

Опубл. 15.03.04; Бюл. – № 3. – 6 с. 7. Поляк М.С. Технология упрочнения: в 2 т. / М.С. Поляк. – М.: Л.В.М. “СКРИПТ”. Машиностроение, 1995. – Т. 1. – 832 с.; Т. 2. – 688 с. 8. Проблема технологических остаточных напряжений в повышении качества детонационных покрытий / М.А. Фараджаллах, В.Е. Панарин, С.С. Бысь // Вісник Хмельницького національного університету: “Технічні науки”. – 2011. – №2. – С.14 – 16. 9. Водородная болезнь спеченной меди / В.А. Дымченко, А.П. Попович // Порошковая металлургия. – 1983. – № 5. – С. 25–28. 10. Цыркин А.Т. Исследование влияния некоторых факторов на процесс спекания порошковой меди / А.Т. Цыркин, С.П. Плахотная // Ресурсозберігаючі технології виробництва та оброблення тиском матеріалів у машинобудуванні: зб. наук. пр. – Луганськ: Вид-во СНУ, 2006. – С. 113–117. 11. Дель Г.Д. Определение напряжений в пластической области по распределению твердости / Г.Д. Дель. – М.: Машиностроение, 1971. – 199 с. 12. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов / И.И. Новиков. – М.: Металлургия, 1986. – 480 с.

УДК 621.81.001.66(075.8)

М.І. Пилипець, В.В. Васильків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ВАЛЬЦЮВАНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

© Пилипець М.І., Васильків В.В., 2013

Запропоновано методику розрахунку конструктивних параметрів неперервно-секторних заготовок, які використовуються для виготовлення широкосмугових гвинтових заготовок методом вальцювання. Наведено результати дослідження впливу геометричних параметрів неперервно-секторних заготовок, температури їх нагрівання, змащувальних матеріалів та параметрів інструментів на енергосилові показники процесу формоутворення та конструктивні параметри гвинтових заготовок.

Ключові слова: гвинтова заготовка, вальцювання, неперервно-секторна заготовка.

Method for calculating the design parameters of sector-continuous blanks used for the manufacture of wideband screw blanks by rolling was proposed. The results of the investigation of the influence of geometrical parameters of sector-continuous blanks, temperature of heating, lubricants and tool options for energy-power characteristics of the process of shaping and design parameters of screw flights were described.

Key words: screw flight, rolling, sector-continuous blank.

У сучасних транспортно-технологічних системах широко використовують деталі типу шнеків, які одержують із вальцюваних широкосмугових гвинтових заготовок (ШГЗ). Виготовлення таких заготовок відзначається значною різноманітністю технологічних операцій, схем та способів формоутворення з листового і сортового прокату. Однак отримання спіралей з коефіцієнтом нерівномірності витягування понад 3,0...3,2 фактично неможливе. Це зумовлено втратою стійкості широких смуг у процесі їх асиметричного обтискання між валиками. Одним із раціональних способів отримання ГЗ зі значним коефіцієнтом нерівномірності витягування і відповідно з малим діаметром внутрішньої крайки витка є вальцювання смуг, у яких з боку внутрішньої крайки витка виконані трикутні вирізи. Дослідженням

такого процесу займались науковці та винахідники Гевко Б.М., Рогатинський Р.М., Norris D, Kurokawa Takeo, Nakasaki Takamitsu, Midorikawa Masakazu, Compton Charles та ін. Однак у процесі вальцювання таких заготовок товщина зовнішньої крайки витка є незначною і в 1,5–2,6 раза менша від внутрішньої (у розрахунку на 1 мм товщини заготовки), а шари матеріалу за зовнішньою крайкою витка розрихлюються і швидко зношуються.

Одним із ефективних способів отримання ШГЗ із малим діаметром внутрішньої крайки, збільшеною товщиною зовнішньої крайки витка та зменшеною до 20 % матеріаломісткістю є вальцювання суцільної частини смугової неперервно-секторної заготовки (НСЗ). Вона характеризується наявністю трикутних вирізів з боку внутрішньої крайки витка, товщиною суцільної частини смугової заготовки, яка більша за товщину частини з вирізами та кільцевими зубцями секторної форми, що з'єднані пазовими перемичками (рис. 1). При цьому радіус внутрішньої кромки кільцевого сектора з боку трикутних вирізів дорівнює або більший за радіус внутрішньої кромки розгортки витка ШГЗ.

