ТРАНСПОРТНІ ТА ТРАНСПОРТНО - ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 631.3

МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГНУЧКИХ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

Гевко Богдан Матвійович *д.т.н. професор*
Клендій Володимир Миколайович *к.т.н., доцент*
Навроцька Тетяна Дем'янівна *аспірант*
Мельничук Сергій Леонідович *аспірант*
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Hevko B.
Klendii V.
Navrotska T.
Melnychuk S.
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

Анотація: *приведена методика проектування прокатних гвинтових робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів, які забезпечують підвищення експлуатаційної надійності та довговічності.*
Ключові слова: *методика проектування гнучкий гвинтовий конвеєр, гнучкий гвинтовий робочий орган.*

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питаннями обґрунтування параметрів робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів присвячені праці Гевко Б.М. [1], Аверкиев Ю.А. [2], Рогатинського Р.М. [3], Васильківа В.В. [4], Германа Х [4], Пилипця М.І. [5] Гевка І.Б. [6] та багатьох інших.

Однак цілий ряд питань виготовлення ГГРО гвинтових конвеєрів потребують подальших досліджень. Це питання надійності і довговічності цих робочих органів, обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів ГГРО, вибір параметрів заготовок, параметрів технологічних процесів їх виготовлення та інших питань.

Постановка питання

Транспортування сипких і в'язких (типу сапропелю) вантажів криволінійними і комбінованими трасами за допомогою гнучких шнекових робочих органів, замкнутих в еластичний кожух, забезпечує високу мобільність при виконанні завантажувально-розвантажувальних і транспортних операцій і відповідно розширює їх технологічні можливості.

Однак, існуючі гнучкі гвинтові робочі органи (ГГРО) не в повній мірі не задовольняють експлуатаційними вимогами, які висувають до таких типів конвеєрів. Існуючі секційні робочі органи, які отримують методом прокатування, характеризуються складністю конструкції і низькою експлуатаційною надійністю і довговічністю.

Тому, актуальним завданням є розробка нових конструкцій ГГРО з розширеними технологічними можливостями, які забезпечують значне підвищення експлуатаційної надійності і довговічності, зменшення радіуса кривизни транспортної магістралі, зменшення енерговитрат та підвищення їх продуктивності.

Однак важливим фактором є вибір конструкції ГГРО.

Існують різні конструкції ГГРО серед них навивні, прокатні, пружинні і спеціальні. Так при проведенні порівняльних експериментальних досліджень ГГРО було встановлено, що найбільш прийнятними є навивні ГГРО, які характеризуються наступними перевагами: важливим фактором, який визначає надійність і довговічність робочого органу є різниця у величині товщини внутрішньої і зовнішньої кромок. Нами встановлено, що при прокатуванні спіралей шнеків товщина зовнішньої кромки шнека в 1,5…2,6 разів менша ніж внутрішньої, що забезпечує її відповідну низьку надійність і довговічність. При навиванні ГГРО ця різниця зведена до мінімуму і складає 0,1…0,2мм на 1мм товщини, полоси, яку навивають кроків 0,3…0,6мм для прокатування.

Мета роботи

Розробка методики проектування параметрів ГГРО гвинтових конвеєрів з врахуванням

особливостей їх виготовлення.

Реалізація роботи

Ступінь складності виготовлення спіралі шляхом намотування можна оцінити в основному двома параметрами: коефіцієнтом нерівномірності витяжки ψ і відносній товщині заготовки $h_{відн}=H/B$. Коефіцієнт враховує пластичність матеріалу і його граничне значення, яке зв'язане з відносним подовженням δ_5 при стандартному випробуванні металу на розтяг, наближеною залежністю [1]

$$\psi_{доп} = (1 + 2\delta_5). \tag{1}$$

Відносна товщина заготовки враховує стійкість процесу навивання. Розроблені пристрої дозволили зменшити значення полотна $h_{відн}$ *з 0,2...0,3 (B/H=3...5)* в існуючих конструкціях до 0,05...0,07, тим самим значно розширивши діапазон типорозмірів спіралей, виготовлених методом навивки.

