

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

УДК.621.867

Б.Гевко, докт. техн. наук, Н.Вівюрка

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГВИНТОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН ХАРЧОВОЇ І ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

У статті подано обґрунтування конструкторсько-технологічних параметрів гвинтових робочих органів машин, що використовуються у харчовій і переробній промисловості

Розвиток народного господарства країни і перехід економіки на ринкові відносини вимагають значного розширення номенклатури машин, підвищення їх продуктивності і якості за рахунок досягнень НТП, засобів механізації й автоматизації. Розв'язання цих проблем вимагає глибокого вивчення процесів обробки, переробки і транспортування різних матеріалів, особливо машинами неперервного транспорту, що дозволяють повністю механізувати і автоматизувати виробництво. До таких процесів належить обробка продуктів і матеріалів за допомогою шнекових пристроїв. Висока продуктивність праці, відносна простота конструкції багатofункціональність дозволяють використовувати шнекові пристрої для отримання багатоскладникових продуктів або напівфабрикатів як у дискретних технологічних системах, так і у складі високо-продуктивних автоматичних ліній.

Механізми з гвинтовими пристроями широко застосовуються у харчовій і переробній промисловості завдяки концентрації різних операцій у поєднанні з транспортуванням, завантаження-розвантаження, подрібнення, змішування, пресування, очищення і зендрування шкіри, видавлювання соків, натягування ліній електропередач, та ін. Специфіка їх роботи зумовлена різноманітністю операцій технологічних процесів, а також регіональними властивостями транспортованих матеріалів, номенклатурою і конструктивними параметрами шнекових механізмів.

У харчовій промисловості вони застосовуються для:

- транспортування, подрібнення, пресування і виділення соків;
- приготування і розфасовування харчових мас;
- фасовного подрібнення картоплі, овочів, фруктів;
- приготування кремів у кулінарній промисловості;
- очистки, транспортування і сортування коренеплодів;
- вентиляції і сушіння сільськогосподарської продукції;
- очистки і калібрування шкіри при її вичинці та ін.

Система шнекових механізмів використовується в термоагрегатах для очищення картоплі, буряків та інших коренеплодів від лушпиння (рис.1).

Технологічний процес виконується в паровому барабані 2, у верхній частині якого розміщений шнек, що подає картоплю вздовж барабана і обробляє парою під тиском. Далі картопля потрапляє у нижню частину барабана 4, лушпиння картоплі тріскається і другим шнеком 5 подається до вивантажувального вікна і мийної машини.

Останній процес промивання виконується в місткості з водою також за допомогою одного або декількох шнеків.

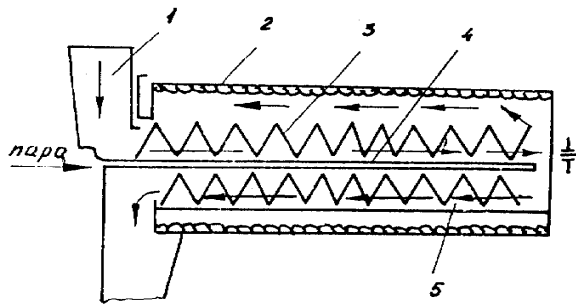


Рис.1. Термоагрегат для очищення коренеплодів.

Пристрій для виготовлення пельменів (рис. 2) складається з корпусу 1, в якому розміщені двосекційний шнек 2, формотворний канал 3 для подання тіста і мундштук 4 для подання фаршу.

Тістоприготувальна і ділильна машина порцій тіста і подання до місця призначення у хлібобулочних агрегатах теж базується на системі шнекових елементів 2 і 3. Робочі органи транспортера тіста, що запобігають його налипанню на транспортному шнекові зображені на рис. 3.

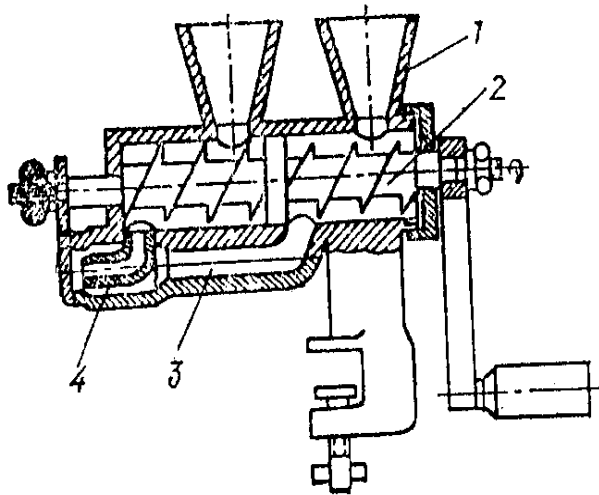


Рис.2. Пристрій для виготовлення пельменів.