Мета роботи – дослідити вплив геометричних параметрів НСЗ, температури їх нагрівання, параметрів інструментів та мастильних матеріалів на енергосилові показники процесу вальцювання для визначення розмірів конструктивних параметрів НСЗ для одержання ШГЗ.

Виготовлення ШГЗ здійснюють із НСЗ завширшки B_0 (рис. 1, а). На її частині завширшки b виконані трикутні вирізи з висотою, що дорівнює b основи трикутника a з кроком t , що дорівнює сумі довжини l основи зубців та основи a трикутних вирізів. Товщина суцільної частини заготовки завширшки $B_0 - b$ виконана з товщиною H_{oh} , яка є більшою за товщину H_{oH} частини завширшки b . На вершинах трикутних вирізів виконано заокруглення діаметром $2r_c$.

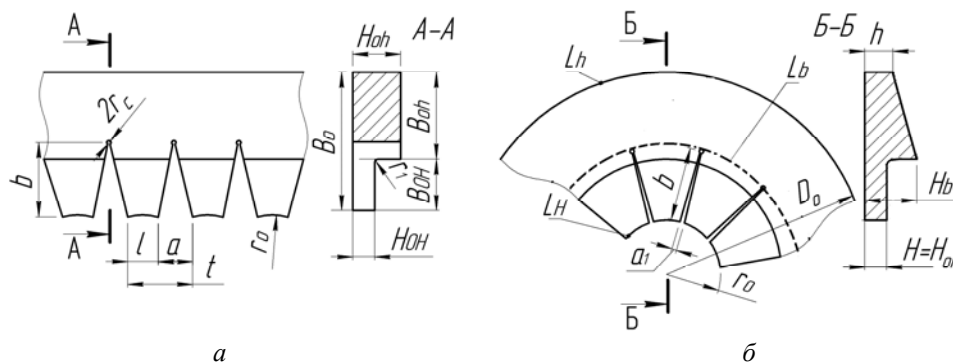


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення конструктивних параметрів ШГЗ:
а – НСЗ; б – розгортка витка

Розрахунок параметрів a , l і b здійснюють з урахуванням технологічної характеристики пластичних властивостей матеріалу у процесі деформації суцільної частини заготовки.

У процесі виготовлення ШГЗ із параметрами D , d і T умова пластичності

$$2\delta_5 \geq 1 - \frac{L_b}{L_h} = 1 - \frac{\sqrt{\pi^2(d+2b)^2 + T^2}}{\sqrt{(\pi D)^2 + T^2}}, \quad (1)$$

де δ_5 – відносне видовження під час стандартного випробовування металу на розтяг; L_b , L_h – довжини поздовжніх шарів ШГЗ відповідно за зовнішньою кромкою та на вершинах вирізів; D , d , T – відповідно діаметри зовнішньої та внутрішньої кромки і крок витка.

Із (1) ширини частини НС з вирізами:

$$b \leq 0,5 \left[\sqrt{\frac{\pi^2 D^2 (1 - 2\delta_5)^2 - 4T^2 (\delta_5 - \delta_5^2)}{\pi^2 (1 - 2\delta_5^2) - 1}} - d \right]. \quad (2)$$

Ширина її суцільної частини:

$$B_{\text{суц}} \leq B - b = 0,5 \left(D - \sqrt{\frac{\pi^2 D^2 (1 - 2\delta_5)^2 - 4T^2 (\delta_5 - \delta_5^2)}{\pi^2 (1 - 2\delta_5^2) - 1}} \right), \quad (3)$$

де B – ширина витка.

Внутрішню крайку зубців виконують прямолінійною або з радіусом кривизни r_{0z} :

$$r_{0z} \geq \frac{BL_H}{L_h - L_H} = r_0, \quad (4)$$

де r_0 – радіус внутрішньої кромки розгортки витка ШГЗ; L_H – довжина поздовжнього шару ШГЗ за внутрішньою кромкою.

