

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення корпусу АЛАЗ 732.131.114 з
дослідженням процесу формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних
поверхнях

Виконав: студент VI курсу, групи МТм-61
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Тарасенко І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дячун А.Є.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення корпусу АЛАЯ 732.131.114 з дослідженням процесу формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних поверхнях.”

У кваліфікаційній роботі проведено теоретичні дослідження силових параметрів процесу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом та особливостей зміни товщини деформованого шару.

Виведено рівняння та побудовано графічні залежності кута обертання обкатаного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки і товщини деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі від параметрів процесу обкатування циліндричним роликом.

Також виведені рівняння для знаходження сили зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням і величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки.

Представлено результати експериментальних досліджень з використанням вибраного устаткування для визначення величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45 від зміни трьох основних факторів: зовнішнього радіуса ролика для обкатування, внутрішнього радіуса канавки та глибини деформованого поверхневого шару канавки.

Також розроблено технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732.131.114 з вибором устаткування та параметрів процесів механічної обробки.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Аналітична частина	
1.1. Аналіз стану питання	
1.2. Службове призначення деталі.....	
1.3. Висновки та постановка задач.....	
2 Науково-дослідна частина	
2.1 Дослідження силових параметрів процесу формоутворення поверхневого шару зовнішньої канавки на циліндричній поверхні.....	
2.2. Експериментальні дослідження величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом.....	
2.3. Висновки.....	
3 Технологічно-конструкторська частина	
3.1. Вибір способу одержання заготовки.....	
3.2. Формування технологічного процесу.....	
3.3. Визначення припусків на оброблення і розмірів заготовки.....	
3.4. Визначення режимів різання.....	
3.5. Розрахунок пристосування.....	
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
4.1. Аналіз потенційних небезпек проєктованого верстату, установки. Заходи для їх зниження.....	
4.2. Основні види стихійних лих.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

Формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних заготовках спеціальними роликми призводить до зміцнення обробленої поверхні, зменшення шорсткості поверхневого шару та формування надлишкових напружень стиску, що сприяють підвищенню експлуатаційних характеристик деталей, на яких сформовані канавки розглянутим способом.

Розроблено багато конструкцій пристроїв для формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних поверхнях із радіусним поперечним перерізом.

В результаті досліджень багатьох авторів одержано теоретичні та емпіричні залежності для визначення сил формоутворення зовнішніх канавок з радіусними поверхнями. Проте конкретні пристрої і особливості формоутворення канавок потребують більш детального виведення формул для знаходження силових параметрів процесу.

При дослідженнях процесу формоутворення канавок кульками або роликми часто використовують 3D моделювання процесу, що дає можливість прогнозувати зусилля деформації, шорсткість поверхонь, надлишкові напруження на заготовці.

Актуальним є також розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу АЛАЯ 732.131.114 з вибором устаткування та параметрів процесів механічної обробки.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

Процес формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних поверхнях із радіусним поперечним перерізом складається із операції проточування фасонним різцем із поперечною подачею на токарному верстаті та наступним зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом, робоча поверхня якого відповідає поверхні канавки.

Конструкції відомих пристроїв для формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних поверхнях із радіусним поперечним перерізом представлені на рисунках 1.1, 1.2, 1.3.

У пристрої на рис. 1.1 для силової дії на заготовку використовуються тарілчасті пружини, що забезпечує зменшення габаритних розмірів такого пристрою, а також його простоту виготовлення, проте виникають труднощі щодо його точного базування та контролю сили деформації заготовки.

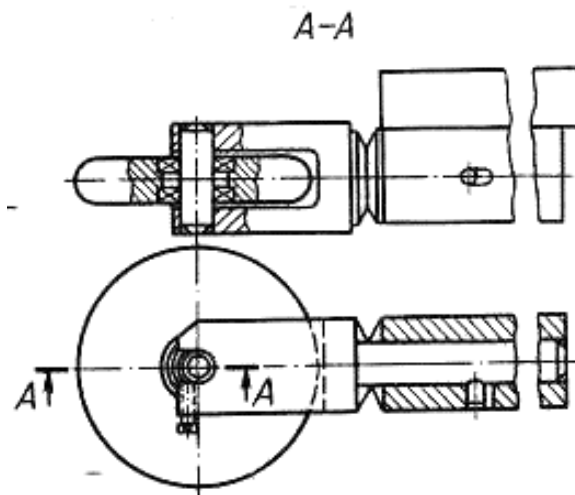


Рисунок 1.1 – Пристрій з тарілчастими пружинами для формоутворення зовнішніх канавок [21]

У пристрої на рисунку 1.2 використано складну гідросистему для регулювання тиску деформування поверхні канавки із додатковими пружинами.

Використовується такий пристрій для оброблення канавок значних розмірів із значними силами формоутворення. У конструкції передбачено гідро циліндр із поршнем, а для підвищення жорсткості ролика використовуються додаткові опори обертання.

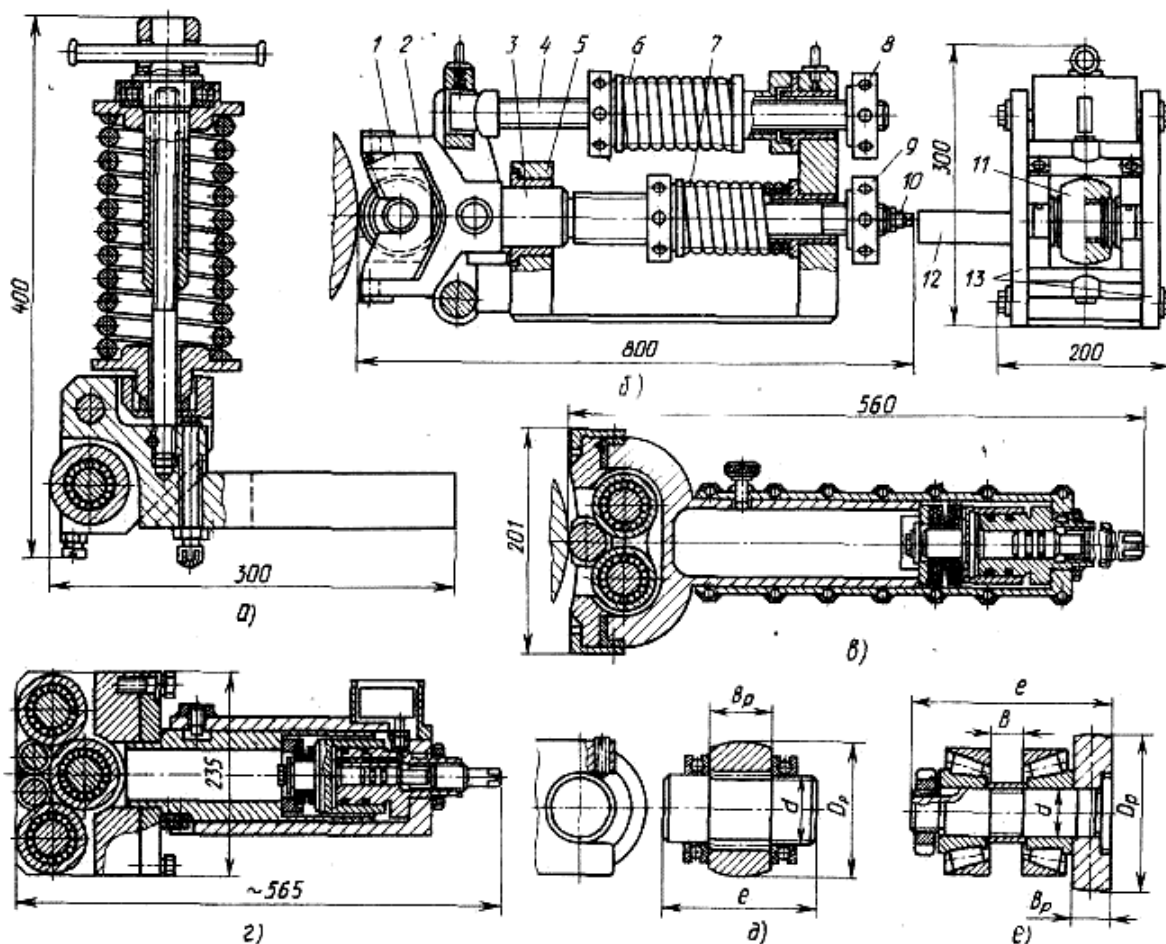


Рисунок 1.2 – Пристрій з гідросистемою для формоутворення зовнішніх канавок з радіусними поверхнями [21]

Для формування канавок на валах із низькою жорсткістю використовують декілька роликів одночасно. Наприклад, на рис. 1.3 представлено пристрій із двома роликами для формоутворення канавок, що використовується на токарному верстаті. Використання одночасно двох роликів, що розміщені навпроти один одного призводить до врівноважування радіальних сил деформації канавки і зменшення пружної деформації вала, що підвищує точність обробки.

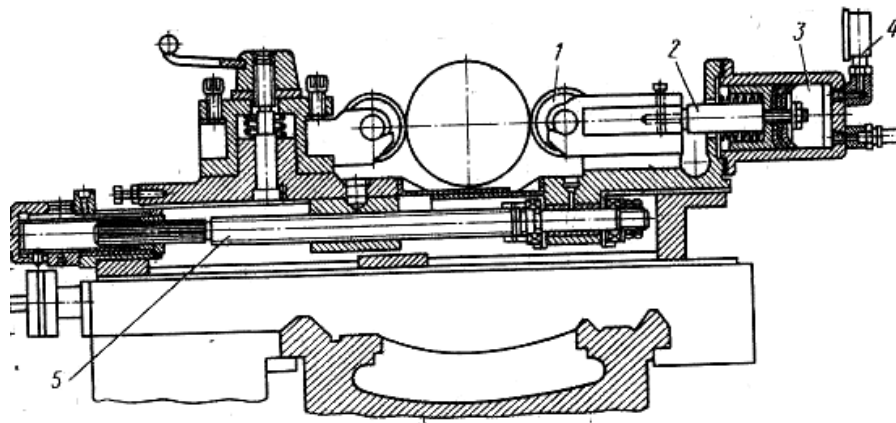


Рисунок 1.3 – Пристрій з двома роликами для формоутворення зовнішніх канавок з радіусними поверхнями на токарному верстаті [21]

Дослідженнями процесу формоутворення зовнішніх канавок з радіусними поверхнями займалися багато вчених, зокрема, Просукьяков Ю.Г., Розенберг А.М., Гриценко Е.І., Деля Г.Д. та інші. В результаті їх досліджень одержано теоретичні та емпіричні залежності для визначення сил формоутворення зовнішніх канавок з радіусними поверхнями. Усі формули можна звести до загальної залежності:

$$P = P_c + P_\mu + P_\delta, \quad (1.1)$$

де P_c – складова сили пружної та пластичної деформації матеріалу поверхні заготовки;

P_μ – складова сили тертя між роликом та оброблюваною поверхнею заготовки;

P_δ – складова сили, що пов'язана з випадковими процесу в результаті формоутворення канавки.

Подальше деталізоване дослідження складових формули (1.1) призводить до виведення складних рівнянь для визначення силових характеристик процесу формоутворення канавок.

При дослідженнях процесу формоутворення канавок кульками або роликами часто використовують 3D моделювання процесу.

У роботі [22] максимальна величина вдавлювання була встановлена на основі результатів 3D моделювання процесу формоутворення канавки одного переміщення ролика у прикладній програмі DEFORM™-3D. Густину сітки на заготовці та ролику при 3D моделюванні представлено на рис. 1.4. Об'єкт заготовки мав 190000 елементів з найменшими розмірами 25 мкм на поверхні. У 3D моделі ролик переміщувався вздовж вісі Y та обертався навколо вісі X.

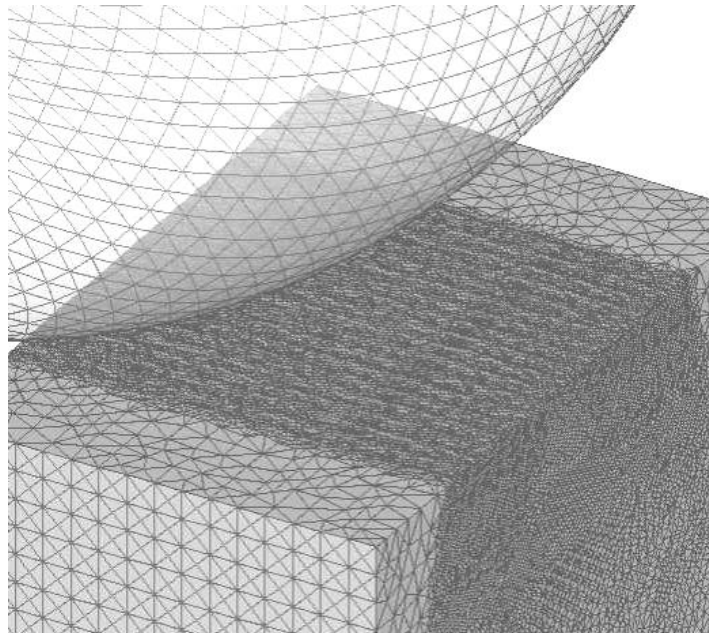


Рисунок 1.4 – Сітка методу кінцевих елементів на ролику та заготовці при 3D моделюванні процесу формоутворення канавки [22]

У роботі [22] максимальної величини вдавлювання одержана на основі проведення 3D моделювання при різних глибинах вдавлювання ролика, на основі чого побудовано графік залежності сили формоутворення канавки від величини вдавлювання, який зображено на рис. 1.5. Максимальні значення величини вдавлювання для заданих тисків формоутворення 40 МПа та 32 МПа склали 0,028 та 0,022 мм відповідно.

Напруження в роботі [22] в напрямку осі X представляли осьові напруження, тоді як напруження в напрямку осі Y представляли тангенціальні напруження. Надлишкові напруження в радіальному напрямку (вісь z) є малими і знехтувані.

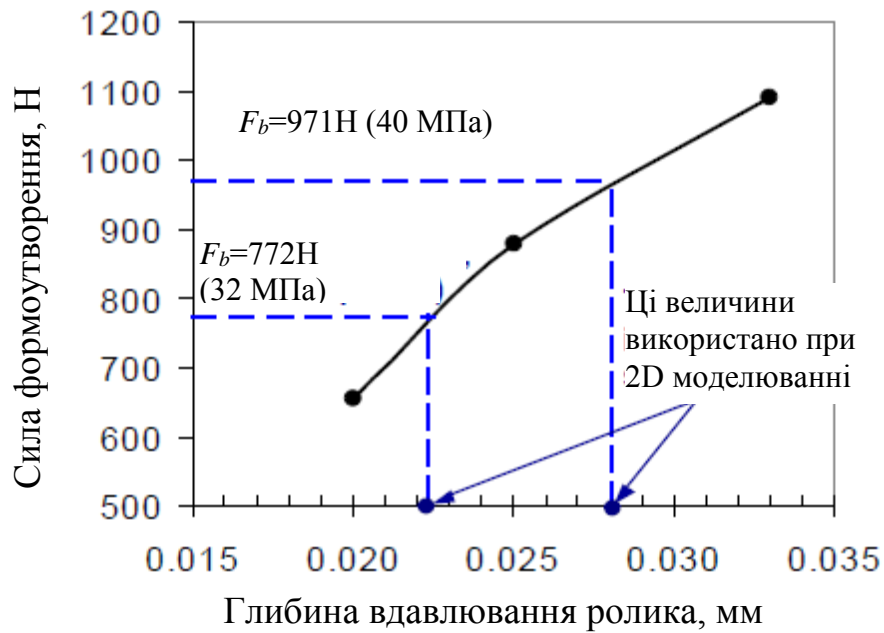


Рисунок 1.5 – Графік залежності сили формоутворення від глибини вдавлювання ролика, що одержано на основі 3D моделювання процесу [22]

Залежність сили формоутворення від глибини вдавлювання для кульок 3 та 12 мм показано на рис. 1.6. Максимальні глибини вдавлювання складали 0,025 та 0,031 мм для діаметрів кульок 3 та 12 мм відповідно.