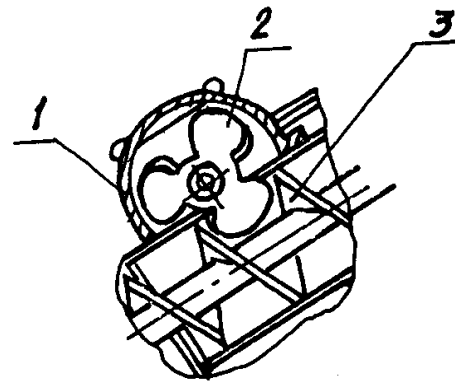


Рис.3. Тістоприготувальна і ділильна машина порцій тіста.

Технологічний процес роботи гвинтових пристроїв базується на принципі перетворення обертального руху виконавчого органа - гвинта - на поступальний рух робочого матеріалу і на самих властивостях гвинтової поверхні, що математично задається такими рівняннями:

$$\begin{aligned} x &= u \cos (v + v_0); \\ y &= u \sin (v + v_0); \\ z &= v T / 2\pi, \end{aligned} \quad (1)$$

де T - крок гвинтової поверхні; u - радіальний параметр поверхні $d/2 < u < D/2$; v - поточне значення кутового параметра; v_0 - початкове кутове положення поверхні у системі координат O_{xyz} при $v = 0$. Тут D і d - відповідно зовнішній і внутрішній діаметри гвинта.

Система рівнянь (1) показує, що у гвинтовій поверхні біжучий кутовий параметр v безпосередньо пов'язаний з координатою, спрямованою на осі гвинтової поверхні. Коли гвинтова поверхня виконує функцію робочого органа, вона накладає певні зв'язки на робоче тіло. Крім того, на робоче тіло накладаються зв'язки від направляючих поверхонь: русла, жолоба, спеціальних направляючих.

Наприклад, у механічній передачі гвинт - гайка на гайку з боку направляючих поверхонь накладено 5 зв'язків, що позбавляють її п'ятих ступенів вільності. Залишається один ступінь вільності, і відповідно на гайку з боку гвинта накладений один зв'язок. Тому кінетична пара гвинт - гайка належить до п'ятого класу і має однозначно визначене передаткове відношення.

Зв'язок між лінійним переміщенням гайки (подачею s) і обертальним переміщенням гвинта (кутовою швидкістю ω) в цьому випадку можна визначити диференціюванням третього рівняння системи (1).

$$S = dz / dt = [d(vT/2\pi)] / dt = wT / 2\pi \quad (2)$$

Залежність (2) справедлива не тільки для механічної передачі гвинт-гайка, але й для транспортних пристроїв, у яких центр ваги тіла переміщається тільки у напрямку, паралельному до осі шнека, наприклад, при транспортуванні штучних вантажів у руслі, утвореному двома шнековими вальцями у безвідливому режимі.

Під час переміщення вантажів у гвинтових конвеєрах на транспортне тіло з боку поверхні гвинта діє осьова сила P_z і обертовий момент M_b . Основна умова транспортування полягає у наявності сил опору, що створюють момент опору M_0 , який гальмує обертальний рух вантажу, викликаючи тим самим осьове переміщення. Опір утворюють сили тяжіння чи сили тертя з боку жолоба чи середовища, яким транспортують вантажі. Осьове переміщення вантажів виконується руслом, утвореним нерухомими та рухомими поверхнями. При транспортуванні сипких вантажів роль русла виконують гнучкі чи жорсткі жолоби закритого або відкритого типу, а при транспортуванні штучних вантажів (наприклад, у шнекових очисниках і т. п.) - поверхні вальців, що обертаються. У деяких випадках, наприклад, при використанні шнекових бурів, роль русла виконує робоче середовище. Аналогічно переміщуються рідкі та газоподібні речовини за допомогою гвинтових пристроїв.