У результаті вальцювання НСЗ одержують ШГЗ із профілем поперечного перерізу витка, який складається із спряжених профілів клиноподібного та прямокутного перерізу. Геометричні параметри такого профілю переважно є відомими, оскільки їх задає конструктор на основі силових умов функціонування виробу. Можливі варіанти, коли $b = B_{0H}$ і $b > B_{0H}$. Наприклад, верхня частина профілю ШГЗ є трапецієподібною, у якому товщина профілю змінюється від h до H_b за залежністю

$$h_x = (H_b - h)(B - B_{0H} - x)/(B - B_{0H}) + h, \quad (5)$$

де x – поточна координата ширини, $x \in [0; B - B_{0H}]$. Для випадку $b = B_{0H}$: $x \in [0; B_{\text{суц}}]$.

На підставі використання залежностей, які описують зміну абсолютного обтискування за шириною зони деформації, розрахунок товщини поперечного перерізу суцільної частини НСЗ можна здійснювати за формулою

$$H_x = \frac{1}{B - B_{0H}} (H_b - h)(B - B_{0H} - x) + h + 1,365 \frac{x^2}{\sigma_T (r_0 + b + x)}. \quad (6)$$

Профіль суцільної частини ШГЗ може мати форму, яка описується залежністю

$$h_x = h L_h / L_b. \quad (7)$$

Тоді розрахунок товщини поперечного перерізу суцільної частини НСЗ здійснюють так:

$$H_x = h \frac{\sqrt{T^2 + \pi^2 D^2}}{\sqrt{T^2 + \pi^2 (d + 2b)^2}} + 1,365 \frac{x^2}{\sigma_T (r_0 + b + x)}, \quad (8)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу заготовки.

Під час розрахунків необхідно здійснювати перевірку на стійкість спіралі у зоні товщини H_b :

$$\forall 0,02 \leq \frac{H_{oh}}{B_0 - b} \leq 0,055 \quad \frac{L_h}{L_b} \leq 1,6 + 2,4 \frac{H_{oh}}{B_0 - b}; \quad \forall \frac{H_{oh}}{B_0 - b} \geq 0,055 \quad \frac{L_h}{L_b} \leq 3. \quad (9)$$

Якщо умови не виконуються, то необхідно збільшити величину b або H_{oh} .

Вибір матеріалу необхідно здійснювати із умови Гурвіча:

$$F = \sigma_B \delta_5 / \sigma_T \geq F_m, \quad (10)$$

де σ_B – границя міцності матеріалу заготовки; F_m – допустиме значення комплексного показника пластичності, величину якого вибирають із таблиці.

Радіус R_B робочих валків вибирають із умов

$$\begin{cases} R_B / T \leq 0,55; \\ \sqrt{(H_{oh} - h)R_B^{-1}} \leq f_3, \end{cases} \quad (11)$$

де f_3 – коефіцієнт тертя; наприклад, для шліфованих валків і використання мастила – 10 %-го водного розчину емульсії $f_3 = 0,13$.

Із умови закриття стиків трикутних вирізів сума довжин l основ зубців повинна дорівнювати довжині внутрішньої крайки ГЗ L_H , тобто за аналогією із [1] $lt^{-1} = L_H L_h^{-1} = (L_H L_h^{-1})(L_h L_b^{-1})$.

З урахуванням (1):

$$\frac{l}{t} = \frac{L_H}{L_h(1 - 2\delta_5)}. \quad (12)$$

Звідки

$$a = t - l = t \left(1 - \frac{L_H}{L_h(1 - 2\delta_5)} \right) = kb \left(1 - \frac{L_H}{L_h(1 - 2\delta_5)} \right), \quad (13)$$

де k – коефіцієнт, який визначається із умови відсутності впливу наявності зубців на процес вальцювання суцільної частини. Встановлено, що $k \leq 1,4$.

Товщину H_{0H} , яка дорівнює величині H , вибирають із умови

$$0,8h \leq H_{0H} \leq 1,2h. \quad (14)$$

Виготовлення ШГЗ можна здійснювати також способом вальцювання з некатаною зоною на суцільній частині НСЗ за умови $b = B_{0H}$ (рис. 2). При цьому ділянку завширшки b_H на суцільній частині завширшки $B_{0h} = B - b$ не піддають асиметричному обтискуванню. Величину b визначають із умови (2).