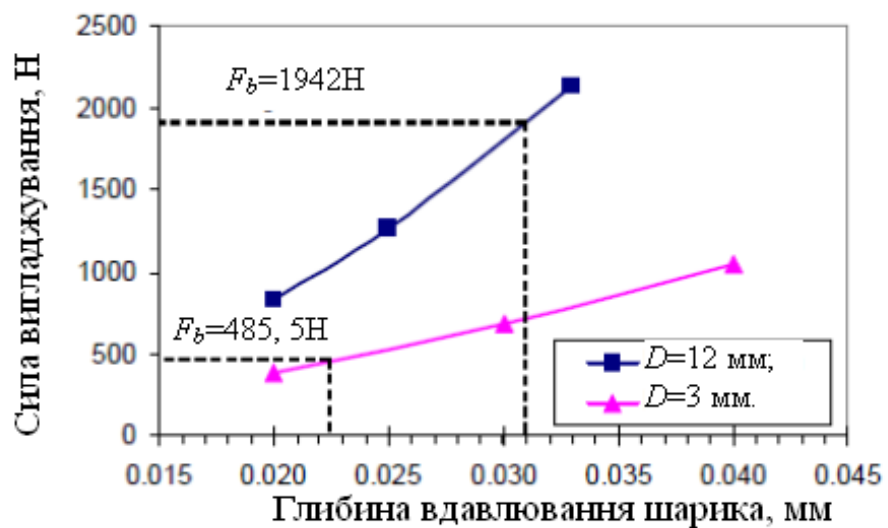


Рисунок 1.6 – Графік залежності сили формоутворення від глибини вдавлювання кульки, що одержано на основі 3D моделювання процесу для діаметрів кульок 3 та 12 мм [22]

Усереднений розподіл надлишкових напружень (тангенціальні та осьові напруження) з 2D моделі порівнювали із значеннями, що одержані при експериментальних дослідженнях, що зображено на рис. 1.6 (для $P_b=40$ МПа і $f_b=0,05$ мм/об).

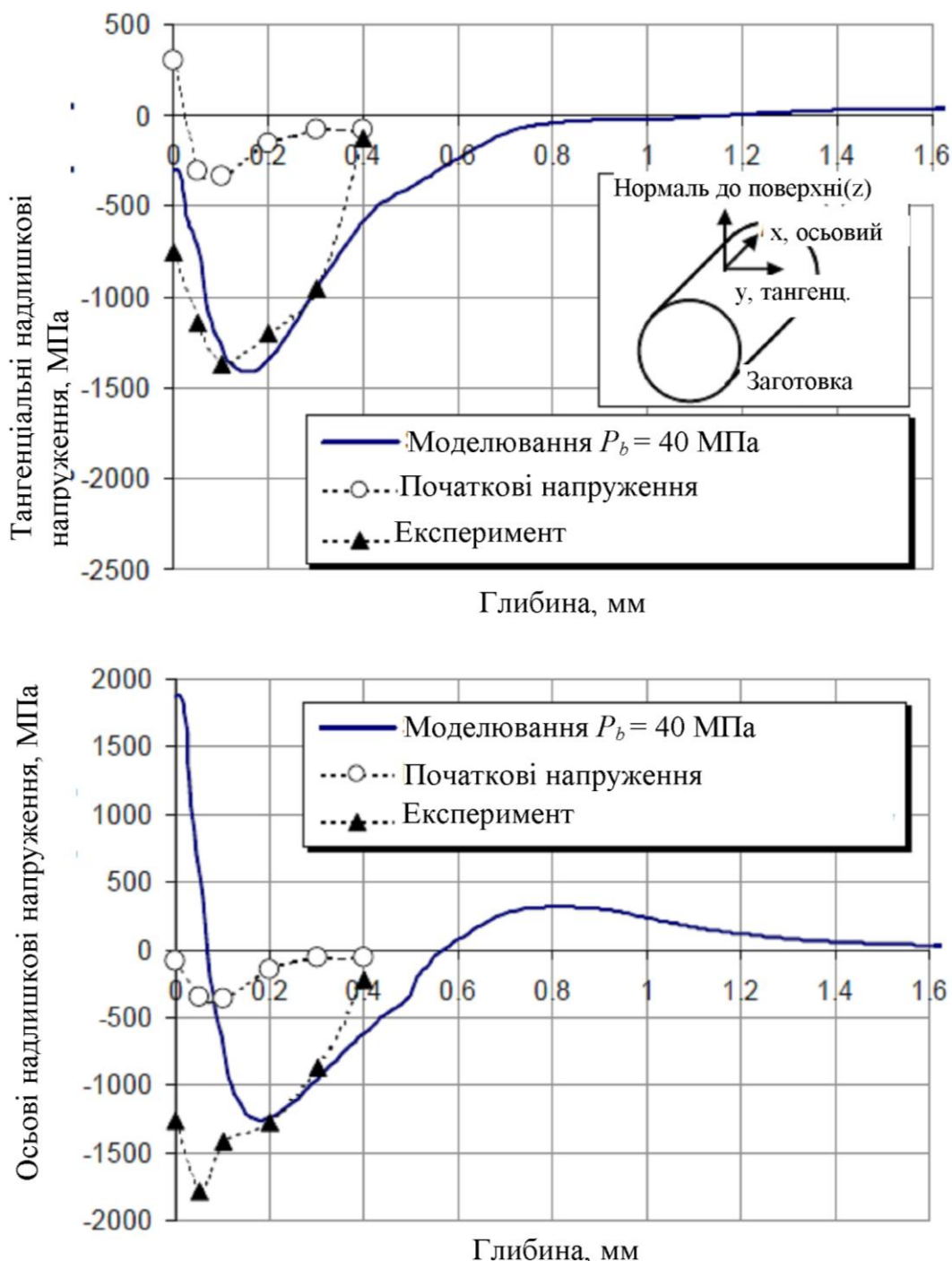


Рисунок 1.6 – Розподіл тангенціальних та осьових надлишкових напружень на поверхні заготовки після токарної обробки та формоутворення канавки, для $P_b=40$ МПа та $f_b=0,05$ мм/об. [22]

Із цього ж рисунку можна побачити, що моделювання МКЕ та експерименти показують, що процес формоутворення створює на поверхні заготовки надлишкові напруження стиску.

1.2. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” АЛАЯ 732131.114 входить в конструкцію світильника.

До основних поверхонь віднесено: торцеві поверхні $10\pm 0,32$; Rz 40; $5,5H14^{(+0,3)}$; $\varnothing 334H14^{(+0,3)}$; Ra 12,4; зовнішня поверхня $\varnothing 440$; Rz 40 – для точеного розміщення елементів світильника; паз $b=3,5H14^{(+0,3)}$; $5\pm 0,1$; Ra 12,4 – для встановлення ущільнювача; шістнадцять глухих отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=6$; Ra 12,4 – для кріплення регуляторів; чотири глухих різьбових отвори M4-7H; $l=8$; $\varnothing 326\pm 0,3$; Ra 6,2 – для кріплення розсіювача; два наскрізні отвори $\varnothing 5^{+0,3}$; $34\pm 0,2$; Ra 12,4 – для кріплення апаратури; центральний отвір $\varnothing 15H7^{(+0,018)}$; Ra 2,4 – для підведення кабелів.

Результати аналізу зводимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Шорсткість
1	2	3
1, 7	Торцева поверхня $40\pm 0,45$	Не обробляється
2	торцева канавка $b=3,5H14^{(+0,3)}$; $5\pm 0,1$; $\varnothing 342\pm 0,2$	Ra 12,4
3	Внутрішня поверхня $\varnothing 334H14^{(+1,4)}$	Ra 12,4
4	Внутрішня торцева поверхня $5,5\pm 0,1$	Ra 12,4
5	Внутрішня фаски $3\times 45^\circ$	Ra 12,4
6	Зовнішня поверхня $\varnothing 440\pm 0,9$	Не обробляється

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3
7	Торцева поверхня $10\pm 0,32$	Не обробляється
8	Центральний наскрізний отвір $\varnothing 15H7^{(+0,018)}$	Ra 1,6
9, 10	Два наскрізні отвори $\varnothing 5H14^{(+0,3)}$; $34\pm 0,2$	Ra 12,4
11-14	Чотири глухих отвори під різьбу М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=12\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$	Ra 6,2
15-18	Чотири внутрішні фаски $0,5\times 45^\circ$	Ra 12,4
19-22	Чотири різевих глухих отвори М4-7Н; $l=8\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$; 3°	Ra 6,2
23-38	Шістнадцять глухих отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=6\pm 0,1$; $80\pm 0,2$; $47\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $77\pm 0,2$; $50\pm 0,2$; $46\pm 0,2$	Ra 12,4
39-54	Шістнадцять внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$	Ra 12,4
55	Глухий отвір $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=10\pm 0,2$ під різьбу М6-7Н	Ra 12,4
56	Внутрішня фаска $1\times 45^\circ$	Ra 12,4
57	Внутрішній різевий отвір М6-7Н; $l=7\pm 0,2$	Ra 6,2
58-61	Чотири глухих отвори під різьбу М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=15\pm 0,2$	Ra 6,2
62-65	Чотири внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$	Ra 12,4
66-69	Чотири різевих глухих отвори М4-7Н; $l=8\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$; 3°	Ra 6,2

Деталь “Корпус” АЛАЯ 732131.139 виготовляється з сплаву АК12.

1.3. Висновки та постановка задач

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних інструментах спеціальними роликками призводить до зміцнення обробленої поверхні, зменшення шорсткості поверхневого шару та формування надлишкових напружень стиску, що сприяють підвищенню експлуатаційних характеристик деталей, на яких сформовані канавки розглянутим способом.

Встановлено, що розроблено багато конструкцій пристроїв для формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних поверхнях із радіусним поперечним перерізом.

В результаті досліджень багатьох авторів одержано теоретичні та емпіричні залежності для визначення сил формоутворення зовнішніх канавок з радіусними поверхнями. Проте конкретні пристрої і особливості формоутворення канавок потребують більш детального виведення формул для знаходження силових параметрів процесу.

При дослідженнях процесу формоутворення канавок кульками або роликками часто використовують 3D моделювання процесу, що дає можливість прогнозувати зусилля деформації, шорсткість поверхонь, надлишкові напруження на заготовці.

У дипломній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести теоретичні дослідження силових параметрів процесу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом та особливостей зміни товщини деформованого шару.

2. Вивести рівняння та побудувати графічні залежності кута обертання обкатаного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки і товщини деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі від параметрів процесу обкатування циліндричним роликом.

3. Вивести рівняння для знаходження сили зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням і величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки.

4. Провести експериментальні дослідження з використанням вибраного устаткування для визначення величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45 від зміни трьох основних факторів: зовнішнього радіуса ролика для обкатування, внутрішнього радіуса канавки та глибини деформованого поверхневого шару канавки.

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732.131.114.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження силових параметрів процесу формоутворення поверхневого шару зовнішньої канавки на циліндричній поверхні

Процес формоутворення зовнішніх канавок на циліндричних поверхнях із радіусним поперечним перерізом складається із операції проточування фасонним різцем із поперечною подачею на токарному верстаті та наступним зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом, робоча поверхня якого відповідає поверхні канавки. Схема такого процесу представлена на рисунку 2.1.

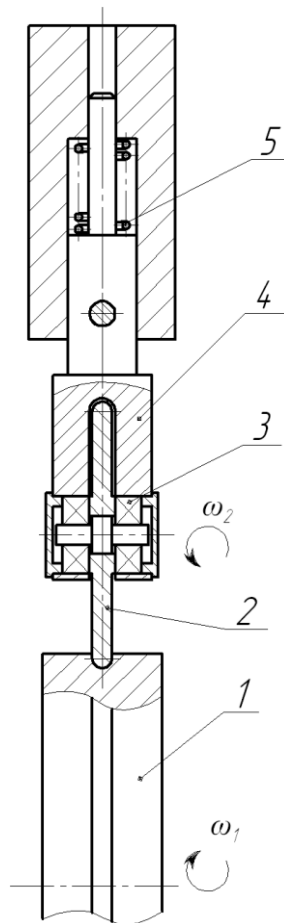


Рисунок. 2.1 – Схема зміцнення поверхневого шару зовнішньої канавки на циліндричній поверхні пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом: 1 – заготовка із попередньо проточеною канавкою; 2 – ролик для обкатування; 3 – підшипники кочення; 4 – кронштейн; 5 – пружина

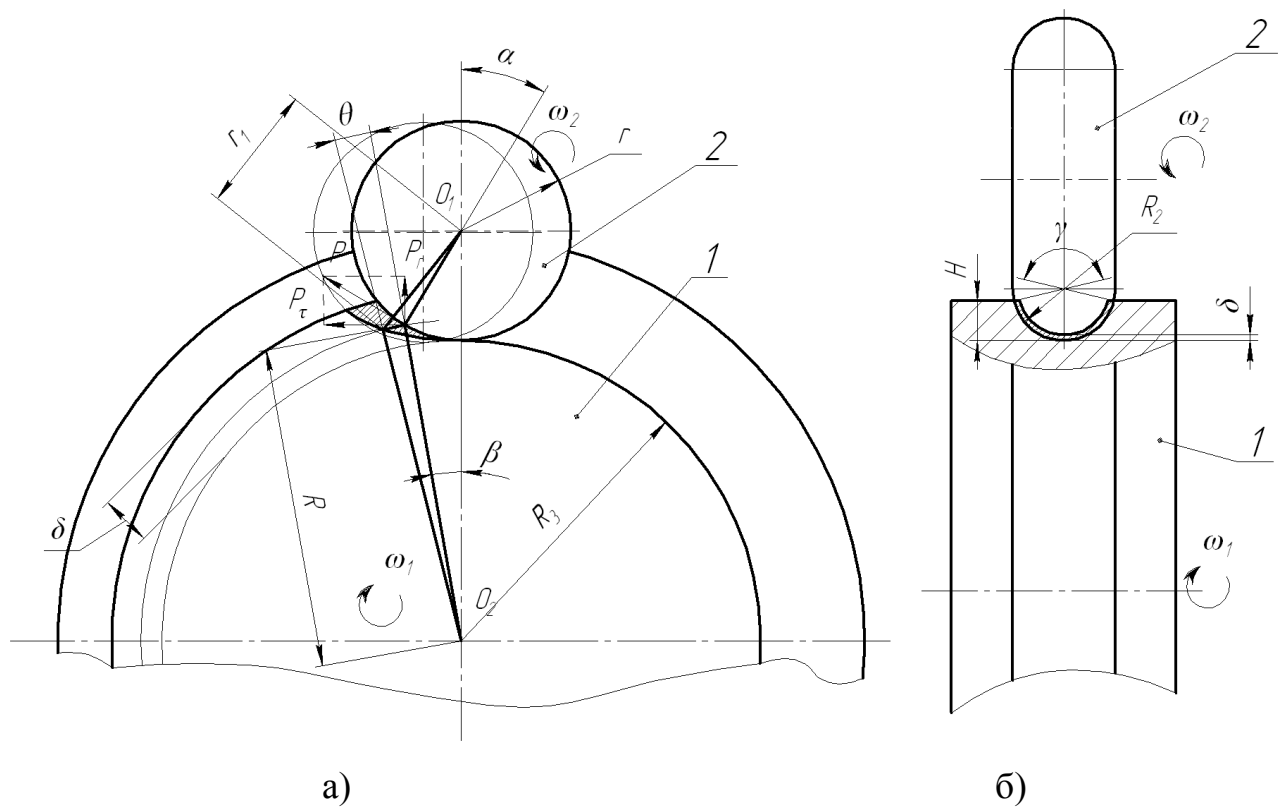


Рисунок. 2.2 – Розрахункова схема дослідження силових параметрів процесу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом та особливостей зміни товщини деформованого шару а) поздовжній переріз; б) поперечний переріз: 1 – заготовка із попередньо проточеною канавкою; 2 –ролик для обкатування

