

УДК 621.941.1.

М. Пилипець, д.т.н., професор, І.Кучвара, аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ПРОЕКТУВАННЯ ШНЕКІВ КУЛАЧКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

М. Pylypets, I. Kyhvara

STUDY PARAMETERS OF FORMATION

ELIPSNYH SPIRAL ELEMENT

У технологічних лініях приготування кормових сумішей завершальною операцією є змішування їх компонентів, яке здійснюється в спеціальних пристроях - змішувачах кормів порційної або безперервної дії. В якості робочого органу для змішувачів безперервної дії доцільно використовувати кулачковий гвинтовий робочий орган. Основною деталлю для такого робочого органу є шнек, спіраль якого отримують із заготовки навитої з вихідної смугової заготовки на еліпсну оправу з кроком рівним товщині смуги.

Процес навивання смуги на еліпсну оправу можна виконувати як в холодному так і в гарячому станах в залежності від конструктивних параметрів оправу та висоти смуги з якої навивається заготовка і її пластичності. На еліпсну оправу з параметрами $k \geq 0,6$, $a = 50$ мм заготовки з питомою висотою більше 10 і твердістю HB $10^{-1} \geq 163$ МПа доцільно навивати в гарячому стані.

В процесі навивання смуги на оправу відбувається стиснення волокон смуги за внутрішнім діаметром і розтяг за зовнішнім діаметром. Максимальне стиснення і розтяг відбуваються на вершині еліпсної оправу протилежній малій осі еліпса.

У випадку навивання смуги на еліпсну оправу в холодному стані відбувається зміцнення матеріалу і момент гнуття залежить не тільки від текучості матеріалу заготовки і лінійного модуля зміцнення але і від форми кривої дуги еліпса оправу яку враховуємо через внутрішній радіус гнуття заготовки r :

$$M = \beta H \left[\sigma_{\text{то}} \frac{\beta_y^2 B^2}{4} + \Pi \left(\frac{2r^2 + 2r\beta_y B + \beta_y^2 B^2}{4} \cdot \ln \sqrt{1 + \frac{\beta_y B}{r} - \frac{2r\beta_y B + \beta_y^2 B^2}{8}} \right) \right] \quad (1)$$

Аналізуючи формулу (1) можна зробити висновок, що в процесі навивання смуги на еліпсну оправу в холодному стані відбувається зміна моменту гнуття смуги від кута повороту еліпсної оправу. При чому найбільший момент гнуття виникає при куті повороту $\theta = 0, \pi$ радіан, найменший при кутах повороту $\theta = 1/2\pi, 3/4\pi$ радіан.

Оскільки момент гнуття смуги в гарячому стані не залежить від радіуса кривизни еліпсної оправу, а отже він буде постійним протягом одного оберту оправу для заданих її параметрів і залежатиме лише від параметрів вихідної заготовки. Момент згину смуги в цих зонах, розглянувши процес деформації в гарячому стані можна визначити з виразу:

$$M = \beta \sigma_s \frac{H \beta_y^2 B^2}{4}. \quad (2)$$

Записавши рівняння рівноваги частини смуги, що піддається деформації при відомому моменті гнуття M в холодному стані можна знайти сили, що виникають в процесі навивання. В даному випадку рівнодіючу нормальних контактних напружень з виразу:

$$F = \frac{-P \cdot (\mu_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma - 1)}{\mu_2 \cdot \sin \gamma + \operatorname{tg} \gamma \cdot (-\mu_2 \cdot \cos \gamma + \sin \gamma) + \cos \gamma}; \quad (3)$$

поздовжню силу з виразу:

$$N = \frac{\mu_1 \cdot P + F \cdot (\mu_2 \cdot \cos \gamma + \sin \gamma)}{\cos \gamma}. \quad (4)$$

Експериментальні дослідження показали, що максимальна сила гнuttя P притискним роликом виникає на початковій стадії деформування, тобто, коли кут γ рівний нулю. Тому, можна записати, що:

$$P = F; \quad (5)$$

$$N = (\mu_1 + \mu_2) \cdot P; \quad (6)$$

$$P = \frac{M}{l + \mu_1 \cdot (R_3 - 1) + \mu_2 \cdot (R_0 - 1)}. \quad (7)$$

Відстань від центра обертання еліпсної оправы до її поверхні визначаємо за формулою:

$$R_0 = \sqrt{a^2 \cos^2 \theta + b^2 \sin^2 \theta}, \quad (8)$$

а зовнішній радіус взаємодії гвинтового елемента відносно центра обертання оправы можна визначити за формулою:

$$R_3 = \sqrt{(a + B)^2 \cos^2 \theta + (b + B)^2 \sin^2 \theta}. \quad (9)$$

Слід зауважити, що тут коефіцієнт тертя μ_1 між притискним роликом і профільною стрічкою є величиною приведеною і не відповідає безпосередньому значенню коефіцієнта тертя для контактуючих матеріалів. Момент, який необхідно прикласти для обертання оправы, можна визначити за залежністю:

$$M_O = k_M \cdot P \cdot (l + \mu_1 \cdot R_3) \quad (10)$$

де k_M – коефіцієнт, що враховує конструктивні виконання оправы.

Визначені значення силових параметрів технологічного процесу дають можливість навивати гвинтові еліпсні заготовки з необхідними конструктивними параметрами.

Технологічний процес виготовлення кулачкового робочого органу з певним кроком витків виконується методом розтягування або розклинювання на крок, для чого фіксується одна частина вихідної заготовки на вал необхідного діаметру, а за іншу частину спіраль розкручується до контакту з валом внутрішнього діаметра меншої осі еліпса або монтується труба із механізмом розклинювання на кінці. Перший виток еліпсної заготовки відгинають і пропускають через механізм розклинювання. При обертанні заготовки калібрована на крок спіраль розміщується на валу. Діаметр вала повинен бути не більшим за внутрішній діаметр спіралі. Приваривши спіраль до вала отримуємо кулачковий шнек – деталь кулачкового робочого органу змішувача.