свердлінні	Зенкування
35	Різовий отвір М4-7Н	12	Ra6,7	Нарізання різи мітчиком	—

У проектному технологічному процесі обробки кришки 725.444.024 проведено такі зміни базового процесу:

- токарні операції замінено на токарні з ЧПК з відповідною заміною токарно-гвинторізних верстатів на токарні верстати з ЧПК, при цьому для обробки поверхонь застосовувати різці із твёрдосплавними пластинами на основі карбиду вольфраму;

- при токарній обробці стандартні трьохкулачкові патрони замінено на спеціальні цангові патрони, що забезпечують максимальну площу контакту між затискними елементами та поверхнею заготовки;

- вертикально-свердлильні та різенарізні операції замінено на свердлильні з ЧПК з відповідною заміною вертикально-свердлильних та різьбонарізних верстатів на свердлильні верстати з ЧПК;

- шість отворів діаметром 3,3 мм під різьбу М4-7Н формуються, застосовуючи багатошпindelну свердлильну головку та кондуктор;

- для оброблення малих отворів із фасками застосовано комбіновані інструменти;

- на технологічній оснастці до операцій технологічного процесу використано механізовані приводи.

005. Токарна з ЧПК

2. Підрізати остаточно торець 2, витримуючи розмір 32h14(-0,62).

3. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір $\varnothing 150h14_{(-1,0)}$.

4. Розточити попередньо отвір 3, витримуючи розмір $\varnothing 129,5H11^{(+0,25)}$, розточити остаточно внутрішню циліндричну поверхню 5 під різь M130×2-7H з остаточною підрізанням торця 9 та остаточною розточуванням внутрішньої фаски 10, витримуючи розміри $\varnothing 127,9H12^{(+0,4)}$, $27H14_{(-0,52)}$, $2 \times 45^\circ$ послідовно по програмі.

5. Розточити остаточно отвір 3 та внутрішню фаску 4, витримуючи розміри $\varnothing 131H9^{(+0,1)}$; $1,55 \times 45^\circ$.

6. Розточити остаточно внутрішню канавку 8 з остаточною розточуванням фаски 7, витримуючи розміри $\varnothing 131^{+1,0}$; $8^{+0,36}$; R1; $2 \times 45^\circ$.

7. Нарізати внутрішню різь 6 по програмі, витримуючи розміри M130×2-7H.

9. Перевірити розміри: $32h14_{(-0,62)}$; $\varnothing 150h14_{(-1,0)}$; $27H14_{(-0,52)}$, $2 \times 45^\circ$; $\varnothing 131H9^{(+0,1)}$; $\varnothing 131^{+1,0}$; $8^{+0,36}$; R1; $2 \times 45^\circ$; M130×2-7H.

Контроль 30%.

010. Свердлильна з ЧПК.

2. Центрувати два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 1,62^{+0,25}$; $\varnothing 3,37^{+0,3}$; $l=1,58 \pm 0,1$; $l=2,1$; $53 \pm 0,2$ послідовно по програмі.

3. Свердлити два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 5,6^{+0,12}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53 \pm 0,2$ послідовно по програмі.

4. Зенкувати дві фаски 13, 14, витримуючи розміри $0,7 \times 45^\circ$; $53 \pm 0,2$ послідовно по програмі.

5. Розвернути попередньо два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 5,89^{+0,03}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53 \pm 0,2$ послідовно по програмі.

6. Розвернути остаточно два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,012}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53 \pm 0,2$ послідовно по програмі.

8. Перевірити розміри: $\varnothing 6^{+0,012}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53 \pm 0,2$; $0,5 \times 45^\circ$

Контроль 30%.

015. Вертикально-свердлильна

2. Свердлити одночасно шість отворів 15-20 з одночасним формуванням шести фасок 21-26, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $8\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$, $\varnothing 140\pm 0,2$.

Перевірити розміри: $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $8\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$, $\varnothing 140\pm 0,2$. Контроль 30%.

020. Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 33 з одночасним формуванням фаски 34, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $6,5\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$.

Перевірити розміри: $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $6,5\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$. Контроль 30%.

025. Різенарізна

1. Нарізати різь 27-32 послідовно в шести отворах витримуючи розміри М4-7Н; $6\pm 0,2$, $\varnothing 140\pm 0,2$.

Перевірити розміри: М4-7Н; $6\pm 0,2$, $\varnothing 140\pm 0,2$. Контроль 30%.

030. Різенарізна

1. Нарізати різь 35, витримуючи розмір М4-7Н; $4\pm 0,2$.

Перевірити розміри: М4-7Н; $4\pm 0,2$. Контроль 30%.

Операція 035. Контроль.

2.4. Визначення припусків на оброблення

Для механічної обробки деталі “Кришка” 725.444.024 розраховано та проаналізовано припуски для процесів обробки, основні з яких записано у таблиці 2.4.

Розрахунок проведено на основі точності заготовки та якості поверхонь, що потрібно одержати в результаті обробки.