Поверхня ролика 2 піддається хіміко-термічній обробці з метою забезпечення її високої твердості. Такий процес дозволяє підвищити поверхневу твердість обробленої канавки і знизити її поверхневу шорсткість. Тому доцільним є дослідження силових параметрів процесу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом та особливостей зміни товщини деформованого шару. Для розглянемо розрахункову схему на рисунку 2.2

В процесі зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом товщина деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі (рис. 2.2 а) має змінну величину і зменшується від максимального значення

h_{imax} під час входження точки ролика у контакт із заготовкою до мінімального значення, що дорівнює нулю при виході точки ролика із зони деформації поверхні канавки. Переміщення фіксованої точки ролика відносно заготовки в поздовжньому перерізі представимо у вигляді векторної суми двох переміщень: обертання обкатаного ролика навколо власної осі на кут α та обертання заготовки на кут Θ .

Із розрахункової схеми рисунку 2.2 визначаємо товщину деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі:

$$h_i = r_i - r, \quad (2.1)$$

де r_i - відстань від центра ролика до траєкторії фіксованої точки ролика відносно заготовки в поздовжньому перерізі, мм;

r - зовнішній радіус ролика для обкатування, мм.

Із розрахункової схеми 2.2 знаходимо відстань від центра ролика до траєкторії фіксованої точки ролика відносно заготовки в поздовжньому перерізі:

$$r_i = \sqrt{R^2 + (R_3 + r)^2 - 2R(R_3 + r) \cdot \cos(\beta + \theta)}, \quad (2.2)$$

де R – відстань від центра заготовки до фіксованої точки ролика відносно заготовки в поздовжньому перерізі, мм;

β – кут переміщення фіксованої точки ролика відносно заготовки в поздовжньому перерізі відносно центру заготовки, град;

θ – кут переміщення фіксованої точки ролика вздовж еквідістанти поверхні канавки, град;

R_3 – внутрішній радіус канавки, мм.

Відстань від центра заготовки до фіксованої точки ролика відносно заготовки в поздовжньому перерізі:

$$R = \sqrt{(r \cdot \sin \alpha)^2 + (R_3 + r(1 - \cos \alpha))^2}. \quad (2.3)$$

де α – кут обертання обкатаного ролика навколо власної осі, рад.

Кут переміщення фіксованої точки ролика відносно заготовки в поздовжньому перерізі відносно центру заготовки:

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(\frac{r \sin \alpha}{(R_3 + r) - r \cos \alpha} \right). \quad (2.4)$$

Підставляючи формули (2.3), (2.2) у формулу (2.1), знаходимо товщину деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі:

$$h_i = \sqrt{(r \cdot \sin \alpha)^2 + (R_3 + r(1 - \cos \alpha))^2 + (R_3 + r)^2} - 2\sqrt{(r \cdot \sin \alpha)^2 + (R_3 + r(1 - \cos \alpha))^2} \cdot (R_3 + r) \cos(\beta + \theta) - r. \quad (2.5)$$

Кут обертання обкатаного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)} \right), \quad (2.6)$$

де δ – глибина деформованого поверхневого шару канавки, мм.

Кут переміщення фіксованої точки ролика вздовж еквідистанти поверхні канавки, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки:

$$\theta = \frac{180\delta\alpha_1}{\pi(R_3 + \delta)}, \quad (2.7)$$

де α_1 - кут обертання заготовки навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки, рад.

На основі формул (2.5) та (2.6) будемо графічні залежності кута обертання обкатаного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки і товщини деформованого шару

під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі від параметрів процесу обкатування циліндричним роликом. (рисунки 2.3 – 2.5).

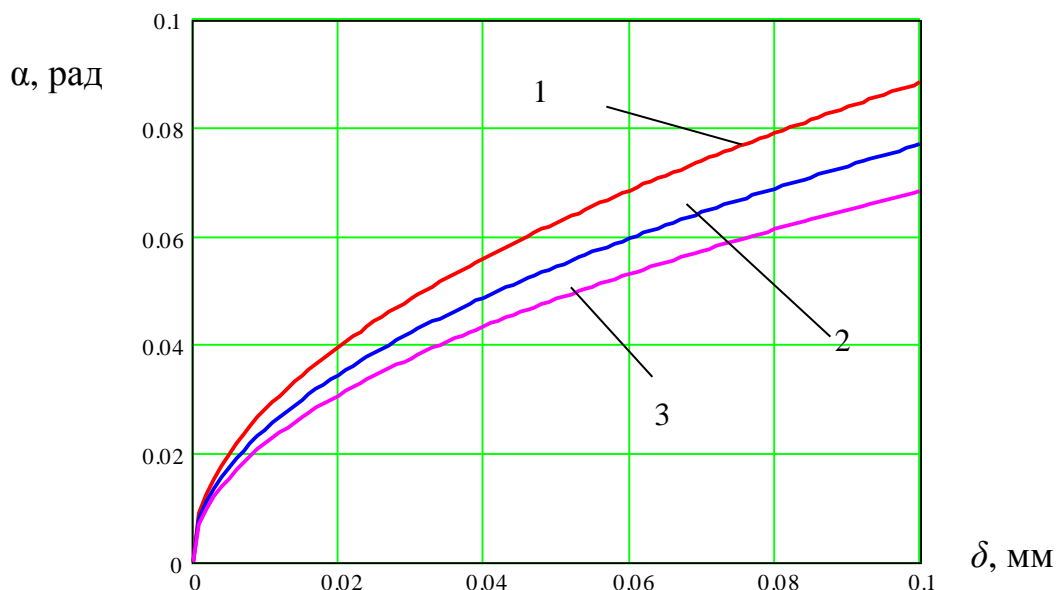


Рисунок 2.3 - Графіки залежності кута обертання обкатаного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки від глибини деформованого поверхневого шару канавки,

$R_3=70\text{мм}$: 1 – $r=20\text{мм}$; 2 - $r=25\text{мм}$; 3 - $r=30\text{мм}$

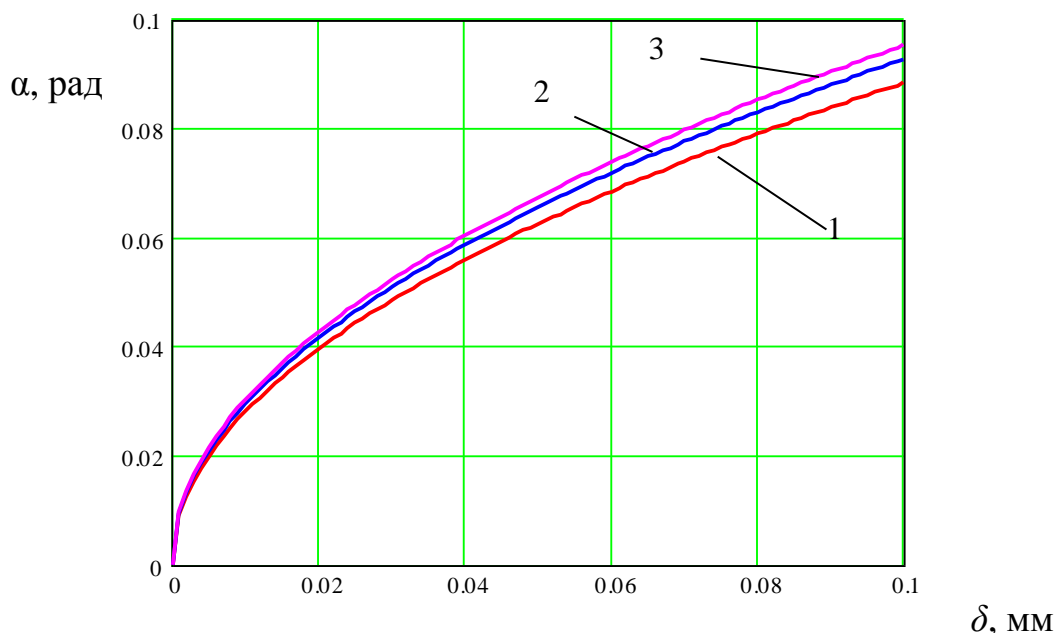


Рисунок 2.4 - Графіки залежності кута обертання обкатаного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки від глибини деформованого поверхневого шару канавки,

$r=20\text{мм}$: 1 – $R_3=70\text{мм}$; 2 – $R_3=120\text{мм}$; 3 – $R_3=190\text{мм}$

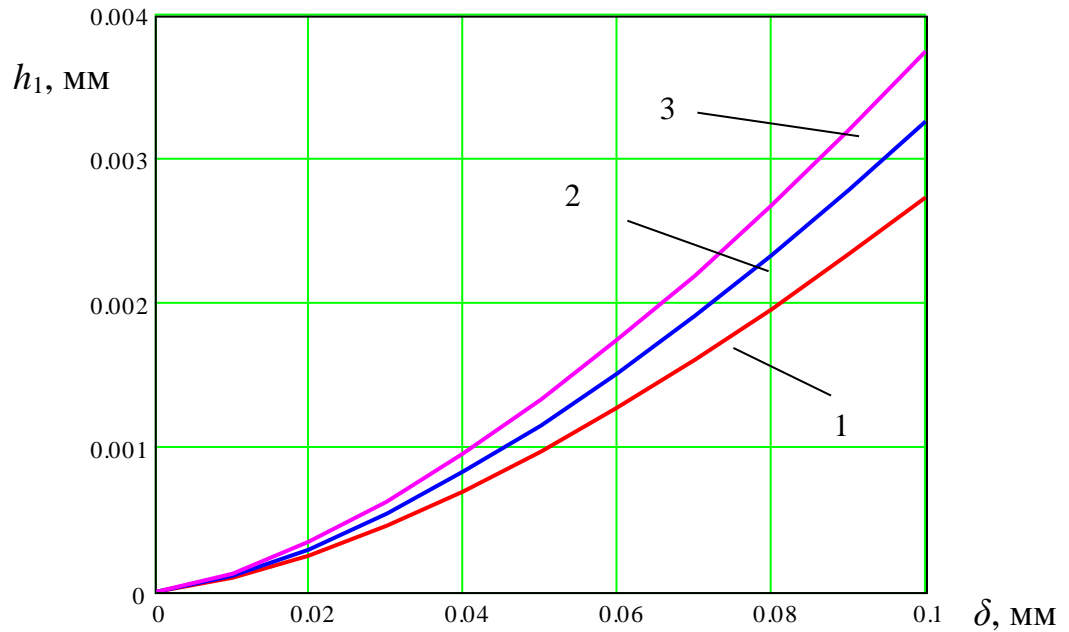


Рисунок 2.5 - Графіки залежності товщину деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі від глибини деформованого поверхневого шару канавки, $R_3=70$ мм: 1 – $r=20$ мм; 2 - $r=25$ мм;; 3 - $r=30$ мм

Кут обертання заготовки навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки знаходимо за формулою:

$$\alpha_1 = \frac{D_2 \alpha}{D_1}, \quad (2.8)$$

де D_2 - зовнішній діаметр ролика, мм;

D_1 - зовнішній діаметр канавки, мм.

У поперечному перерізі ролик деформує канавку радіусом R_2 з кутом γ охоплення зони деформації, який визначається за формулою:

$$\gamma = 2 \arccos \left(1 - \frac{H}{R_2} \right), \quad (2.9)$$

де H – глибина канавки, мм;

R_2 - радіус канавки в поперечному січенні, мм.

Визначаємо площу зони деформації:

$$S = \alpha \gamma r R_2. \quad (2.10)$$

Встановлюємо силу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликком без врахування збільшення границі текучості σ_T матеріалу заготовки:

$$P = \sigma_T \alpha \gamma r R_2. \quad (2.11)$$

Підставляючи формули (2.6) і (2.9) у рівняння (2.11), одержуємо:

$$P = 2\sigma_T r R_2 \arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right) \arccos\left(1 - \frac{H}{R_2}\right). \quad (2.12)$$

Силу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням розкладаємо на тангенціальну P_τ та радіальну складові P_r :

$$P_r = P \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (2.13)$$

$$P_\tau = P \cos \frac{\alpha}{2}. \quad (2.14)$$

Відповідно:

$$P_r = 2\sigma_T r R_2 \arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right) \times \arccos\left(1 - \frac{H}{R_2}\right) \sin\left(\frac{\arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right)}{2}\right); \quad (2.15)$$

$$P_{\tau} = 2\sigma_T r R_2 \arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right) \times$$

$$\times \arccos\left(1 - \frac{H}{R_2}\right) \cos\left(\frac{\arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right)}{2}\right). \quad (2.16)$$

Визначаємо силу тертя ролика по деформованій поверхні:

$$F_T = \mu P_r, \quad (2.17)$$

де μ - коефіцієнт тертя між роликом та поверхнею канавки.

Визначаємо крутний момент обертання заготовки:

$$M = R_3 (P_{\tau} + \mu P_r); \quad (2.18)$$

$$M = 2\sigma_T R_3 r R_2 \arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right) \times \arccos\left(1 - \frac{H}{R_2}\right) \times$$

$$\times \left(\cos\left(\frac{\arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right)}{2}\right) + \mu \sin\left(\frac{\arccos\left(\frac{r^2 + (R_3 + r)^2 - (R_3 + \delta)^2}{2r \cdot (R_3 + r)}\right)}{2}\right) \right).$$

На основі формул (2.11) та (2.18) будемо графічні залежності сили зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом і крутного моменту обертання заготовки від параметрів процесу обкатування циліндричним роликом (рисунки 2.6 – 2.8).

