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

Центр перепідготовки та післядипломної освіти
(повна назва факультету)
Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення півмуфти КС6Б-48.607 з дослідженням процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок

Виконав: студент II курсу, групи МТд-2
спеціальності 131 “Прикладна механіка”
(шифр і назва спеціальності)
(підпис) Собчук І.Я. (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)

Тернопіль
2020

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення півмуфти КС6Б-48.607 з дослідженням процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок”

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження силових параметрів процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок. Представлено спосіб формоутворення гвинтових гофрованих заготовок як деформацію тонколистової стрічки двома формувальними колесами з рівномірно розміщеними зубами з кроком, що відповідає кроку сформованих гофр. Визначено величину моменту згину матеріалу тонколистової стрічки при формуванні гвинтової гофрованої заготовки, сумарну радіальну силу деформації, крутний момент обертання формувального зубчастого колеса. Побудовано графіки залежності силових параметрів формоутворення від конструктивних параметрів гвинтової гофрованої заготовки.

Встановлено що сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зростає при збільшенні товщини стрічки гвинтової гофрованої заготовки та ширини витка гвинтової гофрованої заготовки, а при збільшенні кроку гофр сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зменшується. При цьому найбільший вплив має товщина стрічки.

Також проведено визначення методом кінцевих елементів напружень та деформацій, що виникають на робочих інструментах під час формоутворення гвинтових гофрованих заготовок.

Також розроблено технологічний процес виготовлення півмуфти КС6Б-48.607 з вибором устаткування та параметрів процесів механічної обробки.

ЗМІСТ

Вступ .....

1 Аналітична частина

1.1. Аналіз стану питання.....

1.2. Службове призначення та характеристика об’єкту виробництва.....

1.3. Висновки та постановка задач.....

2 Науково-дослідна частина

2.1 Дослідження силових параметрів процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок.....

2.2. Визначення методом кінцевих елементів напружень та деформацій, що виникають на робочих інструментах під час формоутворення гвинтових гофрованих заготовок.....

2.3. Висновки.....

3 Технологічно-конструкторська частина

3.1. Вибір способу одержання заготовки.....

3.2. Формування технологічного процесу.....……..

3.3. Визначення припусків на оброблення.....……

3.4. Визначення режимів різання та технічних норм часу.....

3.5. Розрахунок пристосування.....……..

3.6. Проектування шпоночної протяжки……

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.1. Основні правила техніки безпеки під час роботи на шліфувальних і заточних верстатах……

4.2. Наслідки аварійних ситуацій на виробництві……

Висновки.....

Перелік посилань.....

Додатки

ВСТУП

Гвинтові гофровані заготовки широко використовуються в різноманітних галузях промисловості, зокрема їх використовують у змішувач, теплообмінниках, як конструктивні елементи у будівництві, при виготовленні армованих труб, тощо. Особливістю таких деталей є знижена жорсткість на поперечний згин, збільшена площа робочої поверхні. Конструктивні особливості та матеріал стрічок визначають способи виготовлення гвинтових гофрованих заготовок. Різноманітність конструктивних особливостей гвинтових гофрованих заготовок визначає різноманітність способів їх виготовлення. Основними методами виготовлення гвинтових гофрованих заготовок є штампування, навивання на оправу, прокатування зубчастими інструментами і комбінації цих способів.

При дослідженнях формоутворення гвинтових гофрованих заготовок зубчастими формувальними інструментами враховувалась евольвентна форма зубів, проте зуби можна виготовляти різної форми. Тому актуальним є дослідження формоутворення гвинтових гофрованих заготовок зубчастими інструментами із заокругленими зубами.

Актуальним є також розроблення технологічного процесу виготовлення півмуфти КС6Б-48.607 з вибором устаткування та параметрів процесів механічної обробки.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

Гвинтові гофровані заготовки широко використовуються в різноманітних галузях промисловості, зокрема їх використовують у змішувач, теплообмінниках, як конструктивні елементи у будівництві, при виготовленні армованих труб, тощо. Особливістю таких деталей є знижена жорсткість на поперечний згин, збільшена площа робочої поверхні. Приклад гофрованої гвинтової заготовки представлено на рисунку 1.1.

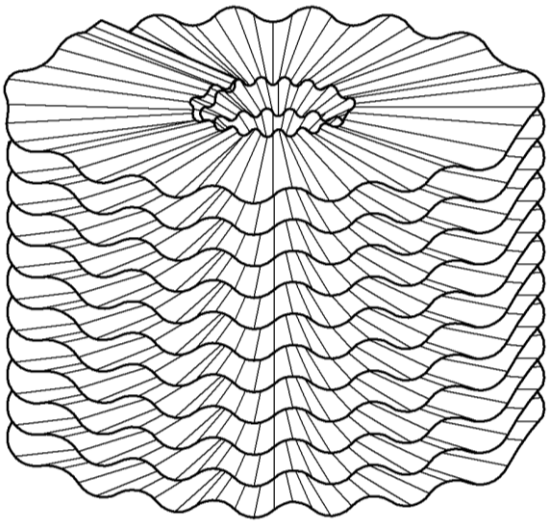


Рисунок 1.1 – Конструкція гофрованої гвинтової заготовки [21]

Класифікацію гофрованих гвинтових заготовок за призначенням, геометричними параметрами, способом виготовлення представлено на рисунку 1.2. При цьому гофри на гвинтовій поверхні можуть мати рівномірний та нерівномірний крок розміщення, напрямок розташування гофр може бути як в радіальному напрямку так і в тангенціальному. Гофри можуть розташовуватись на внутрішньому або зовнішньому діаметрах спіралі, або по всій ширині. Ці конструктивні особливості визначають способи виготовлення гвинтових гофрованих заготовок. Гвинтові гофровані заготовки переважно виготовляють із листових матеріалів з низькою границею текучості.

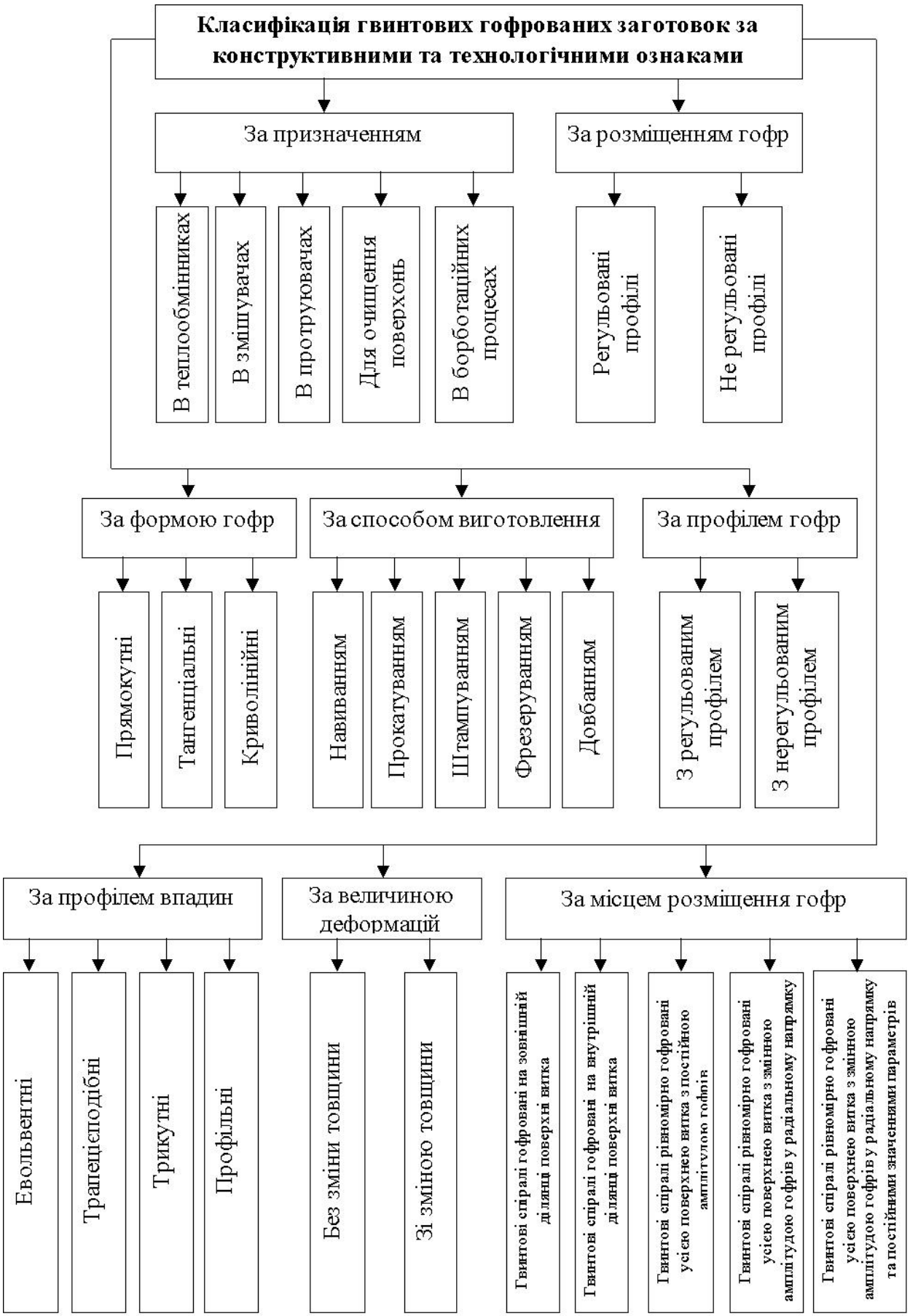


Рисунок 1.2 – Класифікація гофрованих гвинтових заготовок [21]

Прикладами матеріалів для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок є низьковуглецеві сталі, латуні, деформовані алюмінієві сплави.

На рисунку 1.3 представлено послідовність операцій для виготовлення різних гвинтових гофрованих заготовок. Із аналізу представленої схеми можна зробити висновок, що різноманітність конструктивних особливостей гвинтових гофрованих заготовок визначає різноманітність способів їх виготовлення.

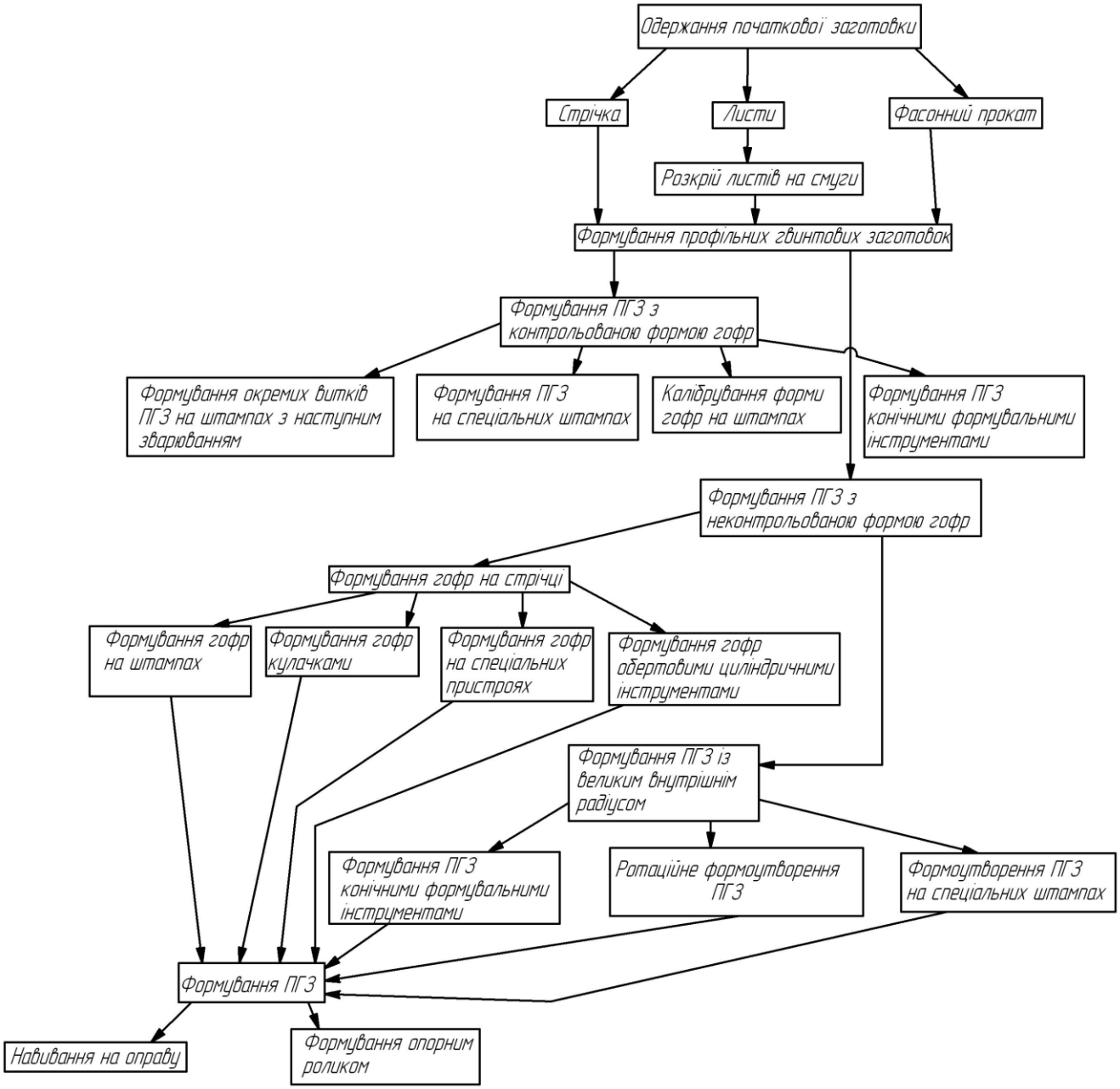
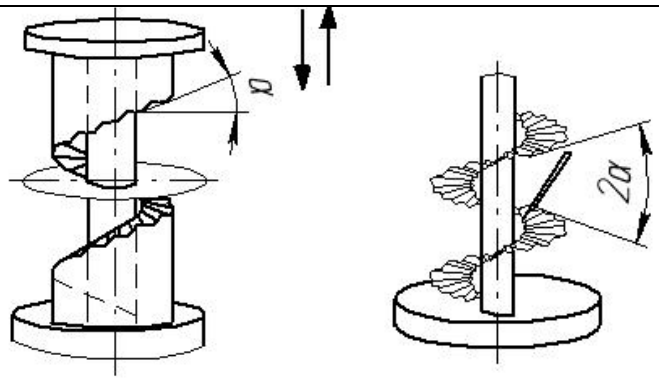
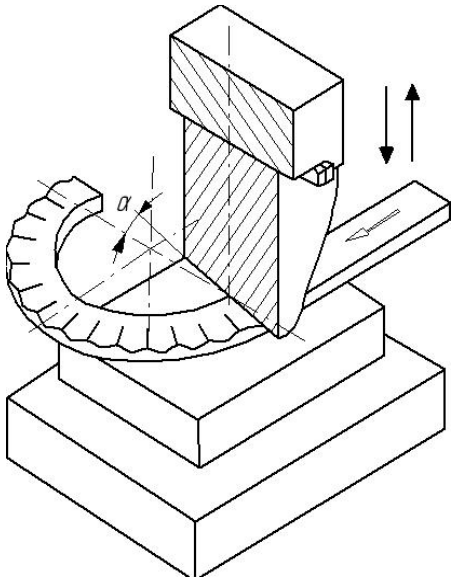
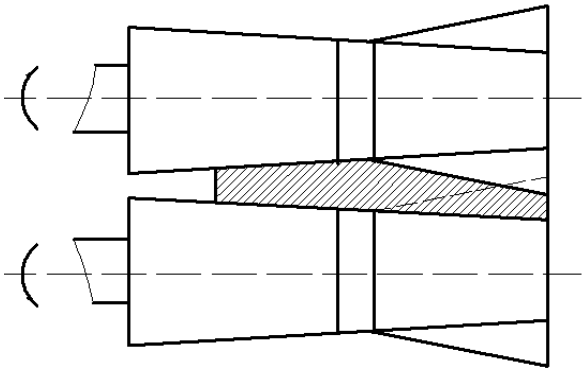


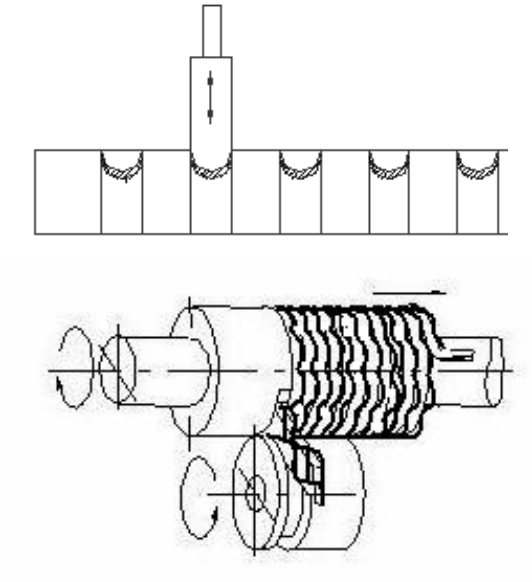
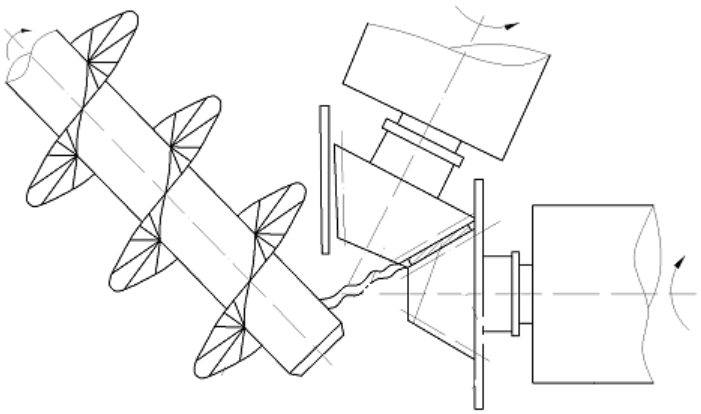
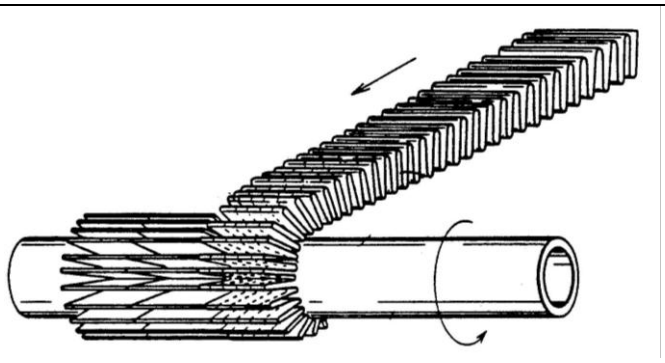
Рисунок 1.3 – Послідовність операцій для виготовлення різних гвинтових гофрованих заготовок [22]

Основними методами виготовлення гвинтових гофрованих заготовок є штампування, навивання на оправу, прокатування зубчастими інструментами і комбінації цих способів. Частина вказаних способів представлена в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Способи формоутворення гвинтових гофрованих заготовок [22]

	Схема способу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок	Короткий опис
	2	3
		1.Штампування кільця спеціальними профільними пуансонами та матрицями з наступним зварюванням окремих витків
		1. Кування товстостінних стрічок пуансоном з нахиленою кромкою.
		1. Прокатування стрічки формувальними інструментами із конічними зубами.