Таблиця 2.5 – Припуски для обробки кришки 725.444.024

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 32h14 _(-0,62)					
Напівчистове точіння	14	Ra12,2	0,62	1,1	32 _{-0,62}
Заготовка	7 кл.	R _z 50	0,9	–	33,1±0,45
Внутрішня торцева поверхня 27H14 ^(+0,52)					
Напівчистове точіння	14	Ra12,2	0,52	1,1	27 ^{+0,52}
Заготовка	7 кл.	R _z 50	0,9	–	25,9±0,45
Зовнішня циліндрична поверхня Ø150h14 _(-1,0)					
Точіння напівчистове	14	Ra12,2	1,0	0,64 × 2 = 1,28	Ø150 _{-1,0}
Заготовка	7 кл.	R _z 50	1,2	–	Ø151,28±0,6
Внутрішня циліндрична поверхня Ø131H9 ^(+0,10)					
Розточування чистове	9	Ra3,2	0,1	0,75 × 2 = 1,5	Ø131 ^{+0,10}
Розточування напівчистове	11	Ra6,7	0,25	2,0 × 2 = 4,0	Ø129,5 ^{+0,25}
Заготовка	7 кл.	R _z 50	1,2	2,75 × 2 = 5,5	Ø125,5±0,6
Внутрішня циліндрична поверхня під різь Ø127,9 ^{+0,4}					
Розточування напівчистове	12	Ra12,2	0,4	1,2 × 2 = 2,4	Ø127,9 ^{+0,4}
Заготовка	7 кл.	R _z 50	1,2	–	Ø125,5±0,6

Для оброблення отвору Ø6H7 методами свердління, розвертання чорнового та розвертання чистового розроблено схему розташування припусків (рис. 2.3).

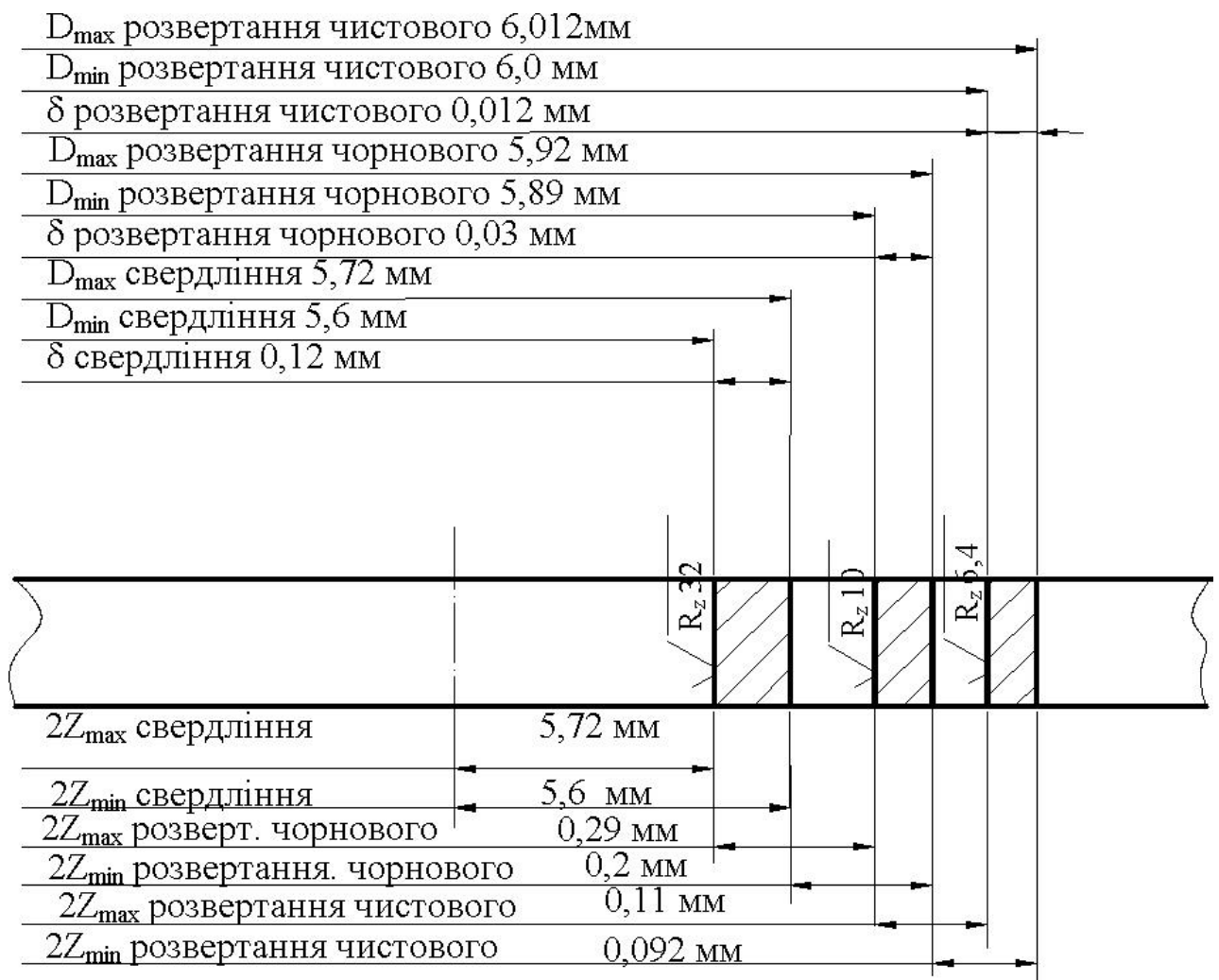


Рисунок 2.3 - Розташування припусків для оброблення отвору $\varnothing 6H7$ методами свердління, розвертання чорного та розвертання чистового

2.5. Вибір ріжучих та вимірювальних інструментів

Результати вибору інструментів представлено у таблиці 2.6.