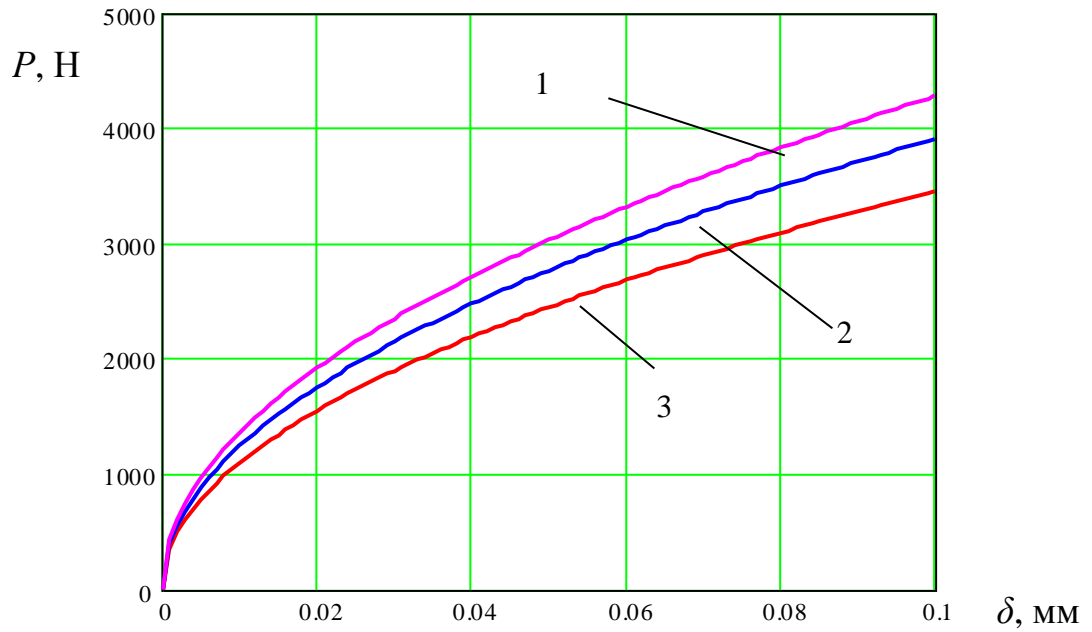


Рисунок 2.6 - Графіки залежності сили зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликком від глибини деформованого поверхневого шару канавки, $R_3=100$ мм:

1 - $r=15$ мм; 2 - $r=20$ мм; 3 - $r=25$ мм

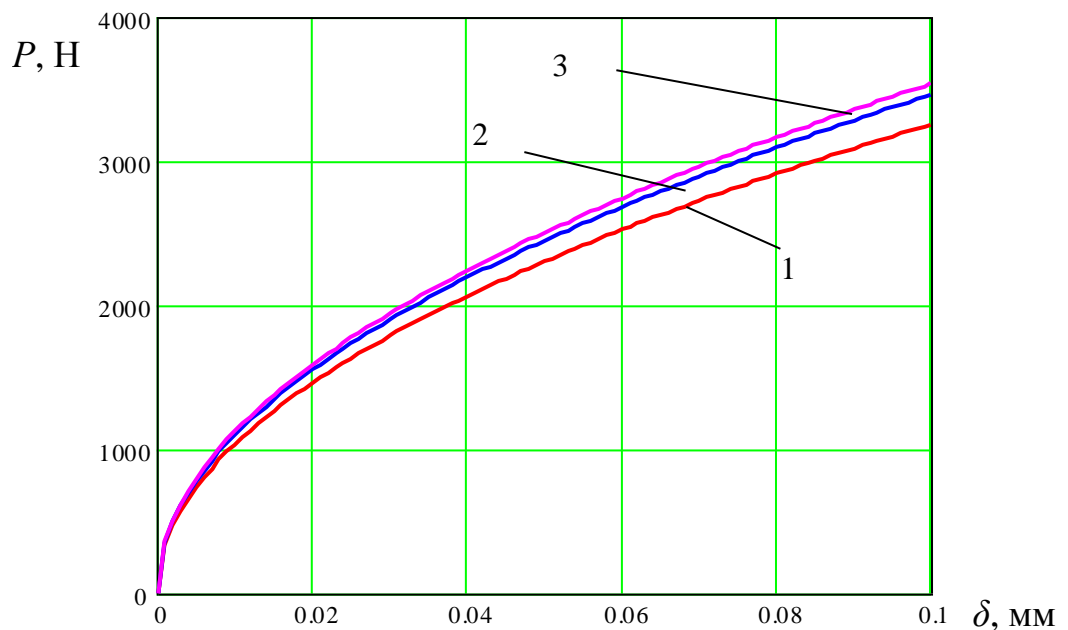


Рисунок 2.7 - Графіки залежності сили зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликком від глибини деформованого поверхневого шару канавки, $r=15$ мм:

1 - $R_3=50$ мм; 2 - $R_3=100$ мм; 3 - $R_3=150$ мм

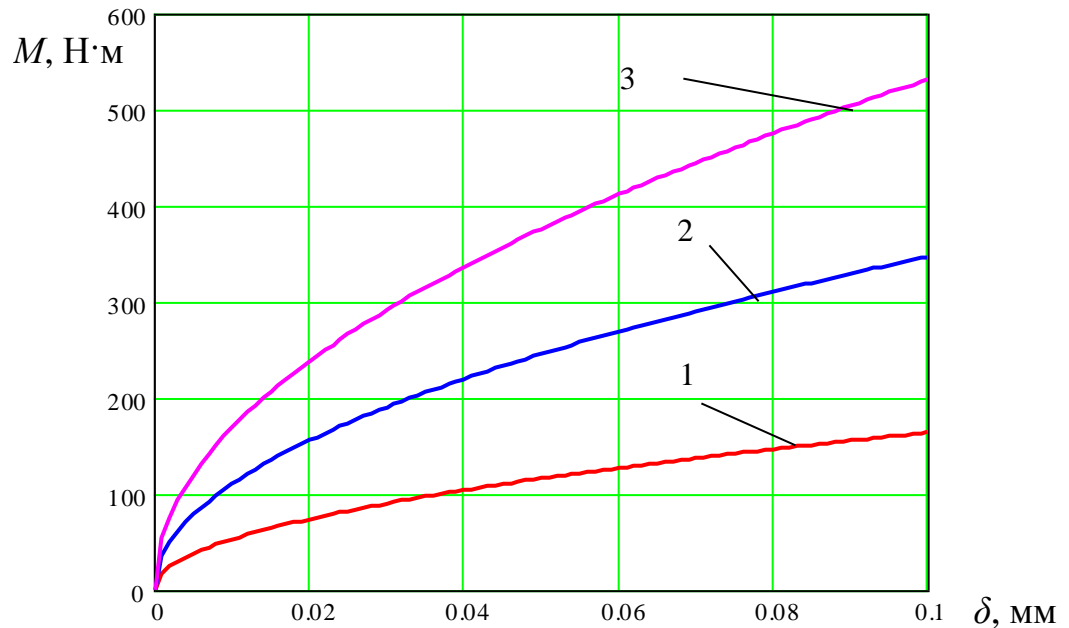


Рисунок 2.8 - Графіки залежності крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом від глибини деформованого поверхневого шару канавки, $r=15\text{мм}$: 1 – $R_3=50\text{мм}$; 2 – $R_3=100\text{мм}$; 3 – $R_3=150\text{мм}$

2.2. Експериментальні дослідження величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом

Експериментальні дослідження величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом включали такі етапи:

1. Вибір обладнання, обкатних роликів, засобів контролю параметрів, попереднє проточування фасонними різцями заготовок.

2. Проведення експериментальних досліджень з використанням вибраного устаткування для визначення величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45 від зміни трьох основних факторів: зовнішнього радіуса

ролика для обкатування, внутрішнього радіуса канавки та глибини деформованого поверхневого шару канавки.

Для зміцнення поверхневого шару канавки пластичним деформуванням використовувались фасонні ролики, що піддавались цементації з наступною термічною обробкою. Величини крутного моменту обертання заготовки вимірювались за допомогою частотного перетворювача, приєднаного до електродвигуна верстата. Результати вимірювань за допомогою спеціального програмного забезпечення передавались у вигляді графіків та таблиць на комп'ютер.

Для визначення впливу конструктивних факторів (незалежних факторів x_i) на величини крутного моменту обертання заготовки (параметр оптимізації M) при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом проведено повнофакторні експерименти, тобто встановлення величини крутного моменту обертання заготовки від трьох основних змінних факторів: зовнішнього радіуса ролика для обкатування r , внутрішнього радіуса канавки R_3 та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ , тобто $M=f(r, R_3, \delta)$.

Результати експериментальних даних піддавались статистичній обробці. Функцію відгуку, тобто величину крутного моменту обертання заготовки (параметр оптимізації M) при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом $M=f(r, R_3, \delta)$, визначену експериментальним методом, представлено у вигляді наближеного рівняння другого степеня. Результати кодування незалежних факторів представлено в таблиці 2.1.

Змінними факторами експерименту були прийняті:

- зовнішній радіус ролика для обкатування r , який кодували індексом x_1 ;
- внутрішній радіус канавки R_3 , який кодували індексом x_2 ;
- глибина деформованого поверхневого шару канавки δ , яку кодували індексом x_3 .

Під час експериментів проведено 18 дослідів на трьох рівнях варіації з

повторенням у центрі плану експерименту для визначення дисперсії одержаних даних.

Таблиця 2.1 - Результати кодування факторів при дослідженні величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом

Змінні фактори	Позначення		Інтервали варіювання	Рівні варіювання, натур. (кодовані)		
	натур.	код.				
Зовнішній радіус ролика для обкатування	r , мм	x_1	5	15 (-1)	20 (0)	25 (+1)
Внутрішній радіус канавки	R_3 , мм	x_2	30	40 (-1)	70 (0)	100 (+1)
Глибина деформованого поверхневого шару канавки	δ , мм	x_3	0,02	0,02 (-1)	0,04 (0)	0,06 (+1)

У таблиці 2.2. представлено числові значення коефіцієнтів наближеного рівняння другого степеня.

Таблиця 2.2 - Значення встановлених коефіцієнтів рівняння другого степеня

Коеф.	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
Сталь 45	83,5	8,11	38,28	21,53	4,47	2,17	10,17	-0,84	0,35	-2,82

Загальний вигляд рівняння регресії величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45 від зміни трьох основних факторів: зовнішнього радіуса ролика для обкатування r , внутрішнього радіуса канавки R_3 та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ , тобто $M_{(x_1, x_2, x_3)} = f(r, R_3, \delta)$ за результатами експериментів у кодованих величинах дорівнює:

- при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45:

$$M_{(x_1, x_2, x_3)} = 83,5 + 8,11x_1 + 32,28x_2 + 21,53x_3 + 4,47x_1x_2 + \quad (2.19) \\ + 2,17x_1x_3 + 10,17x_2x_3 - 0,84x_1^2 + 0,35x_2^2 - 2,82x_3^2,$$

де x_1 - кодоване значення зовнішнього радіуса ролика для обкатування; x_2 - кодоване значення внутрішнього радіуса канавки; x_3 - кодоване значення глибини деформованого поверхневого шару канавки.

Усі коефіцієнти рівняння регресії (2.19) є значущими.

У натуральних величинах рівняння регресії (2.19) після перетворень має вигляд:

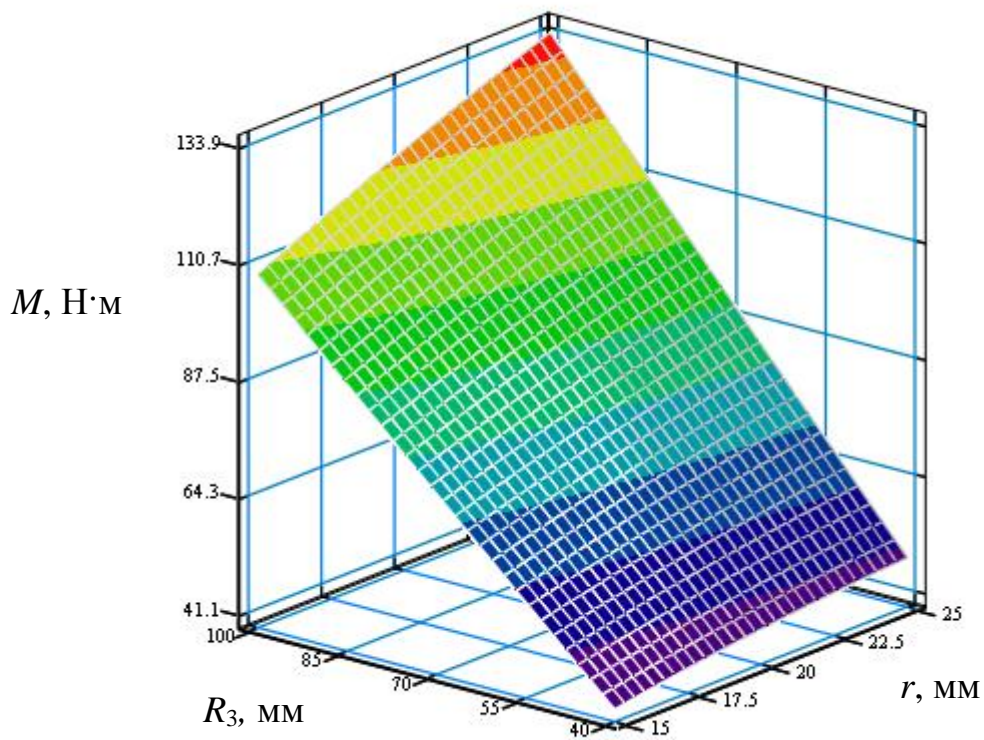
- при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45:

$$M_{(r, R_3, \delta)} = 2,4 + 0,012r - 0,052R_3 + 20\delta + 0,0298rR_3 + \quad (2.20) \\ + 21,7r\delta + 16,95R_3\delta - 0,034r^2 + 3,88 \cdot 10^{-4} R_3^2 - 7050\delta^2.$$

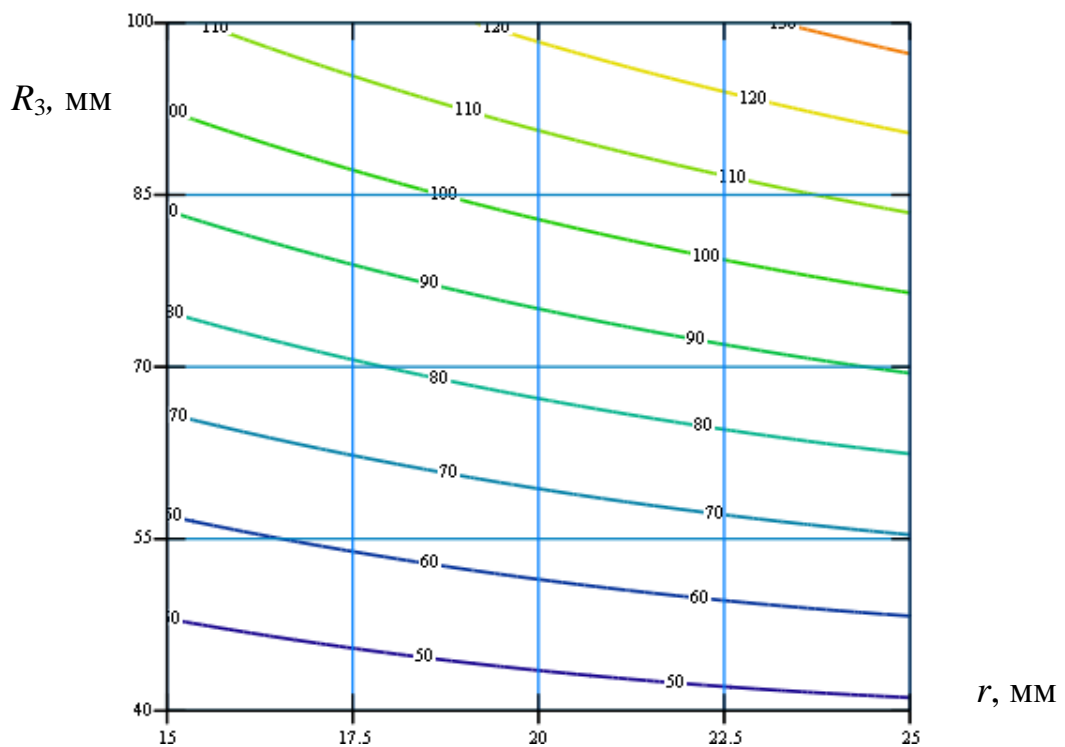
Одержані рівняння регресії (2.19) та (2.20) доцільно використовувати для прогнозування величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45 від зміни трьох основних факторів: зовнішнього радіуса ролика для обкатування r , внутрішнього радіуса канавки R_3 та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ у таких межах змінних початкових факторів:

$$15 \leq r \leq 25 \text{ (мм)}; 40 \leq R_3 \leq 100 \text{ (мм)}; 0,02 \leq \delta \leq 0,06 \text{ (мм)}.$$

Графічні результати величини крутного моменту M обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням заготовок із сталі 45, одержаних із застосуванням спеціалізованих комп'ютерних програм, представлено на рисунках 2.9 – 2.12.