Закінчення таблиці 1.1

	2	3
		1. Навивання гофрованої стрічки на оправу після формування гофр на штампі.
		1.Прокатування листового матеріалу між двома конічними зубчатими колесами з наступним навиванням на оправу
		Навивання гвинтових гофрованих заготовок з радіальним розташуванням гофр

В роботі Драгана А.П. [21] розглянуто процес формоутворення гвинтових гофрованих заготовок прокатуванням стальних та алюмінієвих стрічок конічними формувальними зубчастими інструментами на обкатаному верстаті

моделі 5А725 (рисунок 1.4). Кути взаємного розміщення зубчастих інструментів складали 35°, 60° і 90°. Товщина стрічки складала від 0,5 до 2 мм, ширина – від 10 до 80 мм.

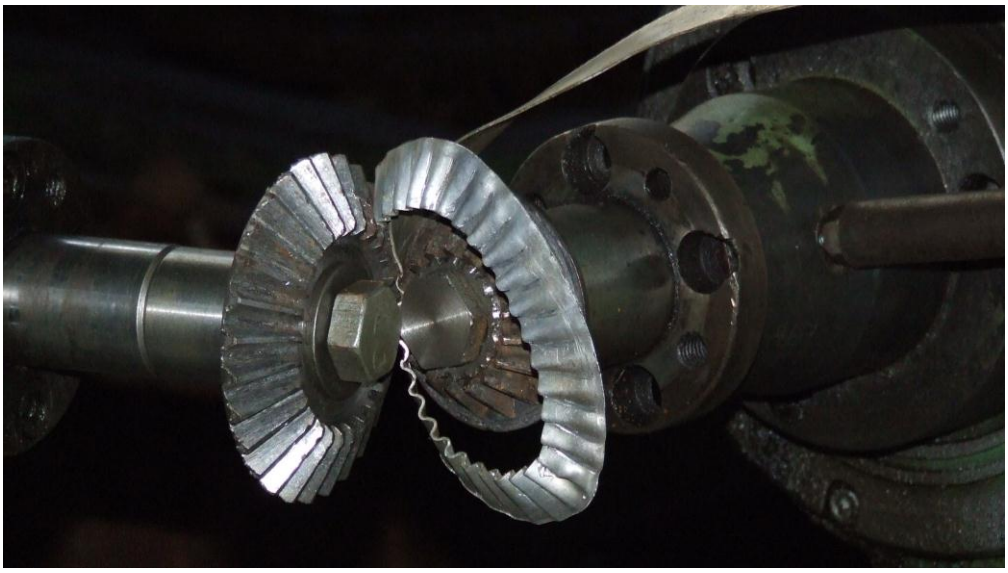


Рисунок 1.4 – Процес формоутворення гвинтових гофрованих заготовок прокатуванням алюмінієвих стрічок конічними формувальними зубчастими інструментами на обкатаному верстаті моделі 5А725 [21]

Схема процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок прокатуванням стрічок конічними формувальними зубчастими інструментами представлена на рисунку 1.5

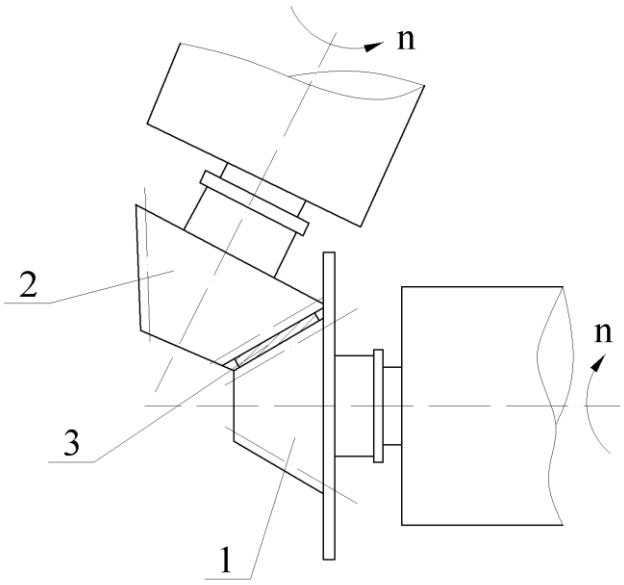


Рисунок 1.5 - Схема процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок конічними формувальними зубчастими інструментами [21]

В роботі Драгана А.П. [21] також проведено дослідження силових параметрів формоутворення гвинтових гофрованих заготовок зубчастими формувальними інструментами. Розрахункова схема представлена на рисунку 1.6.

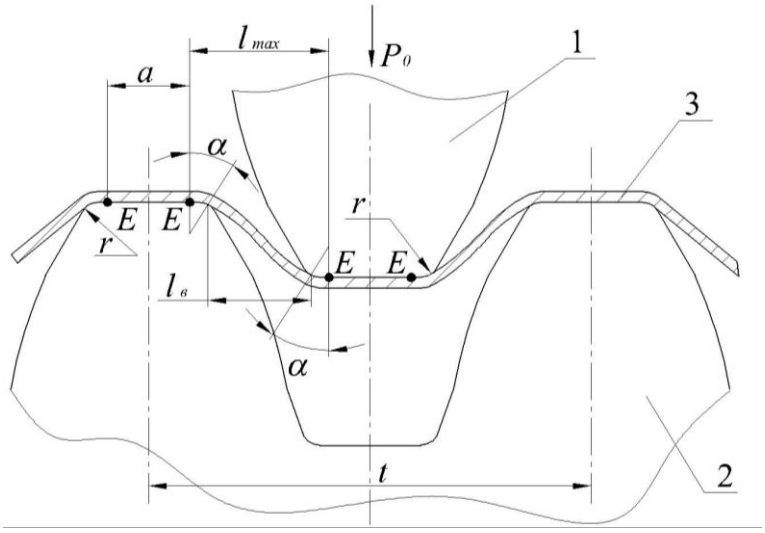


Рисунок 1.6 - Розрахункова схема дослідження силових параметрів формоутворення гвинтових гофрованих заготовок зубчастими формувальними інструментами [21]

На основі схеми рис. 1.6 визначено зусилля формоутворення гвинтових гофрованих заготовок зубчастими формувальними інструментами [21]

$$P_{cp} = \frac{P_З + P_B}{2}; \tag{1.1}$$

$$P_З = \frac{4bS^2(1{,}5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t}{2} - a_З - 2r_З \cdot \sin\alpha\right)}; \tag{1.2}$$

$$P_B = \frac{4bS^2(1{,}5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_B}{2} - a_B - 2r_B \cdot \sin\alpha\right)}. \tag{1.3}$$

У роботі Дячуна А.Є. [22] досліджено процес формоутворення гвинтових гофрованих заготовок способом навивання на оправу, виведено рівняння для визначення силових параметрів процесу.

1.2. Службове призначення та характеристика об’єкту виробництва

Основне призначення деталі “Півмуфта” КС6-48.607 – з’єднання валів з метою передачі крутного моменту.

Основними поверхнями деталі є: внутрішня поверхня ∅40Н9, Ra 2,5, яка забезпечує посадку вала; шпонковий паз 12D10($^{-0,120}_{-0,050}$), Rz20 для фіксації півмуфти на валу; торцеві поверхні 10±IT14/2 [↗ | 0,25 | A]; 62±IT14/2, Rz40 – забезпечення якісної зборки механізму; вісім отворів ∅8,4, [⌖ | ∅0,2 Ⓜ] Rz80 призначені під кріпильні деталі.

Результати аналізу зводимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання
1	2	3
1, 12	Торцева поверхня 62h14; Rz40	Точіння торця напівчистове
2	Внутрішня поверхня ∅40Н9($^{+0,062}$) ;Ra2,5	Розточування чистове
3	Фаска внутрішня 1,6×45°; Rz80	Розточування однократне
4	Фаска зовнішня 1,6×45°; Rz80	Точіння однократне
5	Зовнішня поверхня ∅65h14($_{-0,740}$);Rz80	Точіння однократне
6	Зовнішня радіусна поверхня R10;Rz80	Точіння однократне
7	Торцева поверхня 10 h14; Rz80	Точіння торця однократне
8	Зовнішня поверхня ∅120h14($_{-0,870}$);Rz80	Точіння однократне

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3
9	Торцева поверхня 2,5±0,1; Rz40 ↗ 0,25 A	Точіння торця напівчистове
10	Зовнішня поверхня $\varnothing 75d11(^{-0,100}_{-0,290})$;Rz40	Точіння напівчистове
11	Фаска зовнішня 0,8×45°; Rz80	Точіння однократне
13	Внутрішня поверхня $\varnothing 52H14(^{+0,740})$; Rz80	Розточування
14	Шпонковий паз12D10$(^{-0,120}_{-0,050})$; l=58; Rz20; 43,3H11$(^{+0,16})$; Rz40	Протягування
15…22	Отвір наскрізний ∅8,4H14$(^{+0,360})$ l=10; Rz80; ∅101,5±0,14 ⌖ ∅0,2Ⓜ	Свердління по кондуктору
23	Паз 58±0,2; Rz80	Фрезерування дисковою фрезою

Деталь "Півмуфта" КС6-48.607 виготовляється з легованої сталі 40Х ГОСТ 4543-71.

1.3. Висновки та постановка задач

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що гвинтові гофровані заготовки широко використовуються в різноманітних галузях промисловості, зокрема їх використовують у змішувач, теплообмінниках, як конструктивні елементи у будівництві, при виготовленні армованих труб, тощо. Конструктивні особливості та матеріал стрічок визначають способи виготовлення гвинтових гофрованих заготовок. Основними методами виготовлення гвинтових гофрованих заготовок є штампування, навивання на оправу, прокатування зубчастими інструментами і комбінації цих способів.

При дослідженнях формоутворення гвинтових гофрованих заготовок зубчастими формувальними інструментами враховувалась евольвентна форма зубів, проте зуби можна виготовляти різної форми. Тому актуальним є

дослідження формоутворення гвинтових гофрованих заготовок зубчастими інструментами із заокругленими зубами.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Представити спосіб формоутворення гвинтових гофрованих заготовок як деформацію тонколистової стрічки двома формувальними колесами з рівномірно розміщеними зубами з кроком, що відповідає кроку сформованих гофр.

2. Визначити величину моменту згину матеріалу тонколистової стрічки при формуванні гвинтової гофрованої заготовки, сумарну радіальну силу деформації, крутний момент обертання формувального зубчастого колеса.

3. Побудувати графіки залежності силових параметрів формоутворення від конструктивних параметрів гвинтової гофрованої заготовки.

4. Визначити методом кінцевих елементів напружень та деформацій, що виникають на робочих інструментах під час формоутворення гвинтових гофрованих заготовок.

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення півмуфти КС6Б-48.607.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Дослідження силових параметрів процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок

Гвинтові гофровані заготовки (рисунок 2.1) широко використовуються в різних галузях промисловості, зокрема у теплообмінниках і змішувачах. Одним із основних способів формоутворення гвинтових гофрованих заготовок є деформація тонколистової стрічки двома формувальними колесами з рівномірно розміщеними зубами з кроком, що відповідає кроку сформованих гофр. Робочі інструменти такого пристрою показано на рисунку 2.2.

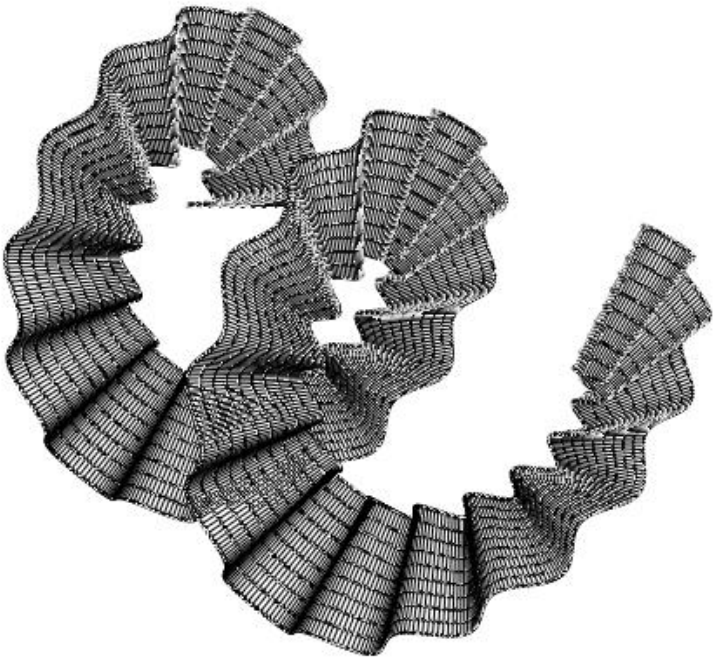


Рисунок 2.1 – Гвинтова гофрована заготовка

Пристрій складається із верхнього 1 і нижнього 2 формувальних коліс. На нижньому формувальному колесі 2 рівномірно по колу розміщено формувальні зуби 4 паралельно осі обертання колеса, на верхньому формувальному колесі кут нахилу формувальних зубів 5 можна змінювати за рахунок переміщення конуса 8, що є у взаємодії із формувальними зубами 5.

Під час роботи даного пристрою надається обертовий рух верхньому формувальному колесу 1, від якого через зубчасті колеса 3 передається обертовий рух нижньому формувальному колесу 2, при цьому колеса обертаються із однаковою частотою ω в протилежні напрямки.