Таблиця 3.13 – Вибір інструментів

Номер, назва операції, переходу	Інструмент		
	Ріжучий	Допоміжний	Вимірювальний
1	2	3	4
005 Токарна з ЧПК			
Перехід 2 Підрізати остаточно торець 2, витримуючи розмір $32h14_{(-0,62)}$	Різець для контурного точіння із твердосплавною пластиною ВК4	Різцетримач з циліндричним хвостовиком	Штангенциркуль

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
<p>Перехід 3</p> <p>Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір $\varnothing 150h14_{(-1,0)}$.</p>	<p>Різець для контурного точіння із твердосплавною пластиною ВК4</p>	<p>Різцетримач з циліндричним хвостовиком</p>	<p>Штангенциркуль</p>
<p>Перехід 4</p> <p>Розточити попередньо отвір 3, витримуючи розмір $\varnothing 129,5H11^{(+0,25)}$, розточити остаточно внутрішню циліндричну поверхню 5 під різь М130×2-7Н з остаточною підрізанням торця 9 та остаточною розточуванням внутрішньої фаски 10, витримуючи розміри $\varnothing 127,9H12^{(+0,4)}$, $27H14_{(-0,52)}$, $2 \times 45^\circ$ послідовно по програмі</p>	<p>Різець розточний з чотирьохгранною пластиною ВК4, $\varphi=92^\circ$</p>	<p>Втулка перехідна</p>	<p>Штангенциркуль Кутомір</p>
<p>Перехід 5</p> <p>Розточити остаточно отвір 3 та внутрішню фаску 4, витримуючи розміри $\varnothing 131H9^{(+0,1)}$; $1,55 \times 45^\circ$</p>	<p>Різець розточний з чотирьохгранною пластиною ВК4, $\varphi=92^\circ$</p>	<p>Втулка перехідна</p>	<p>Калібр-пробка ПР (131Н9) Калібр-пробка НЕ (131Н9) Штангенциркуль Кутомір</p>
<p>Перехід 6</p> <p>Розточити остаточно внутрішню канавку 8 з остаточною розточуванням фаски 7 методом копіювання, витримуючи розміри $\varnothing 131^{+1,0}$; $8^{+0,36}$; R1; $2 \times 45^\circ$</p>	<p>Різець канавочний спеціальний Р6М5, $b=8$; R1</p>	<p>Різцетримач з циліндричним хвостовиком</p>	<p>Шаблон канавочний спеціальний ($b=8$) Штангенциркуль</p>
<p>Перехід 7</p> <p>Нарізати внутрішню різь 6 по програмі, витримуючи розміри М130×2-7Н</p>	<p>Різець токарний для нарізання різьби в отворі, ВК3</p>	<p>Різцетримач з циліндричним хвостовиком</p>	<p>Калібр-пробка різьбовий (М130×2-7Н) НЕ Калібр-пробка різьбовий (М130×2-7Н) ПР</p>

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
010 Свердлильна з ЧПК			
<p>Перехід 2</p> <p>Центрувати два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 1,64^{+0,25}$; $\varnothing 3,34^{+0,3}$; $l=1,54\pm 0,1$; $l=2$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі</p>	<p>Свердло центрувальне $d = 1,61$; $D = 4,0$;</p>	Патрон цанговий	Штангенциркуль
<p>Перехід 3</p> <p>Свердлити два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 5,6^{+0,12}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі</p>	<p>Свердло СС $\varnothing 5,6A$; $l=57$</p>	Патрон цанговий	Штангенциркуль Штангенглибинномір
<p>Перехід 4</p> <p>Зенкувати дві фаски 13, 14, витримуючи розміри $0,7\times 45^\circ$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі</p>	<p>Зенківка конічна $2\times 90^\circ$; $\varnothing 8$</p>	Патрон цанговий	Кутомір
<p>Перехід 5</p> <p>Розвернути попередньо два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 5,89^{+0,03}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі</p>	<p>Розвертка $\varnothing 6U8$; $L=138$; $z=6$</p>	Плаваючий патрон для розверток	—
<p>Перехід 6</p> <p>Розвернути остаточно два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,012}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі</p>	<p>Розвертка $\varnothing 6H7$; $L=138$; $z=6$ НКХ,</p>	Плаваючий патрон для розверток	Калібр-пробка двосторонній $\varnothing 6H7$ Взірці шорсткості

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4
015 Вертикально-свердлильна			
Перехід 2 Свердлити одночасно шість отворів 15-20 з одночасним формуванням шести фасок 21-26, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $8\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$, $\varnothing 140\pm 0,2$.	Свердло комбіноване спеціальне $d = 3,3$; $0,5\times 90^\circ$; $D = 4,3$; $L = 75$	Патрон 8-B12 Оправка	Штанген-циркуль Кутомір
020 Вертикально-свердлильна			
Перехід 2 Свердлити отвір 33 з одночасним формуванням фаски 34, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $6,5\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$	Свердло комбіноване спеціальне $d = 3,3$; $0,5\times 90^\circ$; $D = 4,3$; $L = 75$;	Патрон 8-B12 Оправка	Штанген-циркуль Кутомір
025 Різенарізна			
Перехід 2 Нарізати різь 27-32 послідовно в шести отворах витримуючи розміри М4-7Н; $6\pm 0,2$, $\varnothing 140\pm 0,2$	Мітчик М4; $P=0,7$; $L=53$	Патрон спеціальний для мітчиків	Калібр-пробка різевий (М4-7Н)
030 Різенарізна			
Перехід 2 Нарізати різь 35, витримуючи розмір М4-7Н; $4\pm 0,2$	Мітчик М4; $P=0,7$; $L=53$	Патрон спеціальний для мітчиків	Калібр-пробка (М4-7Н)

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунки режимів різання операцій виготовлення кришки 725.444.024, проведено на основі табличних даних та розрахункових даних переходу 3 операції 010.