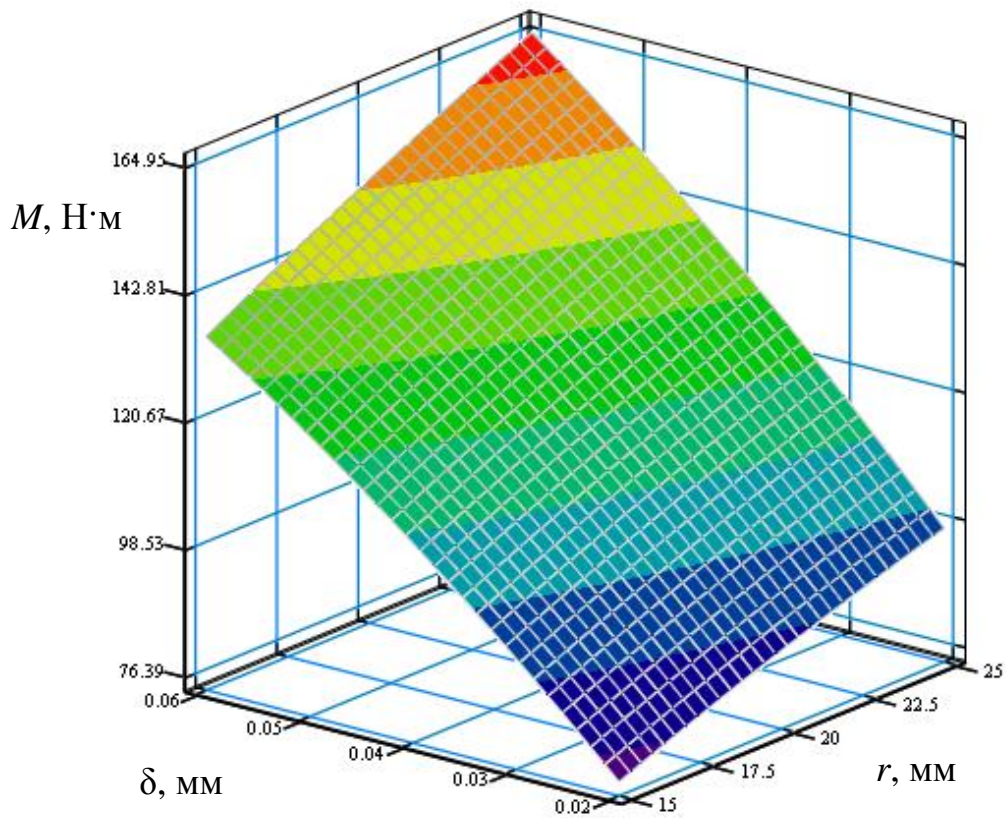


а)

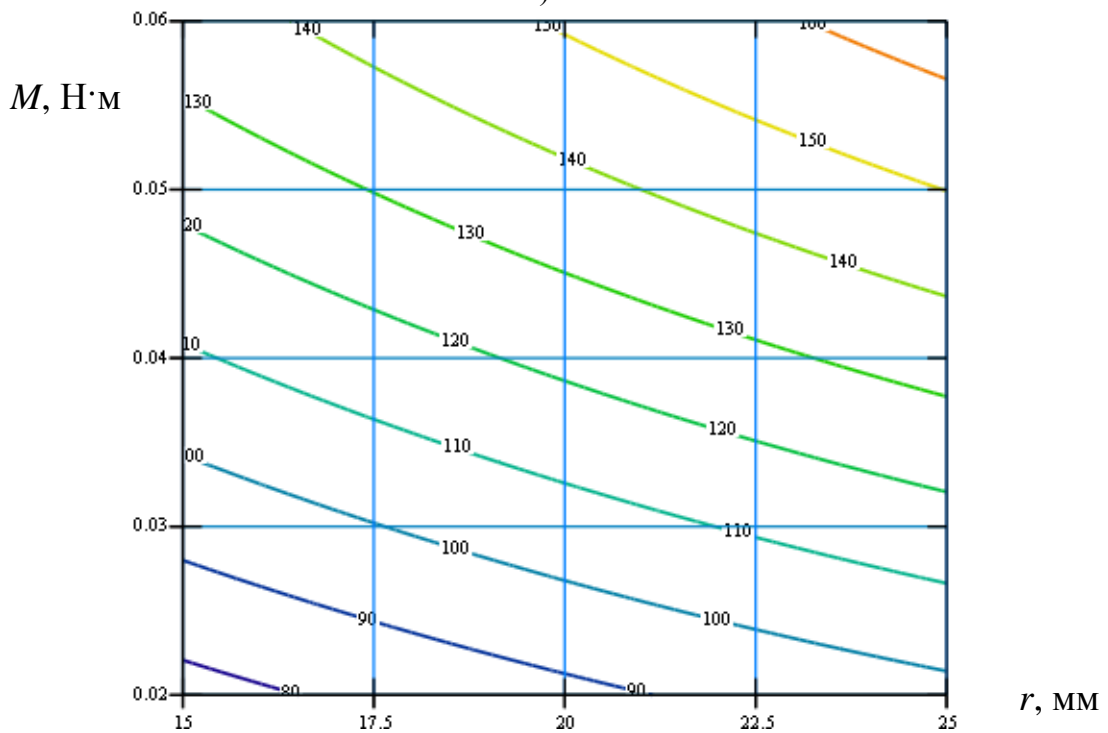


б)

Рисунок 2.9 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням від радіуса ролика для обкатування r та внутрішнього радіуса канавки R_3 ($\delta=0,04\text{mm}$)

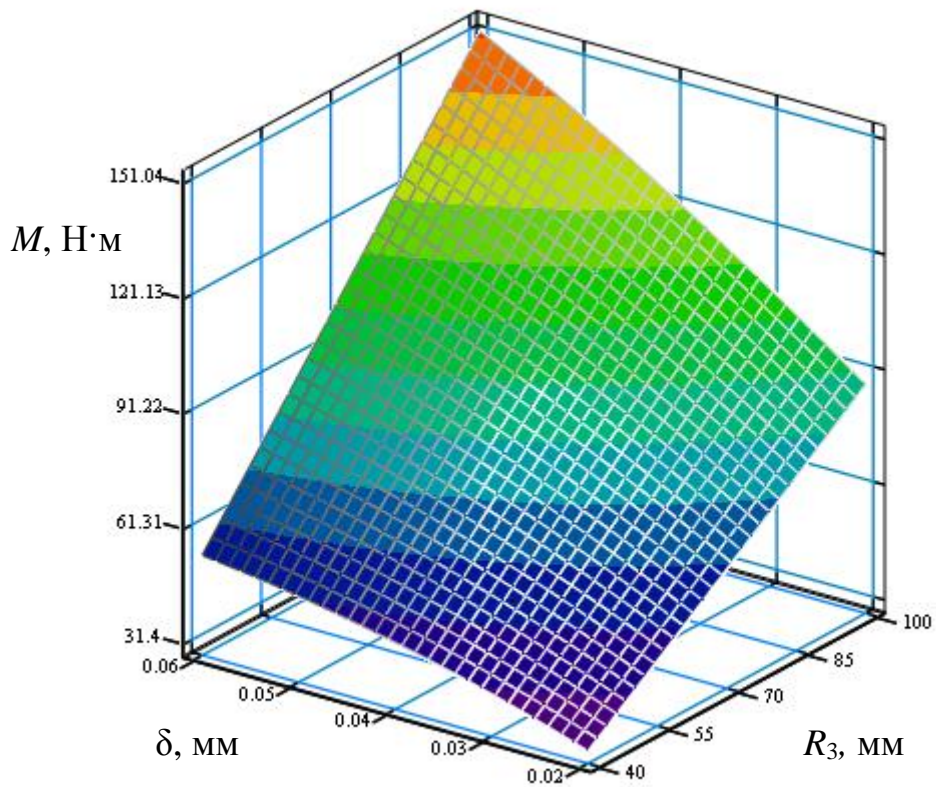


а)

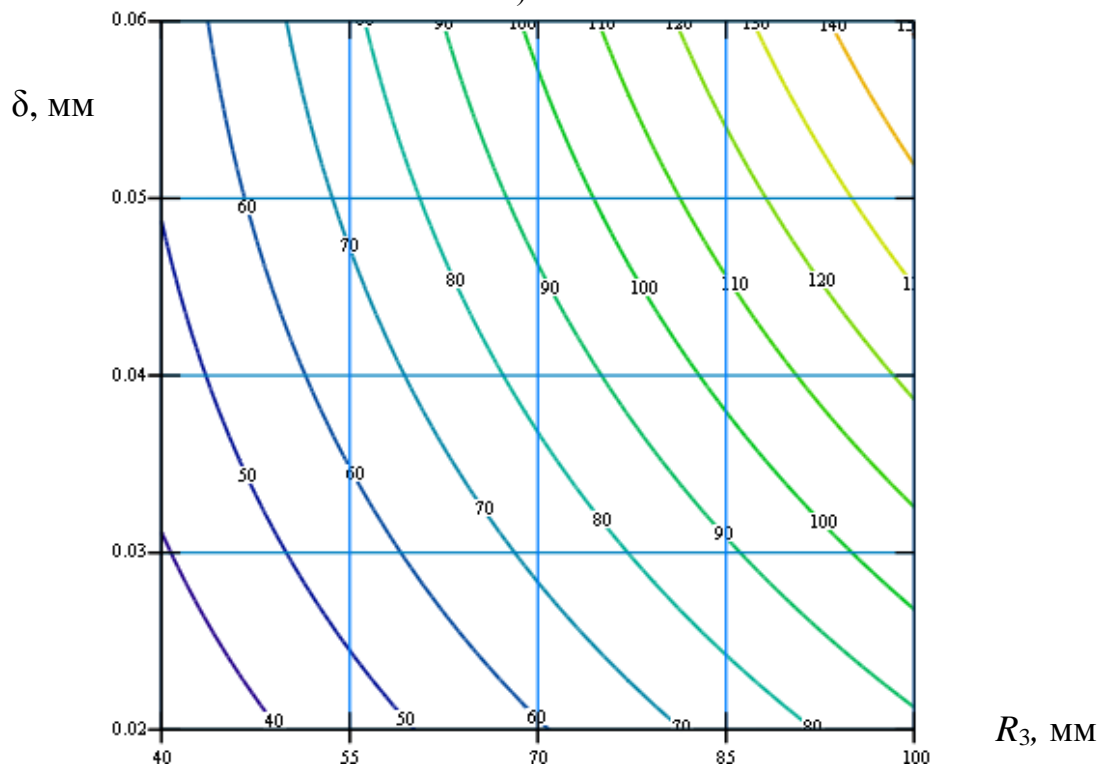


б)

Рисунок 2.10 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням від радіуса ролика для обкатування r та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ ($R_3 = 70\text{mm}$)



a)



б)

Рисунок 2.11 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням від внутрішнього радіуса канавки R_3 та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ ($r=20\text{mm}$)

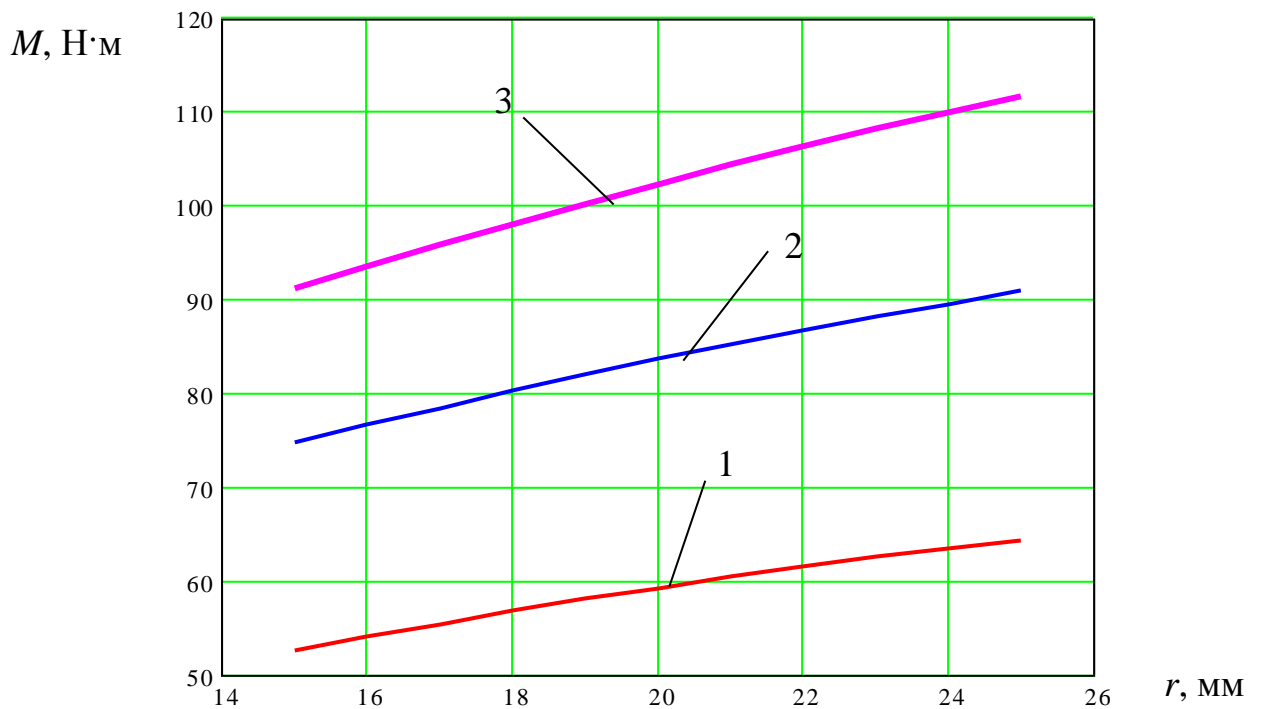


Рисунок 2.12 – Графіки залежності величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням від радіуса ролика для обкатування r , $R_3 = 70$ мм:

1) $\delta = 0,02$ мм; 2) $\delta = 0,04$ мм; 3) $\delta = 0,06$ мм

Із рисунків 2.9 - 2.12, та на основі рівнянь регресії (2.19) та (2.20) встановлено, що із збільшенням величини зовнішнього радіуса ролика для обкатування r , внутрішнього радіуса канавки R_3 та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ величина крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням зростає.