Ширину некатаної зони можна визначити за формулою

$$b_H = BL_b(L_b + L_h)^{-1}. \quad (15)$$

Режими обтискування від зовнішньої крайки до поздовжнього перерізу визначають так:

$$\Delta h_x = \frac{0,682 \lambda (L_h - L_b)}{\sigma_T L_h^2} ((L_b + 2L_h)x - BL_b), \quad (16)$$

де λ – коефіцієнт пропорційності.

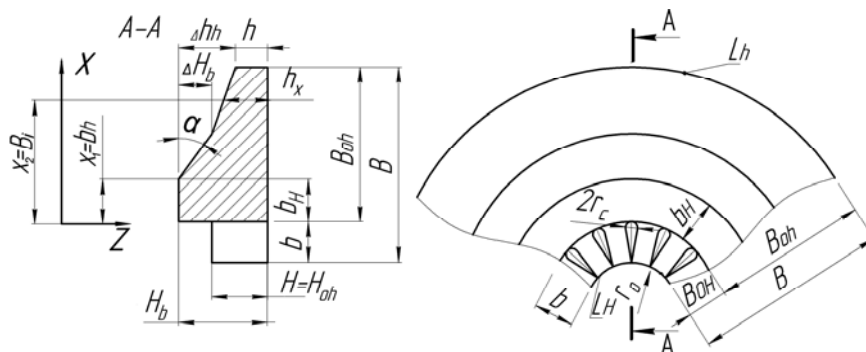


Рис. 2. Розрахункова схема розгортки витка ШГЗ із невальцьованою зоною на суцільній частині витка

Коефіцієнт пропорційності є функцією від поточної координати ширини $B_i = x$ і товщини H_{oh} суцільної частини НСЗ. Величину B_i вибирають з інтервалу $(0; B_{oh}]$. Для заготовки, виконаної зі сталі 08кп ($\sigma_T=240$ Н/мм², $\delta_5=0,33$) для інтервалу $B \in [10; 100]$ за $H_{oh}=5,0$ мм $\lambda = 3,2 - 0,03B_i + 783/B_i$, за $H_{oh}=4,5$ мм $\lambda = 6,03 - 0,06B_i + 635/B_i$, за $H_{oh}=4,0$ мм $\lambda = 0,9 - 0,01B_i + 698/B_i$, за $H_{oh}=3,6$ мм $\lambda = 2,1 - 0,02B_i + 636/B_i$, за $H_{oh}=3,2$ мм $\lambda = 2,8 - 0,03B_i + 579/B_i$, за $H_{oh}=3,0$ мм $\lambda = 4,3 - 0,05B_i + 476/B_i$, за $H_{oh}=2,5$ мм $\lambda = 4,5 - 0,08B_i + 414/B_i$).

Коефіцієнт нерівномірності витягування по лінії вершин вирізів $\lambda_b = L_b/L_0$ залежить від довжини L_0 гвинтової лінії у межах одного кроку витка на радіусі нейтрального шару деформації ρ_0 .

Відстань від внутрішньої кромки суцільної частини до нейтрального шару деформації визначають так:

$$b_0 = \zeta \frac{0,5d_b}{1,5 \frac{d_b}{B_{oh}} + 2} = \zeta \frac{r_0 + b}{3 \frac{r_0 + b}{B_{oh}} + 2}, \quad (17)$$

де d_b – діаметр внутрішньої крайки суцільної частини плоского витка, який збігається з діаметром вершин вирізів; ζ – коефіцієнт, який враховує форму профілю валиків та виду мастильного матеріалу.

Максимальна ширина отворів вершин трикутних вирізів розміщена на діаметрі

$$d_{ome} = d + 2b - 2r_c. \quad (18)$$

Довжина умовного поздовжнього шару спіралі на діаметрі d_{ome} :

$$L_c = \sqrt{\pi^2 d_{ome}^2 + T}. \quad (19)$$

За формоутворення довжина нейтрального шару не змінюється, тому умова щільності є такою:

$$\frac{t - 2r_c}{t} = \frac{L_c}{L_0} = \frac{\sqrt{\pi^2 d_{ome}^2 + T}}{\sqrt{4\pi^2 \rho_o^2 + T}}, \quad (20)$$

де $\rho_o = 0,5d + b + b_0$.

