

УДК 621.86

© Б.М. Гевко, д.т.н.; О.Л. Ляшук, к.т.н.; І.Б. Гевко, к.т.н.; І.М. Кучвара  
Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя

### **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК**

*Приведено результати експериментальних досліджень з визначення впливу технологічних факторів на конструктивні параметри гвинтових елементів транспортно-технологічних систем машин. Уточнені аналітичні залежності для визначення зовнішніх і внутрішніх діаметрів гвинтових заготовок від величини кроку гвинтового елемента, а також уточнені емпіричні залежності для визначення величини усадки.*

#### **ПАРАМЕТР, ЗАГОТОВКА, ЕЛЕМЕНТ, ГВИНТ, ПРОФІЛЬ**

**Постановка питання.** Гвинтові транспортно-технологічні механізми – складова частина комплексної механізації і автоматизації виробництва від правильного вибору раціональних, конструктивних і силових параметрів залежить їх продуктивність, надійність і довговічність. Гвинтові елементи отримали широке застосування у всіх галузях народного господарства в якості засобів механізації і автоматизації виробничих процесів. Сучасний розвиток усіх галузей народного господарства вимагає значного підвищення техніко-економічних параметрів засобів механізації і автоматизації багатофункціонального призначення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням дослідження конструктивних і технологічних параметрів процесу формоутворення гвинтових елементів технологічного оснащення присвячені праці багатьох науковців. Зубцовим М.Е. [1] досліджено процес гнуття тонколистових заготовок, визначено стан напружень і деформацій в січеннях заготовок, виведено відповідні аналітичні залежності. Зокрема, Мошніним Е.М. [2] розроблені основи виготовлення гвинтових заготовок на ротаційних машинах із визначенням силових та конструктивних параметрів процесу. Роботи Гевка Б.М. [3] і Пилипець М. І. [4] присвячені виготовленню гвинтових заготовок способами прокатування та навивання на оправу, при цьому досліджено особливості цих процесів з відповідними конструктивними та силовими параметрами. Оскільки розвиток технології

машинобудування вимагає застосування конструктивно нових гвинтових затискних елементів, процес їх формоутворення має свої особливості, які не розглянуті у попередніх дослідженнях.

Робота виконується згідно постанови Кабінету Міністрів України " Про розвиток сільськогосподарського машинобудування і забезпечення агропромислового комплексу конкурентоспроможною технікою " на 2010–2015 роки.

**Метою роботи** є дослідження результатів експериментальних і теоретичних передумов формоутворення гвинтових робочих органів засобів механізації і автоматизації.

**Результати дослідження.** Для дослідження конструктивних параметрів навивних гвинтових заготовок здійснювали двома способами: на ребро на циліндричну оправку з перпендикулярним розміщенням притискного ролика і неперервним навиванням [3].

Пристрій для неперервного навивання різнопрофільних гвинтових заготовок на оправку (рис. 1) виконано у вигляді U-подібного кронштейна, низ якого жорстко з'єднано з різцетримачем токарного верстату та встановлений під кутом до осі циліндричної оправки рівним куту підйому гвинтової лінії з можливістю осьового переміщення. Після проведення підготовчих робіт, стрічкова заготовка подається в зону формоутворення і здійснюється навивання 0,5...0,75 витка. Після чого здійснюється формоутворення кроку спіралі, яка встановлюється в направляючий ролик. Оправка повертається, і в її гвинтову канавку здійснюється навивання гвинтової заготовки. В разі потреби для підвищення пластичності стрічкової заготовки вмикають індуктор, який здійснює її нагрів, що сприяє покращенню формоутворення гвинтової спіралі і її встановлення у гвинтову канавку оправки. Після закінчення технологічного процесу пристрій для неперервного навивання різнопрофільних гвинтових заготовок на оправку відводиться у верхнє положення, а оправка з гвинтовою заготовкою знімається з верстату, а на її місце встановлюється нова.

Висока точність виготовлення гвинтових деталей методом навивання на оправку дозволяє отримати точні шнеки без кінцевого їх оброблення по зовнішньому діаметру. При цьому важливе значення має точне визначення ширини заготовки, на яке суттєво впливає усадка полоси при різних схемах і режимах навивання проведені експериментальні дослідження їх виготовлення. Встановлено, що величина усадки полоси залежить в першу чергу від пластичності матеріалу, ступеня деформації, співвідношення ширини до товщини заготовки, величини прикладання сили згину, конструкції пристрою, яке створює відповідну схему згину та формуючих роликів.