Максимальне значення крутного моменту M обертання заготовки при зміцненні складає 165 Н·м, а мінімальне – 28,25 Н·м. Збільшення радіуса ролика для обкатування r від 15 мм до 25 мм призводить до зростання крутного моменту в 1,18 рази. Також збільшення внутрішнього радіуса канавки R_3 призводить майже до прямопропорційного зростання величини крутного моменту, а збільшення глибини деформованого поверхневого шару канавки δ від 0,02 мм до 0,06 мм призводить до збільшення крутного моменту в 1,73 рази. Тому для забезпечення менших показників крутного моменту при зміцненні

потрібно застосовувати менші радіуси роликів для обкатування та зменшувати глибини деформованого поверхневого шару канавки, застосовуючи декілька переходів для зміцнення.

2.3. Висновки

У розділі проведено теоретичні дослідження силових параметрів процесу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом та особливостей зміни товщини деформованого шару.

Виведено рівняння та побудовано графічні залежності кута обертання обкатаного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки і товщини деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі від параметрів процесу обкатування циліндричним роликом.

Також виведені рівняння для знаходження сили зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням і величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки.

Під час експериментальних досліджень встановлено, що із збільшенням величини зовнішнього радіуса ролика для обкатування r , внутрішнього радіуса канавки R_3 та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ величина крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням зростає.

Максимальне значення крутного моменту M обертання заготовки при зміцненні складає 165 Н·м, а мінімальне – 28,25 Н·м. Збільшення радіуса ролика для обкатування r від 15 мм до 25 мм призводить до зростання крутного моменту в 1,18 рази. Також збільшення внутрішнього радіуса канавки R_3 призводить майже до прямопропорційного зростання величини крутного моменту, а збільшення глибини деформованого поверхневого шару канавки δ

від 0,02 мм до 0,06 мм призводить до збільшення крутного моменту в 1,73 рази. Тому для забезпечення менших показників крутного моменту при зміцненні потрібно застосовувати менші радіуси роликів для обкатування та зменшувати глибини деформованого поверхневого шару канавки, застосовуючи декілька переходів для зміцнення.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Вибір способу одержання заготовки

Для виготовлення корпусу АЛЯЯ 732.131.114 порівнюємо два методи одержання заготовок.

Перший метод - лиття під тиском.

Другий метод - лиття в піщані форми.

Загальні табличні припуски корпусу АЛЯЯ 732.131.114 представлено в таблиці 3.1.

Об'єм та маса заготовок:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (3.1)$$

$q=2,5$ кг – маса деталі;

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho. \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1 – Загальні припуски

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: клас точності– 7; ряд припусків– 1				
Зовнішня поверхня $\varnothing 440$	Rz40	1,8	Не обробляється	$\varnothing 440 \pm 0,9$
Внутрішня поверхня $\varnothing 334H14^{(+1,4)}$	Ra 12,4	1,6	$1,6 \times 2=3,2$	$\varnothing 330,8 \pm 0,8$
Внутрішня торцева поверхня $5,5 \pm 0,1$	Ra 12,4	0,56	0,9	$4,6 \pm 0,28$
Центральний наскрізний отвір $\varnothing 15H7^{(+0,018)}$	Ra 1,6	0,7	$1,0 \times 2=2,0$	$\varnothing 13 \pm 0,35$
2) лиття в піщані форми: клас точності– 11; ряд припусків – 3.				

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Зовнішня поверхня Ø440±0,9	Rz40	7,0	Не обробляється	Ø440±3,5
Внутрішня поверхня Ø334H14(+1,4)	Ra 12,4	–	Суцільний матеріал	Не вилива- ється
Внутрішня торцева поверхня 5,5±0,1	Ra 12,4	–	Суцільний матеріал	Не вилива- ється
Центральний наскрізний отвір Ø15H7(+0,018)	Ra 1,6	–	Суцільний матеріал	Не вилива- ється

Для циліндричної форми об'єм припусків:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}. \quad (3.3)$$

Визначаємо об'єм припусків:

– лиття під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (334^2 - 330,8^2) \cdot 4,6}{4} = 7681,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (334^2 - 65^2) \cdot 0,9}{4} = 75829,4 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = 16 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 6}{4} = 471 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (15^2 - 13^2) \cdot 2,5}{4} = 109,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 12}{4} = 602,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (342,75^2 - 340,25^2) \cdot 5}{4} = 6701,94 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 2,5}{4} = 98,13 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 10}{4} = 502,4 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i}.$$

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр}_i} &= 7681,9 + 75829,4 + 471 + 109,9 + 602,9 + 6701,94 + 98,13 + \\ &+ 502,4 = 91997,57 \text{ мм}^3 = 92 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

– лиття в піщані форми:

$$V_{\text{пр}_1} = \frac{\pi \cdot (334^2 - 65^2) \cdot 5,5}{4} = 463401,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}_2} = \frac{\pi \cdot (342,75^2 - 340,25^2) \cdot 5}{4} = 6701,94 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}_3} = 16 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 6}{4} = 471 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}_4} = \frac{\pi \cdot 15^2 \cdot 2,5}{4} = 441,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}_5} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 12}{4} = 602,9 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}_6} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 2,5}{4} = 98,13 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр}_7} = \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 10}{4} = 502,4 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i}.$$

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр}_i} &= 463401,6 + 6701,94 + 471 + 441,6 + 602,9 + 98,13 + 502,4 = \\ &= 472219,57 \text{ мм}^3 = 472,22 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Загальні маси припусків:

– лиття під тиском:

$$m_{\text{пр}_1} = 92 \cdot 2,6 = 239,2 \text{ г} = 0,24 \text{ кг}.$$

– лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр2}} = 472,22 \cdot 2,6 = 1227,772 \text{ г} = 1,23 \text{ кг.}$$

Визначаємо маси заготовок:

– лиття під тиском:

$$Q_1 = 2,5 + 0,24 = 2,74 \text{ кг.}$$

– лиття в піщані форми:

$$Q_2 = 2,5 + 1,23 = 3,73 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.4)$$

– для лиття під тиском $Q=2,74$ кг:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{2,5}{2,74} = 0,9;$$

– для лиття в піщані форми $Q=3,73$ кг:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{2,5}{3,73} = 0,67.$$

Перший варіант заготовки є оптимальним і приймається для подальшої розробки технологічного процесу.

3.2. Формування технологічного процесу

Запропоновані маршрути обробки корпусу АЛЯЯ 732.131.114 представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Маршрути обробки корпусу АЛАЯ 732.131.114

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Шорсткість, мкм	Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
			1	2
1	2	3	4	5
1, 7	Торцева поверхня 40±0,45	Rz 40	Не обробляється різанням	–
2	торцева канавка b=3,5H14 ^(+0,3) ; 5±0,1; Ø342±0,2	Ra 12,4	Розточування канавочним різцем	Фрезерування кінцевою фрезою
3	Внутрішня поверхня Ø334H14 ^(+1,4)	Ra 12,4	Розточування напівчистове	–
4	Внутрішня торцева поверхня 5,5±0,1	Ra 12,4	Напівчистове підрізання торця	–
5	Внутрішня фаски 3×45°	Ra 12,4	Розточування напівчистове	–
6	Зовнішня поверхня Ø440±0,9	Rz 40	Не обробляється	–
7	Торцева поверхня 10±0,32	Rz 40	Не обробляється	–
8	Центральний наскрізний отвір Ø15H7 ^(+0,018)	Ra 1,6	Зенкерування Розвертання чорнове Розвертання чистове	–

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
9, 10	Два наскрізні отвори $\varnothing 5H14^{(+0,3)}$; $34 \pm 0,2$	Ra 12,4	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
11- 14	Чотири глухих отвори під різьбу M4-7H $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=12 \pm 0,2$; $\varnothing 326 \pm 0,2$	Ra 6,2	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
15- 18	Чотири внутрішні фаски $0,5 \times 45^\circ$	Ra 12,4	Зенкування	Форму- вання при свердлінні
19- 22	Чотири різевих глухих отвори M4-7H; $l=8 \pm 0,2$; $\varnothing 326 \pm 0,2$	Ra 6,2	Нарізання різі мітчиком	—
23- 38	Шістнадцять глухих отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=6 \pm 0,1$; $80 \pm 0,2$; $47 \pm 0,2$; $46 \pm 0,2$; $77 \pm 0,2$; $50 \pm 0,2$; $46 \pm 0,2$	Ra 12,4	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
39- 54	Шістнадцять внутрішніх фасок $0,5 \times 45^\circ$	Ra 12,4	Формування при свердлінні	Зенкування
55	Глухий отвір $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=10 \pm 0,2$; під різьбу M6- 7H	Ra12,4	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
56	Внутрішня фаска $1 \times 45^\circ$	Ra12,4	Зенкування	Форму- вання при свердлінні
57	Внутрішній різевий отвір M6-7H; $l=7 \pm 0,2$	Ra6,2	Нарізання різі мітчиком	—

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3	4	5
58-61	Чотири глухих отвори під різьбу М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=15\pm 0,2$;	Ra 6,2	1. Центрування 2. Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
62-65	Чотири внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$	Ra 12,4	Зенкування	Формування при свердлінні комбінованим інструментом
66-69	Чотири різевих глухих отвори М4-7Н; $l=8\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$; 3°	Ra 6,2	Нарізання різі мітчиком	—

Остаточню прийнятий маршрут обробки.

005.Токарна з ЧПК

1. Розточити поверхню 3 з торцем 4, розточити фаску 5, в розміри $\varnothing 334^{+1,4}$; $5,5\pm 0,1$; $3\times 45^\circ$.
2. Розточити торцеву канавку 2, в розміри $3,5^{+0,3}$; $5\pm 0,1$; $\varnothing 342\pm 0,2$.
3. Перевірити розміри: $\varnothing 334^{+1,4}$; $5,5\pm 0,1$; $3\times 45^\circ$; $3,5^{+0,3}$; $5\pm 0,1$; $\varnothing 342\pm 0,2$.

Контроль 40%.

010. Програмна з ЧПК

1. Центрувати двадцять два отвори 9, 10, 11-14, 23-38 послідовно, в розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; 1,3; $0,97^{+0,06}$; $34\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$; $80\pm 0,2$; $47\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $77\pm 0,2$; $50\pm 0,2$; $46\pm 0,2$.
2. Свердлими шістнадцять отворів 23-38 з зенкуванням шістнадцяти фасок 39-54 послідовно, в розміри $\varnothing 2,5^{+0,25}$; $l=6\pm 0,1$; $80\pm 0,2$; $47\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $77\pm 0,2$; $50\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$.
3. Свердлими чотири отвори 11-14 під різьбу М4-7Н послідовно, в розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=12\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$.
4. Свердлими два отвори 9, 10 послідовно, в розміри $\varnothing 5^{+0,3}$; $34\pm 0,2$.
5. Зенкувати чотири фаски 15-18, в розміри $0,5\times 45^\circ$.

6. Зенкерувати отвір 8, в розмір $\varnothing 14,62^{+0,18}$.
7. Розвернути отвір 8, в розмір $\varnothing 14,958^{+0,043}$.
8. Розвернути отвір 8, в розмір $\varnothing 15^{+0,018}$.
9. Нарізати різьбу 19-22 в чотирьох отворах, в розміри М4-7Н; $l=8\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$; 3° .

10. Перевірити розміри: $\varnothing 2,5^{+0,25}$; $l=6\pm 0,1$; $80\pm 0,2$; $47\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $77\pm 0,2$; $50\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$; $\varnothing 5^{+0,3}$; $34\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$; $\varnothing 15^{+0,018}$; М4-7Н; $8\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$; 3° . Контроль 40%.

015. Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 55 під різьбу М6-7Н з формуванням фаски 56, в розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=10\pm 0,2$; $1\times 45^\circ$.

2. Перевірити розміри: $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=10\pm 0,2$; $1\times 45^\circ$. Контроль 40%.

020. Різенарізна

1. Нарізати різьбу 57 в отворі 55, в розміри М6-7Н; $l=7\pm 0,2$.

2. Перевірити розмір: М6-7Н. Контроль 30%.

025. Програмна з ЧПК

1. Центрувати чотири отвори 58-61 послідовно, в розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; 1,3; $0,97^{+0,06}$; $26\pm 0,2$.

2. Свердлити чотири отвори 58-61 під різьбу М4-7Н, в розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14\pm 0,2$; $26\pm 0,2$.

3. Зенкувати чотири фаски 62-65, в розміри $0,5\times 45^\circ$.

4. Нарізати різьбу 66-68 в чотирьох отворах, в розміри М4-7Н; $l=12\pm 0,2$; $26\pm 0,2$.

5. Перевірити розміри: $0,5\times 45^\circ$; М4-7Н; $l=12\pm 0,2$; $26\pm 0,2$. Контроль 40%.

030. Контроль.

3.3. Визначення припусків на оброблення і розмірів заготовки

Знаходимо припуски за формулою [8]:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2}) - \text{для зенкерування}, \quad (3.5)$$

- для розвертання:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1}), \quad (3.6)$$

Розрахунок проведемо для поверхні $\varnothing 15H7(+0,018)$; Ra 1,6.

Технологічні переходи обробки поверхні:

1. Зенкерування H12.
2. Розвертання чорнове H9.
3. Розвертання чистове H7.

Зенкерування та розвертання отворів виконується на 010 операції – програмній з ЧПК

Визначаємо складові формули для кожного переходу:

Для зенкерування:

$R_{z_{i-1}}=50$ мкм, $T_{i-1}=100$ мкм для заготовки [8].

Похибка установки литої заготовки [8]

$$\varepsilon_{y_{i-1}} = \sqrt{\varepsilon_{\delta_{i-1}}^2 + \varepsilon_{z_{i-1}}^2}. \quad (3.7)$$

Похибка базування

$$\varepsilon_{\delta_{i-1}} = S_{\min} + \delta_{\text{отв.}} + \delta_{\text{опр.}}. \quad (3.8)$$

Мінімальний гарантований зазор

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max}. \quad (3.9)$$

Посадочний розмір отвору бази приймається $D=73,55F7\left(\begin{smallmatrix} +0,060 \\ +0,030 \end{smallmatrix}\right)$.

Посадочний розмір деталі $d=73\pm 0,55$.

Відповідно:

$$S_{\min} = 31,35 - 31,32 = 0,03 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\delta_{i-1}} = 0,03 + 1,1 + 0,03 = 1,16 \text{ мм} = 1160 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення $\varepsilon_{3_{i-1}} = 100 \text{ мкм. [8]}$.

