

УДК621.82

© В.М.Клендій, к.т.н., В.В.Гупка, Р.М.Котик
Тернопільський національний технічний університет імені Івана
Пулюя

© А.П.Драган, к.т.н.,
ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут»

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ГОФРОВАНИХ РІЗНОПРОФІЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Приведена конструкція обкатного верстату з конічними формами формувальними колесами для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок. Виведені аналітичні залежності для визначення силових і конструктивних параметрів технологічного процесу гнуття гвинтових гофрованих заготовок між двома прямозубими колесами.

ГВИНТОВИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН, ГОФРОУТВОРЕННЯ, ПРОФІЛЬ

Постановка проблеми. У машинобудуванні рівень технологічного забезпечення для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок в нашій країні і за її межами залишається недостатнім, а наукова база для його створення не завжди відповідає сучасним вимогам за різними параметрами. Серед зазначених проблем важливе місце посідає дослідження та розроблення прогресивних технологічних

процесів формоутворення гвинтових гофрованих заготовок, які набули широкого застосування у змішувачах, теплообмінниках, машинах кондитерської, харчової і фармацевтичної промисловості. Підвищення вимог до конструкції і технологічних параметрів, якості, надійності та довговічності, розширення технологічних можливостей потребують глибокого аналізу існуючих конструкцій і технологій їх виготовлення та розроблення на цій основі наукового обґрунтування теоретичних та експериментальних напрацювань та їх успішного впровадження у виробництво.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями проектування гвинтових гофрованих робочих органів конвеєрів (ГГРОК) присвячені праці Лисавого М.Н. [1], Мошніна Е.М. [2], Рокотяна С.Е. [3], Пилипця М.І. [4], Бронштейна І.М. [5], Ляшука О.Л. [6], Драгана А.П. [7], Дячуна А.Є. [8], Рогатинського Р.М. [9], та багатьох інших. Однак цілий ряд питань удосконалення конструктивних і технологічних параметрів технологічного оснащення і технологічних процесів потребують подальших досліджень.

Мета дослідження – розробка та практична реалізація прогресивних технологічних процесів отримання гвинтових гофрованих і кільцевих заготовок є актуальними, що має важливе народногосподарське значення.

Результати дослідження. Одним із способів виготовлення ГГЗ є формування гофр за допомогою зубчастих коліс з відповідним профілем зубів (рис. 1).

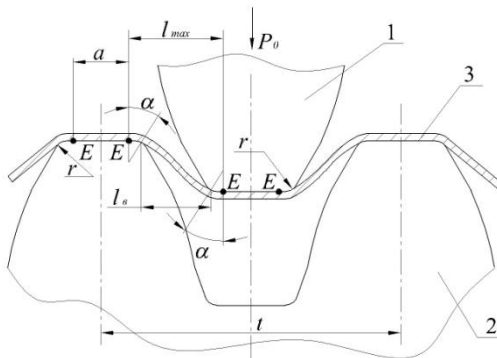


Рис. 1 – Розрахункова схема гофроутворення:
1 – зуб верхнього колеса; 2 – зуб нижнього колеса; 3 – стрічка

Розглянемо процес утворення гофрованих заготовок прямозубими колесами.

Визначимо зусилля P_0 , яке необхідне для гнуття заготовки у вигляді стрічки між двома прямозубими колесами.

Розглянемо цей випадок, як балку, що загинається навколо робочих ребер зубів в чотирьох точках E з радіусом згину r .

Із умов рівності згинних моментів зовнішніх і внутрішніх сил виведено рівняння:

$$M = P_0 \cdot l_B = 4W(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b = \frac{4bS^2}{6}(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b, \quad (1)$$

де W - момент опору гнуттю;

ε_b - відносне видовження матеріалу в початковий момент утворення шийки;

σ_b - тимчасовий опір розриву;

b - ширина стрічки;

S - товщина стрічки;

l_g - величина плеча, яке змінюється в процесі опускання зуба у впадину, визначається із геометричних співвідношень:

$$l_g = \frac{t}{2} - a - 2r \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

де t - крок зубів;

a - величина прямолінійної ділянки зуба;

r - радіус заокруглення при вершині зубів;

α - кут гнуття, що утворюється в результаті переміщення крайньої точки контакту матеріалу із заокругленнями зубів.