Параметри трикутних вирізів визначають із умови

$$l/t = L_H/L_0 = L_H \lambda_b / L_b = L_H \lambda_b / (1 - 2\delta_5) L_h. \quad (21)$$

Основа вирізів:

$$a = t - l = t \left(1 - \frac{L_H \lambda_b}{(1 - 2\delta_5) L_h} \right). \quad (22)$$

Приклад розрахунку.

Необхідно виготовити вальцьовану ГЗ із параметрами $D=250$ мм; $d=20$ мм; $T=260$ мм зі сталі 08 кп. В результаті розрахунків знаходимо: $L_H=810$ мм; $B=115$ мм; $b=20$ мм; $L_b=274$ мм; ширина необкатаної зони $b_H=24$ мм. Для $H_{oh}=4$ мм і $B_i=B_{oh}=95$ мм $\lambda=7,3$ Н/мм², а для $b_H=B_i=24$ мм $\lambda_b=29,7$ Н/мм²; режими обтискування: зовнішньої кромки $\Delta h_H=2,56$ мм, поздовжнього січення на відстані b_H $B_i=24$ мм, $\Delta H_b=1,3$ мм.

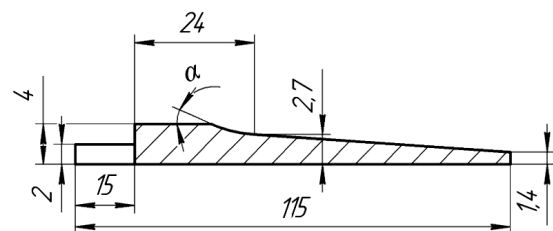


Рис. 3. Схема профілю поперечного перерізу витка ШГЗ

Розрахункові товщини поперечного перерізу ГЗ рівні: для зовнішньої кромки $h = H - \Delta h_h = 4 - 2,56 = 1,44$ мм, для поздовжнього перерізу: $H_b = H - \Delta H_b = 4 - 1,3 = 2,7$ мм. За $\Delta h_h / H_{oh} = 0,7$ ширина початкової заготовки $B_o = B - \Delta B = 95 - 3 = 92$ мм, $l = 14$ мм, $t = 26$ мм, $H = h_o = 1,5$ мм. Кут α вибирають конструктивно. Як правило, $\alpha = 9 - 12^\circ$.

У дослідженнях процесу виготовлення вальцьованих ГЗ методом скінченних елементів використовували нагріту до температури 1000°C нормалізовану стрічку зі сталі 20 згідно з ГОСТ 1577-81 із такими параметрами: висота товстішої ділянки заготовки – $H_{oh} = 2$ мм; ширина заготовки – $B_o = 30$ мм; висота тоншої ділянки заготовки – $H_{OH} = 1$ мм; ширина катаної зони – b_B : 18; 16; 14; 12 мм; параметри вирізів: $a = 0$ мм, $b = 0$ мм; $a = 10$ мм, $b = 5$ мм; $a = 16$ мм, $b = 8$ мм; $a = 20$ мм, $b = 12$ мм. Крок вирізів t : 0; 20; 30; 40; 50 мм; ширина B_{OH} тоншої ділянки заготовки: 0; 4; 8; 12 мм; радіуси округлення r_c вершини трикутних вирізів 3 мм; радіус заокруглення тоншої товстішої ділянки ділянок заготовки – $r_{cz} = 3$ мм.

Обладнання – кувальні вальці К-125М з міжосьовою відстанню між валиками – 125 мм.

Кутова швидкість обертання валиків – 10 об/хв. Лінійна швидкість штовхача – $V = 30$ мм/с.

В експериментальних дослідженнях використовували такі інструменти: циліндричні валики діаметром $D_B = 125$ мм і завдовжки 20; 18; 16; 14 мм та конічні валики із більшим діаметром

$D_{IB} = 125$ мм, меншим діаметром – $D_{2B} = 124,4$ мм, довжиною – 20; 18; 16; 14 мм (центральний кут α_B конічної поверхні валика – $1,6^\circ$).

Валики утворюють клиноподібний калібр завдовжки 20 мм та з центральним кутом $0,8^\circ$, з меншою 0,5 мм, та більшою шириною – 0,8 мм.