Тоді, $\varepsilon_{y_{i-1}} = \sqrt{1160^2 + 100^2} = 1164 \text{ мкм.}$

Просторові відхилення ливарної заготовки [8]

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\text{жол.}}^2 + \rho_{\text{зм.}}^2}, \quad (3.10)$$

$$\rho_{\text{жол.}} = \sqrt{(\Delta_{\text{к}} \cdot D)^2 + (\Delta_{\text{к}} \cdot L)^2}, \quad (3.11)$$

$$\rho_{\text{зм.}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_{\text{D}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{\text{B}}}{2}\right)^2}, \quad (3.12)$$

$$\rho_{\text{зм.}} = \sqrt{\left(\frac{0,018}{2}\right)^2 + \left(\frac{1,1}{2}\right)^2} = 0,55 \text{ мм} = 550 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{жол.}} = \sqrt{(0,7 \cdot 15)^2 + (0,7 \cdot 40)^2} = 30 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{30^2 + 550^2} = 550,8 \text{ мкм.}$$

Визначаємо мінімальні припуски:

1. Для зенкерування:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot (50 + 100 + \sqrt{550,8^2 + 1164^2}) = 2580 \text{ мкм} = 2,58 \text{ мм.}$$

2. Для розвертання чорнового:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot (40 + 40) = 160 \text{ мкм} = 0,160 \text{ мм.}$$

3. Для розвертання чистового:

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot (10 + 20) = 60 \text{ мкм} = 0,060 \text{ мм.}$$

Розрахункові розміри для всіх переходів [8]:

1. Для розвертання чистового:

$$D_{p3} = D_{\max. \text{деталі}} = 15,018 \text{ мм.}$$

2. Для розвертання чорнового:

$$D_{p2} = D_{p3} - 2Z_{3\min.} = 15,018 - 0,060 = 14,958 \text{ мм.}$$

3. Для зенкерування:

$$D_{p1} = D_{p2} - 2Z_{2\min.} = 14,958 - 0,160 = 14,798 \text{ мм.}$$

4. Для заготовки:

$$D_{p\text{заг}} = D_{p1} - 2Z_{1\min.} = 14,798 - 2,58 = 12,218 \text{ мм.}$$

Допуски для переходів

$$\text{Заготовка} \rightarrow \delta_{\text{заг}} = 0,7 \text{ мм.}$$

$$1. \text{ Зенкерування Н12} \rightarrow \delta_1 = 0,18 \text{ мм.}$$

$$2. \text{ Розвертання чорнове Н9} \rightarrow \delta_2 = 0,043 \text{ мм.}$$

$$3. \text{ Розвертання чистове Н7} \rightarrow \delta_3 = 0,018 \text{ мм.}$$

Граничні розміри $D_{\max.i}$ на переходах.

$$\text{Для розвертання чистового: } D_{\max.3} = 15,018 \text{ мм}$$

$$\text{Для розвертання чорнового: } D_{\max.2} = 14,958 \text{ мм.}$$

$$\text{Для зенкерування: } D_{\max.1} = 14,8 \text{ мм.}$$

$$\text{Для заготовки: } D_{\max. \text{заг.}} = 12,2 \text{ мм.}$$

Граничні розміри $D_{\min.i}$ на переходах [8]:

Для розвертання чистового:

$$D_{\min.3} = 15,018 - 0,018 = 15,0 \text{ мм.}$$

Для розвертання чорнового:

$$D_{\min.2} = 14,958 - 0,043 = 14,915 \text{ мм.}$$

Для зенкерування:

$$D_{\min.\text{заг.}}=14,8 - 0,18=14,62 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$D_{\min.\text{заг.}}=12,2 - 0,7=11,5 \text{ мм.}$$

Розрахункові граничні значення припусків $2Z_{i \min}$, $2Z_{i \max}$ [8]:

Для розвертання чистового:

$$2Z_{3 \max}=15 - 14,915=0,085 \text{ мм.}$$

$$2Z_{3 \min}=15,018 - 14,958=0,06 \text{ мм.}$$

Для розвертання чорнового:

$$2Z_{2 \max}=14,915 - 14,62=0,295 \text{ мм.}$$

$$2Z_{2 \min}=14,958 - 14,8=0,158 \text{ мм.}$$

Для зенкерування:

$$2Z_{1 \max}=14,62 - 11,5=3,12 \text{ мм.}$$

$$2Z_{1 \min}=14,8 - 12,2=2,6 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальні припуски:

$$2Z_{\text{заг. max.}}=3,12 + 0,295 + 0,085=3,5 \text{ мм.}$$

$$2Z_{\text{заг. min.}}=2,6 + 0,158 + 0,06=2,818 \text{ мм.}$$

Загальний номінальний припуск $2Z_{\text{заг. ном.}}$ [8].

Відповідно для корпусу АЛЯ 732.131.114:

$$2Z_{\text{заг. ном.}}=2,818 + 0,35 - 0,018=3,12 \text{ мм;}$$

$$D_{\text{заг. ном.}}=15 - 3,12=11,88 \text{ мм.}$$

Перевіряємо правильність проведених розрахунків:

Для зенкерування:

$$3,12 - 2,6=0,52 \text{ мм;}$$

$$0,7 - 0,18=0,52 \text{ мм.}$$

Для розвертання чорнового:

$$0,295 - 0,158=0,137 \text{ мм;}$$

$$0,18 - 0,043=0,137 \text{ мм.}$$

Для розвертання чистового:

$$0,085 - 0,06 = 0,025 \text{ мм};$$

$$0,043 - 0,018 = 0,025 \text{ мм}.$$

Висновок: розрахунки виконано правильно.

Заносимо всі визначені величини припусків в розрахункову таблицю 3.4.

Припуски на усі інші поверхні представлено в таблиці 3.5.

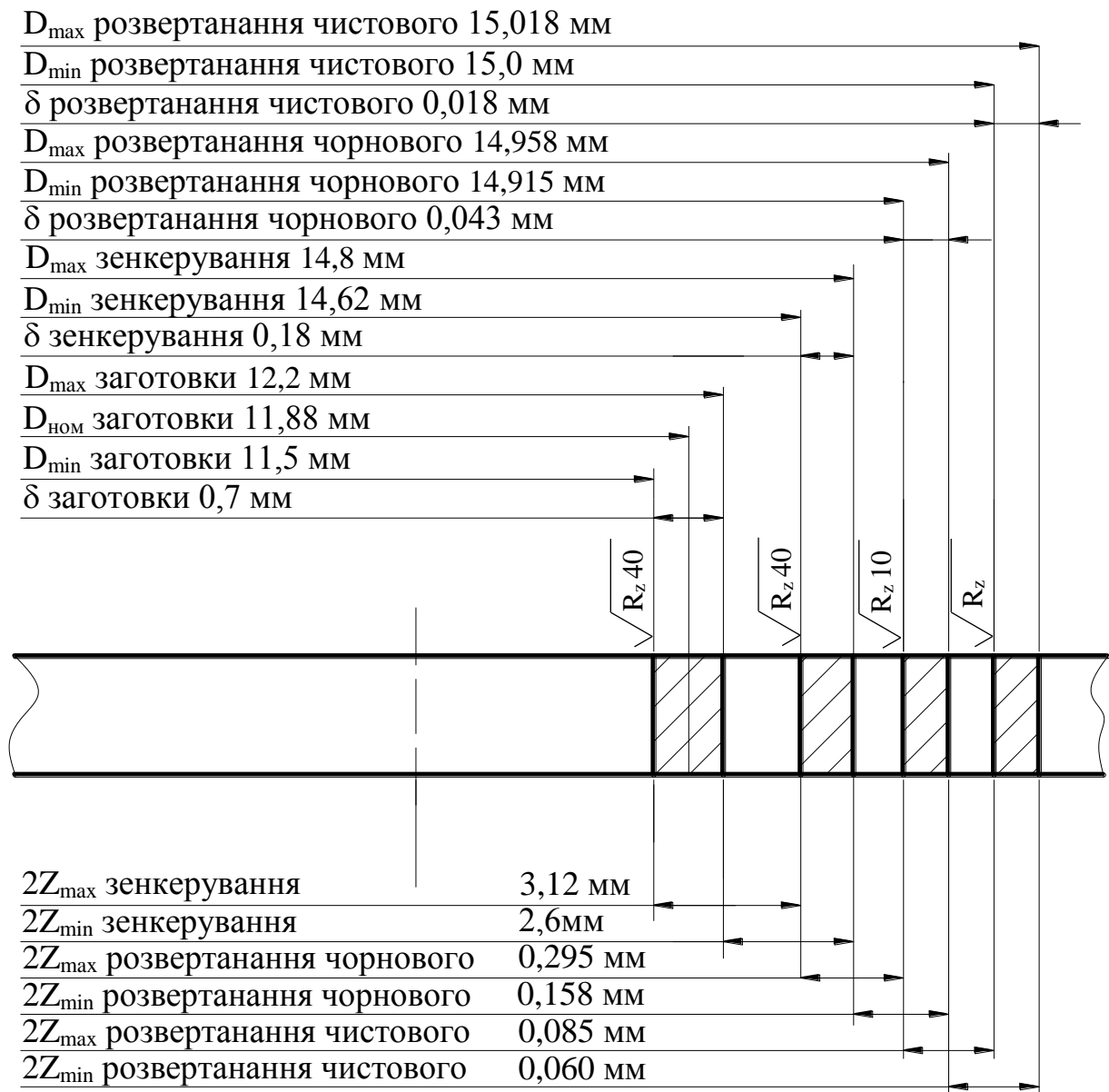


Рисунок 3.1 – Схема розташування припусків $\varnothing 15H7$

Таблиця 3.4 – Розрахункові припуски поверхні Ø15Н7

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{i\min}$, мм	Розрахунковий розмір D_{p1} , мм	Допуск δ_a , мм	Граничні розміри, мм		Розрахункові граничні припуски, мм	
	R_z	T	ρ	ϵ_y				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{i\min}$	$2Z_{i\max}$
Заготовка	50	100	550,8			12,218	0,7	11,5	12,2		
Зенкерування Н12	40	40	–	1164	2580	14,798	0,18	14,62	14,8	2,6	3,12
Розвертання чорнове Н9	10	20	–	–	160	14,958	0,043	14,915	14,958	0,158	0,295
Розвертання чистове Н7	6,4	–	–	–	60	15,018	0,018	15,0	15,018	0,06	0,085
Загальний припуск										2,818	3,5

Габаритні розміри заготовки: $\varnothing 440 \pm 0,45 \times 40 \pm 0,45$.

Таблиця 3.5 – Розрахункові припуски

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
Внутрішня поверхня $\varnothing 334H14^{(+1,4)}$					
Розточування напівчистове	14	Ra12,4	1,4	$1,6 \times 2 = 3,2$	$\varnothing 334^{+1,4}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	$R_z 40$	1,6	–	$\varnothing 330,8 \pm 0,8$
Внутрішня торцева поверхня $5,5 \pm 0,1$					
Підрізання напівчистове	14	Ra12,4	0,52	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 14^{+0,43}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	$R_z 40$	0,56	0,9	$4,6 \pm 0,28$
торцева канавка $b = 3,5H14^{(+0,3)}$					
Розточування напівчистове	14	Ra12,4	0,3	3,5	$3,5^{+0,3}$

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
Заготовка	7-ий кл. точн. розм.	Rz40	–	–	Суцільний матеріал

3.4. Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання та інструменти представлено в додатках.

Остаточні результати режимів різання корпусу АЛАЯ 732.131.114 представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Таблиця режимів різання корпусу АЛАЯ 732.131.114

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005. Токарна з ЧПК										
Розточити поверхню 3 з торцем 4, розточити фаску 5, в розміри $\varnothing 334^{+1,4}$; $5,5 \pm 0,1$; $3 \times 45^\circ$.	1,6 0,9	147,2	1	61	0,62	252	262,4	152	0,97	6,2
Перехід 3										
Розточити торцеву канавку 2, в розміри $3,5^{+0,3}$; $5 \pm 0,1$; $\varnothing 342 \pm 0,2$.	3,5	10	1	61	0,085	202	214,7	17	0,62	2,85
010. Програмна з ЧПК										
Центрувати двадцять два отвори 9, 10, 11-14, 23-38 послідовно, в розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; $1,3$; $0,97^{+0,06}$; $34 \pm 0,2$; $\varnothing 326 \pm 0,2$; $80 \pm 0,2$; $47 \pm 0,2$; $46 \pm 0,2$; $77 \pm 0,2$; $50 \pm 0,2$; $46 \pm 0,2$.	0,5	5,27	22	17	0,14	2702	26,5	322	0,35	0,14

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нарізати різьбу 19-22 в чотирьох отворах, в розміри М4-7Н; $l=8\pm 0,2$; $\varnothing 326\pm 0,2$; 3° .	0,606	20,1	4	12	0,71	644	8,1	447	0,17	0,04
015. Вертикально-свердлильна										
Свердлити отвір 55 під різьбу М6-7Н з формуванням фаски 56, в розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $l=10\pm 0,2$; $1\times 45^\circ$.	2,5	13	1	17	0,12	1002	15,6	132	0,12	1,7
020. Різенарізна										
Нарізати різьбу 57 в отворі 55, в розміри М6-7Н; $l=7\pm 0,2$.	0,866	18,1	1	22	1,1	562	10,1	561	0,034	0,05
025. Програмна з ЧПК										
Центрувати чотири отвори 58-61 послідовно, в розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; 1,3; $0,97^{+0,06}$; $26\pm 0,2$.	0,5	5,27	4	17	0,11	2702	26,2	322	0,14	0,12
Перехід 3 Свердлити чотири отвори 58-61 під різьбу М4-7Н, в розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=14\pm 0,2$; $26\pm 0,2$.	1,65	15,5	4	17	0,17	2002	20,6	322	0,192	0,04
Перехід 4 Зенкувати чотири фаски 62-65, в розміри $0,5\times 45^\circ$.	0,5	3	4	17	0,11	1402	35,1	142	0,08	0,07
Перехід 5										
Нарізати різьбу 66-68 в чотирьох отворах, в розміри М4-7Н; $l=12\pm 0,2$; $26\pm 0,2$.	0,606	20,1	4	12	0,71	642	8,1	447	0,17	0,04

Розрахунок технічних норм часу виготовлення корпусу АЛАЯ 732.131.114 представлено в додатках.