Тоді

$$P_0 = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t}{2} - a - 2r \cdot \sin \alpha\right)}. \quad (3)$$

Найменше зусилля гофроутворення має місце при горизонтальному розміщенні стрічки на початку гнуття при

$l_{\max} = \frac{t}{2} - a$, найбільше – в кінці, коли $\alpha \rightarrow 90^\circ$. Для цього випадку

$$P = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t}{2} - a - 2r\right)}. \quad (4)$$

Аналізуючи процес формоутворення гофр між двома конічними зубчастими колесами (рис. 1), встановлено, що згідно (2.6) плече l_g змінюється рівномірно вздовж всієї ширини заготовки.

Отже, сила гофроутворення на більшому радіусі гнуття менша ніж на меншому радіусі гнуття.

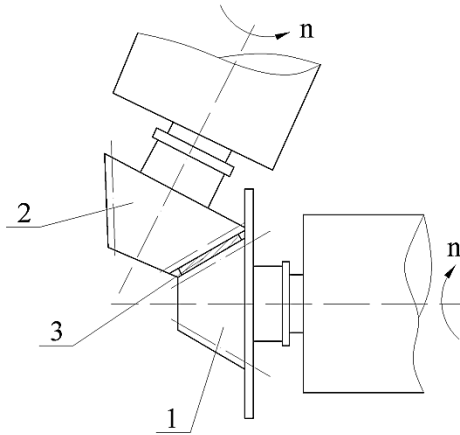


Рис. 2 – Схема утворення гофрованої поверхні конічними колесами:
1 – ведуче конічне колесо, 2 – ведене конічне колесо, 3 – стрічка

Крім цього, внаслідок виникнення різниці напружень по ширині стрічки, утворюється гофрована спіралевидна поверхня.

Зусилля, необхідне для гофрування двома конічними зубчастими колесами P_{cp} , визначаємо як середнє значення зусиль гнуття по більшому і по меншому радіусах з врахуванням сили тертя на переміщення заготовки:

$$P_{cp} = \frac{P_3 + P_B}{2}. \quad (5)$$

Згідно (3)

$$P_3 = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t}{2} - a_3 - 2r_3 \cdot \sin \alpha\right)}; \quad (6)$$

$$P_B = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_B}{2} - a_B - 2r_B \cdot \sin \alpha\right)}, \quad (7)$$

де P_3 і P_B - відповідно зусилля гофроутворення по більшому і меншому радіусах;

t_3 і t_B - відповідно крок зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс;

a_3 і a_B - відповідно величини прямолінійних ділянок зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс;

r_3 і r_B - відповідно радіуси заокруглення при вершинах зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс.

Крім вищезгаданих способів утворення гофр можна використовувати прямі та конічні колеса із зубами, що відповідають профілю утворюваної гофри (рис. 3). Перевагою цього методу над попередніми є те, що в процесі гнуття утворюються криволінійні ділянки.

Зусилля гофроутворення колесами із спеціальними зубами P_0 визначено аналогічно до зусиль при використанні модульних зубчастих коліс. Змінюється лише значення плеча l_6 :

