

ПРОЕКТУВАННЯ ГВИНТОВИХ ГОФРОВАНИХ СТРІЧОК ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Гурик О. Я. к.т.н., Клендій М. Б. к.т.н., Клендій О.М.

(Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя)

Приведено технологічні основи проектування навитих гвинтових гофрованих стрічок, які доцільно використовувати при виготовленні гвинтових робочих органів змішувачів сільськогосподарської продукції, що дозволяє забезпечити покращення якості змішування сипких матеріалів і збільшення продуктивності праці.

Постановка проблеми. У різних галузях народного господарства і в сільськогосподарському виробництві значну перспективу використання мають гофровані гвинтові стрічки різних шнекових робочих органів. Їх використання зумовлене такими основними характерними особливостями:

- у механізмах з невстановленим режимом руху, за умови максимального використання робочого об'єму, забезпечується значна інтенсифікація процесів перемішування та сепарації;
- підвищена міцність спіралей на згин;
- можливість впровадження прогресивних технологій навивання та прокатування у процесі виготовлення широкострічкових шнекових елементів;
- зменшення зусилля формоутворення гвинтових гофрованих профілів в порівнянні з плоскими.

Шнекові робочі органи із гофрованими гвинтовими спіралями отримали широке застосування у конструкціях змішувачів сільськогосподарських та інших машин.

Одним із шляхів підвищення ефективності процесів змішування є використання гвинтових стрічкових робочих органів із зовнішньою або внутрішньою гофрованою поверхнею. При цьому забезпечується інтенсифікація зсувних деформацій в змішувальній середовищі. Гофрована поверхня забезпечує зсув та розділення шарів сипкого матеріалу, а також цьому сприяє зміна величини кроку гвинтової стрічки.

При цьому в технології сільськогосподарського машинобудування недостатньо розглянуті конструкції і технології їх виготовлення. Оскільки технологія виготовлення таких шнеків не відпрацьована, то необхідно розробити методику профілювання гофрованої спіралі і провести відповідні технологічні розрахунки проектування технологічного оснащення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням дослідження проектування гвинтових гофрованих стрічок для змішування сипких матеріалів присвячено багато наукових праць [1;2;3;4], однак цілий ряд питань залишається невирішеним.

Розроблено ряд конструкцій гвинтових стрічок з гофрама за зовнішнім і внутрішнім діаметрами спіралі і за всією шириною стрічки (рис.1.) [2;3], однак цілий ряд питань необхідно доопрацювати і розширювати зону дослідження.

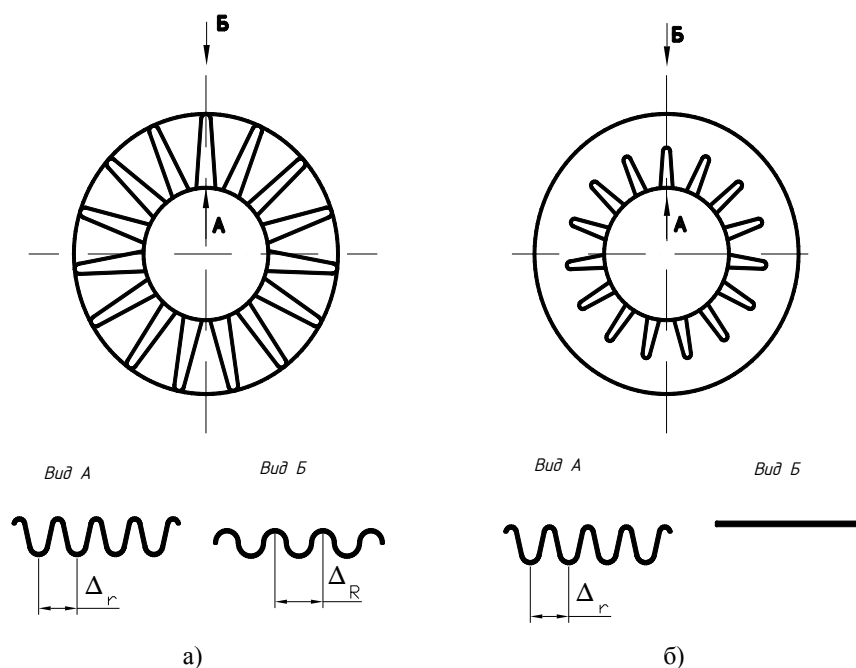


Рис.1. Конструкція гвинтових стрічок з гофрованими поверхнями за всією шириною стрічки (а) та за внутрішнім діаметром до половини стрічки

Мета роботи. Метою даної роботи є розробка методики профілювання гвинтових гофрованих спіралей і проведення відповідних технологічних розрахунків проектування технологічного оснащення і технологічних процесів змішування сипких матеріалів.