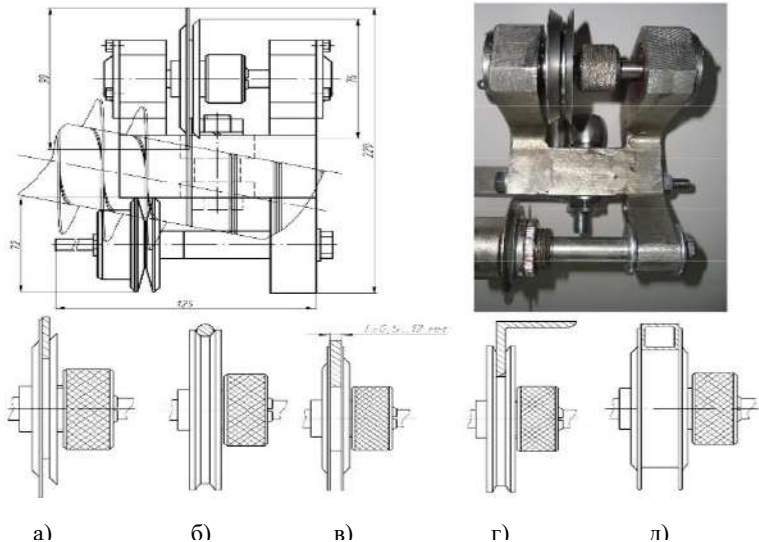


Рис. 1 – Пристрій для формування гвинтових профільних елементів зі змінними формувальними головками для неперервного навивання: а) смуг; б) круглих профілів; в) широких смуг; г) Г-подібних профілів; д) квадратних профілів

В цілому усадку можна розділити на усадку згину та усадку зминання на формувальних інструментах. Дослідженнями встановлено, що значення усадки від згину відповідають даним отриманим при згині полоси з м'якої сталі пуансонами в штампах.

На рис. 2 представлено залежності зміни коефіцієнта усадки заготовки з сталі 3 на оправку з взаємно-перпендикулярним розміщенням осі навивної оправки і притискного ролика. Встановлено, що усадка на інструменті залежить від конструкції навивного пристрою і складає  $\Delta = (0,0045 \dots 0,022) B$  – ширини заготовки при неперервному навиванню, а в конструкціях пристроїв з радіальним притискним роликом  $\Delta = (0,025 \dots 0,055) B$ . При цьому більші значення усадки відповідають меншим значенням відносного радіуса згину  $r' = r/B$ , відносної товщини  $h' = H_0/B$ , довжини плеча прикладання сили згину і радіуса обтискного ролика. Загальна усадка полоси в окремих випадках може досягти 12...15% ширини полоси і

суттєво впливати на зміну параметрів самої спіралі. Тому величину усадки полоси доцільно враховувати при виборі марки її матеріалу та розмірів.



Рис. 2 – Експериментальні зразки

Експериментально встановлено значення коефіцієнтів усадки полоси для різних в'язких матеріалів з яких здійснюють навивання гвинтових деталей. При цьому для визначення величини усадки визначено за залежністю:

$$\Delta y = km [2(r + B) / D_{em}]^n, \quad (1)$$

де  $k$  – коефіцієнт усадки полоси;  $m, n$  – відповідно параметри, які залежать від матеріалу заготовки  $D$  і діаметра обтискної втулки  $D_{em}$ ;  $B, r$  – відповідно ширина полоси і радіус оправки, мм.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що загальну усадку полоси доцільно визначити з залежності [3]:

$$\Delta B = \Delta B_{32} + \Delta B_{3m}, \quad (2)$$

$\Delta B_{32}$  – усадка полоси при формоутворенні гвинтової деталі;

$\Delta B_{3m}$  – усадка полоси від зминання.

При прокатуванні гвинтових заготовок для розрахунку параметрів процесу прокатування важливо знати збільшення ширини для кожного конкретного випадку. Експериментальні дослідження залежності абсолютного збільшення ширини  $\Delta B$  при прокатуванні полоси різного поперечного січення з різним обтиском трапецевидного профілю робочими валиками радіусом  $R_B = 62,5 \text{ мм}$  без застосування мастильно-охолоджувальних рідин з коефіцієнтом тертя представлено на рис. 4 [4].