010 Свердлильна з ЧПК

Перехід 3.

Свердлити два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 5,6^{+0,12}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі.

Інструмент – Свердло СС $\varnothing 5,6A$ $l=57$.

1. Глибина різання [20]:

$$t = 0,5 \cdot D; \quad (2.5)$$

$$t = 0,5 \cdot 5,6 = 2,8 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу [20]:

$$l_{\text{різ.}} = 3,4 \text{ мм};$$

$$l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} = 3,5 \text{ мм [20].}$$

$$l_{\text{пер}} = 0 \text{ мм}$$

$$L_{\text{р.х.}} = 3,4 + 3,5 = 6,9 \text{ мм.}$$

3. Подача при свердлінні [20]:

$$S = S_0 \cdot K_s, \quad (2.7)$$

де $S_0 = 0,36 \text{ мм/об [20];}$

$$K_s = 0,5 [20].$$

$$S = 0,36 \cdot 0,5 = 0,18 \text{ мм/об.}$$

4. Стійкість свердла:

$$T_M = 25 \text{ хв. [20].}$$

5. Швидкість різання [20]:

де $K_v = 0,75;$

Із формули (2.8) отримаємо:

$$V = \frac{36,3 \cdot 5,6^{0,25}}{25^{0,125} \cdot 0,18^{0,55}} \cdot 0,75 = \frac{36,3 \cdot 1,54}{1,5 \cdot 0,4} \cdot 0,75 = 69 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання свердла [20]:

$$n = \frac{1000 \cdot 69}{\pi \cdot 5,6} = 3924 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n = 1400$ об/хв з паспорту верстата.

7. Коректуємо швидкість різання [20]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot 5,6 \cdot 1400}{1000} = 24,6 \text{ м/хв.}$$

8. Крутний момент при свердлінні [20]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.10)$$

де $D = 5,6$ мм;

Із формули (2.10) одержуємо:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,3^{2,0} \cdot 0,162^{0,8} \cdot 1,0 = 0,13 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

9. Потужність різання при свердлінні [20]:

$$N_{різ} = \frac{0,13 \cdot 1400}{9750} = 0,012 \text{ кВт.}$$

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свердлити два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 5,6^{+0,12}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі	2,8	6,9	2	28	0,17	1402	24,5	254	0,055	0,12
Перехід 4 Зенкувати дві фаски 13, 14, витримуючи розміри $0,7\times 45^\circ$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі	0,7	5,5	2	28	0,081	1402	35,1	114	0,05	0,08
Перехід 5 Розвернути попередньо два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 5,89^{+0,03}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі	0,145	6,4	2	17	1,0	582	10,8	582	0,021	0,03
Перехід 6 Розвернути остаточно два отвори 11, 12, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,012}$; $l=3,4^{+0,85}$; $53\pm 0,2$ послідовно по програмі	0,055	6,4	2	17	0,8	482	9,1	386	0,032	0,01
015 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити одночасно шість отворів 15-20 з одночасним формуванням шести фасок 21-26, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $8\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$, $\varnothing 140\pm 0,2$	1,65	12	1	17	0,15	2002	20,5	322	0,04	0,18
020 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити отвір 33 з одночасним формуванням фаски 34, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $6,5\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$	1,65	10,5	1	17	0,161	2004	20,8	321	0,03	0,03
025 Різенарізна										

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 2 Нарізати різь 27-32 послідовно в шести отворах витримуючи розміри М4-7Н; 6±0,2, Ø140±0,2.	0,606	18,2	6	12	0,7	645	8	449	0,245	0,3
030 Різенарізна										
Перехід 2 Нарізати різь 35, витри- муючи розмір М4-7Н; 4±0,2.	0,606	16	1	12	0,7	645	8	449	0,035	0,05

Розрахуємо штучний час обробки на 010 свердлильній з ЧПК операції [20]:

010 Свердлильна з ЧПК.

Сумарний основний час роботи за програмою (2.15):

$$T_{o.a.010} = 0,08 + 0,055 + 0,05 + 0,022 + 0,033 = 0,24 \text{ хв.}$$

Час автоматичної заміни інструменту (2.17):

$$T_{доп.а.і} = (0,016 + 0,016) \cdot 5 = 0,16 \text{ хв.}$$

Час допоміжних ходів (2.18):

$$T_{доп.а.х.х.} = \frac{3825}{5000} = 1,06 \text{ хв.}$$

Сумарний допоміжний час роботи за програмою (2.16):

$$T_{доп.а.} = 0,16 + 1,06 = 1,22 \text{ хв.}$$

Тривалість циклу роботи за програмою (2.14):

$$T_{ц.а.} = 0,24 + 1,22 = 1,46 \text{ хв.}$$

Час вимірювання розмірів обробленої деталі $T_{\text{доп.вим.}}$:

– $\varnothing 3,35^{+0,3}$; $\varnothing 5,6^{+0,12}$; $53 \pm 0,2$ – Штангенциркуль $t_{1в} = 0,06 \cdot 6 = 0,36$ хв.;

– $3,4^{+0,85}$ – Штангенглибиномір $t_{2в} = 0,067$ хв.;

– $0,7 \times 45^\circ$ – Кутомір універсальний $t_{3в} = 0,08 \cdot 2 = 0,16$ хв.;

– $\varnothing 6^{+0,012}$ – Калібр-пробка $t_{4в} = 0,07 \cdot 2 = 0,14$ хв.

$$T_{\text{доп.вим.}} = \sum t_{iв} = 0,36 + 0,067 + 0,16 + 0,14 = 0,73 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп.вим.д}} = 0,73 \cdot 0,3 = 0,22 \text{ хв.}$$

Допоміжний час:

$$T_{\text{доп.}} = 0,21 + 0,57 + 0,22 = 1,0 \text{ хв.}$$

Оперативний час [20]:

$$T_{\text{оп.}} = 1,46 + 1,0 = 2,46 \text{ хв.}$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт010}} = 2,46 \cdot \left(1 + \frac{17,15}{100}\right) = 2,88 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$n = 1016$ шт.

$$T_{\text{шт.к.010}} = 2,88 + \frac{29,85}{1016} = 2,9 \text{ хв.}$$

005 Токарна з ЧПК

Основний час: $T_{005} = 0,057 + 0,03 + 0,12 + 0,12 + 0,13 + 0,184 = 0,641$ хв.

Штучний час:

$$T_{\text{шт.к005}} = 2,14 \cdot 0,641 = 1,37 \text{ хв.}$$

015 Вертикально-свердлильна

Основний час: $T_{o015} = 0,04$ хв.

Штучний час:

$$T_{шт.к015} = 3,5 \cdot 0,04 = 0,14 \text{ хв.}$$

020 Вертикально-свердлильна

Основний час: $T_{o020} = 0,03$ хв.

Штучний час:

$$T_{шт.к020} = 3,5 \cdot 0,03 = 0,11 \text{ хв.}$$

025 Різена різна операція

Основний час: $T_{o020} = 0,244$ хв.

Штучний час:

$$T_{шт.к025} = 3,5 \cdot 0,244 = 0,854 \text{ хв.}$$

030 Різена різна операція

Основний час: $T_{o020} = 0,036$ хв.

Штучний час:

$$T_{шт.к030} = 3,5 \cdot 0,036 = 0,126 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку витрат часу на виготовлення кришки 725.444.024 зведено в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Витрати часу на виготовлення кришки 725.444.024

Номер та назва операції	T_o , хв	Допоміжний час, T_d хв			$T_{ц}$, хв	$T_{оп}$, хв	Час обслуговування, $T_{об}$, хв			$T_{шт.}$, хв.	$T_{п.з.}$, хв.	п, ШТ	$T_{шт.к.}$, хв
		T_y	$T_{пер.}$	$T_{вим.}$			$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$	$T_{відп.}$				
005 Токарна з ЧПК	0,641	—	—	—	—	—	—			—	—	1016	1,37
010 Свердлильна з ЧПК	0,24	0,21	0,57	0,22	1,46	2,46	0,1715			2,88	29,85		2,9
015 Вертикально-свердлильна	0,04												0,14

020 Верти- кально- свердлиль- на	0,03										0,11
025 Різена- різна	0,244										0,854
030 Різена- різна	0,036										0,126

Коефіцієнт завантаження обладнання:

Проектний варіант

$$K_{з.о.005} = \frac{0,74}{1} = 0,74;$$

$$K_{з.о.010} = \frac{1,56}{2} = 0,78;$$

$$K_{з.о.015} = \frac{0,08}{1} = 0,08;$$

$$K_{з.о.020} = \frac{0,06}{1} = 0,06;$$

$$K_{з.о.025} = \frac{0,46}{1} = 0,46;$$

$$K_{з.о.030} = \frac{0,07}{1} = 0,07.$$

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_{з.о.сер.} = \frac{2,19}{6} = 0,37.$$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок похибки пристосування для механічного оброблення деталі

Для одночасного свердління 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$, витримуючи розмір $\varnothing 140 \pm 0,2$ у деталі “Кришка” 725.444.024 на 015 операції розроблено спеціальний кондуктор, що є у взаємодії з шестишпindelною головкою. Таке поєднання двох пристроїв на вертикально-свердильному верстаті дозволить значно скоротити штучний час обробки деталі та відповідно підвищити продуктивність обробки отворів порівняно із послідовною обробкою отворів у базовому технологічному процесі.

Кондуктор закріплюється болтами через пази на столі верстата. Шестишпindelна головка закріплюється на корпусі шпинделя із приєднанням рухомої обертової частини до самого шпинделя. Для позбавлення шести степеней вільності деталь базується на зрізаний палець 20 і циліндричний палець 19 та площину пристрою.

До заготовки подача шести свердл, що закріплені у шпинделях головки здійснюється через змінні кондукторні втулки, які закріплені на кондукторній плиті кондуктора. Зусилля затиску на деталь передається від корпусу шпинделя, через шестишпindelну головку, пружини стиску та кондукторну плиту.