Робота виконується згідно постанови Кабінету Міністрів України “Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентноздатною технікою,, на 2005...2009 роки.

Реалізація результатів досліджень. Практично гофровані спіралі можна виготовити методами прокатування і навивання на оправу. Враховуючи, що енерговитрати прокатування в 3...5 разів більші ніж навивання то рекомендуємо це робити навиванням.

Процес навивання стрічки на ребро при використанні стрічкової заготовки зі співвідношенням ширини стрічки (B) до її товщини (H) в межах 10...15 не представляє складності. У випадку навивання на ребро із співвідношенням 15...25 процес нестійкий. При цьому гофри утворюються різних розмірів і форм, процес є не керованим і з великою невідповідністю конструктивних параметрів. Для упорядкування цього процесу необхідно задатися аналогічними взаємозв'язаними залежностями, які описують профіль гофр і розробити робочі креслення технологічного оснащення для їх формування. Як вдалося встановити гофри можна формувати як за всією шириною стрічки так і за внутрішнім діаметром так і на частині ширини стрічки.

Гофри можуть мати товщину, яка рівна товщині стрічки і зі зменшеною товщиною матеріалу. Закон зміни ширини поперечного перерізу стрічки, виходячи з того, що максимальне радіальне напруження мале в порівнянні з

напруженням текучості при використанні нестисливості, можна виразити залежністю:

$$h_p = H_0 \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}, \quad (1)$$

де h_p – товщини поперечного січення на віддалі ρ_0 від центра кривизни, мм;

H_0 – товщина стрічки, мм;

ρ_0 – радіус нейтрального шару деформації, мм;

ρ – біжучий радіус кривизни, мм.

Радіус нейтрального шару деформації ρ_0 , знаючи співвідношення ширини спіралі після формоутворення до її початкового значення $\beta_y = \frac{B_1}{B}$, можна визначити аналітично [4] з умови постійності об'ємів елементарної ділянки до і після згину:

$$\rho_0 = \beta_y^2 \left[\frac{2\rho_c}{\left(\sqrt{\frac{\Delta_R n}{2\pi}} + \sqrt{\frac{\Delta_r n}{2\pi}} \right)^2} \right], \quad (2)$$

де ρ_c – радіус центра ваги січення за умови зміни товщини спіралі за залежністю (1), мм;

R і r – відповідно зовнішній і внутрішній радіуси витка, мм.

Методологія проектування профілів гофр повинна базуватися на пластичних, міцнісних та інших технологічних характеристиках полоси металу. Потрібно також враховувати і технологічні характеристики об'єкту виробництва і задаватися відповідним профілем і кількістю гофр на одному витку спіралі, їх параметрами.

Зовнішній радіус витків за початкової ширини стрічки можна визначити за формулою:

$$R = \frac{\Delta_r n}{2\pi} + \beta_y \cdot B, \quad (3)$$

де β_y – коефіцієнт ущільнення стрічки за шириною (висота січення стрічки).

Експериментально встановлено, що коефіцієнт ущільнення, при навиванні на оправу гофровані спіралі, описується залежністю [1]:

$$\beta_y = m[2(r + B)/D_{em}]^n, \quad (4)$$

де m і n – відповідно параметри, які залежать від марки матеріалу заготовки і технологічних умов формоутворення;

D_{em} – діаметр втулки, а обтискує полосу при формоутворенні, мм.

Кут нахилу трапецевидного профілю полоси, який утворюється в процесі навивання з прямокутного, визначаємо із залежності:

$$\operatorname{tg}\gamma = \sqrt{\frac{(1 - \beta_y) \cdot B}{2 \cdot R_{em}}}. \quad (5)$$

Після щільного навивання витків спіралі її розтягують на крок, зменшуючи внутрішній та зовнішній діаметри, що приводить до зміни кроку спіралі в певному співвідношенні. При змінних B та r відповідно крок спіралі можна визначити за допомогою залежності:

$$T = \sqrt{\frac{\Delta_R^2 \cdot n^2 - \Delta_r^2 \cdot n^2 \cdot \psi^2}{\psi^2 - 1}}, \quad (6)$$

де ψ – коефіцієнт нерівномірності витягування.