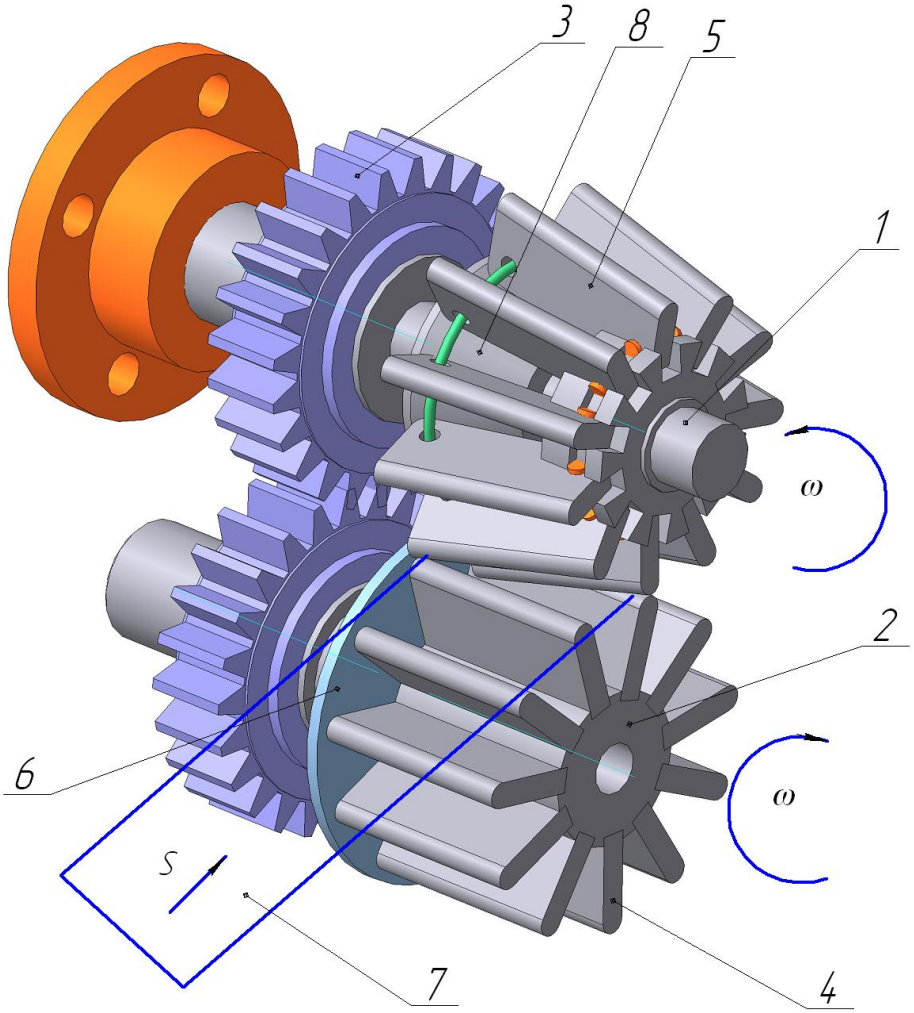


Рисунок 2.2 – Робочі інструменти для формоутворення гвинтових гофрованих заготовок 1 – верхнє формувальне колесо, 2 – нижнє формувальне колесо, 3 – зубчасте колесо, 4 – прямі формувальні зуби, 5 – нахилені формувальні зуби, 6 – упорне кільце, 7 – тонколистова стрічка, 8 – конус

Тонколистова стрічка 7 подається до формувальних коліс, де вона затягується і деформується з утворенням гвинтової гофрованої заготовки. Формування гвинтової поверхні здійснюється за рахунок кутового розміщення зубів 5 на верхньому формувальному колесі 1. Змінюючи кут нахилу зубів, можна змінювати радіус сформованої гвинтової заготовки. Для протидії

зміщенню стрічки в процесі деформації встановлюють додаткове упорне кільце 6.

При проектуванні робочих інструментів процесу деформації тонколистової стрічки для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок потрібно провести дослідження силових показників цього процесу.

Розрахункову схему для визначення силових параметрів формування гвинтової гофрованої заготовки представлено на рисунку 2.3.

Найбільший момент гнуття тонколистової стрічки виникає при остаточному формуванні висоти гофри, коли зуб верхнього формувального колеса знаходиться посередині між зубами нижнього формувального колеса.

У цьому випадку напружено-деформований стан тонколистової стрічки можна представити як у випадку гнуття широкої стрічки на площині, при цьому виникає об'ємний стан напружень та плоский стан деформацій. При цьому на внутрішньому радіусі гофри проходить стиск матеріалу стрічки, а на зовнішньому радіусі – розтяг.

Рівняння рівноваги в полярній системі координат з початком в центрі радіуса згину [23]:

$$\rho \cdot \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0, \qquad (2.1)$$

де ρ – радіус гнуття, мм;

σ_ρ - радіальні напруження в зоні згину стрічки, МПа;

σ_θ - тангенціальні напруження в зоні згину стрічки, МПа.

Рівняння пластичності із врахуванням зміцнення матеріалу заготовки [24]:

- для зони стиску матеріалу стрічки:

$$\sigma_\rho - \sigma_\theta = -\beta \cdot \left(\sigma_{T.0} - \Pi \cdot \ln \frac{\rho}{\rho_н} \right); \qquad (2.2)$$

- для зони розтягу матеріалу стрічки:

$$\sigma_{\rho} - \sigma_{\theta} = \beta \cdot \left(\sigma_{T.0} + \Pi \cdot \ln \frac{\rho}{\rho_{н}} \right), \qquad (2.3)$$

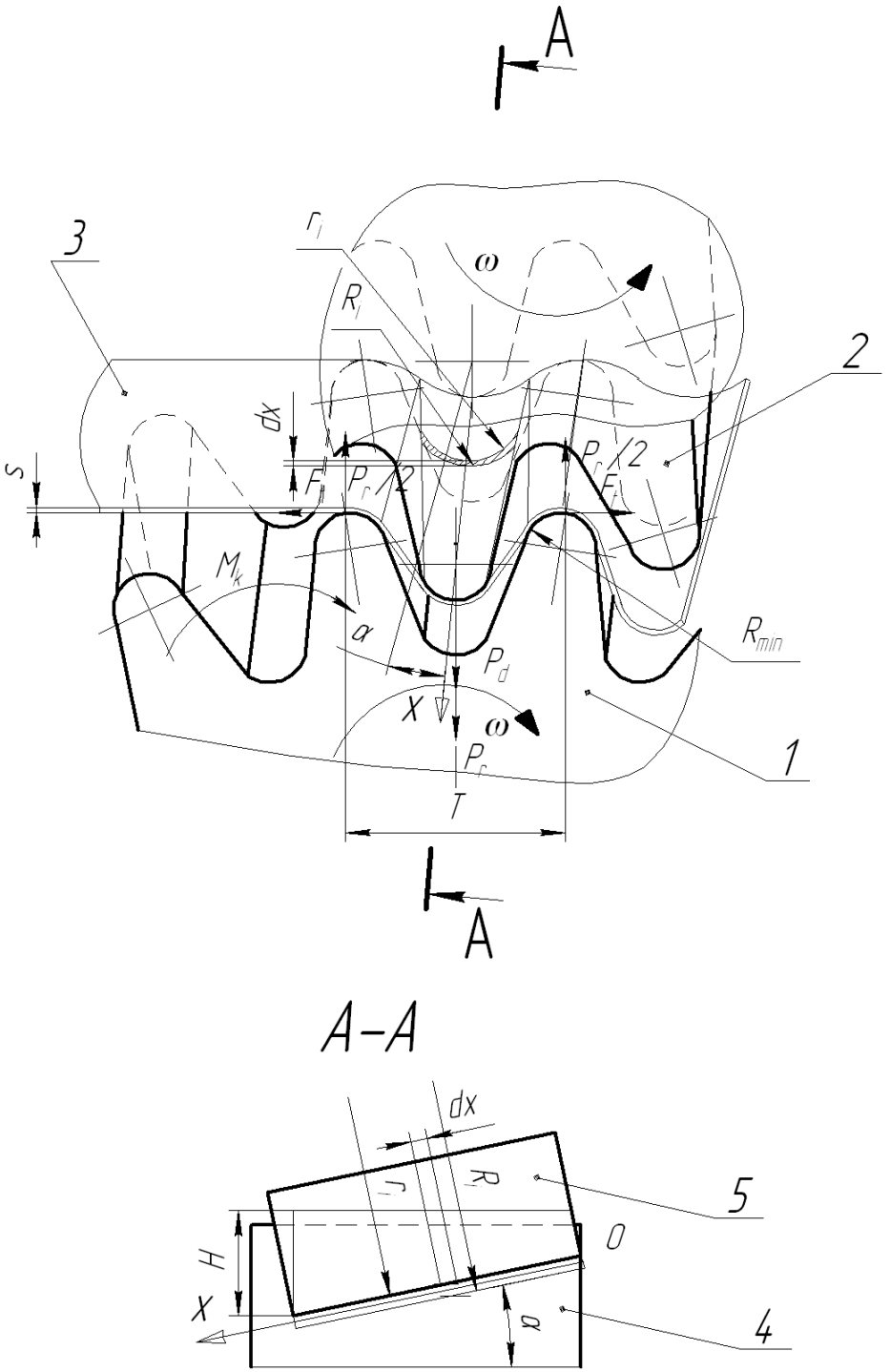


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема для визначення силових параметрів формування гвинтової гофрованої заготовки: 1 – нижнє формувальне колесо, 2 – верхнє формувальне колесо, 3 – тонколистова стрічка, 4 – зуб нижнього формувального колеса, 5 – зуб верхнього формувального колеса

де $\sigma_{T.0}$ - екстрапольована границя текучості матеріалу тонколистової стрічки, МПа;

$\rho_н$ - радіус нейтральної поверхні деформації матеріалу тонколистової стрічки, мм;

Π - модуль зміцнення матеріалу тонколистової стрічки, МПа;

β=1,15 - коефіцієнт, що враховує вплив середнього головного напруження σ_z.

Радіус нейтральної поверхні деформації матеріалу тонколистової стрічки [24]:

$$\rho_н = \sqrt{R \cdot r}, \tag{2.4}$$

де R - зовнішній радіус гофри, мм;

r – внутрішній радіус гофри, мм.

Для розв'язку рівнянь (2.1), (2.2), (2.3) використано граничні умови: для зони розтягу $\sigma_\rho = 0$ при $\rho = R$, для зони стиску $\sigma_\rho = 0$ при $\rho = r$. Остаточний розв'язок рівнянь [23]:

- для зони розтягу матеріалу стрічки:

$$\sigma_\rho = -\beta \cdot \left(\sigma_{T.0} + \frac{\Pi}{2} \cdot \ln \frac{\rho \cdot R_3}{\rho_н^2} \right) \cdot \ln \frac{R_3}{\rho}; \tag{2.5}$$

$$\sigma_{\theta роз} = \beta \cdot \sigma_{T.0} \cdot \left(1 - \ln \frac{R_3}{\rho} \right) + \beta \cdot \frac{\Pi}{2} \cdot \left(2 \cdot \ln \frac{\rho}{\rho_н} - \ln \cdot \frac{R_3 \cdot \rho}{\rho_н^2} \cdot \ln \frac{R_3}{\rho} \right); \tag{2.6}$$

- для зони стиску матеріалу стрічки:

$$\sigma_\rho = -\beta \cdot \left(\sigma_{T.0} + \frac{\Pi}{2} \cdot \ln \frac{\rho_н^2}{\rho \cdot r_1} \right) \cdot \ln \frac{\rho}{R_3}; \tag{2.7}$$

$$\sigma_{\theta ст} = -\beta \cdot \left(\sigma_{T.0} \cdot \left(1 + \ln \frac{\rho}{r_1} \right) + \frac{\Pi}{2} \cdot \left(2 \cdot \ln \frac{\rho_н}{\rho} + \ln \frac{\rho_н^2}{\rho \cdot r_1} \cdot \ln \frac{\rho}{r_1} \right) \right). \tag{2.8}$$

Величина моменту згину матеріалу тонколистової стрічки при формуванні гвинтової гофрованої заготовки одиничної ширини визначається за формулою [23]:

$$M_{зг} = \int_{\rho_н}^{R} \sigma_{\theta розт} \cdot \rho d\rho + \int_{r}^{\rho_н} \sigma_{\theta ст} \cdot \rho d\rho B. \qquad (2.9)$$

Після інтегрування формули (2.9) одержано [23]:

$$M_{зг} = \beta B \cdot \left[\sigma_{T.0} \cdot \frac{S^2}{4} + \Pi \cdot \left(\frac{R^2 + r^2}{4} \cdot \ln \sqrt{\frac{R}{r}} - \frac{R^2 - r^2}{8} \right) \right], \qquad (2.10)$$

де S – товщина матеріалу гвинтової гофрованої заготовки, мм.

B – ширина витка гвинтової гофрованої заготовки, мм.

В процесі деформування стрічки нахиленими формувальними зубами зовнішній R та внутрішній r радіуси гофр є змінними величинами по ширині стрічки. В першому наближенні їх можна представити такими залежностями:

$$R = R_{\min} + B \cdot \mathrm{tg}\alpha, \qquad (2.11)$$

де $R_{\min}$ - мінімальний зовнішній радіус гофри, що у даному випадку дорівнює радіусу заокруглення при вершині зубів, мм;

α - кут нахилу зубів верхнього формувального колеса, град.

Відповідно рівняння зміни внутрішнього радіуса гофр:

$$r = \left(R_{\min} - S \right) + B \cdot \mathrm{tg}\alpha. \qquad (2.12)$$

Тому величина моменту згину матеріалу тонколистової стрічки при формуванні гвинтової гофрованої заготовки повної ширини визначається за формулою

$$M_{зг} = \beta \int_0^B \left[\sigma_{T.0} \cdot \frac{S^2}{4} + \Pi \cdot \left(\frac{\left(R_{\min} + B \cdot \mathrm{tg}\alpha\right)^2 + \left(R_{\min} - S + B \cdot \mathrm{tg}\alpha\right)^2}{4} \times \right.\right.$$

$$\left.\left. \times \ln \sqrt{\frac{R_{\min} + B \cdot \mathrm{tg}\alpha}{R_{\min} - S + B \cdot \mathrm{tg}\alpha}} - \frac{\left(R_{\min} + B \cdot \mathrm{tg}\alpha\right)^2 - \left(R_{\min} - S + B \cdot \mathrm{tg}\alpha\right)^2}{8} \right) \right] dB. \quad (2.13)$$

Після інтегрування рівняння (2.13) одержуємо громіздку формулу, що є незручною при інженерних розрахунках, тому для інтегрування потрібно використовувати прикладне програмне забезпечення із застосування числового методу.

Силу деформації матеріалу стрічки знаходимо за формулою:

$$P_d = \frac{M_{зг}}{l}, \quad (2.14)$$

де l – плече прикладання сили, мм.

Плече прикладання сили

$$l = \frac{T}{2} - 2R_{\min}, \quad (2.15)$$

де T – крок розміщення зубів при вершині формувального колеса, мм;

В процесі формоутворення гвинтових гофрованих заготовок відбувається переміщення тонколистової стрічки через вершину наступного зуба формувального інструмента, при цьому виникає сила тертя F_t:

$$F_t = \frac{\mu P_d}{2}, \quad (2.16)$$

де μ – коефіцієнт тертя між тонколистовою стрічкою та поверхнею формувального зуба.

Тоді сумарна радіальна сила деформації P_r гофрованої гвинтової заготовки визначається за формулою:

$$P_r = P_d + F_t,$$

$$P_r = P_d \cdot \left(1 + \frac{\mu}{2}\right). \qquad (2.17)$$

Підставляючи рівняння (2.14), (2.15) у рівняння (2.17), одержано

$$P_r = \frac{M_{зг}}{\frac{T}{2} - 2R_{\min}} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{2}\right). \qquad (2.18)$$

Також визначаємо крутний момент обертання формувального зубчастого колеса за формулою:

$$M_k = P_d \cdot R_2 \sin\frac{\theta}{2}; \qquad (2.19)$$

де θ - кут розміщення формувальних зубів, рад;

R_2 - зовнішній радіус формувального колеса, мм.

Кут розміщення формувальних зубів:

$$\theta = \frac{2\pi}{z}, \qquad (2.20)$$

де z – кількість формувальних зубів на одному колесі.

Отже, крутний момент обертання формувального зубчастого колеса

$$M_k = \frac{M_{зг} R_2}{\frac{T}{2} - 2R_{\min}} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right). \qquad (2.21)$$

На основі формули (2.18) будуємо графіки залежності сумарної радіальної сили деформації P_r від конструктивних параметрів гвинтової гофрованої заготовки (рис. 2.4, 2.5).