Оскільки в розглянутих конструкціях здійснюється щільна навивка витків з подальшим розгинанням на крок, то одним з головних умов отримання точних спіралей є правильний розрахунок діаметра оправки. При навивці вузьких смуг на оправку малого діаметра внутрішній діаметр щільних витків практично дорівнює діаметру оправки d_o. Значення d_o визначають з умови розгинання витків на крок по експериментально встановленої залежності [1]

$$d_0 = \left[1 - (0{,}02...0{,}022)T / d\right](D - d)/(\psi - 1). \tag{2}$$

Радіус нейтрального шару деформації, довжина якого рівна довжині заготовки,

$$\rho_0 = \sqrt{Rr}, \tag{3}$$

де r і R – радіуси внутрішньої і зовнішньої крайок спіралі. Товщину смуги в залежності від поточного радіуса кривизни шукають по наближеній залежності

$$h_\rho = H_0\sqrt{\rho_0 / \rho} \tag{4}$$

де H_0 – товщина заготовки.

При вигині силою з невеликим плечем прикладені більш точне значення p_o можна знайти по залежності [1]

$$\rho_0 = \rho_{пр} - (\rho_{пр} - \sqrt{Rr}) \times \sqrt{1 + (R^2 + 2r\sqrt{Rr - 3Rr}) - 3(\rho_{пр} - \sqrt{Rr})^2} \tag{5}$$

де $\rho_{пр}$ - радіус додатку поздовжньої сили N, яке визначається підсумовуванням напруг по перетину. Радіус $\rho_{пр}$ пов'язаний з плечем додатку l згинального сили, коефіцієнтами тертя смуги (об оправку, μ_0, вигинає ролик μ_p) і кутом нахилу γ_p сили P залежністю

$$\rho_{пр} = \left(l + \left(\mu_p + tg\gamma_p\right)R + \mu_0 r\right)/(\mu_p + \mu_0 + tg\gamma_p) \tag{6}$$

Виходячи із заданих параметрів спіралі D, d, T і враховуючи отримані залежності, визначають параметри заготовки.

Беручи до уваги видовження смуги β при намотування, ширина заготовки

$$B_0 = B / \beta = (D - d) / 2\beta, \tag{7}$$

де β - коефіцієнт видовження, який визначається експериментально [1].

Товщину заготовки в залежності від необхідної товщини внутрішньої H або зовнішньої h крайок спіралі шукають по залежності.

$$H_0 = H\sqrt{r / \rho_0}, \qquad H_0 = h\sqrt{R / \rho_0}. \tag{8}$$

Довжина смуги, необхідна для виготовлення спіралі довжиною L,

$$L_0 = L\sqrt{\pi^2(2\rho_0 - d_0 + d)^2 + T^2 / T}. \tag{9}$$

Довжина заготовки з урахуванням обрізки кінців

$$L_3 = L_0 + (3...5)B. \tag{10}$$

Розрахунок енергосилових параметрів процесу навивки необхідно виробляти з урахуванням конкретної конструкції пристрою і реалізованої схеми навивки.

У загальному випадку момент чистого вигину смуги (при $l \to \infty$) [1]

$$M_{зг} = \beta_\sigma H_0 \sqrt[3]{r / R}(\sigma_{т.о.} + \prod \ln\sqrt{R / r})(R^2 + 2r\sqrt{Rr} - 3rR) / 3, \tag{11}$$

де β_σ - коефіцієнт, що залежить від співвідношення головних напружень; $\sigma_{т.о}$ -

екстрапольований межа плинності; *П* - лінійний модуль зміцнення.

Відповідно момент навивки можна представити у вигляді

$$M_н = k_M k_L M_{зг}, \tag{12}$$

k_M - коефіцієнт, що залежить від конструктивного виконання пристроїв, k_M = 1,05...1,25; k_L - коефіцієнт, що враховує значення плеча додаток згинального зусилля, $k_L = (l + \mu_p R) / \left[(l + \mu_p R - \mu_0 r)(1 - \sqrt{Rr}) \right]$. При навиванні спіралі пристроєм з перпендикулярної схемою розміщення обжимного ролика приймають в межах $1{,}5 \le k_L \le 2{,}5$.

Силу вигину *P*, необхідну для силового розрахунку конструкції пристроїв, знаходять як

$$P = \beta_\sigma H(\sigma_{т.о.} + \prod \ln\sqrt{Rr})\sqrt[4]{r/R}(R^2 + 2r\sqrt{Rr} - 3Rr)/3(l + (\mu_p + tg\gamma_p)R), \text{ або}$$

$$P = M_H / \{k_M \left[l + (\mu_p + tg\gamma_p)R \right]\}. \tag{13}$$

Для розрахунку процесу навивання з безперервним сходом смуги з оправки важливе значення має правильне виділення сил радіального і осьового затисків. В даному випадку, значення радіального притиску $P_r^{пр}$ не повинно бути менше *0,7...0,9* сили вигину *P*, а його осьова сила, яка прикладається до торця спіралі при намотування тільки перших трьох витків, не менше *(1,5...2)P*.