При транспортуванні сипкого вантажу у горизонтальному гвинтовому конвеєрі з низькою частотою обертання, коли робоче тіло силами земного тяжіння утримується від обертового руху, момент опору від сили тяжіння M_0 і момент, прикладений до вантажу з боку гвинта, зрівноважуються, і переміщення відбувається тільки у осьовому напрямку шнека. Теоретична швидкість центра ваги вантажу, що має тільки осьову складову v_{oc} , у цьому випадку визначається із залежності (2).

В іншому випадку вантаж у закритому жолобі переміщається гвинтовою траєкторією. Його розміщення визначається двома змінними параметрами - лінійною координатою центра ваги вантажу L_c і, відповідно, кутовою координатою θ при постійному значенні радіуса потоку (радіальному розміщенні ваги R_n).

У цьому випадку поряд з осьовою складовою v_{oc} швидкості потоку буде і його колова складова:

$$v = \omega_b R_n,$$

де ω_b - кутова швидкість центра ваги потоку $\omega_b = d\Theta / dt$.

Кутовий параметр вантажу Θ зв'язаний з кутовим параметром гвинтової поверхні залежністю

$$\Theta = (1 + \alpha) v + v_0 + \omega t, \quad (3)$$

де α - коефіцієнт, що враховує просторове розміщення гнучких гвинтових конвеєрів $|\alpha| \ll 1$, для жорстких конвеєрів $\alpha = 0$.

Відповідно швидкість осьового переміщення вантажу

$$v_{oc} = (\omega - \omega_B) T / [2 \pi (1 + \alpha)]. \quad (4)$$

Для прямолінійного (жорсткого) конвеєра відповідно

$$v_{oc} = T (\omega - \omega_B) / 2 \pi. \quad (5)$$

Враховуючи, що $\alpha \ll 1$, залежність з достатньою для практичного використання точністю можна використовувати і при розрахунках гвинтових конвеєрів з просторовим розміщенням траси транспортування.

У загальному випадку транспортування вантажів для визначення продуктивності використовують залежність

$$Q_M = \gamma_G F_{\Pi} v_{\Pi},$$

де F_{Π} і v_{Π} - площа поперечного перерізу і його середня швидкість; γ_G - об'ємна маса насипного вантажу.

Відповідно до гвинтових конвеєрів площу поперечного перерізу потоку зручно визначити через площу прохідного перерізу жолоба і коефіцієнт ϕ наповнення конвеєра. У цьому випадку об'ємний видаток вантажу

$$Q = 0,25 \pi \phi v_0 (D_{\text{ж}}^2 - d^2), \quad (6)$$

де $D_{\text{ж}}$ і d - діаметр вала і жолоба.

При транспортуванні у гвинтових конвеєрах к.к.д. обчислюють як відношення корисної роботи на підняття вантажу до загальних витрат енергії. Для горизонтально розміщених конвеєрів величина не може служити критерієм ефективності, тому ефективність доцільно визначати через коефіцієнт опору переміщення W - питому роботу, необхідну для переміщення одиниці маси вантажу на одиницю довжини.

Потужність гвинтових транспортних механізмів визначають із залежності

$$N = g \gamma_c Q (L_{\Pi} W + H_{\Pi}),$$

де L_{Π} і H_{Π} - проекція довжини транспортування і висоти підйому вантажу g - прискорення сили тяжіння.

З урахуванням різноманітності функцій шнекових механізмів і особливостей їх роботи і конструкцій відповідно і вибір матеріалів для їх виготовлення досить широкий. Основні вимоги до матеріалів шнеків такі:

- пластичність при виготовленні;
- міцність при крученні і згинанні;
- добре припрацювання;
- опір корозії і зношенню;
- пружність при затискних функціях;
- незначна деформація під час термообробки.

Гвинти доцільно виготовляти з легованих конструкційних сталей, чавуну, пластичних мас та інших матеріалів. У шнеках, які виготовляють зварними, спіралі виготовлені із сталі марок 08кп, 10кп, 65Г, Ст3. При необхідності робочі поверхні хромують, нікелюють та обробляють іншими гальванічними покриттями. Застосовують також технологічні методи підвищення твердості гвинтової стрічки на зовнішньому діаметрі.

Шнекові робочі органи в переробній та інших галузях промисловості повинні мати високу корозійну стійкість до харчових продуктів, соків, вин, ліків та інших компонентів.