Результати розрахунку представлено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Норми часу по операціях

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			T _{оп} , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{штг} , хв.	T _{п.з.} , хв.	n, шт	T _{штк.} , хв
		T _у	T _{пер}	T _{вим}		T _{тех.об}	T _{орг.об}	T _{відп}				
005 Токарна з ЧПК	1,61	0,14	–	–	–	–	–	–	–	–	220	3,75
010 Програмна ЧПК	1,832	0,33	0,44	1,935	5,4	0,756			6,16	62,21		6,44
015 Вертикально-свердлильна	0,1	0,14	–	–	–	–	–	–	–	–		0,41
020 Різенарізна	0,032	0,14	–	–	–	–	–	–	–	–		0,3
025 Програмна ЧПК	0,61	0,14	–	–	–	–	–	–	–	–		1,6

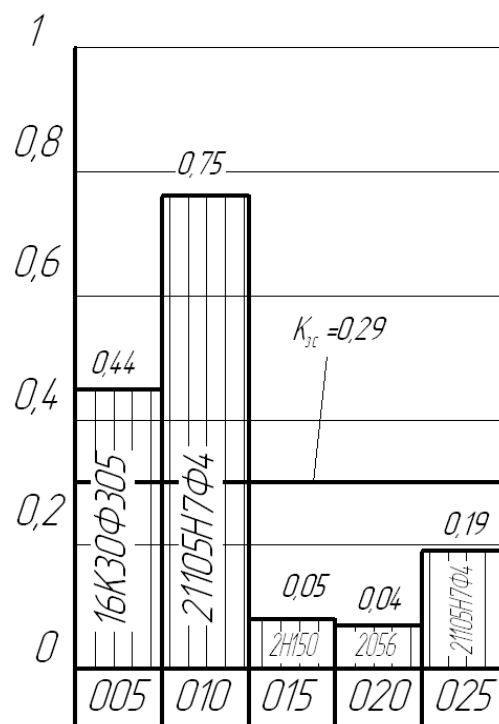


Рисунок 3.2 – Графік завантаження обладнання

3.6. Розрахунок пристосування

Для розрахунку сил затиску деталі на операції 010 програмній з ЧПК представлено схему (рис. 3.5) при зенкеруванні отвору $\varnothing 15\text{мм}$.

Необхідна сила для затиску деталі:

$$P_{\text{зат1}} \cdot f_1 \cdot R + P_{\text{зат2}} \cdot f_1 \cdot R + \frac{2P_{\text{зат}} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)} = K \cdot M_{\text{різ}} , \quad (3.13)$$

Момент різання:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p , \quad (3.14)$$

$D=15 \text{ мм}$;

$S=0,35 \text{ мм/об}$;

$t=1,21\text{мм}$.

Отже, $M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,051 \cdot 15^{0,85} \cdot 1 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1 = 2,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Коефіцієнт запасу K вибираємо згідно [6]

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 ;$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,73.$$

$$P_{\text{зат1}} = P_{\text{зат2}}.$$

Отже, сила затиску на двох притискачах складе:

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{2 \cdot f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}} ; \quad (3.15)$$

$$P_{\text{зат}} = \frac{3,73 \cdot 2200}{2 \cdot 0,2 \cdot 217 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{220^3 - 217^3}{3(220^2 - 217^2)}} = 62,88 \text{ Н}.$$

Перевірочний розрахунок із умови:

$$P_{\text{заг}} \leq F_{\text{шт.тяг.}} \cdot i, \quad (3.16)$$

Штовхаюча сила на штоці пневмоциліндра буде визначатися за формулою згідно [14]:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot D_{\text{ц}}^2 \cdot p \cdot \eta - P_{\text{пр}}. \quad (3.17)$$

Тоді $F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot 0,08^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 - 70 = 1738,6 \text{ Н}.$

Передаточне відношення силового механізму:

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}} \cdot l_1}{l_1 + l_2} \cdot \eta, \quad (3.18)$$

де $l_1 = 45 \text{ мм};$

$l_2 = 58 \text{ мм};$

$\eta = 0,9.$

Тоді

$$W = \frac{1738,6 \cdot 45}{45 + 58} \cdot 0,9 = 684 \text{ Н}.$$

Для надійності закріплення необхідно, щоб виконувалась умова:

$$W > P_{\text{заг}}.$$

При розрахунках одержано $W = 684 \text{ Н} > P_{\text{заг}} = 62,88 \text{ Н}.$

Заготовка буде надійно закріплена при зенкеруванні на 010 програмній з ЧПК операції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз потенційних небезпек проектованого верстату, установки.

Заходи для їх зниження

В умовах діяльності людини значна кількість аварій і травм виникає внаслідок конструктивних недоліків машин, механізмів, обладнання, інструменту, захисних та запобіжних пристроїв, а також через недосконалість технологічних процесів засобів захисту людей.

Час існування машини визначається такими стадіями: науково-дослідницькі роботи; дослідно-конструкторські роботи; технологічні роботи; виробництво (виготовлення) машини; постачання замовнику (продаж) – експлуатація.

На кожній з цих стадій повною мірою повинні враховуватись вимоги безпеки до конструкції машини чи технічного виробу. Якщо на стадії науково-дослідницьких розробок формуються технічні вимоги до виконання дослідно-конструкторських робіт, то на стадії останніх створюється конструкція машини. При цьому вже повинні бути враховані правила безпеки при експлуатації машини відповідно до різних можливих аварійних, катастрофічних і травмонебезпечних ситуацій. За таких умов конструктори можуть передбачати виникнення таких явищ і вносити відповідні зміни у конструкцію машини, що проектується.

Реалізація конструкторських рішень, закладених у машину, забезпечується розробкою технологічних процесів, технічною підготовкою виробництва і виробничими процесами виготовлення. Технічні рішення щодо запобігання можливих аварійних та інших ситуаціях мають паралельно втілюватись у процеси виготовлення та доводки конструкції машини.

Подальші стадії циклу існування машини – постачання споживачу і експлуатація – повинні забезпечити збереження всіх властивостей, закладених

конструкторами і технологами при проектуванні, підготовці до виробництва виготовленні виробу в машинобудівному виробництві.

Непродуманість конструкторами і технологами упаковки виробів (що забезпечило б збереження на стадії постачання та продажу), технології навантажування, транспортування та розвантажування, складування, зберігання і передпродажного обслуговування, а також недотримання існуючих правил виконання цих процесів, як правило, призводять до погіршення конструкції виробів. У свою чергу, порушення правил експлуатації машин викликає їх передчасне спрацювання, руйнування та старіння, що є причиною різних небезпечних ситуацій. В процесі експлуатації техніки визначаються такі основні конструкторсько-технологічні недосконалості:

- недотримання вимог до конструкцій машин щодо безпеки і гігієни праці, єдиних і загальних вимог до конструкцій автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, вимог до робочого місця оператора машини, нормативних рівнів вібрацій і шуму на робочих місцях, вимог до електроустановок і посудин, що працюють під тиском, до будови пневмопроводів, зовнішніх освітлювальних приладів самохідних машин, попереджувальних написів на огорожах, фарбування огорожень, захисту машин від виникнення на них електричного струму, забезпечення ручних електрифікованих машин живленням від джерела струму напругою не вище 36 В і обладнання їх заземлення, забезпечення електричних нагрівників води запобіжними пристроями;

- підвищені рівні шуму та вібрацій на робочих місцях;
- невідповідність фарбового покриття машини та її складових частин залежно від їх функціонального призначення (фарбування нерухомих і обертових деталей однаково замість відмінного);

- відсутність пристроїв для захисту обслуговуючого персоналу від дії рухомих деталей;

- відсутність попереджувальних написів;

- неякісна конструкція упаковки, що спричиняє поломку опорних

складових частин, деформацію корпусів приводів ланцюгових та інших передач і їх поломку, потрапляння пилу та інших забруднень у гідросистему через незахищені отвори трубок, що призводить до підвищеного спрацювання, заклинювання деталей гідросистем і само опускання начіпних машин і знарядь.

4.2. Основні види стихійних лих

Стихійні лиха – природне явище (землетрус, потоп, снігові лавини, урагани, циклони, тайфуни, пожеги, виверження вулканів і інші), які носять надзвичайний характер і які призводять до порушення нормальної діяльності населення, смерті людей, руйнування і знищення матеріальних цінностей.

Стихійні лиха можуть виникати як незалежно один від одного, так і в взаємозв'язку: одне з них може притягнути за собою інше. Деякі з них часто виникають в результаті не завжди розумної діяльності (лісові і торф'яні пожежі, виробничі вибухи в гірській місцевості і т.п.).

Незалежно від джерела виникнення стихійні лиха характеризуються значними масштабами і різною тривалістю – від декілька секунд і хвилин (землетруси, снігові лавини) до декількох годин, днів (оповзні) і місяців (потопи).

Землетруси – це сильні коливання земної кори, які викликані тектонічними чи вулканічними причинами і які призводять до руйнувань будівель, приміщень, пожеж і людських втрат.

Основними характеристиками є: глибина джерела, магнітуда та інтенсивність енергії на поверхні землі.

Глибина джерела землетрусу зазвичай знаходиться в границях від 10 до 30 км, в ряді випадків вона може бути значно більшою.

Землетруси викликають і інші стихійні лиха, такі, як оповзні, лавини, цунамі, потопи (через прорив дамб), пожежі (при ушкодженні нафтосховищ і розриву газопроводів), ушкодження комунікацій, ліній енерго-, водопостачання і каналізацій, аварій на хімічних виробництвах з витоком (розливом) СДОР, а також на АТС з витоком (викидом) ртутних речовин в атмосферу та інші.

Для захисту від землетрусів виявляються сейсмічно небезпечні зони в різних регіонах, проводяться так звані сейсмічні районування. У таких зонах передбачають різні міри захисту, починаючи з виконання вимог і правил при побудові і реконструкції будівель та інших об'єктів до призупинення дії небезпечних виробництв (хімічних заводів, АТС і ін.).

Повінь – це значні затоплення місцевості в результаті підйому рівня води в річці, озері, водосховищах, які викликані різними причинами (опади, руйнування дамб і т.п.). Повені наносять великої матеріальної шкоди і призводять до людських жертв.

Безпосередня матеріальна шкода від повені заключається в пошкодженні і руйнуванні будинків, трас, ліній електропередач, пошкодженнь сільськогосподарських угідь і т.п.

Повені можуть супроводжуватися пожежами внаслідок обривів і коротких замикань електрокабелів і проводів, а також розривами водопровідних і каналізаційних труб, електричних, телевізійних і телеграфних кабелів, які знаходяться в землі, із-за наступних нерівномірних осадків ґрунту.

Основні напрямки боротьби з повенями складається в зменшенні максимального розходу води в річці шляхом перерозподілу стоків (посадка лісозахисних смуг, виорювання землі впоперек схилів, і т.п.).

Поповзні – це сповзаюча суміш мас гірських порід вниз по схилу, які виникають через порушення рівноваги, яка викликана різними причинами (підмиванням породи водою, послаблення їх міцності внаслідок опадів, систематичними поштовхами, нерозумною сільськогосподарською діяльністю людини та інше).

Найдієвішим захистом від поповзнів є їх попередження. З комплексу попереджувальних заходів слід відмітити збір і відвід поверхневих вод, штучне перетворення рельєфу (в зоні можливого відриву землі зменшують навантаження на схили), фіксацію схилу за допомогою будівельних опорних стінок.

Буревії – це вітри силою 12 балів по шкалі Бофорта, тобто вітри, швидкість яких перевищує 32,6 м/с (117,3 км/год).

Буревії називають також і тропічними циклонами, які виникають в Тихому океані поблизу берегів Центральної Америки; на Дальньому Сході і в районах Індійського океану буревії носять назву тайфуни. Підчас тропічних циклонів швидкість вітру часто сягає 50 м/с. Циклони і тайфуни супроводжуються зазвичай інтенсивними проливними дощами.

Буревії на суходолі руйнують будівлі, лінії зв'язку і електропередач, пошкоджують комунікації і мости, ламають і виривають з коренями дерева; при розповсюдженні над морем викликають великі хвилі висотою 10-12 м і більше, пошкоджують чи навіть призводять до знищення суден.

Сучасні методи прогнозу погоди дозволяють за декілька годин і навіть днів попереджувати населення про насування буревіїв (штормів), а служба ЦО може надати необхідну інформацію про можливу обстановку і необхідні дії в ситуаціях, які виникли.

Найбільш надійний захист населення від буревіїв – використання захисних будівель (метро, сховища, підземних переходів, підвалів будинків і т.п.). при цьому необхідно враховувати можливе затоплення ділянок і вибирати захисні сховища на підвищених ділянках місцевості.

Пожежі – це не контрольований процес горіння, який тягне за собою смерть людей і знищення матеріальних цінностей.

Причинами виникнення пожеж є недбалість, необережність з вогнем, порушення правил пожежної безпеки, таке явище природи, як блискавки, самозапалювання сухих рослин і торфу.

Основними видами пожеж як стихійних, захвачуючих, як правило, великі території в декілька сотень, тисяч і навіть мільйонів гектарів, є ландшафтні пожежі – лісові (низовини, верховини, підземні) і степові (польові). Лісові пожежі по інтенсивності горіння поділяються на слабкі, середні і сильні, а по характеру горіння – низові і верхові пожежі – біжучі і стійкі.

Основними способами боротьби з лісовими низовими пожежами є: поглинання кромки вогню, засипання його землею, zalивання водою (хімікатами), утворення загороджуючих і мінералізованих полос, пуск зустрічного вітру.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено теоретичні дослідження силових параметрів процесу зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням методом обкатування циліндричним роликом та особливостей зміни товщини деформованого шару.

Виведено рівняння та побудовано графічні залежності кута обертання обкатуваного ролика навколо власної осі, коли відбувається контакт фіксованої точки ролика із поверхнею канавки і товщини деформованого шару під фіксованою точкою ролика в поздовжньому перерізі від параметрів процесу обкатування циліндричним роликом.

Також виведені рівняння для знаходження сили зміцненням поверхневого шару канавки пластичним деформуванням і величини крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки.

Під час експериментальних досліджень встановлено, що із збільшенням величини зовнішнього радіуса ролика для обкатування r , внутрішнього радіуса канавки R_3 та глибини деформованого поверхневого шару канавки δ величина крутного моменту обертання заготовки при зміцненні поверхневого шару канавки пластичним деформуванням зростає.

Максимальне значення крутного моменту M обертання заготовки при зміцненні складає 165 Н·м, а мінімальне – 28,25 Н·м. Збільшення радіуса ролика для обкатування r від 15 мм до 25 мм призводить до зростання крутного моменту в 1,18 рази. Також збільшення внутрішнього радіуса канавки R_3 призводить майже до прямопропорційного зростання величини крутного моменту, а збільшення глибини деформованого поверхневого шару канавки δ від 0,02 мм до 0,06 мм призводить до збільшення крутного моменту в 1,73 рази. Тому для забезпечення менших показників крутного моменту при зміцненні потрібно застосовувати менші радіуси роликів для обкатування та зменшувати глибини деформованого поверхневого шару канавки, застосовуючи декілька переходів для зміцнення.

Розроблено технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732.131.114 з вибором устаткування та параметрів процесів механічної обробки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
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. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 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. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.
13. Итин А. М., Родичев Ю. Я. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов. М. : Машиностроение, 1977. 136 с.
14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.
15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Спра-

вочник. М.: Машиностроение, 1965. 461 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.

21. Третьяков О.Л. Обґрунтування параметрів виготовлення гвинтових робочих органів екструдерів. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 «Технологія машинобудування». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

22. Partchapol Sartkulvanich, M.S. Determination of material properties for use in FEM simulations of machining and roller burnishing The Ohio State University 2007, 237 p.

23. Дячун А.Є. Дослідження процесу зміцнення зовнішніх гвинтових канавок роликом / А.Є. Дячун, І.В. Тарасенко, А.О. Курась // Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій”, 25-26 листопада 2020 р. : тези доп. – Тернопіль, 2020. - С. 91.

24. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» /

А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

25. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

26. Пилипець М. І., Данильченко Л. М., Ткаченко І. Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Організація виробництва». Тернопіль : ТНТУ, 2018. 60 с.