Для схеми з перпендикулярним положенням обжимного ролика діаметр оправки розраховують за залежністю (6.6). Довжина робочої частини оправлення залежить від кількості щільно навитих витків:

$$l_0 = H \cdot n + 10...15 мм, \tag{14}$$

де $n = L_0 / (2\pi\rho_0)$

Зовнішній діаметр притискної ступені оправлення визначають з умови

$$D_{пр} = d_0 + (0{,}95...0{,}98)(D - d). \tag{15}$$

Крок гвинтової торцевої поверхні притискної ступені приймають рівним товщині спіралі по внутрішній кромці $t = H$.

Висота калібру ролика $H_k = 0{,}5(D - d) - 0{,}5...1 мм.$, а діаметр його притискної поверхні $D_n \rangle 30 H_0$. З збільшенням D_p до *(50...70)*H_0 стійкість процесу навивання дещо покращується. Граничне значення діаметра обжимного ролика з умови оптимального розташування пластичної деформації визначається співвідношенням

$$D \le (0{,}3...0{,}4)\pi(Rr / H_0)\sqrt{R/r}. \tag{16}$$

Ширина робочого паска обжимного ролика $B_н$=(2...3) H_0.

Підвищення стійкості смуги при її намотування на оправку по перпендикулярній схемі і відповідно розширення технологічних можливостей способу досягається шляхом зміщення осі обжимного ролика щодо осі оправлення по подачі смуги на ε. Оптимальне значення ε можна визначити за наближеною залежності

$$\varepsilon = D_p H_0 \sqrt[4]{R/r} / (2\pi d_0). \tag{17}$$

Подачу обжимного ролика призначають в межах

$$s = (0{,}98...1) H_0 \sqrt[4]{R/r}, \tag{18}$$

де більше значення відповідає довшим спіралям (більше семи витків).

Кутову швидкість обертання оправлення вибирають з врахуванням потужності обладнання $\omega = N / M_H$, але не вище $\omega = 5...8 c^{-1}$.

При безперервному сході смуги з робочої зони діаметр робочої частини оправлення d_0 розраховують за залежністю (6.6).

Зовнішні діаметри нерухомою D_H і шпоночний $D_ш$ втулок визначають зі співвідношення

$$D_H = D_ш = d_0 + (D - d) - 2...4 мм. \tag{19}$$

Ширину шпоночної втулки $B_ш$*=(0,8...1,2)*D_0, а нерухомою приймають з урахуванням виконання стопорного пристрою. Крок гвинтових торцевих поверхонь кожної з втулок повинен відповідати ширині витка по внутрішній кромці. Довжину робочої частини оправлення (від нерухомої втулки) розраховують за залежністю

$$l_0 = 3H_o\sqrt[4]{R/r} + B_ш, \quad (20)$$

причому її калібруючи частина довжиною $l_k = (3...4)H_0$ виконують по діаметру d_0, а решту (з боку вільного кінця) - зі зменшеним на 0,3...0,6мм діаметром. Слід зазначити, що при намотування спіралей з великим відношенням *B*/*r* (понад 0,6...0,8), а також виготовлення спіралей з пружинних сортів стали, внаслідок недостатнього зчеплення смуги з оправкою (особливо, якщо остання виконана розжареної), можливий зрив безперервного процесу навивки. Тому для підвищення його стійкості на калібруючи частина оправлення необхідно нанести поздовжні насічки.

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

Розроблено технологічні процеси навивання і калібрування ГГРО підвищеної експлуатаційної надійності та довговічності.

Розроблена методика проектування витих гвинтових робочих органів і технологічного оснащення для гнучких гвинтових конвеєрів підвищеної експлуатаційності і довговічності, які доцільно використовувати при транспортуванні сипких і в’язких вантажів типу сапропелю, які широко використовують, як органічні добрива для ґрунтів України.

Список літератури

1. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков / Б.М. Гевко. - Изд. при Львовськом гос. у-те. ”Вища школа”. Львів. 1986. - 126 с.