Для покращення захоплення стрічки валиками її виконували обрізаною під кутом $\beta = 60^\circ$. При цьому подачу заготовки у зону деформації у кліть здійснюють так, щоб вона втягувалась спочатку в частині заготовки, де менше обтискання.

Температура нагрівання валиків – 500°C , а температура направляючої та штовхача – 20°C .

Для змащування використовували: суспензію мінеральної оливи з графітом (коефіцієнт тепловіддачі – 4500 Вт/ммК, фактор тертя – 0,3); водо-графітне мастило “Графітол-В31” (розбавлене дистильованою водою у співвідношенні 1/20), (коефіцієнт тепловіддачі – 4000 Вт/ммК, фактор тертя – 0,4); сольовий змащувальний матеріал у вигляді водної суспензії солі з додаванням азотнокислого натрію (до складу входить 87 % води, 10 % – солі і 3 % – азотнокислого натрію) (коефіцієнт тепловіддачі – 4500 Вт/ммК, фактор тертя – 0,7). Розглядали також випадок відсутності змащувального матеріалу (коефіцієнт тепловіддачі – 5000 Вт/ммК, фактор тертя – 0,8). Для позначення таких варіантів на графіках використовуватимемо відповідні позначення Z: 1, 2, 3 і 4.

У процесі досліджень визначали енергосилові параметри вальцювання (залежності крутного моменту на валиках, сумарного зусилля на валиках), параметри одержаних заготовок (зовнішній діаметр D_o , ширину вирізів a_1 на внутрішній кромці витка, товщину зовнішньої кромки витка, коефіцієнт B/B_o розширення стрічки).

У результаті досліджень отримані заготовки із $D/d \leq 2,5$, із шириною вирізів з боку внутрішньої кромки $0 \leq a_1 \leq 18$, товщиною зовнішньої кромки – $0,5 \leq h \leq 1,2$, товщиною внутрішньої кромки витка – $H = 1$ мм, із діаметром розгортки витка – ГЗ $70 \leq D_o \leq 130$.

Дослідження впливу кроку вирізів на енергосилові та конструктивні параметри вальцьованих ГЗ (рис. 4 і 5) під час використання водо-графітного мастила для $B_{oh} = 30$ мм; $b_B = 18$ мм показали, що найбільший крутний момент – на циліндричному валику, а зі зменшенням величини основи a вирізів за однакової величини $a/b = 2$ спостерігаємо зменшення

моментів вальцювання на валиках. За зменшення основи вирізів з 50 до 20 мм за інших однакових умов падіння моменту вальцювання на кожному із валиків становило 10 – 16 %.

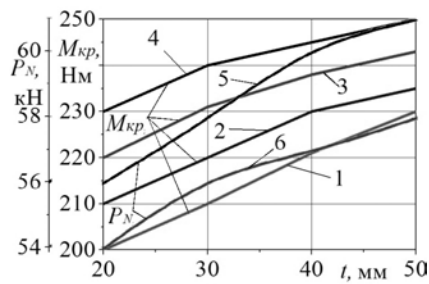


Рис. 4. Залежності крутного моменту $M_{кр}$ на валиках та сумарного зусилля P_N на привідному валику від кроку вирізів заготовки t :
 a – на конічному валику за $a = 10$ мм; $b = 5$ мм (криві 1 і 6) і $a = 16$ мм; $b = 8$ мм (криві 3 і 5);
 b – на циліндричному валику за $a = 10$ мм; $b = 5$ мм (крива 2); $a = 16$ мм; $b = 8$ мм (крива 4)

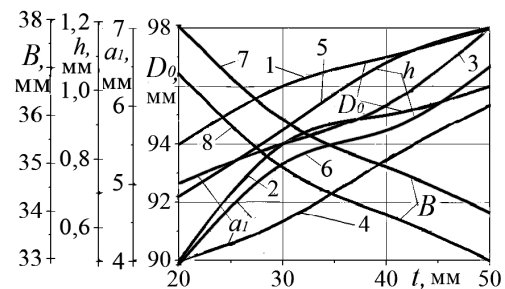


Рис. 5. Залежності діаметра D_0 , ширини a_1 вирізів на внутрішній кромці, товщини h зовнішньої кромки витка та ширини B витка ГЗ після вальцювання від кроку вирізів t для різних значень висоти та ширини вирізів: $a = 10$ мм; $b = 5$ мм (криві 1, 4, 5, 8); $a = 16$ мм; $b = 8$ мм (криві 2, 3, 6, 7)