Похибка установки кришки 725.444.024 в кондукторі [3]:

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

Похибка установки кришки 725.444.024 повинна бути меншою за допуски на розміри, що одержуються при свердлінні, тобто повинна виконуватись умова:

$$\Delta \varepsilon_y \leq \Delta \varepsilon_{y, \text{доп.}} \quad (3.2)$$

На 015 вертикально-свердлильній операції проводиться одночасне свердління отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l = 8$ мм, $\varnothing 140 \pm 0,2$ під різьбу М4-7Н.

Точність розміру $\varnothing 3,3^{+0,16}$ залежить від точності процесу свердління та інструменту, тому похибка базування на $\varnothing 3,3^{+0,16}$ не визначається.

Похибка базування для розміру $\varnothing 140 \pm 0,2$ залежить від зазору між двома базовими отворами кришки та базуючими пальцями:

$$\Delta \varepsilon_{\text{б.}} = S_{\text{min}} + T_d + TD, \quad (3.3)$$

де S_{min} – мінімальний зазор між пальцем та отвором;

T_d – допуск на розмір пальця $\varnothing 6f7 \left(\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,022 \end{smallmatrix} \right)$;

TD – допуск на розмір отвору $\varnothing 6H7 \left(\begin{smallmatrix} +0,012 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$.

Мінімальний зазор між пальцем та отвором:

$$S_{\text{min.}} = EI - es, \quad (3.4)$$

де $EI = 0$;

$es = -0,010$ мм.

$$S_{\text{min.}} = 0 + 0,010 = 0,010 \text{ мм.}$$

допуск на розмір пальця $\varnothing 6f7 \left(\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,022 \end{smallmatrix} \right)$:

$$T_d = es - ei. \quad (3.5)$$

$$T_d = -0,010 - (-0,022) = 0,012 \text{ мм.}$$

Допуск на розмір отвору $\varnothing 6H7 \left(\begin{smallmatrix} +0,012 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$:

$$TD = ES - EI. \quad (3.6)$$

$$TD = 0,012 - 0 = 0,012 \text{ мм.}$$

Похибка базування для розміру $\varnothing 140 \pm 0,2$ (3.3):

$$\Delta \varepsilon_{\zeta} = 0,010 + 0,012 + 0,012 = 0,034 \text{ мм} = 34 \text{ мкм.}$$

При закріпленні кришки 725.444.024 кондукторною плитою може виникати зміщення заготовки, яке враховано як похибку закріплення $\varepsilon_3 = 90$ мкм.

Похибки, що пов'язані із взаємодією кондуктора та багатошпindelьною свердлильною головкою: $\varepsilon_{\text{пр}} = 100$ мкм.

Отже, із формули (3.1) маємо:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{34^2 + 90^2 + 100^2} = 139 \text{ мкм.} = 0,139 \text{ мм.}$$

Допустима похибка для розміру $\varnothing 140 \pm 0,2$:

$$\Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}} = \delta, \quad (3.7)$$

де $\delta = 0,4$ мм.

Перевіряємо умову виконання точності розмірів в даному пристосуванні:

$$\Delta \varepsilon_y = 0,139 < \Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}} = 0,4 \text{ мм.}$$

Тому спеціальний кондуктор, що є у взаємодії з шестишпindelьною головкою забезпечує задану точність обробки 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$, витримуючи розмір $\varnothing 140 \pm 0,2$.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування

Затиск заготовки деталі “Кришка” 725.444.024 на 015 операції при одночасному свердлінні 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$, витримуючи розміри $\varnothing 140 \pm 0,2$, $l = 8$ мм, здійснюється кондукторною плитою. Зусилля затиску спрямоване вздовж вісі симетрії заготовки. Розрахункова схема для визначення цього зусилля

представлена на рис. 3.1.

Вектори сили W затиску заготовки та осьової сили різання P_o при свердлінні спрямовані в одному напрямку. Тому відповідно до розрахункової схеми рис. 3.1 силу W затиску заготовки визначаємо за формулою:

$$W = \frac{K_1 \cdot M_{кр}}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot \left(\frac{B^3 - b^3}{B^2 - b^2} \right)}, \quad (3.8)$$

де K – коефіцієнт запасу;

D, d – діаметри найбільшого і найменшого контакту заготовки із базовою плитою кондуктора відносно осі заготовки m ;

$f = 0,25$ - коефіцієнт тертя.;

k – кількість свердл у наладці, $k = 6$.

Визначаємо крутний момент при свердлінні [20]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.9)$$

де

$D = 3,3$ мм;

$S = 0,16$ мм/об.

$K_p = 1$ для АК12.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,3^{2,0} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 1 = 0,12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$K = 3,12$.

Підставляємо значення у формулу (3.8)

$$W = \frac{3,12 \cdot 0,12 \cdot 6}{\frac{1}{3} \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{0,156^3 - 0,064^3}{0,156^2 - 0,064^2} \right)} = 154 \text{ Н}.$$

Допустима осьова сила на верстаті $P_{max.} = 25000$ Н.

Перевіряємо можливість затиску заготовки за нерівністю:

$$P_{\max.} > W, \quad (3.10)$$
$$25000\text{Н} > 154\text{Н}.$$

Зусилля, що необхідне для затиску заготовки на два порядки менше ніж максимальне допустиме зусилля на верстаті.