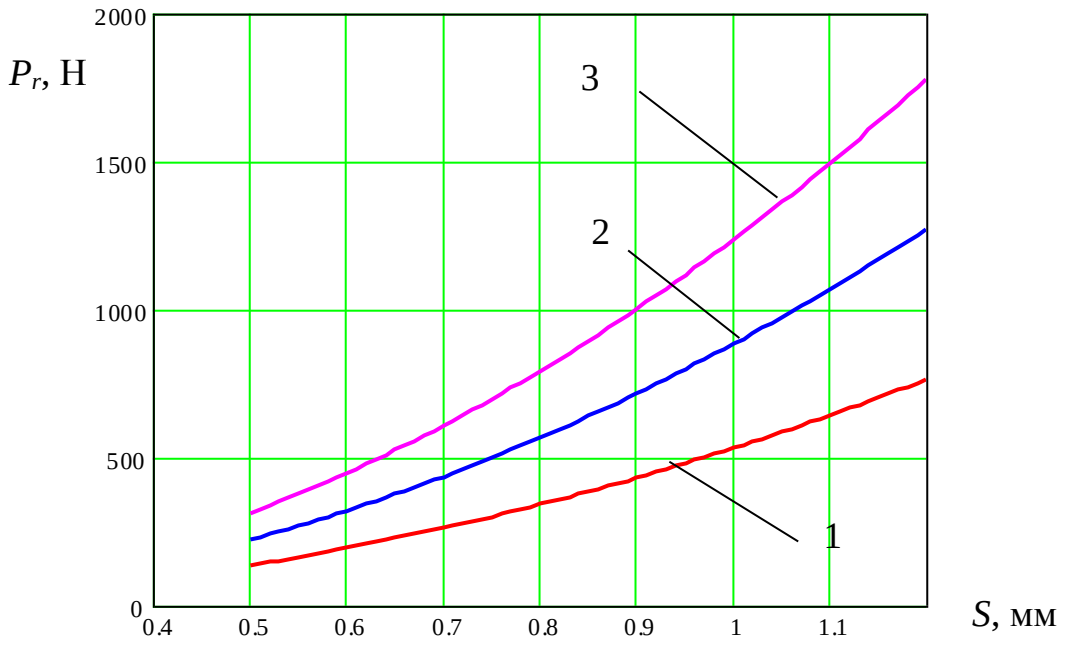


Рисунок 2.4 – Графіки залежності сумарної радіальної сили деформації P_r від товщини стрічки гвинтової гофрованої заготовки S: 1) B =15мм; 2) B =25мм; 3) B =30мм

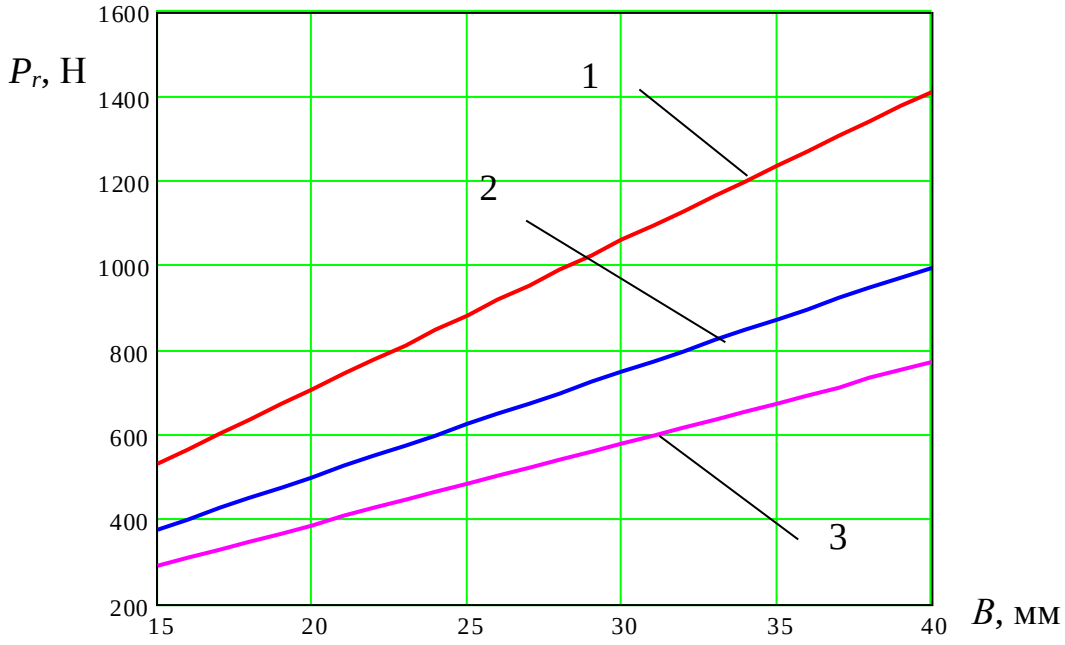


Рисунок 2.5 – Графіки залежності сумарної радіальної сили деформації P_r від ширини витка гвинтової гофрованої заготовки B: 1) T =20мм; 2) T =25мм; 3) T =30мм

На основі формули (2.21) будуємо графіки залежності крутного моменту

обертання формувального зубчастого колеса від конструктивних параметрів гвинтової гофрованої заготовки (рис. 2.6 - 2.9).

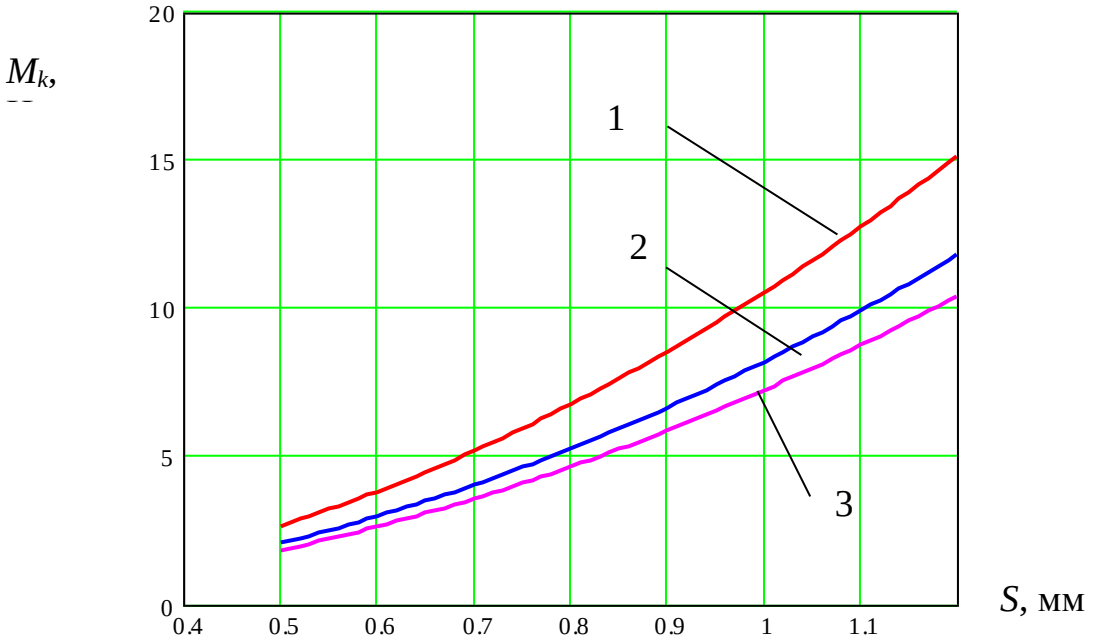


Рисунок 2.6 – Графіки залежності крутного моменту обертання формувального зубчастого колеса від товщини стрічки гвинтової гофрованої заготовки S: 1) T =15мм; 2) T =20мм; 3) T =25мм

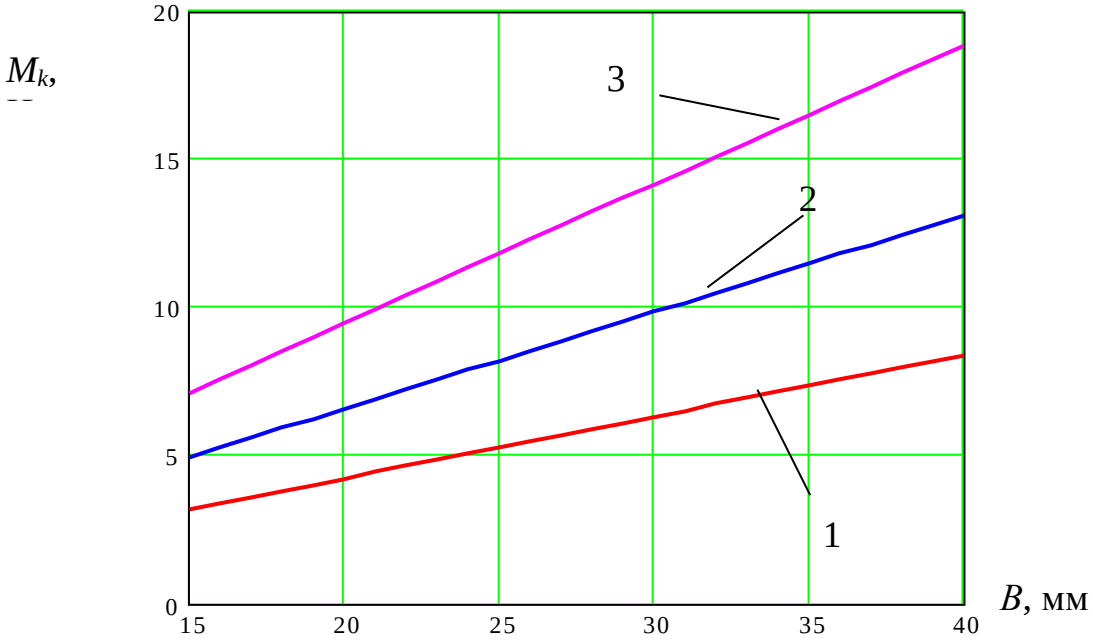
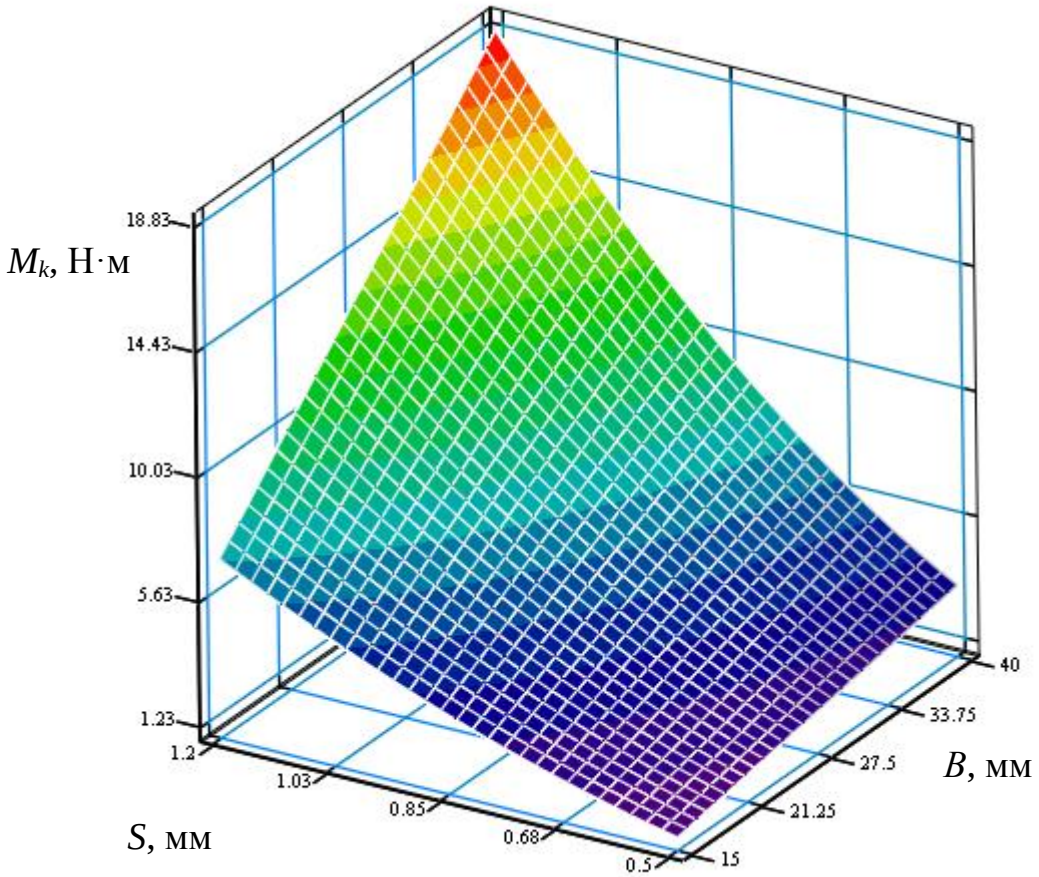
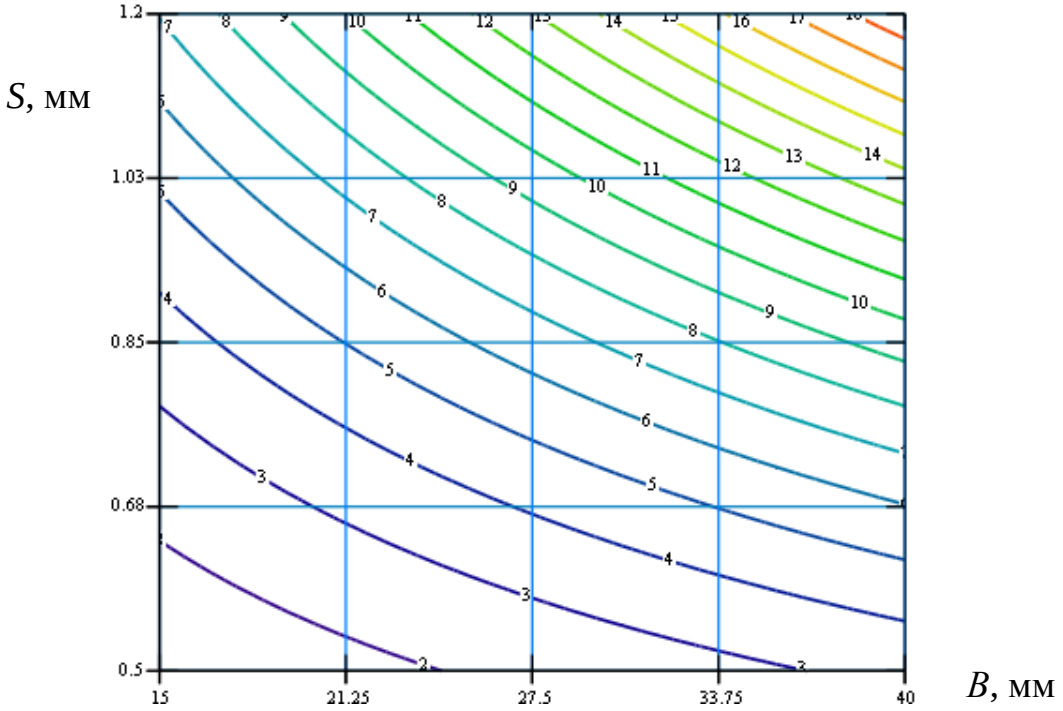


Рисунок 2.7 – Графіки залежності крутного моменту обертання формувального зубчастого колеса від ширини витка гвинтової гофрованої заготовки B: 1) S =0,8мм; 2) S =1,0мм; 3) S =1,2мм

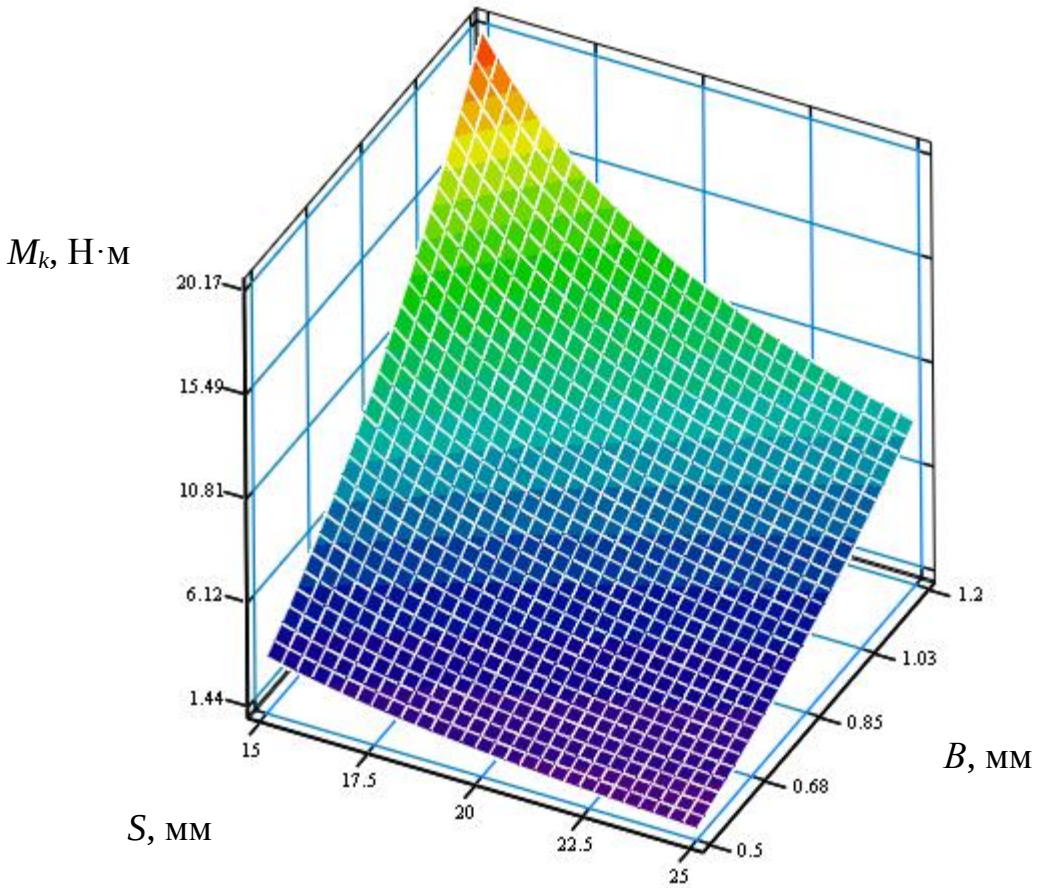


а)

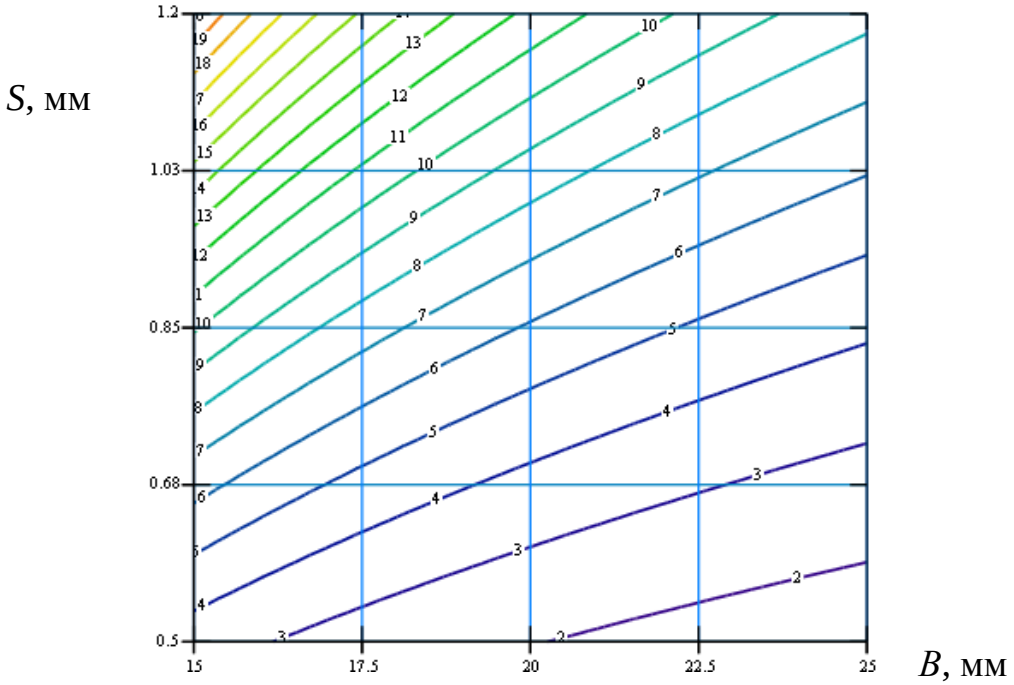


б)

Рисунок 2.8 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту обертання формувального зубчастого колеса від товщини стрічки гвинтової гофрованої заготовки *S* та ширини витка гвинтової гофрованої заготовки *B*



а)



б)

Рисунок 2.9 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту обертання формувального зубчастого колеса від товщини стрічки гвинтової гофрованої заготовки *S* та кроку розміщення зубів при вершині формувального колеса *T*

На основі графіків рисунків 2.4 – 2.9 бачимо, що сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зростає при збільшенні товщини стрічки гвинтової гофрованої заготовки та ширини витка гвинтової гофрованої заготовки, а при збільшенні кроку гофр сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зменшується. При цьому найбільший вплив має товщина стрічки.