Цим властивостям відповідають сплави звичайного заліза з різною кількістю хрому (12...20%), нікелю (1,5...11%) і молібдену (до 3%), інколи в малих дозах (0,1...0,5%) додають вуглець і титан [2].

Оптимальні марки, які доцільно використовувати для виготовлення шнекових механізмів, є 18Н9Т, 18Н12Т, 25Х16Г7АР, що мають коефіцієнт відносного видовження $\delta_5 = 40\%$, а високопластичні сталі 08кп і 10кп $\delta_3 = 33\%$.

Нержавіючі сталі доцільно зварювати без доступу повітря за допомогою електродів відповідної марки сталі.

Сучасний розвиток харчової і переробної промисловості вимагає значного підвищення техніко-економічних параметрів засобів механізації і автоматизації і технологічного обладнання, що базуються на використанні гами шнекових механізмів багатофункційного призначення. Прогресивні конструкції шнеків можна отримувати методом навивання на оправку різними механічними способами.

Висока точність виготовлення спіралей шнеків методом навивання на оправки дозволяє отримувати точні шнеки без кінцевої їх обробки на зовнішньому діаметрі. При цьому важливе значення має точне визначення ширини стрічки. Для знаходження усадки стрічки при різних режимах і схемах навивання проведено експериментальні дослідження. Встановлено, що при навиванні усадка стрічки залежить від пластичності матеріалу, рівня деформації, співвідношення товщини і ширини заготовки, значення плеча прикладення згинної сили, схеми згину і конструктивних параметрів пристроїв (рис.4).

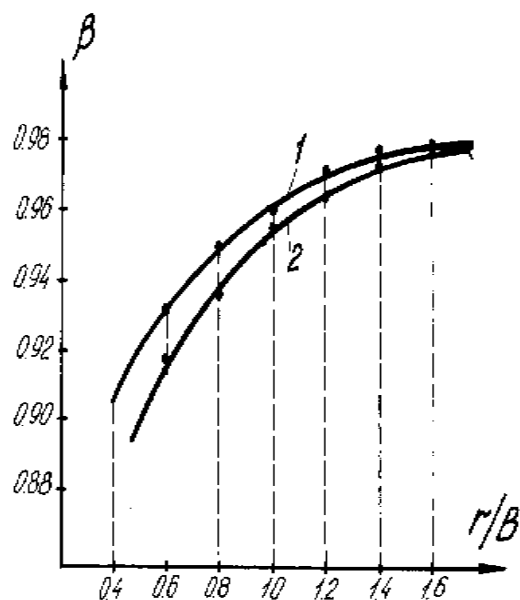


Рис.4. Залежність кута нахилу витків від відношення відносного радіуса згину до ширини смуги.

У цілому усадку стрічки можна поділити на усадку від згину і усадку від зминання металу на інструменті. Дослідження показали [3], що значення усадки від згину добре відповідають даним, отриманим при згині широких стрічок з м'якої сталі у штампах (рис. 4). Усадка на інструменті, яка при згині широких стрічок практично відсутня, значно залежить від виду пристрою для навивання. Так для неперервного навивання вона становить $(0,005...0,18)B$ - ширини стрічки, для навивання у пристроях із взаємно перпендикулярними осями оправки і обтискного ролика $(0,004...0,035)B$, з обтискним косим роликом $(0,025...0,055)B$, при навиванні на гвинтову оправку $(0,045...0,075)B$. При цьому більше значення усадки відповідає меншим значенням відносного радіуса згину $r = r/B$, відносної товщини $h = H/B$, довжини плеча прикладення згинної сили

і радіуса обтискного ролика. Загальна усадка стрічки $V = V_1 + V_2$ може у деяких випадках досягти значних розмірів (понад 10%) і суттєво впливати на зміну параметрів отримуваної спіралі.

Подані результати дослідження дозволяють уточнити конструкторсько-технологічні параметри гвинтових робочих органів шнекових механізмів, що використовуються у технологічних процесах переробної і харчової промисловості.

In the article given substantiation konstruktion-technological characteristics of screw organs of machines, which using in foot and remake industry.

Література

1. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков.- Львов: Вища школа, 1986.
2. Гевко Б.М., Данильченко М.Г., Рогатинський Р.М. та інші. Механізми з гвинтовими пристроями.- Львів: Вища школа, 1993.
3. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке, Л.: Машиностроение, 1979.

Одержано 11.01.2000 р.