Перевіряємо умову забезпечення одночасного свердління 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$ за потужністю, при якій потужність верстата $N_{\text{верст.}} = 7,5$ кВт. повинна бути більшою за сумарну потужність $\Sigma N_{\text{гол.сум}}$ свердління отворів із врахуванням втрат:

Сумарна потужність $\Sigma N_{\text{гол.сум}}$ свердління отворів

$$\Sigma N_{\text{гол.сум.}} = N \text{ к.} \quad (3.12)$$

Потужність, що затрачається на одне свердло [20]:

де $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$.

$$N = \frac{0,12 \cdot 2000}{9750} = 0,025 \text{ кВт.}$$

$$\Sigma N_{\text{гол.сум.}} = 0,025 \cdot 6 = 0,15 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо умову (3.11):

$$7,5 \text{ кВт} > \frac{0,15}{0,8} = 0,19 \text{ кВт.}$$

Потужність верстата є достатньою для одночасного свердління 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$.

Перевіряємо умову забезпечення одночасного свердління 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$ за сумарною осьовою силою, при якій максимально допустиме осьове

навантаження $P_{\max.} = 25000$ Н. повинна бути більшим за сумарне осьове навантаження при різанні $P_{\text{сум.}}$:

$$P_{\text{сум.}} = k \cdot P_o \leq P_{\text{верст.макс.}} \quad (3.14)$$

Осьова сила різання при свердлінні:

Отже,

$$P_o = 10 \cdot 9,8 \cdot 3,3^{1,0} \cdot 0,16^{0,7} \cdot 1 = 90 \text{ Н.}$$

Сумарне осьове навантаження при різанні:

$$P_{\text{гол.сум.}} = 6 \cdot 90 = 540 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову (3.14):

$$540 \text{ Н} < 25000 \text{ Н.}$$

Максимально допустиме осьове навантаження є достатнім для одночасного свердління 6 отворів $\varnothing 3,3^{+0,16}$.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Техніка безпеки під час роботи на верстатах

До виконання робіт на металообробних верстатах допускаються особи, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та одержали посвідчення на право виконання робіт.

До самостійного виконання робіт допускаються особи, які пройшли стажування протягом 2–15 змін під керівництвом бригадира (майстра) або досвідченого працівника. Виконується тільки та робота, яка доручена відповідним нарядом (крім екстремальних та аварійних ситуацій), не можна передоручати її іншим особам.

Не допускається перебування сторонніх осіб у робочій зоні.

Не можна приступати до роботи на технічно несправних або з знятими захисними пристроями верстатах, з несправною сигналізацією, контрольними пристроями, з пошкодженим контуром заземлення. При обробці на верстатах довгих деталей (більше довжини робочого стола) необхідно обладнувати ззаду й спереду верстата спеціальні пристрої у вигляд опорних столів з роликками, щоб матеріал не звисав.

Не можна користуватись несправним інструментом, інвентарем і пристроями. Верстати, стелаж, столи, шафи, тумбочки та інше обладнання повинні бути міцними, стійкими і мати висоту, зручну для роботи.

Очищення, змащення, регулювання й ремонт верстатів здійснюється тальки після повної їх зупинки.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати умовам і характеру виконуваної роботи.

Не можна приступати до роботи у стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, у хворобливому або стомленому стані.

Протягом роботи потрібно слідкувати за самопочуттям. При появі стомленості, сонливості, раптового болю треба припинити виконання роботи.

Необхідно виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку та правила пожежної безпеки. Не можна використовувати пожежний інвентар не за призначенням.

Під час виконання робіт на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Фізичні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- машини й механізми, що рухаються; рухомі частини виробничого обладнання; вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому масці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухомість повітря;
- підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини;
- відсутність або недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- гострі краї, задирки й шорсткість на поверхнях конструкцій, інструменту й обладнання.

Психофізіологічні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- фізичні перевантаження (статичні й динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Отримайте від керівника робіт вказівки про порядок і безпечні прийоми виконання роботи.

Одягніть і заправте спецодяг. Упевніться, що він прилягає, не має елементів, що звисають, які можуть бути захоплені деталями, що обертаються

або рухаються.

Огляньте робоче місце. Проходи повинні бути вільними, підлога чистою, сухою, без виїмок і нерівностей. Перевірте наявність і справність підніжної дерев'яної решітки.

Перевірте освітленість робочого місця. Світло спрямуйте на ріжучий інструмент зліва.

Видалення стружки дозволяється виконувати тільки після зупинення верстата і відведення інструмента.

Усі предмети, призначені для обробки, за виключенням особливо важких, повинні бути встановлені і закріплені на столі або плиті верстата нерухомо за допомогою лежат, кондукторів або інших надійних пристроїв.

Для витягання інструмента зі шпинделя верстата повинні застосовуватися спеціальні молотки і вибивачі (клини), зроблені із матеріалу, який виключає відокремлення його частинок під час удару.

Шпиндель з патроном повинен самостійно повертатися у верхнє положення у разі відпускання штурвала подачі свердла.

Забороняється:

— застосовувати свердла і патрони з забитим або спрацьованим хвостовиком;

— використовувати під час роботи на верстаті рукавиці;

— утримувати деталь під час роботи руками.

Клини, гвинти та інші елементи, що використовуються для закріплення інструмента, не повинні виступати над периферією шпинделя.

Установку деталей на верстаті і їх знімання з верстата необхідно виконувати тільки тоді, коли шпиндель з ріжучим інструментом знаходяться у вихідному положенні.