2.2. Визначення методом кінцевих елементів напружень та деформацій, що виникають на робочих інструментах під час формоутворення гвинтових гофрованих заготовок

В процесі теоретичних досліджень та виконання дипломної роботи проведено моделювання робочих інструментів для формоутворення гвинтових гофрованих заготовок, побудовані відповідні 3D моделі із використанням прикладного програмного забезпечення (рисунок 2.2). Для встановлення напружень та деформацій, що виникають на робочих інструментах проведено генерування сітки кінцевих елементів створеної моделі.

У результаті розрахунків, виконаних прикладним програмним забезпеченням, отримали пружно-деформований стан на робочих інструментах під час формоутворення гвинтових гофрованих заготовок. При цьому проводилось 3D моделювання для двох формувальних інструментів: нижнього формувального зубчастого колеса та верхнього формувального зубчастого колеса із відповідними навантаженнями. Нижнє формувальне колесо у пристрої закріплюється консольно, при цьому формувальні зуби розміщуються паралельно осі обертання інструменту. Верхнє формувальне колесо у пристрої закріплюється на двох опорах, при цьому формувальні зуби розміщуються під кутом до осі обертання інструменту.

Послідовність досліджень включала 3D моделювання нижнього та верхнього формувальних коліс, генерування сітки кінцевих елементів у

підпрограмі, накладання граничних умов, при яких нижнє формувальне колесо закріплюється консольно (рис. 2.10), а верхнє формувальне колесо – на двох опорах (рис. 2.14), формування навантаження силами деформування гвинтової гофрованої заготовки (рис. 2.11, 2.15). У вікнах програми одержали графічне представлення напружень (рис. 2.12, 2.16) та деформацій (рис. 2.13, 2.17), що виникають у нижньому та верхньому формувальних колесах та на формувальних зубах.

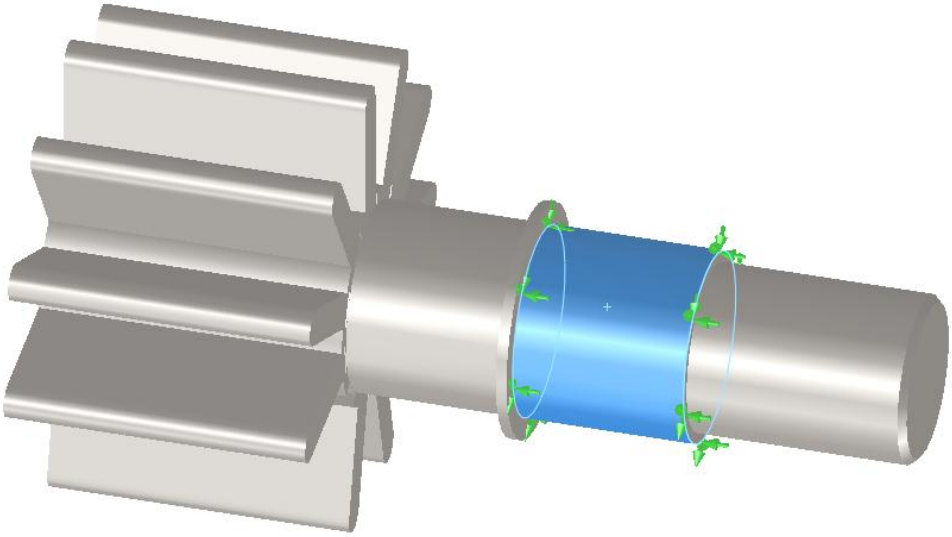


Рисунок 2.10 - Накладання граничних умов на нижнє формувальне колесо

В результаті аналізу результатів моделювання визначено, що при навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на нижньому формувальному колесі та на формувальному зубі максимальні напруження досягають 8,06 МПа при основі зуба, максимальні деформації – 0,009 мм на зовнішній вершині зуба.

При навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на верхньому формувальному колесі та на формувальному зубі максимальні напруження досягають 14,37 МПа при основі зуба, що розміщена вище, максимальні деформації – 0,004 мм на зовнішній вершині зуба.

Зменшення деформації верхнього формувального колеса можна пояснити тим, що воно розміщене на двох опорах, при цьому нижнє формувальне колесо закріплено консольно.

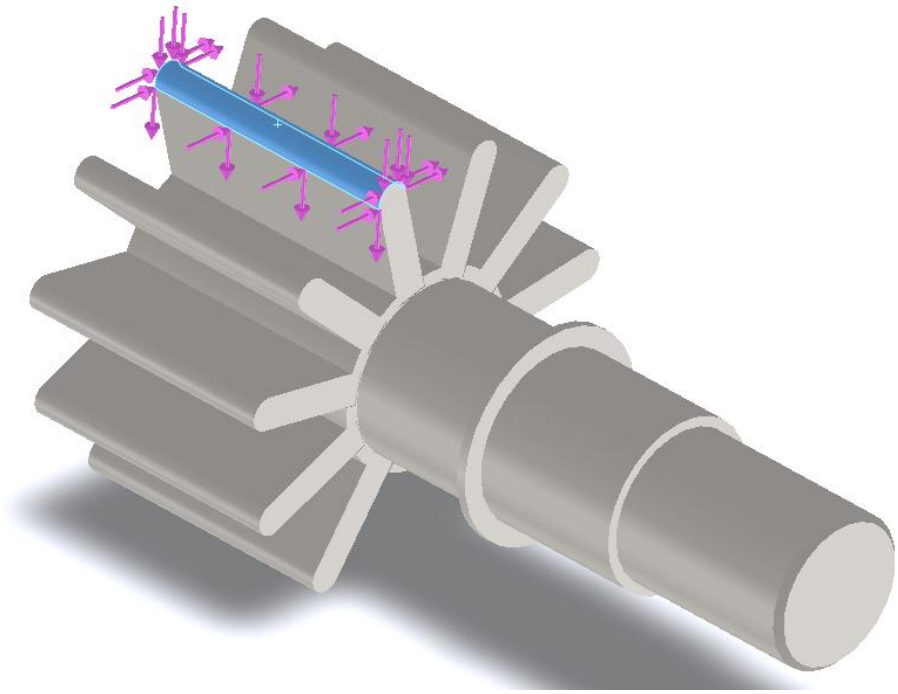


Рисунок 2.11 - Формування навантаження силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на нижнє формувальне колесо

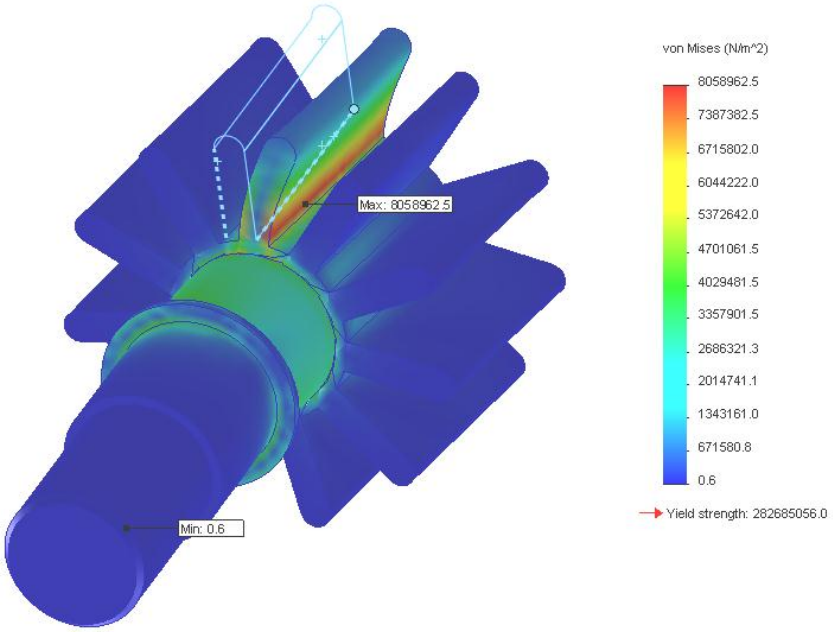


Рисунок 2.12 - Графічне відображення напружень, що виникають у нижньому формувальному колесі та на формувальному зубі при навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки

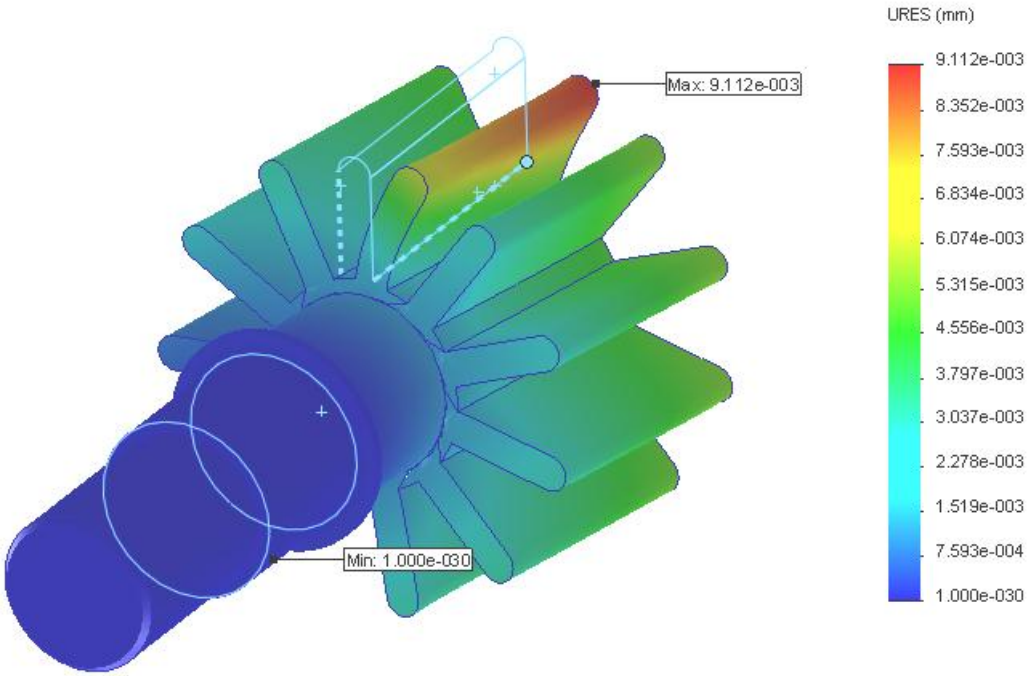


Рисунок 2.13 - Графічне відображення деформацій, що виникають у нижньому формувальному колесі та на формувальному зубі при навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки

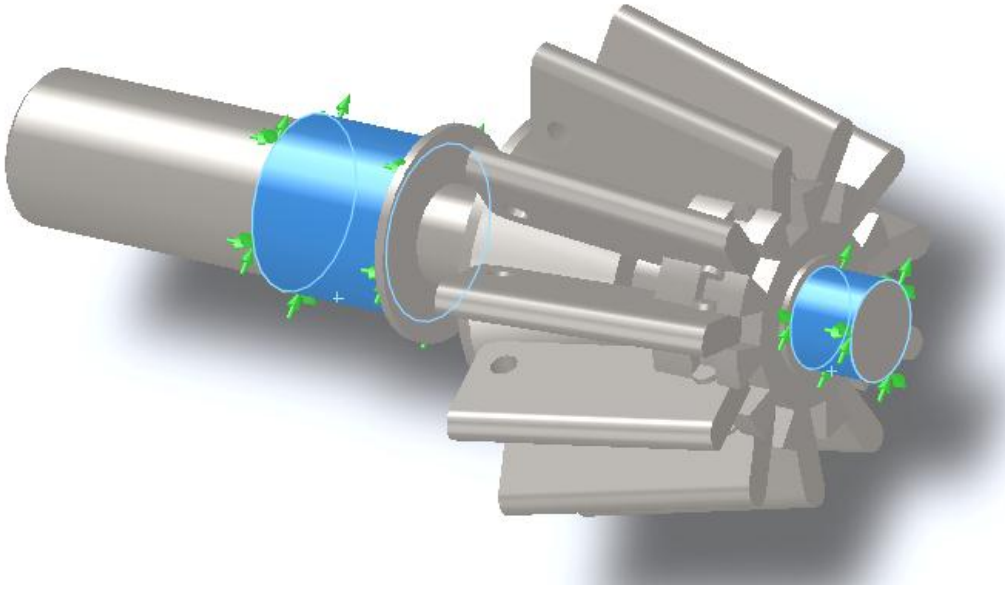


Рисунок 2.14 - Накладання граничних умов на верхнє формувальне колесо

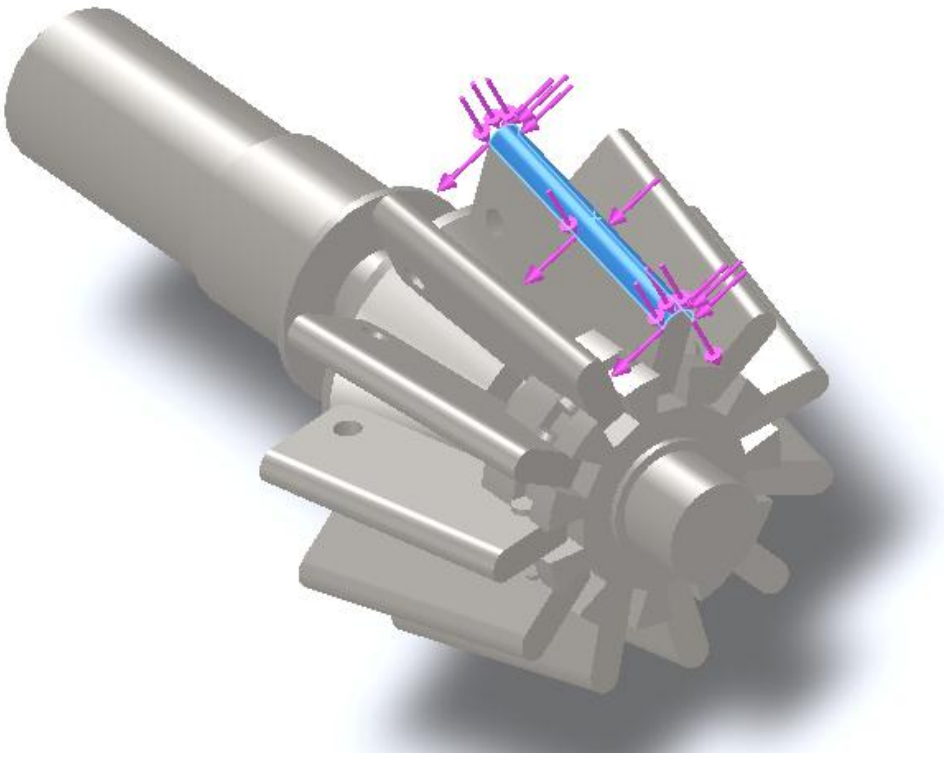


Рисунок 2.15- Формування навантаження силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на верхнє формувальне колесо

