

УДК621.87

© І.Б. Гевко, д.т.н.,
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя;
А.П. Драган, к.т.н.,
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»;
Ю.М. Тарасюк,
Вінницький національний аграрний університет

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗРАХУНКУ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ГВИНТОВИХ ГОФРОВАНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Приведено методику розрахунку формувальних інструментів для виготовлення гвинтових гофрованих робочих органів сільськогосподарських машин заданого профілю гофр. Виведені аналітичні залежності для визначення конструктивних параметрів формувальних інструментів гофр гвинтових робочих органів сільськогосподарських машин.

ІНСТРУМЕНТ, ФОРМУВАННЯ, ГВИНТ, ГОФРА, РОБОЧИЙ ОРГАН.

Постановка проблеми. У структурі технології сільськогосподарського машинобудування важливе місце посідає дослідження та розроблення прогресивних технологічних процесів формоутворення гвинтових гофрованих робочих органів (ГГ РО), які

набули широкого застосування у змішувачах, теплообмінниках, машинах для борботачії вільних абразивів, подрібнення, зволоження тощо. Підвищені вимоги до конструктивних і технологічних параметрів, якості, надійності та довговічності, розширення їх функціональних можливостей потребують глибокого аналізу існуючих технологій їх виготовлення та розроблення на цій основі науково обґрунтованих теоретичних та експериментальних напрацювань для їх проектування та успішного впровадження у виробництво.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розроблення і дослідження конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів гвинтових гофрованих робочих органів присвячено цілий ряд наукових праць [1–4], однак ряд питань потребує свого подальшого вирішення.

Метою роботи є розроблення методики розрахунку конструктивних параметрів гвинтових гофрованих робочих органів сільськогосподарських машин і їх формувальних інструментів.

Реалізація результатів досліджень. У різних галузях народного господарства, в сільськогосподарському виробництві зокрема, значне поширення мають гофровані гвинтові стрічки (спіралі) різних шнекових робочих органів. Їх використання зумовлене, по-перше: технологічними системами, а саме можливістю впровадження прогресивних процесів навивання та прокатування під час виготовлення широкострічкових шнекових елементів і, по-друге: підвищеною міцністю спіралей на згин.

Як показали дослідження до переваг гофрованих гвинтових заготовок відносяться наступні:

- додаткові переміщення сипких матеріалів у змішуваних зонах за рахунок гофр;
- покращення змішування сипких матеріалів за рахунок неоднакової швидкості руху частинок, які контактують з поверхнями різних параметрів гофр і кроків спіралей;
- можливість збільшення відносної товщини спіралі в межах 15..25%;
- зниження зусилля формоутворення у порівнянні із щільним навиванням на 15..30%;
- зменшення товщини спіралі за зовнішнім діаметром, що забезпечує підвищення надійності і довговічності стрічкових змішувачів.

Під час гофроутворення спіралі, що зумовлене технологією виготовлення, складки (гофри) утворюються на внутрішній стороні

стрічки за умови збереження довжини елементарних смуг до і після формоутворення.

Під час формоутворення кільця в першому наближенні рівняння гофрованої його поверхні кільця опишеться залежністю:

$$z = A(\rho) \sin(\varphi m / 2\pi), \quad (1)$$

де $A(\rho)$ – амплітуда гофрів, що визначається із умови заданого закону зміни видовжень смуг; m – кількість гофрів на одному повному витку; ρ та φ – незалежні параметри полярної системи координат:

$$\int_0^{2\pi} \sqrt{\rho^2 + A^2(\rho) \sin 2\varphi} d\varphi = \lambda_\rho L_{3\phi}, \quad (2)$$

де $L_{3\phi}$ – довжина заготовки, що необхідна на один виток,

мм; λ – коефіцієнт зміни довжини стрічки під час формоутворення.

Під час формування із такого кільця гвинтової стрічки отримуємо складні періодичні гвинтові поверхні, аналітичний опис яких у декартових координатах є громіздким і незручним для користування.

Тому в цьому випадку, як і в низці інших доцільно переходити до іншої системи координат, а саме криволінійної гвинтової системи, зображеної на рис. 1.