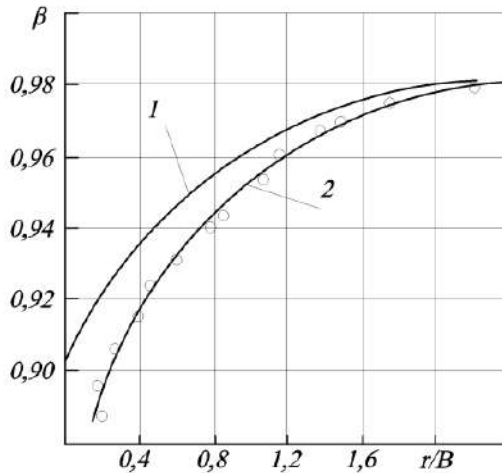


Рис. 3 – Зміна коефіцієнта усадки в залежності від відносного радіуса згину: 1 – при згині широких стрічок з пластичного матеріалу в штампах; 2 – при згині вузьких стрічок із сталі 08 кп на оправку з взаємно перпендикулярним розташуванням осей оправки і обтискного ролика

Як встановлено експериментально на збільшення ширини значний вплив мають: величина обтиску заготовки по її ширині, радіус робочих валків, марка матеріалу з якого виготовлена заготовка та коефіцієнти тертя. Встановлено, що збільшення ширини полоси відбувається внаслідок збільшення зусилля обтиску, з збільшенням радіуса робочих формувальних валків і коефіцієнтів тертя.

Важливим технологічним фактором для визначення конструктивних параметрів гвинтових заготовок і технологічного оснащення має коефіцієнт нерівномірності витягування при розтягуванні гвинтової заготовки на заданий крок.

Експериментальними дослідженнями встановлено, що цей коефіцієнт є не постійним і змінюється від різних факторів. На рис. 4 представлені графічні залежності зміни цього коефіцієнта при розтягуванні спіралі від співвідношення кроку спіралі до її внутрішнього діаметра ( $T/d$ ) і величини початкового значення коефіцієнта нерівномірності витяжки плоскої заготовки (відношення ширини витка до радіуса оправки  $\varphi = (B/r + 1)$ ) для полос різного січення сталі 3 і сталей 08 кп).

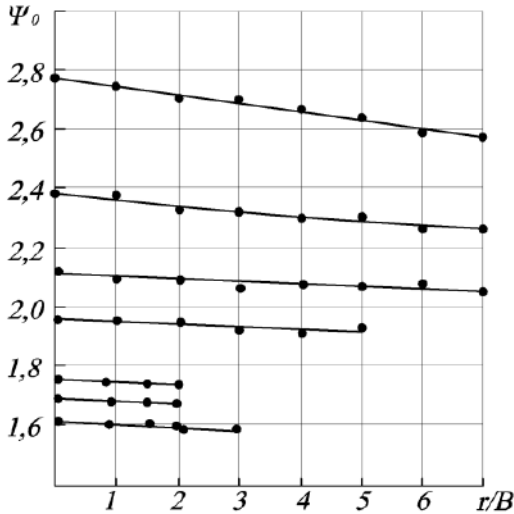


Рис. 4 – Зміна коефіцієнта нерівномірності витяжки  $\psi$  першого кільця для сталі 08кп

Встановлено, що степінь зміни коефіцієнта витяжки залежить від самих різних факторів: параметрів спіралі, яку розтягують, кроку, відношення ширини полоси до радіуса оправки, матеріалу заготовки, відношення ширини до товщини полоси, способу формування деталей та інше.

Крім цього в результаті експериментальних досліджень встановлено, що товщина гвинтової деталі по зовнішньому діаметру зменшується на 0,1...0,25 мм, для полос 1,5...3 мм (рис. 5)

Для одержання спіралі з заданими параметрами перш за все необхідно визначити зміну плинної ширини спіралі по довжині заготовки, яка залежно від кроку  $T$ , зовнішнього і внутрішнього діаметрів визначається залежністю:

$$L = \frac{1}{2\pi} \int_0^\phi \sqrt{T^2 + \pi^2 [D_0^2 + (d \cdot D_0 / d_\phi)^2]} d\phi, \quad (3)$$

де  $D_0$  – діаметр нейтрального шару розтягнутої спіралі;  $D_0 = D - \gamma B$ , ( $\gamma$  – поправочний коефіцієнт;  $\gamma = 1,1-1,2$ );  $\phi$  – кутовий параметр рівняння спіралі (гелікоїда).