$$l_6 = \frac{t}{2} - 2r_3 \sin \alpha . \quad (8)$$

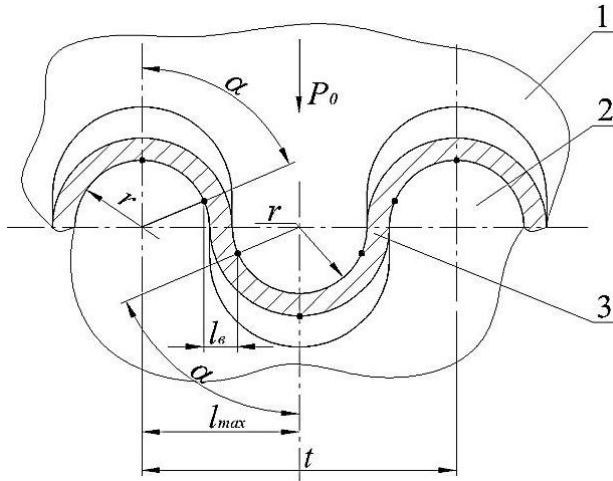


Рис. 3 – Розрахункова схема гофроутворення колесами із спеціальним закругленим профілем зубів:

1 – зуби верхнього колеса, 2 – зуби нижнього колеса, 3 – стрічка

Для прямозубих коліс:

$$P_{0np} = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t}{2} - 2r_3 \cdot \sin \alpha\right)}. \quad (9)$$

Для конічних коліс:

$$P_{cp} = \frac{F_3 + F_B}{2}; \quad (10)$$

$$P_3 = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_3}{2} - 2r_3 \cdot \sin \alpha\right)}; \quad (11)$$

$$P_B = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_B}{2} - 2r_B \cdot \sin \alpha\right)}. \quad (12)$$

Зусилля згинання розраховано без впливу сил тертя, що діють в контактних зонах.

Як показано в [11] сили тертя в контактних зонах спричиняють розтягування заготовок і відповідно зміщення радіуса нейтральної поверхні в зоні згину.

Тоді залежність зусилля згинання буде відрізнитись від залежності без врахування сил тертя на величину коефіцієнта k_T .

$$P_T = k_T \cdot P; \quad (13)$$

$$k_T = \frac{2l}{2l + (tg \gamma - f_1 + f_2)S}, \quad (14)$$

де γ - кут, що охоплює зону зминання, для широких стрічок $\gamma \rightarrow 0$;

f_1, f_2 - коефіцієнти тертя на першому і другому зубі відповідно.

Оскільки зуби виконані з однакового матеріалу, то $f_1=f_2$, і тому k_T є незначним.

Звідси випливає, що вплив сил тертя є незначним, а отже зусилля формоутворення з достатньою для практичних цілей точністю можна визначити за залежностями (9-12)

На основі цих рівнянь побудовано графіки залежності сили гофроутворення від товщини і ширини стрічки, а також кроку гофр (рис. 4–6).

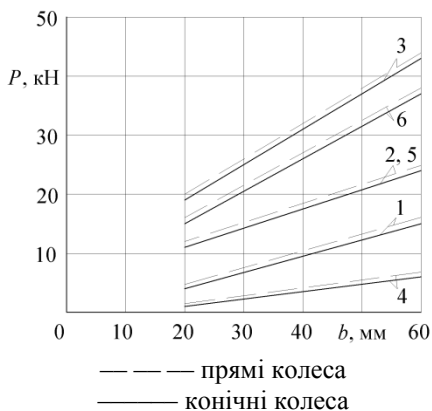


Рис. 4 – Залежність сили гофроутворення від ширини стрічки ($t=20\text{мм}$; $\alpha=70^\circ$): сталь 08кп – 1) $S=1\text{мм}$; 2) $S=1,5\text{мм}$; 3) $S=2\text{мм}$; алюміній – 4) $S=1\text{мм}$; 5) $S=2\text{мм}$; 6) $S=2,5\text{мм}$

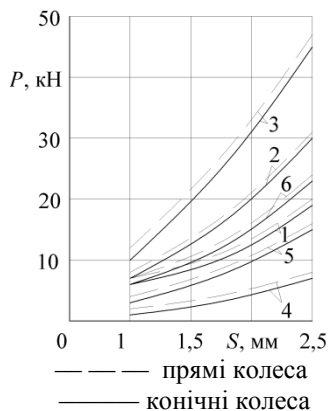


Рис.5 – Залежність сили гофроутворення від товщини стрічки ($t=40\text{мм}$; $\alpha=80^\circ$): сталь 08кп – 1) $b=20\text{мм}$; 2) $b=40\text{мм}$; 3) $b=60\text{мм}$; алюміній – 4) $b=30\text{мм}$; 5) $b=40\text{мм}$; 6) $b=60\text{мм}$