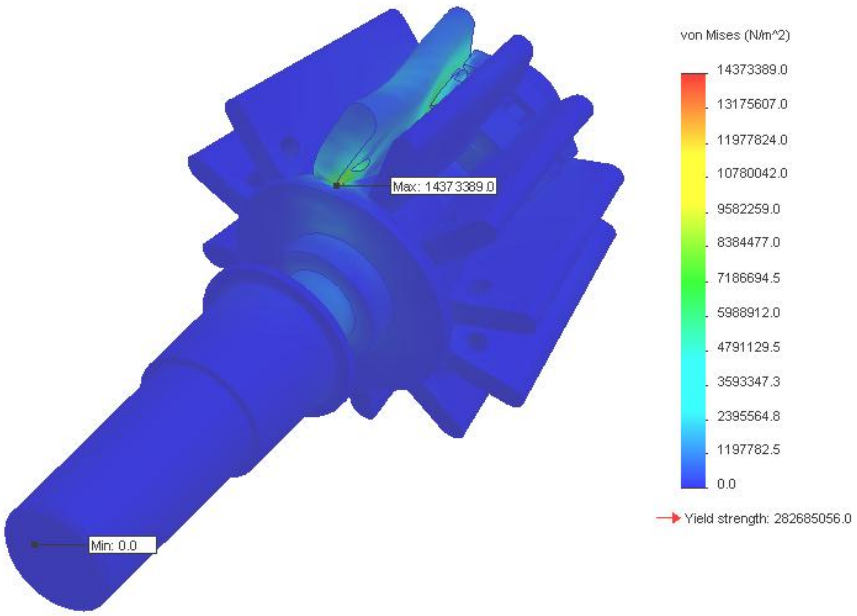


Рисунок 2.16 - Графічне відображення напружень, що виникають у верхньому формувальному колесі та на формувальному зубі при навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки

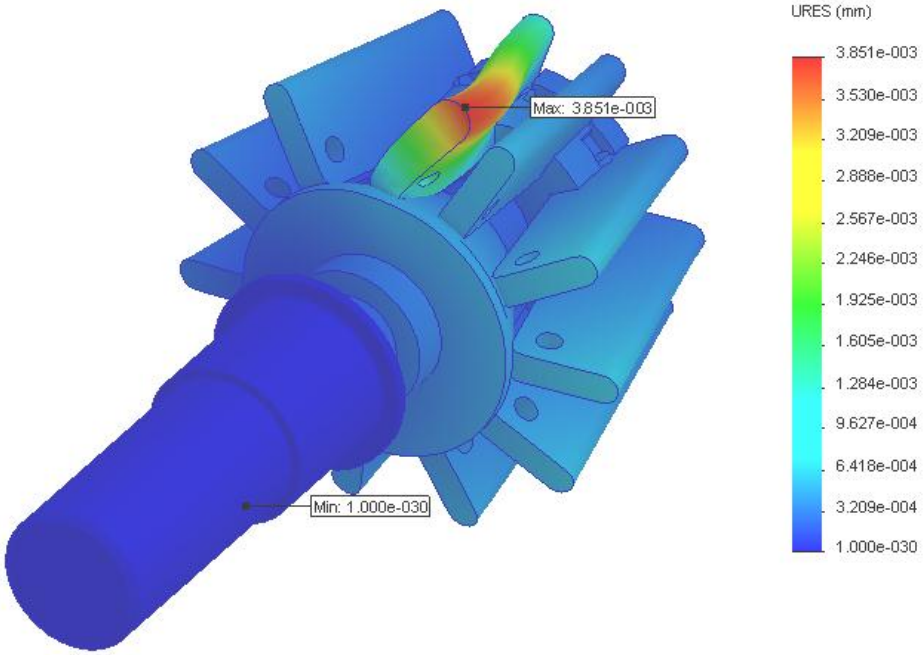


Рисунок 2.17 - Графічне відображення деформацій, що виникають у верхньому формувальному колесі та на формувальному зубі при навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки

2.3 Висновки

В розділі представлено дослідження силових параметрів процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок. Представлено спосіб формоутворення гвинтових гофрованих заготовок як деформацію тонколистової стрічки двома формувальними колесами з рівномірно розміщеними зубами з кроком, що відповідає кроку сформованих гофр. Визначено величину моменту згину матеріалу тонколистової стрічки при формуванні гвинтової гофрованої заготовки, сумарну радіальну силу деформації, крутний момент обертання формувального зубчастого колеса. Побудовано графіки залежності силових параметрів формоутворення від конструктивних параметрів гвинтової гофрованої заготовки.

Встановлено що сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зростає при збільшенні товщини

стрічки гвинтової гофрованої заготовки та ширини витка гвинтової гофрованої заготовки, а при збільшенні кроку гофр сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зменшується. При цьому найбільший вплив має товщина стрічки.

Також проведено визначення методом кінцевих елементів напружень та деформацій, що виникають на робочих інструментах під час формоутворення гвинтових гофрованих заготовок.

В результаті аналізу результатів моделювання визначено, що при навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на нижньому формувальному колесі та на формувальному зубі максимальні напруження досягають 8,06 МПа при основі зуба, максимальні деформації – 0,009 мм на зовнішній вершині зуба.

При навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на верхньому формувальному колесі та на формувальному зубі максимальні напруження досягають 14,37 МПа при основі зуба, що розміщена вище, максимальні деформації – 0,004 мм на зовнішній вершині зуба.

Зменшення деформації верхнього формувального колеса можна пояснити тим, що воно розміщене на двох опорах, при цьому нижнє формувальне колесо закріплено консольно.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Вибір способу одержання заготовки

Порівнюємо два методи отримання заготовки:

1) штамповка на кривошипному гарячештампувальному пресі;

2) лиття в кокіль при заміні матеріалу.

Ступінь складності штамповки [7]:

$$C = \frac{m_ш}{m_ф}. \tag{3.1}$$

Маса штамповки [7]:

$$m_ш = m_д \cdot к_р, \tag{3.2}$$

де $m_д$ – маса деталі, $m_д$=1,5 кг.

Отже, $m_ш = 1,5 \cdot 1,6 = 2,4$ кг.

Визначаємо масу описаної фігури:

$$m_ф = V_ф \cdot \rho \cdot 1,05. \tag{3.3}$$

$$V_ф = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot H, \tag{3.4}$$

$$V_ф = \frac{3,14 \cdot 120^2 \cdot 62}{4} = 700848 \text{ мм}^3 = 701 \text{см}^3.$$

$$m_ф = 701 \cdot 1,05 \cdot 7,85 = 5777,99 \text{г} = 5,8 \text{кг}.$$

Тоді група складності штамповки: $C = \frac{2,4}{5,8} = 0,41.$

Згідно [7] при С=0,41 ступінь складності С2.

Т3,М2,С2 та $m_ш$=2,4 кг. вихідний індекс – 10.

Встановлені загальні припуски представлено в таблиці 3.1.

Визначаємо об’єм заготовки:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}. \qquad (3.5)$$

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
Штамповка закрита				
Торцева поверхня 62h14($_{-0,74}$)	Rz40	1,6	1,5 ×2=3,0	$65^{+1,1}_{-0,5}$
Торцева поверхня 10h14($_{-0,36}$)	Rz80	1,4	1,1	$11,1^{+0,9}_{-0,5}$
Зовнішня поверхня ∅120h14($_{-0,870}$)	Rz80	2,0	1,3 × 2=2,6	$\varnothing 122,6^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня поверхня ∅65h14($_{-0,740}$)	Rz80	1,6	1,2 × 2=2,4	$\varnothing 67,4^{+1,1}_{-0,5}$
Зовнішня радіусна поверхня R10	Rz80	1,4	1,1	$11,1^{+0,9}_{-0,5}$
2) Лиття в кокіль 7 кл., 2 ряд припусків				
Торцева поверхня 62h14($_{-0,74}$)	Rz40	1,0	1,4 ×2=2,8	64,8±0,5
Торцева поверхня 10 h14($_{-0,36}$)	Rz80	0,64	1,3	11,3±0,32
Зовнішня поверхня ∅120h14($_{-0,870}$)	Rz80	1,2	1,6 × 2=3,2	∅123,2±0,6
Зовнішня поверхня ∅65h14($_{-0,740}$)	Rz80	1,1	1,6 × 2=3,2	∅68,2±0,55
Внутрішня поверхня ∅40H9($^{+0,062}$)	Ra2,5	0,9	2,0 × 2=4,0	∅36±0,45
Зовнішня радіусна поверхня R10	Rz80	0,64	1,3	11,3±0,32

Об’єм заготовки для першого методу

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 67,4^2 \cdot 49,9}{4} + \frac{\pi \cdot 122,6^2 \cdot 15,1}{4} = 177946,7 + 178167,11 = 356113,8\,мм^3 =$$
$$= 356,1\,см^3.$$

Об’єм заготовки для другого методу

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 68,2^2 \cdot 49,6}{4} + \frac{\pi \cdot 123,2^2 \cdot 15,2}{4} - \frac{\pi \cdot 36^2 \cdot 64,8}{4} = 181100,7 + 181106,7 -$$
$$-65924,93 = 296282,5\,мм^3 = 296,3\,см^3.$$

Визначаємо масу заготовок:

$$Q = V \cdot \rho, \tag{3.6}$$

$$Q_1 = 356,1 \cdot 7,85 = 2795,5\ г = 2,8\,кг\,.$$

$$Q_2 = 296,3 \cdot 7,85 = 2325,8\ г = 2,32\ кг\,.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$К_{В.М.} = \frac{q}{Q}, \tag{3.7}$$

$$К_{В.М.1} = \frac{1,5}{2,8} = 0,54.$$

$$К_{В.М.2} = \frac{1,5}{2,32} = 0,65.$$

Другий варіант заготовки є дешевшим і приймається для подальшої розробки технологічного процесу.

3.2. Формування технологічного процесу

Запропоновані маршрути обробки півмуфти КС6Б-48.607 представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Методи і маршрути обробки поверхонь півмуфти КС6Б-48.607

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Шорсткість, мкм	Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
			1	2
1	2	3	4	5
1, 12	Торцева поверхня 62h14	Rz40	Точіння торця чорнове Точіння торця напівчистове	
2	Внутрішня поверхня $\varnothing 40H9(^{+0,062})$	Ra2,5	Розсвердлювання Розточування напівчистове Розточування чистове	Зенкерування чорнове Зенкерування напівчистове Розточування чистове
3	Фаска внутрішня 1,6×45°	Rz80	Зенкування	Розточування
4	Фаска зовнішня 1,6×45°	Rz80	Точіння однократне	
5	Зовнішня поверхня $\varnothing 65h14(_{-0,740})$	Rz80	Точіння однократне	
6	Зовнішня радіусна поверхня R10	Rz80	Точіння однократне	
7	Торцева поверхня 10 h14	Rz80	Точіння торця однократне	
8	Зовнішня поверхня $\varnothing 120h14(_{-0,870})$	Rz80	Точіння однократне	
9	Торцева поверхня 2,5±0,1; ↗ 0,25 A	Rz40	Точіння торця чорнове Точіння торця напівчистове	
10	Зовнішня поверхня $\varnothing 75d11(^{-0,100}_{-0,290})$	Rz40	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
11	Фаска зовнішня 0,8×45°	Rz80	Точіння однократне	

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3	4	5
13	Внутрішня поверхня $\varnothing 52H14(^{+0,740})$	Rz80	Розточування	
14	Шпонковий паз12D10$(^{-0,120}_{-0,050})$; l=58; 43,3H11$(^{+0,16})$; Rz40	Rz20	Протягування	
15…22	Отвір наскрізний $\varnothing 8,4H14(^{+0,360})$ l=10; $\varnothing 101,5\pm 0,14$ ⌖ ∅0,2Ⓜ	Rz80	Свердління по кондуктору одночасне	
23	Паз 58±0,2; Rz80	Rz80	Фрезерування кінцевою фрезою	Фрезерування дисковою фрезою

Остаточно прийнятий маршрут обробки.

005. Токарна напівавтоматна.

Підрізати торці 12, 9, поверхні 10, розточити отвір 13, в розміри $62,5_{-0,74}$; 2,5±0,15; $\varnothing 77_{-1,2}$; $\varnothing 51,5^{+1,2}$ одночасно.

Позиція III. Підрізати торець 1, точити фаску 4, в розміри $63,9_{-1,2}$; $3,7\times 45^{o}$.

Позиція IV. Підрізати торці 12, 9 з поверхні 10, розточити отвір 13, в розміри $62_{-0,74}$; 2,5±0,1; $\varnothing 75,5_{-1,2}$; $\varnothing 52^{+0,74}$ одночасно.

Позиція V. Підрізати торець 1, точити поверхні 7, 6, в розміри $63,4_{-0,74}$; $13,9_{-0,36}$; R10 одночасно.

Позиція VI. Розточити отвір 2, точити поверхню 10, точити поверхню 8, точити фаску 11, в розміри $\varnothing 39,75^{+0,16}$; $\varnothing 65_{-0,74}$; $\varnothing 75d11(^{-0,100}_{-0,290})$; 2,5±0,1; $\varnothing 120_{-0,87}$; $10_{-0,36}$;$1,6\times 45^{o}$.

Позиція VII. Розсвердлити отвір 2, зенкувати фаску 3, точити зовнішню поверхню 5, в розміри $\varnothing 37,5^{+0,62}$; l=63,4; $2,85\times 45^{o}$; $\varnothing 65_{-0,74}$.

Позиція VIII. Розточити отвір 2, в розмір $\varnothing 40^{+0,062}$.

Перевірити розміри: $\varnothing 65_{-0,74}$; 1,6×45°; $\varnothing 75d11(^{-0,100}_{-0,290})$; 2,5±0,1; $\varnothing 120_{-0,87}$; $10_{-0,36}$; $\varnothing 40^{+0,062}$; $62_{-0,74}$; R10; Ra2,5. Контроль 40%.

010 Горизонтально-протяжна.

Протягнути шпонковий паз 14, в розміри $12D10(^{-0,120}_{-0,050})$; l=58; $43,3H11(^{+0,16})$.

015 Вертикально-свердлильна.

Свердлити вісім отворів 15…22, в розміри $\varnothing 8,4H14(^{+0,360})$; ∅101,5±0,14; l=10; ⌖ ∅0,2Ⓜ одночасно.

020 Горизонтально-фрезерна.

Фрезерувати паз 23, в розміри 58±0,2; Rz80.

Операція 025. Контроль.

3.3. Визначення припусків на оброблення

Знаходимо припуски за формулою [8]:

$$2Z_{imin} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \qquad (3.8)$$

Розрахунок проведемо для поверхні $\varnothing 40H9(^{+0,062})$; Ra 2,5.

Технологічні переходи обробки поверхні:

1. Розсвердлювання H14.
2. Розточування напівчистове H11.
3. Розточування чистове H8.

Обробка поверхні $\varnothing 40H9(^{+0,062})$ виконується за два установи.

Визначаємо складові формули (3.8):

Для розточування напівчистового:

R_{zi-1}=200 мкм T_{i-1}=200 мкм [8].

Похибка установки заготовки: ε_{y1}=(400 – 400 × 0,3)=280 мкм. [8].

Просторові відхилення при обробці внутрішньої поверхні [8]:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{C_o^2 + (\Delta_y l)^2}\,, \qquad (3.9)$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{30^2 + (0,7 \cdot 63,4)^2} = 53,57 \text{ мкм}.$$

Для розточування напівчистового:

R_{zi-2}=50 мкм T_{i-2}=70 мкм після обробки свердлом [8].

Похибка установки заготовки: ε_{y2}=(150 – 150 × 0,3)=105 мкм. [8].

Просторові відхилення при обробці [8]:

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

$$\rho_{жол.} = \Delta_к \cdot D, \qquad (3.11)$$

$$\rho_{зм.} = \delta \cdot b, \qquad (3.12)$$

де b – товщина стінки деталі, $b = \frac{d - D}{2} = \frac{65 - 40}{2} = 12,5 \text{ мкм}$.

$$\rho_{жол.} = 0,7 \cdot 40 = 16 \text{мкм.}$$

$$\rho_{зм.} = 0,062 \cdot 12,5 = 0,775 \text{мм} = 775 \text{мкм.}$$

$$\rho_{i-2} = \sqrt{16^2 + 775^2} = 775,2 \text{ мкм}.$$

Для розточування чистового:

R_{zi-3}=30 мкм, T_{i-3}=40 мкм. [8].

Похибку установки заготовки [8]:

$$\varepsilon_{y3} = \varepsilon_{y2} \cdot к_y, \qquad (3.12)$$

$$\varepsilon_{y3} = 105 \cdot 0,05 = 5,25 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення [8]:

$$\rho_{i-3} = \rho_{i-2} \cdot к_y, \qquad (3.13)$$

$$\rho_{i-3} = 775,2 \cdot 0,05 = 38,76 \text{ мкм.}$$

Мінімальні припуски для кожного переходу:

1. Для розсвердлювання:

$$2Z_{1min} = 2 \cdot (200 + 200 + \sqrt{280^2 + 53,57^2}) = 2 \cdot 685 = 1370 \text{ мкм} = 1,37 \text{ мм.}$$

2. Для розточування напівчистового:

$$2Z_{2min} = 2 \cdot (50 + 70 + \sqrt{105^2 + 775,2^2}) = 2 \cdot 902,3 \approx 1805 \text{мкм} = 1,805 \text{ мм.}$$

3. Для розточування чистового:

$$2Z_{3min} = 2 \cdot (30 + 40 + 5,25) = 2 \cdot 75,25 = 150,5 \text{мкм} = 0,1505 \text{мм.}$$

Розрахункові розміри для переходів [8]:

1. Для чистового розточування:

$D_{p3}=D_{max.деталі}$=40,062 мм.