2. Васильків В.В. Технологічне спорядження для виготовлення навивних заготовок / В.В. Васильків // ЛСГМ. Збірник наукових праць. Луцьк. Випуск 10. С.59-64.

3. Аверкиев Ю.А. Характер формоизменений и силовые условия при гибке полосы на ребро / Ю.А. Аверкиев. Весник машиностроение. 1984. №1. С.64-66.

4. Гевко Б.М. Оптимизация конструктивных параметров шнековых конвейеров / Б.М. Гевко Р.М. Рогатинський. Изд.вузов. Машиностроение 1987. №5. С.104-114.

5. Герман Х. Шнековые машины в технологии / Х. Герман. ФРГ-Л. 1975.

6. Гевко Б.М. Технологічні основи формоутворення різнопрофільних гвинтових заготовок деталей машин / Гевко Б.М. Пилипець М.И. та інші. Тернопіль. 2009. 458с.

7. Гевко Б.М. Технологічні основи формоутворення спеціальних профільних гвинтових деталей / Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б. та інші. Тернопіль. 2008, 370стор.

8. Рогатинський Р.М. Дослідження напружено-деформованого стану гвинтових робочих органів. Вісник НАУТ.1. Сучасні проблеми с.г. машинобудування , 1997,-с.34-39.

9. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів. Тернопіль, ТНТУ 2014,280ст.

10.Шимчук О.П. Обґрунтування параметрів модуля для добування озерних сапропелів. Автореф. канд. техн. наук. Тернопіль 2009, 21стор.

References

1. Hevko B.M. Tekhnolohyya yz·hotovlenyya spyraley shnekov. Yzd. pry L'vovs'kom hos. u-te. ”Vyshcha shkola”, L'viv 1986,126stor.

2. Vasyl'kiv V.V. Tekhnolohichne sporyadzhennya dlya vyhotovlennya navyvnykh zahotovok. LS·HM. Zbirnyk naukovykh prats'. Luts'k, Vypusk 10, st..59-64.

3. Averkyev Yu.A. Kharakter formoyzmenenyy y sylovыe uslovyya pry hybke polosы na rebro./Vesnyk mashynostroenye 1984. #1, s.64-66.

4. Hevko B.M., Rohatyns'kyy R.M. Optymyzatsyya konstruktyvnыkh parametrov shnekovыkh konveyerov./Yzd.vuzov. Mashynostroenye 1987.#5. s.104-114st.

5. Herman Kh. Shnekovыe mashynы v tekhnolohyy. FRH-L,1975.

6. Hevko B.M., Pylypets' M.Ы. ta inshi. Tekhnolohichni osnovy formoutvorennya riznoprofil'nykh hvyntovykh zahotovok detaley mashyn. Ternopil', 2009,458st.

7. Hevko B.M., Lyashuk O.L., Hevko I.B. ta inshi. Tekhnolohichni osnovy formoutvorennya spetsial'nykh profil'nykh hvyntovykh detaley. Ternopil',2008, 370stor.

8. Rohatyns'kyy R.M. Doslidzhennya napruzheno-deformovanoho stanu hvyntovykh robochykh orhaniv. Visnyk NAUT.1. Suchasni problemy s.h. mashynobuduvannya , 1997,-s.34-39.

9. Rohatyns'kyy R.M., Hevko I.B., Dyachun A.Ye. Naukovo-prykladni osnovy stvorennya hvyntovykh

transportno-tekhnolohichnykh mekhanizmiv. Ternopil', TNTU 2014,280st.

10.Shymchuk O.P. Obgruntuvannya parametriv modulya dlya dobuvannya ozernykh sapropeliv. Avtoref. kand. tekhn. nauk. Ternopil' 2009, 21stor.

МЕТОДИКА ПРОЕКИТУВАННЯ ГВИНТОГВИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ГИБКИХ ВИНТОВОЙ КОНВЕЙЕР

Аннотация: *приведена методика проектирования прокатных винтовых рабочих органов гибких винтовых конвейеров, обеспечивающих повышение эксплуатационной надежности и долговечности.*

Ключевые слова: *методика проектирования гибкий винтовой конвейер, гибкий винтовой рабочий орган.*

PROEKYTUVANNYA METHOD OF FLEXIBLE WORKING HVYNTOHVYH SCREW CONVEYOR

Summary: *present methods of designing helical rolling work of flexible screw conveyors that provide increased operational reliability and durability.*

Keywords: *methods of designing flexible screw conveyor flexible screw working body.*