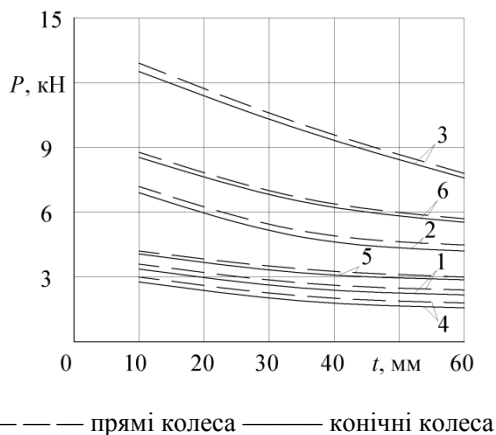


Рис. 6 – Залежність сили гофроутворення від кроку гофр ($S=1,5\text{мм}$; $\alpha=60^\circ$): сталь 08кп – 1) $b=20\text{мм}$; 2) $b=30\text{мм}$; 3) $b=50\text{мм}$; алюміній – 4) $b=30\text{мм}$; 5) $b=40\text{мм}$; 6) $b=60\text{мм}$

На рис. 7 зображено умови зачеплення конічних формувальних зубчастих інструментів для виготовлення гофр, а на рис. 8-9 формувальні зубчасті колеса.

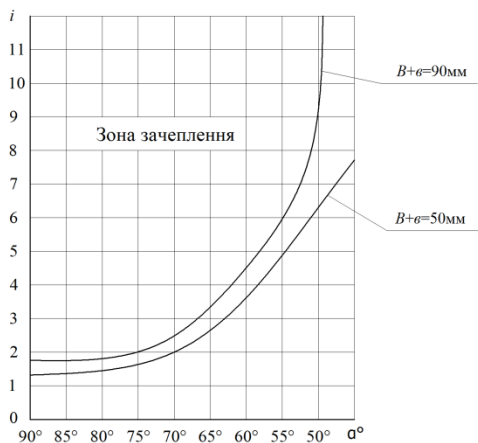


Рис. 7 – Графік зон зачеплення зубчастих конічних формуютьорюючих інструментів діаметром до 500 мм.



Рис. 8 – Конічні зубчасті формуютьорюючі інструменти



Рис.9 – Пара зубчастих конічних формуютьорюючих інструментів

Обкатний верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок (рис. 10) виконано у вигляді станини 1, до якої жорстко закріплені обкатні шпинделі 2 і 3, які встановлені під кутом один до одного з можливістю змінювати кут між ними відомим способом. На кінцях обкатних роликів 2 і 3 жорстко відомим способом закріплені конічні формувальні інструменти 4 і 5 відповідних параметрів з формувальними виступами 6 і впадинами 7. Де навпроти кожного

виступу є відповідна впадина відповідних збільшених розмірів та товщину заготовки. Для правильного направлення заготовки 8 в зону деформації використовують упорну шайбу 9, діаметр якої є більшим зовнішньою діаметра ведучого конічного формуючого інструмента 5 на 5...10 мм. Крім цього верстат оснащений токарним патроном 10 і заднім центром 11 для підтримки вала 12, на який накручується гвинтова заготовка 13.