Значення діаметра оправки, що відповідає внутрішньому діаметру щільного пакета витків, пов'язане з поточною шириною смуги залежністю:

$$d_0 = \frac{2kB(1-0,021T/d)}{\sqrt{(\pi^2 D^2 + T^2)/(\pi^2 d^2 + T^2) - 1}}, \quad (4)$$

де  $B$  – ширина смуги на поточній довжині, мм;  $T$ ,  $D$ ,  $d$  – відповідно крок, зовнішній і внутрішній діаметри спіралі на ділянці смуги шириною  $B$ , мм;  $k$  – коефіцієнт, який враховує технічний стан смуги і умови формоутворення,  $k \approx 0,95 \dots 1,1$ .

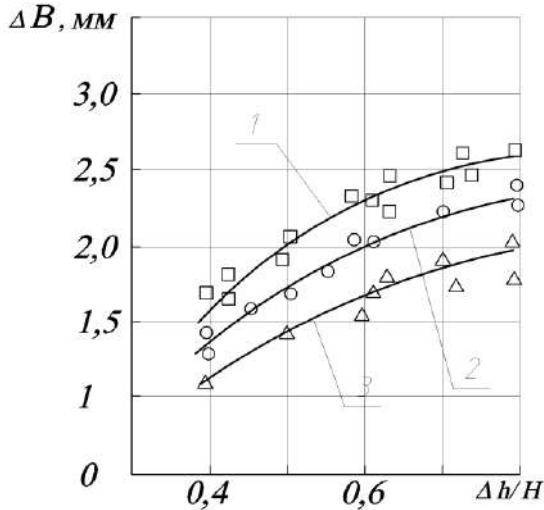


Рис. 5 – Залежність розширення полоси від відносного обтиску при прокатуванні спіралей із різних заготовок, сталі 08 кп по трапецевидно му профілю робочими валками радіусом 62,5 мм 1 60×3, 2 40×3, 3 40×2

При конкретних параметрах спіралі поточна довжина оправки  $l$  пов'язана з поточною довжиною смуги  $L$  залежністю:

$$l = \int_0^L \frac{H_0(\psi - 1)}{2\pi B^2 \sqrt{\psi}} dL, \quad (5)$$

де  $H_0$  – товщина заготовки;  $\psi$  – коефіцієнт нерівномірності витяжки.

При навиванні спіралей із клиноподібних смуг з прямими кромками довжиною  $L_0$ , початковою шириною  $B_1$  і кінцевою  $B_2$  залежність набуде вигляду:

$$l = \frac{L_o}{2\pi(B_2 - B_1)} \int_{B_1}^{B_2} \frac{\psi - 1}{B^4 \sqrt{\psi}} dB . \quad (6)$$

**Висновки:**

1. В результаті експериментальних досліджень встановлено вплив технологічних і конструктивних факторів на формування конструктивних параметрів гвинтових деталей отриманих з використанням різних схем і умов формоутворення.

2. Встановлено вплив усадки, коефіцієнта нерівномірності витяжки і видовження гвинтових деталей на їх конструктивні параметри. Встановлено значення коефіцієнтів аналітичних залежностей для визначення величини усадки і видовження поперечного січення гвинтових деталей машин.

Література

1. Зубцов М. Е. Листовая штамповка / Зубцов М. Е. – Л.: Машиностроение, 1980. – 432 с.
2. Мошнин Е. М. Гибка и правка на ротационных машинах / Мошнин Е. М. – М.: Машиностроение, 1977. – 269 с
3. Гевко Б. М. Технология изготовления спиралей шнеков / Б. М. Гевко – Львов : Вища школа, 1986. – 128 с.
4. Пилипець М. І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин: дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.08 / Михайло Ількович Пилипець. – Львів, 2002. – 445 с.
5. Пат. № №48611. Україна, МПК В21D 11/06 Пристрій для неперервного навивання різнопрофільного гвинтових заготовок на оправку / Пономаренко С. В., Ляшук О. Л., Палюх А. Я., Гевко І. Б., Івасечко Р.Р., заявник і власник патенту Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u200910218; заявл. 08.10.2009; . опубл. 25.03.2010., Бюл.№ 6, 2010 р.