Найменшого значення діаметра зовнішньої кромки витка можна досягнути за умови зменшення величини кроку t вирізів, що чіткіше виявляється для більших значень висоти b вирізів. Зокрема, за зменшення кроку вирізів з 50 до 20 мм для $b = 8$ мм було досягнуте зменшення діаметра D_0 на 7 % та зусилля деформації.

Недоліком цього процесу є наявність вирізів завширшки a_1 на внутрішній кромці витка внаслідок незіткнення секторних елементів на заготовці. Забезпечення умови $a_1=0$ досягається відповідним підбором величини обтискання заготовки та параметрів вирізів a , b , і t , згідно з наведеними аналітичними залежностями (1) – (22). Наприклад, зменшення величини a_1 можна досягти мінімізацією кроку вирізів. Так, із графіка рис. 5 бачимо, що із зростанням кроку вирізів зменшується коефіцієнт B/B_0 розширення стрічки, а отже, і ширина витка ГЗ та зростає величина a_1 . Це зумовлено інтенсивним перерозподілом матеріалу у зоні вирізів. Зменшення кроку вирізів призводить до інтенсивного збільшення товщини витка за його зовнішньою кромкою та на радіусі розміщення вершин вирізів. Таку товщину можна збільшити за рахунок збільшення висоти b та основи a вирізів.

Дослідження впливу ширини тоншої ділянки з вирізами на енергосилові та конструктивні параметри вальцьованих ГЗ у разі використання водо-графітового мастила показали, що значного зменшення моменту вальцювання можна досягти за рахунок збільшення ширини B_{OH} тоншої ділянки смугової заготовки (рис. 6). Наявність тоншої ділянки завширшки 12 мм порівняно із заготовкою постійної товщини, тобто $H_{OH} = H_{oh}$, забезпечує зменшення моменту вальцювання на 19 %, а діаметра зовнішньої кромки витка – до 9 %.

Аналогічна тенденція зміни моменту вальцювання за збільшення ширини B_{OH} тоншої ділянки існує і для сумарного зусилля P_N на привідному валику. Падіння такого зусилля є стрімким і становить 70 %.

Також збільшення ширини B_{OH} призводить до зменшення ширини вирізів на внутрішній кромці витка. Для вищезазначеного збільшення B_{OH} зменшення a_1 становить 55 %.

У зв'язку зі збільшенням радіуса кривизни зовнішньої кромки витка відбувається зменшення її товщини за збільшення ширини B_{OH} . Тому використання заготовки зі збільшенням товщини H_{OH} на ділянці завширшки B_{OH} дасть змогу одержувати ГЗ із більшою товщиною зовнішньої кромки витка.

За збільшення висоти V_{OH} тоншої ділянки спостерігається збільшення коефіцієнта розширення стрічки. Із графіка бачимо, що за наявності тоншої ділянки спостерігається зростання коефіцієнта розширення стрічки порівняно з варіантом, коли $V_{OH} = 0$ з 1,17 до 1,3.

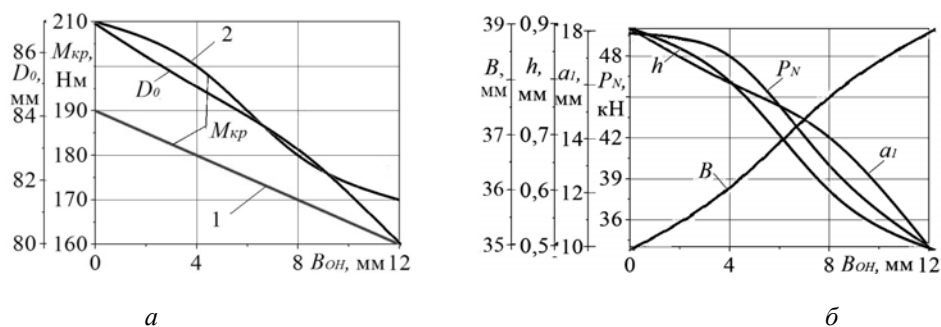


Рис. 6. Залежності крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1) і верхньому циліндричному (2) валиках, діаметра D_0 гвинтової заготовки (а), а також сумарного зусилля P_N на привідному валику, ширини a_1 вирізів на внутрішній кромці, ширини B і товщини h зовнішньої кромки витка (б) від ширини V_{OH} тоншої ділянки початкової заготовки для $t=a=20$ мм, $b=12$ мм, $b_B=18$ мм