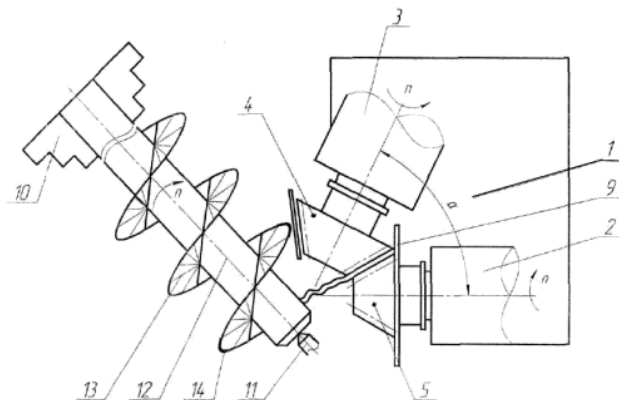


Рис.10 – Обкатний верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок

Робота обкатного верстата для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок, здійснюється наступним чином. Спочатку здійснюють нарізання стрічок певної ширини, товщини і довжини з листа сталі 08КП чи Ст3. Після цього стрічкова заготовка 8 подається в зону формоутворення між конічними формувальними інструментами 4 і 5 по упорній шайбі 9. При обертанні конічних формувальних інструментів 4 і 5 заготовка 9 захоплюється і при цьому здійснюється процес формоутворення гвинтової гофрованої заготовки 13 по формувальних зубах. При цьому висота гофрів по внутрішньому діаметру є більшою, ніж по зовнішньому, що забезпечує утворення гвинтової спіралі.

Процес гофроутворення поєднано з навиванням гофрованої заготовки 13 на вал 12, до якого вона приварюється і при цьому здійснюється її калібрування за допомогою регулювальних упорів 14, які розміщені в зоні заходу гвинтової гофрованої заготовки 8 з можливістю регулювання відомим способом. Крім цього верстат

оснащений механізмом регулювання величини кута між шпинделями 4 і 5 відомим способом (на кресленні не показано).

В результаті досліджень встановлено, що обкатні верстати на виробництві завантажені мало, тому процес формоутворення гвинтових гофрованих заготовок дає можливість збільшити їх завантаження. Крім цього розробка забезпечує розширення технологічних можливостей обкатних верстатів, підвищення якості продукції і продуктивності праці

Висновки. Розроблена методика проектування навивних еліпсоподібних гвинтових заготовок з Г-подібної стрічки.

Побудовані графічні залежності побудови еліпсоподібних заготовок від кута провороту оправки, ширина і товщина полоси товщиною 1...3мм і шириною 15...25...30мм.

Література

1. Лисовой М.Н. Теория и расчет процессов изготовления деталей методом гибки. –М.: Машиностроение, 1966.-236ст.
2. Мошнин Е.М. Гибка и правка на ротационных машинах. – М.: Машиностроение, 1977.-299ст.
3. Рокотен С.Е., Гурвич В.Е. Деформация при холодной вальцовке спиралей шнеков. –Кузнечно-штамповочное производство. – М.:1983, №10. с.8-10.
4. Гевко Б.М. Технология изготовления спиралей шнеков. – Львов " Вища школа" 1986. -128ст.
5. Пилипець М.І., Гевко І.Б., Комар Р.В. Технологія виготовлення гвинтових деталей різних типорозмірів. / Сільськогосподарські машини. Збірник наукових праць Луцьк. ЛДТУ. –Вип.7.-2000. с.120-127.
6. Ляшук О.Л., Особливості виготовлення профільних гвинтових та кільцевих заготовок. / Наукові нотатки. Луцький державний технічний університет. Вип.12. Луцьк 2003. с.160-164.
7. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортно-технологічних механізмів. Тернопіль 2014, 278ст.
8. Драган А.П. Виготовлення гвинтових гофрованих заготовок на універсальному контрольно-обкатному верстаті 5А725 / " Збірник наукових праць - процеси механічної обробки в машинобудуванні" . Житомир. Ред. Вид-во для ЖДТУ, 2006. Вип. 4.- с.63-69.
9. Герман Х. Шнековые машины в технологиях ФРГ. – Л.1975,148ст.

10. Патент №118405 Україна. "Обкатний верстат для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок". Котик Р.М., Клендій В.М. та інші. Бюл.№15, 2017.

Рецензент д.т.н. Б.М.Гевко