2. Для напівчистового розточування:

$D_{p2}=D_{p3} - 2Z_{3min.}$=40,062 – 0,1505=39,9115 мм.

3. Для розсвердлювання:

$D_{p1}=D_{p2} - 2Z_{2min.}$=39,9115 – 1,805=38,1065 мм.

4. Для заготовки:

$D_{pзаг.}=D_{p1} - 2Z_{1min.}$=38,1065 – 1,37=36,7365 мм.

Допуски для переходів

Заготовка $\longrightarrow$ $\delta_{заг.}$=0,9 мм.

1. Розсвердлювання H14 $\longrightarrow$ δ_1=0,62 мм.

2. Розточування напівчистове H11 $\longrightarrow$ δ_2=0,16 мм.

3. Розточування чистове H9 $\longrightarrow$ δ_3=0,062 мм.

Визначаємо граничні розміри:

Для чистового розточування: $D_{max.3}$=40,062 мм.

Для напівчистового розточування: $D_{max.2}$=39,91мм.

Для розсвердлювання: $D_{max.1}$=38,11 мм.

Для заготовки: $D_{max.заг.}$=36,7 мм.

Визначаємо граничні розміри $D_{min.i}$. [8]:

Для чистового розточування: $D_{min.3}$=40,062 – 0,062=40 мм.

Для напівчистового розточування: $D_{min.2}$=39,91 – 0,16=39,75 мм.

Для розсвердлювання: $D_{min.1}$=38,11 – 0,62=37,49 мм. Приймаємо діаметр свердла 37,5 мм.

Для заготовки: $D_{min.заг.}$=36,7 – 0,9=35,8 мм.

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

Для чистового розточування:

$2Z_{3\ max}$=40 – 39,75=0,25 мм.

$2Z_{3\ min}$=40,062 – 39,91=0,152 мм.

Для напівчистового розточування:

$2Z_{2\ max}$=39,75 – 37,49=2,26 мм.

$2Z_{2\ min}$=39,91 – 38,11=1,8 мм.

Для розсвердлювання:

$2Z_{1\ max}$=37,49 – 35,8=1,69 мм.

$2Z_{1\ min}$=38,11 – 36,7=1,41 мм.

Визначаємо загальні припуски:

$2Z_{заг.\ max.}=\Sigma 2Z_{i\ max.}$=0,25 + 2,26 + 1,69=4,20 мм.

$2Z_{заг.\ min.}=\Sigma 2Z_{i\ min.}$=0,152 + 1,8 + 1,41=3,362 мм.

Визначаємо загальний номінальний припуск $2Z_{заг.ном.}$ [8]:

Відповідно:

$2Z_{заг.ном.}$=3,362 + 0,45 – 0,062=3,75 мм;

$D_{заг.ном.}$=40 – 3,75=36,25 мм.

Перевіряємо правильність проведених розрахунків:

Для чистового розточування:

0,25 – 0,152=0,098 мм;

0,16 – 0,062=0,098 мм.

Для напівчистового розточування:

2,26 – 1,8=0,46 мм;

0,62 – 0,16=0,46 мм.

Для розсвердлювання:

1,69 – 1,41=0,28;

0,9 – 0,62=0,28.

Таблиця 3.4 – Розрахункові припуски для ∅40H9 ($^{+0,062}$)

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{imin}$, мкм	Розрахунковий розмір D_{pi}, мм	Допуск δ_d, 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 (7 кл.точн.)	200	200	53,57			36,7365	0,9	35,8	36,7		
Розсвердлювання H14	50	70	775,2	280	1370	38,1065	0,62	37,49	38,11	1,41	1,69
Розточування напівчистове H11	30	40	38,76	105	1805	39,9115	0,16	39,75	39,91	1,8	2,26
Розточування чистове H9	10	–	–	5,25	150,5	40,062	0,062	40	40,062	0,152	0,25
Загальний припуск										3,362	4,2

Таблиця 3.5. – Розрахункові припуски і розміри

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 62h14($_{-0,74}$)					
Напівчистове точіння	14	Rz40	0,74	0,5 × 2=1,0	$62_{-0,74}$
Чорнове точіння	15	Rz80	1,2	0,9 × 2=1,8	$63_{-1,2}$
Заготовка	7-мий кл.	R_z200	1,0	1,4 × 2=2,8	64,8±0,5
Торцева поверхня 2,5±0,1; Rz40					
Напівчистове точіння	14	Rz40	0,2	0,5	2,5±0,1
Чорнове точіння	15	Rz80	0,3	2,0	2,0±0,15

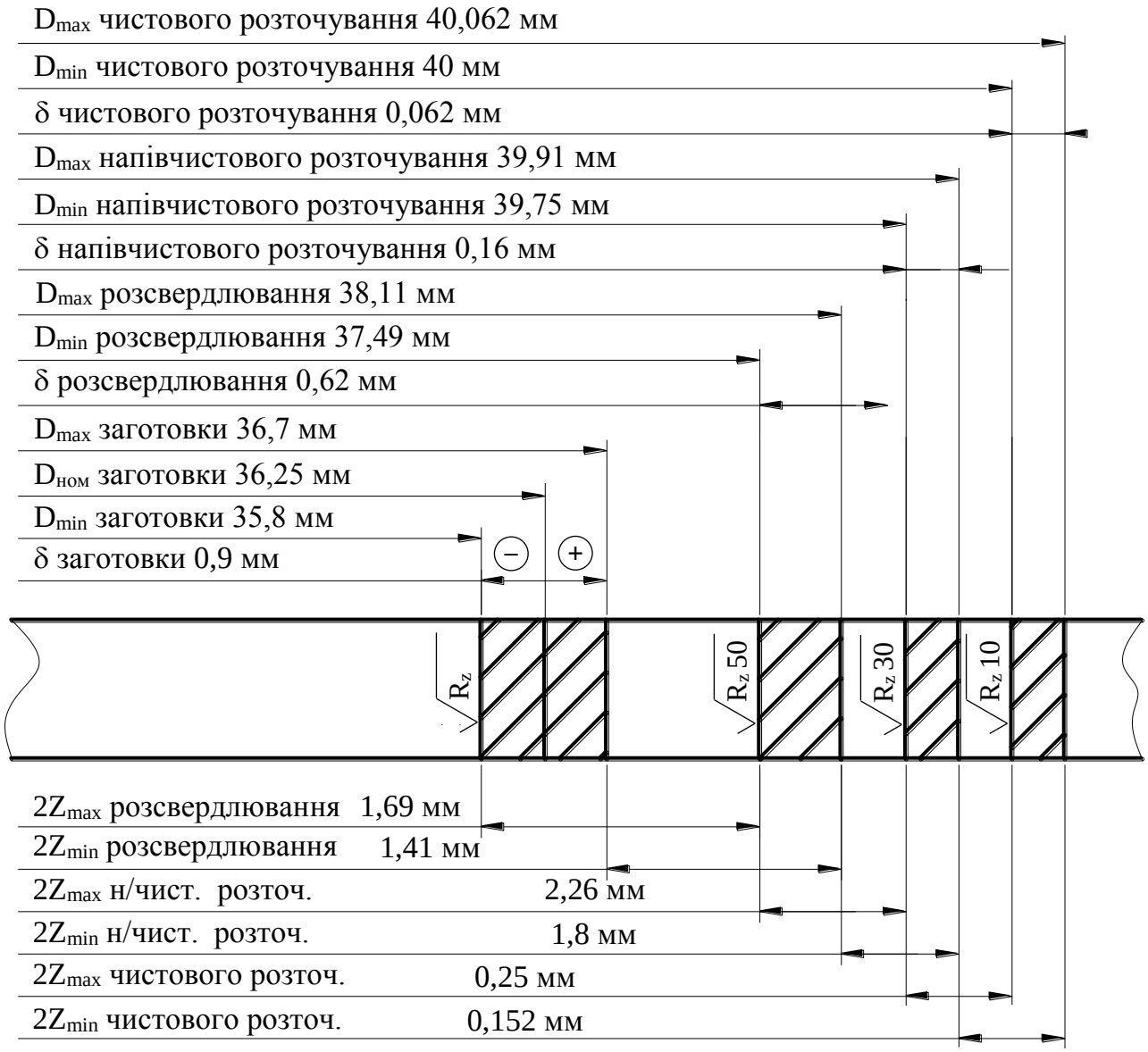


Рисунок 3.1. – Схема графічного розташування $\varnothing 40H9(^{+0,062})$

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
Заготовка – суцільний матеріал	7-мий кл.	R_z200	1,0	2,5	–
Торцева поверхня 10 $h14(_{-0,36})$					
Чорнове точіння	14	Rz80	0,36	1,3	$10_{-0,36}$
Заготовка	7-мий кл.	R_z200	0,64	–	11,3±0,32
Зовнішня поверхня $\varnothing 75d11(^{-0,100}_{-0,290})$;Rz40					

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
Напівчистове точіння	11	Rz40	0,19	0,25×2=0,5	$\varnothing 75^{-0,100}_{-0,290}$
Чорнове точіння	15	Rz80	1,2	0,75×2=1,5	$\varnothing 75{,}5_{-1,2}$
Заготовка – суцільний матеріал	7-мий кл.	R_z200	1,2	1,0 × 2=2,0	$\varnothing 77_{-1,2}$
Зовнішня поверхня $\varnothing 120h14(_{-0,870})$					
Чорнове точіння (поздовжньою подачею)	14	Rz80	0,87	1,6 × 2=3,2	$\varnothing 120_{-0,870}$
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R_z200	1,2	–	∅123,2±0,6
Внутрішня поверхня $\varnothing 52H14(^{+0,740})$; Rz80					
Напівчистове точіння (поперечною подачею)	14	Rz80	0,74	0,25×2=0,5	$\varnothing 52^{+0,740}$
Чорнове точіння (поперечною подачею)	15	Rz80	1,2	0,75×2=1,5	$\varnothing 51{,}5^{+1,2}$
Заготовка	7-мий кл.	R_z200	0,9	1,0 × 2=2,0	$\varnothing 50^{+1,2}$ ∅36,36±0,45
Зовнішня поверхня $\varnothing 65h14(_{-0,740})$					
Чорнове точіння (поздовжньою подачею)	14	Rz80	0,74	1,6 × 2=3,2	$\varnothing 65_{-0,740}$
Заготовка	7-мий кл.	R_z200	1,1	–	∅68,2±0,55

3.4. Визначення режимів різання та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання та інструменти представлено в додатках.

Остаточні результати режимів різання півмуфти КС6Б-48.607 представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 –Таблиця режимів різання півмуфти КС6-48.607

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T_m, хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S_m, мм/хв	T_o, хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна напівавтоматна										
Підрізати торці 12, 9, поверхні 10, розточити отвір 13, в розміри $62{,}5_{-0{,}74}$; 2,5±0,15; $\varnothing 77_{-1{,}2}$; $\varnothing 51{,}5^{+1{,}2}$ одночасно.	2,0	29	1	152	0,27	294	70,7	–	0,354	6,17
Позиція III Підрізати торець 1, точити фаску 4, в розміри $63{,}9_{-1{,}2}$; 3,7×45°.	3,7	17,4	1	65	0,24	227	48,7	–	0,346	3,02
Позиція IV Підрізати торці 12, 9 з поверхні 10, розточити отвір 13, в розміри $62_{-0{,}74}$; 2,5±0,1; $\varnothing 75{,}5_{-1{,}2}$; $\varnothing 52^{+0{,}74}$ одночасно.	0,5	27	1	152	0,21	354	83,5	–	0,346	4,37
Позиція V Підрізати торець 1, точити поверхні 7, 6, в розміри $63{,}4_{-0{,}74}$; $13{,}9_{-0{,}36}$; R10 одночасно.	1,3	33	1	152	0,21	427	92	–	0,35	1,97
Позиція VI. Розточити отвір 2, точити поверхню 10, точити поверхню 8, точити фаску 11, в розміри $\varnothing 39{,}75^{+0{,}16}$; $\varnothing 65_{-0{,}74}$; $\varnothing 75d11(^{-0{,}100}_{-0{,}290})$; 2,5±0,1; $\varnothing 120_{-0{,}87}$; $10_{-0{,}36}$; 1,6×45°.	1,125	62	1	152	0,28	627	78,2	–	0,354	4,47
Позиція VII										

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розсвердлити отвір 2, зенкувати фаску 3, точити зовнішню поверхню 5, в розміри $\varnothing 37{,}5^{+0{,}62}$; l=63,4; $2{,}85\times 45^{o}$; $\varnothing 65_{-0{,}74}$.	0,625	77,4	1	152	0,47	484	56,5	–	0,364	1,65
Позиція VIII. Розточити отвір 2, в розмір $\varnothing 40^{+0{,}062}$.	0,125	62	1	152	0,27	629	78,7	–	0,354	0,22
010 Горизонтально-протяжна										
Протягнути шпонковий паз 14, в розміри $12D10(^{-0{,}120}_{-0{,}050})$; l=58; $43{,}3H11(^{+0{,}16})$.	3,3	710	1	57	S_z=0,04 мм	–	5,1	–	0,17	0,53
015 Вертикально-свердлильна										
Свердлити вісім отворів 15…22, в розміри $\varnothing 8{,}4H14(^{+0{,}360})$; $\varnothing 101{,}5\pm 0{,}14$; l=10; ⌖ ∅0,2Ⓜ одночасно.	4,2	20	1	82	0,17	356	9,4	–	0,34	2,1
020 Горизонтально-фрезерна										
Фрезерувати паз 23, в розміри 58±0,2; Rz80.	2,07	29	1	122	0,1 мм/зуб	902	179	1442	0,021	3,1

Розрахунок технічних норм часу виготовлення півмуфти КС6Б-48.607 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, $T_д$, с.			Час циклу напів-автомата, $T_ц$, хв	Час обслуго-вування, $T_{об}$, хв		$T_{відп}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{п.з}$, хв	n, шт	$T_{шт.к}$ хв
		T_1	T_2	$T_{3,5}$		$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$					
005 Токарно-напів-автоматна	0,365	14,9	2	3,28	0,793	0,0073	0,023	0,048	0,87	115,2	2231	0,92
010 Горизон-тально-протяжна	0,18											0,3
015 Верти-кально-свердлиль-на	0,35											0,455
020 Горизон-тально-фрезерна	0,08											0,423

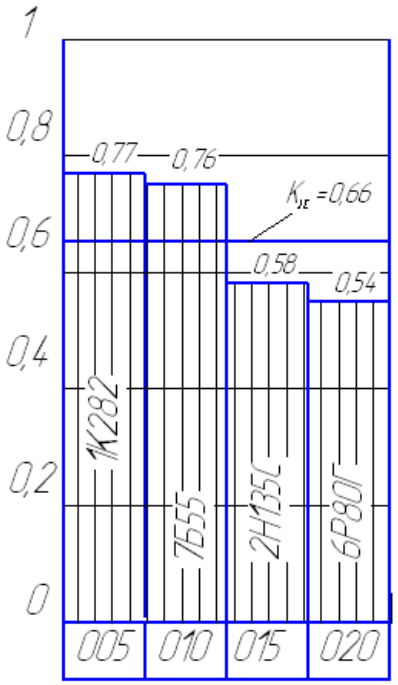


Рисунок 3.2 - Графік завантаження обладнання

3.5. Розрахунок пристосування

Розрахункову схему дії сил при свердлінні восьми отворів ∅8,4Н14($^{+0,36}$); l=10 мм, ∅101,5±0,14. на вертикально-свердлильній операції 015 представлено на рисунку 3.5.

Розрахункова формула для визначення сили затиску:

$$W = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot к}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)} \quad , \qquad (3.14)$$

Крутний момент [20]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_м \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_р , \qquad (3.15)$$

Поправочний коефіцієнт:

$K_р = K_{мр}$,

$K_{мр} = \left(\frac{\sigma_в}{750} \right)^n$ [6]; n=0,75;

$K_{мр} = \left(\frac{638}{750} \right)^{0,75} = 0,886$;

Отже, $M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8,4^{2,0} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 0,866 = 4,86$ Н · м.

Коефіцієнт запасу [6]

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,48.$$

При К < 2,5 Приймаємо 2,5.

Отже, $W = \frac{2,5 \cdot 4,86 \cdot 8}{\frac{1}{3} \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{0,065^3 - 0,040^3}{0,065^2 - 0,040^2} \right)} = \frac{97,2}{0,083 \cdot 0,076} = 15409 \text{Н}$.

Перевірка верстата за силою затиску:

$$P_{верст.max.} > W, \qquad (3.16)$$

де $P_{верст.max}$=25000 Н – максимальна осьова сила різання.

$$25000\,Н > 15409\,Н.$$

Умова виконується, відповідно обробка можлива.

Перевірка свердлильної головки за потужністю верстата:

$$N_{верст.} \geq \frac{\sum N_{гол.сум.}}{\eta_{верст.}}, \qquad (3.17)$$

де $\eta_{верст.}$=0,8; $N_{верст.}$= 4,0 кВт.

$$\Sigma N_{гол.сум.} = N\ к, \qquad (3.18)$$

Потужність різання одного інструменту:

$$N = \frac{M_{кр.} \cdot n}{9750}, \qquad (3.19)$$

$$N = \frac{6,83 \cdot 355}{9750} = 0,25\ кВт.$$

$$\Sigma N_{гол.сум.} = 0,25 \cdot 8 = 2\ кВт.$$

Перевіряємо умову:

$$4,0\,кВт > \frac{2,0}{0,8} = 2,5\,кВт.$$

Умова виконується, обробка можлива.