Під час заміни інструмента на багатошпиндельних головках, де руки під час цього знаходяться в зоні розташування головок, необхідно користуватися спеціальними підставками, що запобігають падінню головки у разі обриву вантажу.

4.2. Спеціальне навчання і перевірка знань з питань охорони праці працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки

Працівники під час прийняття на роботу і у процесі роботи мають проходити за рахунок роботодавця інструктаж і навчання з питань охорони праці (ОП), з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків та правил поведінки в разі виникнення аварії.

Такі обов'язки щодо організації та проведення навчання працівників з питань ОП покладаються на роботодавця ст. 153 КЗпП і ст. 18 Закону про охорону праці.

У свою чергу, відповідно до ст. 14 Закону про охорону праці працівник зобов'язаний знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з питань ОП.

Крім того, відповідно до ст. 18 Закону про охорону праці:

— працівники, зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де існує потреба у професійному доборі, повинні щороку проходити за рахунок роботодавця спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з ОП.

Як зазначалося вище, посадові особи та інші працівники, зайняті на роботах, зазначених у Переліку № 15 і Переліку № 263/121 (далі — роботи підвищеної небезпеки), проходять щороку спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з ОП.

Спеціальне навчання з питань ОП може проводитися як безпосередньо на підприємстві, так і іншим суб'єктом господарської діяльності, який проводить відповідне навчання в порядку, установленому Типовим положенням № 15. При здійсненні професійної підготовки, перепідготовки і підвищення кваліфікації безпосередньо на підприємстві спеціальне навчання з питань ОП є складовою зазначеної професійної підготовки.

Спеціальне навчання з питань ОП проводиться роботодавцем на підприємстві за навчальними планами та програмами, що розробляються з

урахуванням конкретних видів робіт, виробничих умов, функціональних обов'язків працівників та затверджуються наказом.

Перевірка знань з питань ОП після проведення спеціального навчання проводиться комісією підприємства. У разі неможливості створити комісію з перевірки знань з питань ОП на підприємстві перевірка знань проводиться комісією спорідненого підприємства чи територіального правління спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з нагляду за ОП.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні завчасно пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків та періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Згідно з п. 3.14 Типового положення № 15 результат перевірки знань з питань ОП щодо робіт з підвищеною небезпекою, а також там, де є потреба у професійному доборі, до виконання яких допускається працівник, оформляється протоколом засідання комісії з перевірки знань з питань ОП (додаток 1 до Типового положення № 15).

Працівникам, які виконують роботи підвищеної небезпеки, у тому числі тим, які проходять навчання та перевірку знань з питань ОП на своєму підприємстві, обов'язково видається посвідчення про перевірку знань з питань ОП за формою, наведеною в додатку 2 до Типового положення № 15 (пп. 3.14 — 3.15 Типового положення № 15).

ВИСНОВКИ

Визначено, що деталь “Кришка” 725.444.024 використовується в освітлювальних системах, що застосовуються у приміщеннях з підвищеною безпекою виникнення пожеж внаслідок загоряння дрібних частинок у повітрі різних галузей промисловості.. Матеріал кришки 725.444.024 сплав АК12 відповідно до креслення деталі.

У базовому технологічному процесі на перших операціях використано токарно-гвинторізні верстати для оброблення базових поверхонь, на наступних – вертикально-свердлильні та різенарізні верстати із використанням в якості баз попередньо оброблених поверхонь. Для умов середньосерійного типу виробництва такі верстати не забезпечують достатню продуктивність обробки кришки 725.444.024, також при ручному режимі управління можуть виникати похибки при обробленні різьбової поверхні М130×2-7Н за декілька переходів.

У проектному технологічному процесі внесено такі зміни: токарні операції замінено на токарні з ЧПК з відповідною заміною токарно-гвинторізних верстатів на токарні верстати з ЧПК, при цьому для обробки поверхонь застосовувати різці із твердосплавними пластинами на основі карбіду вольфраму; при токарній обробці стандартні трьохкулачкові патрони замінено на спеціальні цангові патрони, що забезпечують максимальну площу контакту між затискними елементами та поверхнею заготовки; вертикально-свердлильні та різенарізні операції замінено на свердлильні з ЧПК з відповідною заміною вертикально-свердлильних та різьбонарізних верстатів на свердлильні верстати з ЧПК; шість отворів діаметром 3,3 мм під різьбу М4-7Н формуються, застосовуючи багатошпindelну свердлильну головку та кондуктор; для оброблення малих отворів із фасками застосовано комбіновані інструменти; на технологічній оснастці до операцій технологічного процесу використано механізовані приводи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Паливода Ю.Є, Дячун А.Є. Технологія виготовлення деталей класу «Порожністі циліндри» (втулки) : методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 56с.
3. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 148 с.
6. Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є., Ткаченко І.Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль: ТНТУ, 2016. 75с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131

“Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 53 с.

11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

12. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б., Ткаченко І.Г. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 132 с.

13. Основи технології складання: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” / Укладачі: Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун. Тернопіль, 2017. 82 с.

14. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка, системи верстатних пристосувань / М.Г. Дичковський. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 121 с.

15. Дичковський М.Г. Розроблення та реалізація схем базування деталей при конструюванні пристосувань / М.Г. Дичковський, М.Д. Радик. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 60 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

18. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.