Процес формування звичайних спіралей шнеків оцінюють двома основними показниками – коефіцієнтом нерівномірності витягування ψ і відносною товщиною заготовки $h_{відн} = H/B$. Коефіцієнт ψ враховує пластичність матеріалу заготовки і його граничні значення, які є зв'язані з відносним видовженням S_5 , як при формуванні спіралі, так і при формуванні гофр при стандартному випробуванні металів на розтяг і визначається приблизною залежністю [2]:

$$\psi = (1 + 2\delta_5)^2. \quad (7)$$

Відносна товщина заготовки враховує стійкість процесу навивання і приблизно рівна [1] $h_{\text{від}} = (0,2 \dots 0,3)H_0$, що обмежує технологічні можливості пристроїв для їх навивання.

Як показали дослідження до переваг гофрованих шнеків відноситься:

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

На основі приведеної методики проектування гофрованих гвинтових робочих органів змішувачів сипких матеріалів спроектовано технологічне оснащення для формоутворення спіралей шнеків шляхом навивання на оправу.

Виходячи з процесу формоутворення гофрованих спіралей навиванням, амплітуда коливання може змінюватися за лінійним законом [3]:

$$A(\rho) = a_0 + k\rho. \quad (8)$$

Якщо гофри за внутрішнім діаметром відсутні $A(\rho) = 0$, то залежність (8) запишеться у вигляді:

$$A(\rho) = \frac{A_{\text{max}}(\rho - r)}{R - r}, \quad (9)$$

де A_{max} – максимальна амплітуда гофрів за зовнішнім краєм, мм.

У випадках, коли необхідно забезпечити достатню міцність спіралі гвинтового робочого органа, гофри утворюють при основі стрічки. Тоді амплітуда $A(\rho)$ може бути апроксимована залежністю:

$$A(\rho) = a_0 + k / \rho. \quad (10)$$

Якщо по зовнішньому краї спіралі $A(\rho) = 0$, то залежність (10) прийме вигляд:

$$A(\rho) = A_{\max} \left(\frac{r(R - \rho)}{\rho(R - r)} \right). \quad (11)$$

Формоутворення гофрів на спіралі дає змогу одержувати їх без додаткових операцій. В ТДТУ ім. І. Пулюя розроблені технологічні процеси прокатування гофрованих спіралей і установка для їх реалізації.

Вплив гофрів на інтенсифікацію змішування пояснюється тим, що при переміщенні по гвинту частинкам надається додатковий рух в напрямку осі гвинта.

Висновки. Розроблена методика проектування гофрованих робочих органів змішувачів сипких матеріалів сільськогосподарських машин, що дозволяє в 3... 5 разів зменшити енерговитрати на їх виготовлення, зменшити товщину матеріалу стрічок та підвищити їх міцність.

Список літератури

1. Гевко Б.М., Рогатинський Р.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. Ун-те, 1989.-176с.

2. Гурик О.Я., Драган А.П., Гевко І.Б. До питання моделювання геометрії робочих органів гвинтових змішувачів. // «Вісник ТДТУ» - Тернопіль: Вид-во ТДТУ, 2002. – Том 7, №4. – С. 54-60с.

3. Дмитрів Д.В. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів малогабаритних кормозмішувачів: Дис... канд. техн. наук. 05.05.11. – Тернопіль, 2001. – 179 с.

4. Ревенко І.І., Роговий В.Д., Кравчук В.І., Манько В.М., Чос М.М. Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств. – К.: Урожай, 1993.-190 с.

5. Патент № 34056 Україна, В01F 7/00. Змішувач гвинтовий з пересипанням / Гевко І.Б., Левенець В.Б., Гевко М.Б., Клендій О.М. №u200802639; Заявл. 29.02.08; Опубл. 25.09.2008; Бюл.№18. – 2с.

Аннотация

Проектирования винтовых гофрированных лент для смешивания сыпучих материалов

Гурык О. Я., Клендий Н. Б., Клендий А.Н.

Приведено технологические основы проектирования навитых винтовых гофрированных лент, использование которых при изготовлении винтовых рабочих органов смесителей сельскохозяйственной продукции, что улучшает смешивание сыпучих материалов.

Abstract

Design spiral corrugated ribbons for mixing granular materials

O.Huryk, M.Klendiy, O.Klendiy

Technological basis of future design navytyh screw wavy ribbons that can be used in the manufacture of screw mixers working agricultural products that provide improved quality of mixing granular materials.