Виділимо гвинтову лінію параметрами ρ та c і незалежною змінною τ , що описується рівнянням: $\vec{r} = \rho \cos \tau \vec{i} + \rho \sin \tau \vec{j} + c\tau \vec{k}$ і

належить гвинтовій поверхні: $\vec{r}_{uv} = u \cos v \vec{i} + u \sin v \vec{j} + cv \vec{k}$, де $v = \tau$, $u = \rho$. У кожній точці цієї гвинтової лінії можна виділити супровідний

трикутних векторних ортів; дотичної \vec{e}_t , нормалі \vec{e}_n та бінормалі \vec{e}_s . Вибравши систему трьох координатних поверхонь таким чином, що в кожній точці простору кожна із них перпендикулярна відповідному орту супровідного трикутника отримаємо ортогональну тривимірну координатну систему:

$$ox^1x^2x^3 \equiv ontb. \quad (3)$$

Для виявлення зв'язку між координатними системами $ox^1x^2x^3$ та $ontb$ зручно користуватись перехідною циліндричною системою координат $o\rho\varphi z$, яка також буде широко використовуватись у подальшому.

Рівняння зв'язку систем $oxyz$ та $o\rho\varphi z$ мають вигляд:

$$x = \rho \cos \varphi; \quad y = \rho \sin \varphi; \quad z = z. \quad (4)$$

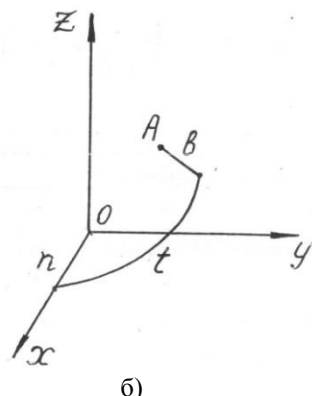
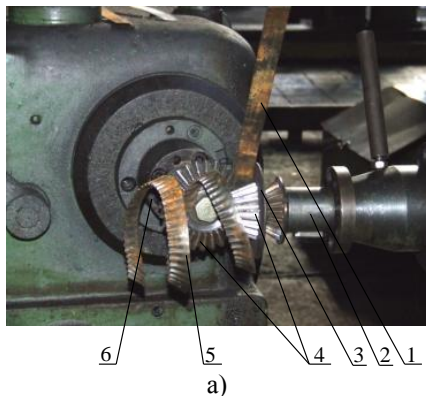


Рис.1 – Гофровані гвинтові спіралі виготовлені парою ортогональних формувальних інструментів ($\alpha = 90^\circ$) на обкатному верстаті (а) та гвинтова система координат *ontb* (б) для їх формалізованого опису: 1–заготовка; 2–ведучий шпindelъ; 3–упорне кільце; 4–пара конічних зубчастих коліс; 5–гвинтова гофрована заготовка; 6–ведений шпindelъ

Для утворення гофр у гвинтових заготовках можна використовувати ортогональні і неортогональні конічні колеса із зубами, що відповідають профілю утворюваної гофри.

Проведено обґрунтування геометричних параметрів формувальних коліс із спеціальним профілем зубів, у залежності від профілю і розмірів гофр.

Для прямозубих коліс:

- висота головки зуба:

$$h_a = R - \frac{S}{2} - \frac{C}{2}; \quad (5)$$

$$h_a = r_3,$$

де R – радіус гнуптя гофри, мм; S – товщина стрічки під заготовку, мм; C – гарантований зазор для зменшення тертя, мм;

- висота ніжки зуба:

$$h_t = R + \frac{S}{2} + \frac{C}{2}; \quad (6)$$

- крок зубів:

$$t = 4R; \quad (7)$$

- кількість зубів:

- ділительний діаметр:
$$z \geq 17; \quad (8)$$

$$d = \frac{zt}{\pi}; \quad (9)$$

- ширина зуба:
$$f_a = 2R - S - C; \quad (10)$$

- ширина впадини:
$$f_a = 2R + S + C; \quad (11)$$

- ширина колеса:
$$b' = b + 5 \dots 8, \quad (12)$$

де b - ширина стрічки, мм;

- діаметр вершин зубів:
$$d_a = d + 2h_a; \quad (13)$$

- діаметр впадин зубів:
$$d_f = d - 2h_f. \quad (14)$$

Для конічних коліс (рис. 2). З метою гнуття використовуємо конічні колеса із передаточним числом 1:



Рис. 2. – Конічні формоутворюючі інструменти

- кут зменшення радіуса гнуття:

$$\operatorname{tg} Q_t = \frac{R_3 - r_3}{b}, \quad (15)$$



де R_3 – максимальний радіус гнуття гофри, мм; r_3 – мінімальний радіус гнуття гофри, мм;

- висота головки зуба на зовнішньому діаметрі:

$$h_{ae} = R_3 - \frac{S}{2} - \frac{C}{2}; \quad (16)$$

- висота ніжки зуба на зовнішньому діаметрі:

$$h_{fe} = R_3 + \frac{S}{2} + \frac{C}{2}; \quad (17)$$

- зовнішня конусна відстань:

$$R_e = \frac{h_{fe}}{\operatorname{tg} Q_f}; \quad (18)$$

- зовнішній ділительний діаметр:

$$d_e = 2R_e \sin \delta_1; \quad (19)$$

$$\delta_1 = \delta_2, \quad (20)$$

де δ_1, δ_2 – кути ділительних коліс, град;

- зовнішній діаметр вершин зубів:

$$d_{ae} = d_e + 2h_{ae} \cos \delta_1; \quad (21)$$

- зовнішній діаметр впадин зубів:

$$d_{fe} = d_e - 2h_{fe} \cos \delta_1; \quad (22)$$

- крок по зовнішньому діаметру:

$$t = 4R_3; \quad (23)$$

- ширина зуба по зовнішньому ділительному діаметрі:

$$f_{ae} = 2R_3 - S - C; \quad (24)$$

- кількість зубів:

$$z = \frac{d_e \pi}{t}; \quad (25)$$

- ширина колеса b_K рівна ширині стрічки:

$$b_K + 5 \dots 8 \text{ мм}; \quad (26)$$

- внутрішня конусна відстань:

$$R_{es} = R_e - e_K; \quad (27)$$

- внутрішній ділительний діаметр:

$$d_{es} = 2R_{es} \sin \delta_1; \quad (28)$$

- висота головки зуба на внутрішньому діаметрі:

$$h_{ae} = r_g - S / 2 - C / 2 ; \quad (29)$$

- висота ніжки зуба на внутрішньому діаметрі:

$$h_{fe} = r_g - S / 2 - C / 2 . \quad (30)$$

На основі проведених досліджень визначені основні конструктивні параметри зубчатих конічних формоутворюючих інструментів, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри зубів конічних коліс із зубами спеціального профілю

b , мм	R , мм	r , мм	S , мм	h_{ae} , мм	h_{fe} , мм	R_e , мм	d_e , мм	P	Z	d_{ae} , мм	d_{fe} , мм	d_{eb} , мм
70	9,3	5	2	8,3	10,3	167,67	237,13	37,20	20	248,86	222,57	138,00
80	8,64	4	1	8,14	9,14	157,58	222,86	34,56	20	234,37	209,93	109,70
100	8,19	3	2	7,19	9,19	177,07	250,40	32,76	24	260,49	237,40	109,8
120	9,62	4	2	8,62	10,62	226,76	320,09	38,48	26	332,87	305,67	150,96

На основі проведених досліджень можна зробити наступні

ВИСНОВКИ:

1. Приведена методика розрахунку конструктивних параметрів гвинтових гофрованих робочих органів сільськогосподарських машин;

2. Виведені аналітичні залежності для визначення конструктивних і технологічних параметрів зубчастих формувальних елементів для виготовлення гофрованих гвинтових робочих органів сільськогосподарських машин різного функціонального призначення.

Літеатура

1. Монишин Е.М. Гибка и правка на ротационных машинах. – М.: Машиностроение, 1977. – 269с.
2. Аверкиев Ю.А. Характер формоизменения и силовые усилия при гибке полосы на ребро. // Весник мшиностроения. – 1981. –№1. – . 64-66.
3. Смирнов–Аляев Г.А., Чепедовський В.П. Экспериментальные исследования в области обработки давлением. – Л.: Машиностроение, 1972. – 360 с.
4. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков. – Львов: Вища школа, 1986. – 213с.
5. Патент №65124А. Україна. Пристрій для виготовлення гофрованих гвинтових заготовок. Драган А.П. – Бюл. №3. – 2004.