Перевірка свердлильної головки по сумарній силі подачі:

$$P_{гол.сум.} = к \cdot P_o \leq P_{верст.max.}, \qquad (3.20)$$

Осьова сила різання [6]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \qquad (3.21)$$

$K_p = K_{мр}$, n=0,75 [6];

$$K_{мр} = \left(\frac{638}{750}\right)^{0,75} = 0,886.$$

Отже, $P_o = 10 \cdot 68 \cdot 8,4^{1,0} \cdot 0,16^{0,7} \cdot 0,866 = 1371$ Н.

Сумарна осьова сила:

$$P_{гол.сум.} = 8 \cdot 1371 = 10971 Н.$$

Перевіряємо умову:

$$10971 Н < 22000 Н.$$

Отже, обробка на даних режимах буде відбуватись.

3.6. Проектування шпоночної протяжки

Проектування шпоночної протяжки для паза шириною 12мм.

Припуск обробки:

$$A = t_1 - D + 0,5(D - \sqrt{D^2 - b^2}), \qquad (3.22)$$

$$A = 43,3 - 40 + 0,5\left(40 - \sqrt{40^2 - 12^2}\right) = 2,37 мм.$$

Відстань до першого зуба:

$$L_1 = 280 + L, \qquad (3.23)$$

$$L_1 = 280 + 58 = 338 мм.$$

Вибираємо плоский хвостовик з поперечним січенням 12×28 мм.

Крок ріжучих зубів:

$$t_p = 1,25 \cdot \sqrt{L}; \qquad (3.24)$$

$$t_p = 1,25 \cdot \sqrt{58} = 9,51.$$

Приймаємо t_p=10мм.

Найбільша кількість одночасно працюючих зубів:

$$z_{max} = \frac{L}{t_p} + 1. \tag{3.25}$$

$$z_{max} = \frac{58}{10} + 1 = 6,8$$

Приймаємо $z_{max} = 6$.

Подача допустима по розміщенню стружки в канавці:

$$s_{zk} = \frac{F_k}{K \cdot L}; \tag{3.26}$$

$$s_{zk} = \frac{7,07}{4 \cdot 58} = 0,03 \text{ мм/зуб.}$$

Найбільше зусилля допустиме хвостовиком:

$$P_x = F_x \cdot \sigma_x. \tag{3.27}$$

Матеріал протяжки сталь Р6М5.

$$P_x = 336 \cdot 300 = 100800 \text{ Н.}$$

Найбільше зусилля на першому зубі:

$$P_1 = (H_1 - h_k) \cdot B \cdot \sigma_1, \tag{3.28}$$

$$P_1 = (28 - 3) \cdot 12 \cdot 400 = 120000 \text{ Н.}$$

Розрахункова сила P_p=100800Н.

Подача, допустима по силі різання:

$$s_{zp} = \left(\frac{P_p}{C_p \cdot b \cdot z_{max}} \right)^{\frac{1}{0,8}}, \tag{3.29}$$

де C_p =2400Н/мм.

$$s_{zp} = \left(\frac{100800}{2400 \cdot 12 \cdot 6}\right)^{\frac{1}{0,8}} = 0,509 \text{ мм/зуб.}$$

Кількість ріжучих зубів $z_p = 76$.

Довжина ріжучої частини:

$$l_p = t_p \cdot (z_p - 1); \tag{3.30}$$

$$l_p = 10 \cdot (76 - 1) = 750 \text{ мм.}$$

Кількість зубів калібруючої частини $z_k = 4$.

Крок калібруючої частини:

$$t_k \approx \frac{2}{3} t_p = 8 \text{ мм.}$$

Довжина калібруючої частини:

$$l_k = t_k \cdot z_k; \tag{3.31}$$

$$l_k = 8 \cdot 4 = 32 \text{ мм.}$$

Загальна довжина протяжки:

$$L_{pr} = L_1 + l_p + l_k + l_3; \tag{3.32}$$

$$L_{pr} = 338 + 750 + 32 + 58 = 1178 \text{ мм.}$$

Необхідна довжина робочого ходу:

$$l_{px} = L + l_p + l_k; \tag{3.33}$$

$$l_{px} = 58 + 750 + 32 = 840 \text{ мм.}$$

Виконуємо креслення протяжки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Основні правила техніки безпеки під час роботи на шліфувальних і заточних верстатах

1. Правила безпеки під час роботи на шліфувальних і заточних верстатах включають наступне:

1.1. До самостійної роботи на шліфувальних і заточних верстатах з сухими абразивними кругами допускаються особи, що пройшли медичний огляд, а також навчання і інструктаж з правил експлуатації і техніки безпеки, здали іспити і одержали відповідні посвідчення.

1.2. При переході на роботу з використанням нового устаткування робітник зобов'язаний ознайомитися з конструкцією, методами безпечної роботи і пройти позаплановий інструктаж по охороні праці .

1.3. Робітники повинні працювати в спецодязі, спецвзутті, а також використовувати при необхідності інші засоби індивідуального захисту (захисні окуляри тощо). Одяг повинен бути застебнутий на всі ґудзики. Крім того, необхідно працювати в головному уборі, що повністю закриває волосся. Працювати на верстатах у взутті легкого типу (сандалях, босоніжках, тапочках і т . д .) забороняється.

1.4. Робітники - верстатники зобов'язані тримати в справності і чистоті устаткування, інструмент і робоче місце, а роботу виконувати, стоячи на дерев'яних гратах (трапах).

1.5. Складувати матеріали і готову продукцію на стелажах і інших пристосуваннях в спеціально відведених місцях . Забороняється розміщувати матеріали і вироби в проходах і проїздах, на підлозі поблизу робочого місця.

1.8. Механічні передачі металоріжучих верстатів і інші частини верстатів, що обертаються і рухаються, повинні мати огородження. Оброблювані вироби, виступаючі за габарити верстатів, повинні бути захищені стійкими запобіжними пристосуваннями.

1.9. На робочому місці слід зберігати тільки ті інструменти і пристосування, заготовки і готові вироби, які необхідні для виконання роботи в дану зміну .

1.10. Робоче місце верстатника повинне додатково освітлюватися джерелом місцевого освітлення, що забезпечує хорошу видимість в зоні роботи . Працюючи при штучному освітленні, необхідно опускати рефлектор (відбивач) з лампою нижче за рівень очей .

1.11. Забороняється допускати до управління верстатами сторонніх осіб і залишати верстати без нагляду .

1.12. Встановлювати і знімати оброблювані вироби, замінювати ріжучі інструменти, проводити виміри, а також прибирати стружку слід при непрацюючих приводах верстатів .

1.13. При обробці деталей з металу, що дає дрібну стружку, а також при роботі на великих швидкостях різання необхідно користуватися захисними екранами, встановленими на верстатах, а якщо їх немає, застосовувати захисні окуляри.

1.14. Перед кожним включенням верстата переконатися, що при пуску не виникає небезпека для оточуючих.

1.15. Верстатник зобов'язаний :

1.15.1. Знати пристрій верстата, уміти визначати несправності ;

1.15.2. Заготовки і деталі вагою більше 16 кг піднімати із застосуванням підйомних механізмів і використанням спеціальних захоплювачів ;

1.15.3. Дотримуватись вимог виробничої санітарії і гігієни праці ;

1.15.4. Дотримуватись правил Внутрішнього трудового розпорядку .

1.16. За невиконання вимог діючої інструкції працівник несе відповідальність відповідно до чинного законодавства .

2. Вимоги безпеки перед початком роботи:

2.1. Перевірити наявність і справність огородження в небезпечних місцях, а також заземлення (занулення) верстатів.

2.2. Перевірити наявність необхідного інструменту, пристосувань, їх справність .

2.3. Перевірити верстат на холостому ходу, при цьому переконатися в справності органів управління : електричних кнопкових пристроїв, гальм, фіксації важелів включення і перемикання, що виключає можливість мимовільного перемикання з холостого ходу на робочий.

2.4. Переконатися в тому, що системи мащення і охолоджування працюють безперебійно.

2.5. Установка абразивних кругів на верстатах повинна проводитись тільки налагоджувальниками, що пройшли спеціальний інструктаж.

2.6. Перед установкою круг ретельно оглядається на відсутність тріщин . Користуватися кругами, що мають тріщини або вибоїни, забороняється.

2.7. Круги абразивні повинні мати штамп або наклейку про випробовування, порядковий номер круга, підпис особи, відповідальної за випробовування. Використання кругів без відмітки про випробовування забороняється. Дані про випробовування кожного круга записуються в журнал випробовувань круга.

2.8. Біля кожного заточного верстата вивішують табличку з вказівкою особи, відповідальної за експлуатацію верстата.

2.9. Біля кожного верстата вивішують табличку з вказуванням допустимої кругової швидкості кругів і частоти обертання шпинделя.

2.10. Кріплення круга при установці на шпиндель дозволяється проводити тільки за допомогою двох затискних фланців однакового діаметра . Діаметр затискних фланців повинен бути не меншим за 1/3 діаметра круга.

2.11. Між фланцями і кругом з обох боків необхідно встановлювати прокладки з еластичного матеріалу (щільного картону, гуми тощо) товщиною від 0,1 до 1 мм залежно від діаметра круга.

2.12. Затягування гайок шпинделя проводиться тільки гайковими ключами. Застосування зубила і молотка для затягування гайок забороняється .

2.13. Перекочування випробовуваних кругів по підлозі забороняється .

2.14. Абразивний круг, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі, що обертаються, захищають захисними кожухами.

2.15. При заточуванні інструменту не стояти проти круга, що обертається. Стояти дозволяється поза площиною обертання круга (каменя).

2.16. При роботі на верстаті підводити деталь необхідно плавно, не допускати ударів деталі об круг .

2.17. При виявленні биття круга необхідно зупинити верстат і встановити несправність .

2.18. Робота бічними (торцями) поверхнями кругів допускається тільки в тому випадку, якщо ці круги спеціально призначені для даного виду робіт.

2.19. При заточуванні інструмент надійно тримати в руках, щоб не допустити заклинювання.

2.20. Під час роботи на заточних верстатах не допускається:

2.20.1. Зачищати круг і торкатися його руками ;

2.20.2. Користуватися несправними і невипробовуваними кругами ;

2.20.3. Відкривати захисні кожухи круга, вала, шпинделя, шківа, ременя;

2.20.4. Надівати, знімати і переводити ремені ;

2.20.5. Працювати без захисного екрану або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування абразивного пилу.

2.21. Час випробовування кругів на випробовувальному стенді повинен бути наступним :

- для кругів діаметром до 400 мм - не менше 2 хвилин ;

- при роботі з кругом діаметром більше 400 мм - не менше 5 хвилин .

3. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях при роботі на верстатах всіх типів:

3.1. У разі виявлення несправності, яка може викликати аварію, необхідно негайно припинити роботу і доповісти про це керівнику, майстру або механіку.

3.2. У разі пожеж, стихійних бід, аварійних ситуацій необхідно негайно припинити роботу, знеструмити верстат і виконувати розпорядження керівництва .

3.3. При нещасному випадку необхідно зупинити устаткування, надати допомогу потерпілому, викликати швидку допомогу, доповісти керівнику .

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи:

4.1. Вимкнути верстат і електродвигун .

4.2. Привести в порядок робоче місце : прибрати стружку з верстата, інструмент і пристосування скласти у відведене місце, акуратно скласти готові деталі, заготовки.

4.3. Змастити частини верстата, що труться .

4.4. При здачі зміни повідомити змінника або керівника про помічені несправності верстата.

4.2. Наслідки аварійних ситуацій на виробництві

Виробничі аварії можуть бути досить різними. Їх характер визначається причинами виникнення, масштабами і собівартістю виробництва.

Причинами виникнення аварій є:

- недоліки проектування підприємств, недотримання техніки безпеки, а також відсутність постійного контролю за станом виробництва і особливо при використанні легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин;
- виникнення аварій на сусідніх підприємствах чи на енергетичних і газових мережах;
- стихійні лиха, які викликають аварії;
- виникнення аварій внаслідок невідомих науці явищ, які проявляються на підприємствах, які використовують різні хімічні речовини.

Результатами великих виробничих аварій можуть бути пожежі, вибухи, руйнування і обвали будівель, загазованість і зараженість ядовитими речовинами і іншими небезпечними явищами, внаслідок яких можливі різні ураження людей. Виробничі аварії виникають досить часто, що пояснюється розвитком промисловості, великим науково-технічним прогресом і швидкістю у зв’язку з цією зміною технології виробництва.

Аварії мають різні наслідки, які залежать від характеру виробництва. Найбільш типовими проявами аварій можуть бути:

- вибухи, які призводять до руйнувань промислових будівель;
- інтенсивні пожежі;
- отруєння людей ядовитими рідинами і газами;
- ураження людей електричним струмом;
- затоплення підприємств разом з людьми, які знаходяться там;
- зараження місцевості сильнодіючими ядовитими і радіоактивними речовинами.

Аварія - небезпечна подія техногенного характеру, що спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Ліквідація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру - проведення комплексу заходів, які включають аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, що здійснюються у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зон надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Роботу потрібно починати зразу, щоб не дати можливості аварії розростися до катастрофічних розмірів. Чим швидше почнуться рятувальні роботи, тим більше людей вдається врятувати.

Послідовність виконання ліквідацій аварій залежить від характеру руйнувань будівель і споруд, аварій комунікаційних, енергетичних і технологічних мереж і степені радіаційного і хімічного зараження території об’єкту, пожеж і інших умов, які впливають на дії формувань.

Дуже важливо забезпечувати загальний порядок, що дає можливість вільному прибуттю формувань цивільної оборони (ЦО) до місця аварії. Служба

формування охорони загального порядку повинна приступити до виконання своїх обов’язків в першу чергу.

Проводяться роботи розчищення проїзду до зруйнованих захисних споруд, пошкоджених і зруйнованих будівель, де можуть знаходитися люди, а також у місцях аварій, які перешкоджають чи ускладнюють проведення рятувальних робіт.

Дуже важливі дії аварійно-технічних формувань, які зразу відключають ще не пошкоджені енергетичні і комунікаційно-технічні мережі і локалізують аварії.

Рятувальні формування ЦО повинні як можна швидше приступити до виконання роботи із рятування людей, діючи разом з формуваннями ЦО медичної служби.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено дослідження силових параметрів процесу формоутворення гвинтових гофрованих заготовок. Представлено спосіб формоутворення гвинтових гофрованих заготовок як деформацію тонколистової стрічки двома формувальними колесами з рівномірно розміщеними зубами з кроком, що відповідає кроку сформованих гофр. Визначено величину моменту згину матеріалу тонколистової стрічки при формуванні гвинтової гофрованої заготовки, сумарну радіальну силу деформації, крутний момент обертання формувального зубчастого колеса. Побудовано графіки залежності силових параметрів формоутворення від конструктивних параметрів гвинтової гофрованої заготовки.

Встановлено що сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зростає при збільшенні товщини стрічки гвинтової гофрованої заготовки та ширини витка гвинтової гофрованої заготовки, а при збільшенні кроку гофр сумарна радіальна сила деформації та крутний момент обертання формувального зубчастого колеса зменшується. При цьому найбільший вплив має товщина стрічки.

Також проведено визначення методом кінцевих елементів напружень та деформацій, що виникають на робочих інструментах під час формоутворення гвинтових гофрованих заготовок.

В результаті аналізу результатів моделювання визначено, що при навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на нижньому формувальному колесі та на формувальному зубі максимальні напруження досягають 8,06 МПа при основі зуба, максимальні деформації – 0,009 мм на зовнішній вершині зуба.

При навантаженні силами деформування гвинтової гофрованої заготовки на верхньому формувальному колесі та на формувальному зубі максимальні напруження досягають 14,37 МПа при основі зуба, що розміщена вище, максимальні деформації – 0,004 мм на зовнішній вершині зуба.

Зменшення деформації верхнього формувального колеса можна пояснити тим, що воно розміщене на двох опорах, при цьому нижнє формувальне колесо закріплено консольно.

Розроблено технологічний процес виготовлення півмуфти КС6Б-48.607 з вибором устаткування та параметрів процесів механічної обробки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кущак 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. Горбацевич 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 : еавчальний 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. Драган А. П. Теоретичні передумови технологічного процесу виготовлення гвинтових гофрованих заготовок. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2007. 186 с.

22. Дячун А.Є. Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення профільних гвинтових заготовок. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. – Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. 2008. 208 с.

23. Зубцов М. Е. Листовая штамповка / Зубцов М. Е. Л. : Машиностроение, 1980. 432 с.

24. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки / Попов Е. А. М. : Машиностроение, 1980. 348 с.

25. Дячун А.Є. Дослідження способу формоутворення профільних гвинтових заготовок / А.Є. Дячун, І.Я. Собчук, В.П. Михайлюк // Матеріали IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів

“Актуальні задачі сучасних технологій”, 25-26 листопада 2020 р. : тези доп. – Тернопіль, 2020. - С. 91.

26. 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.

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

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