Дослідження впливу ширини тоншої ділянки без вирізів на енергосилові та конструктивні параметри вальцьованих ГЗ (змащувальний матеріал – водо-графітове мастило) показали ефективність використання смугової заготовки зі ступенево змінною товщиною порівняно з варіантом заготовки постійної товщини без вирізів (рис. 7). Наприклад, у процесі вальцювання смуги постійної товщини, тобто $H_{OH} = H_{oh} = 2$ мм, момент вальцювання становить 225 Нм, а за наявності тоншої ділянки завтовшки $H_{OH} = 1$ мм і завширшки $V_{OH} = 12$ мм величина моменту становить 200 Нм, тобто спостерігається зменшення такого силового чинника на 12 %. За таких умов відбувається зменшення діаметра зовнішньої кромки витка з 106 до 95 мм, тобто на 10 %.

У подібний спосіб спостерігається зменшення сумарного зусилля на привідному валику на 7 %, а зменшення товщини зовнішньої кромки витка – на 50 %. У разі використання суцільної заготовки зростання V_{OH} призводить до збільшення коефіцієнта розширення.

Із рис. 7 також бачимо, що вальцювання початкової заготовки із профільним поперечним перерізом із висотою тоншої ділянки $V_{OH} = 12$ мм та заготовки постійної товщини $H_{OH} = H_{oh} = 2$ мм характеризується збільшенням коефіцієнта розширення з 1,1 до 1,23, тобто висота витка на 4 мм більша від ширини початкової заготовки.

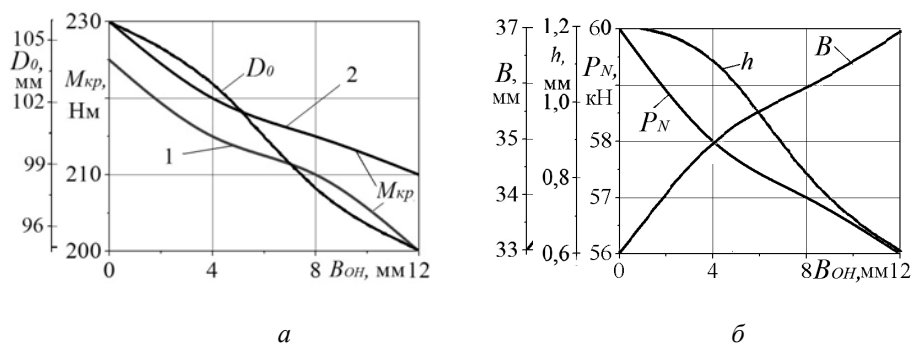


Рис. 7. Залежності крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1) та верхньому циліндричному (2) валиках діаметра D_0 розгортки витка (а), а також сумарного зусилля P_N на привідному валику, товщини зовнішньої кромки витка h та ширини витка ГЗ після вальцювання B (б) від ширини тоншої ділянки V_{OH} смуги заготовки за $t = a = 0$ мм; $b = 0$ мм для $b_B = 18$ мм

Дослідження впливу виду змащувального матеріалу на енергосилові та конструктивні параметри вальцьованих гвинтових заготовок показали, що наявність мастильного матеріалу дає змогу істотно зменшити момент вальцювання і відповідно енергетичні витрати на формоутворення спіралі.

Із рис. 8 бачимо, що найефективнішим мастильним матеріалом є мінеральне мастило з графітом, – це високоякісна композиція на основі глибоко очищеної мінеральної оливи, яка розрахована на гранично високий тиск і високі температури. Використання такого мастильного матеріалу порівняно з його відсутністю дає змогу зменшити момент вальцювання на 50 %, а діаметр зовнішньої кромки витка – на 34 %. Помічені також низькі значення сумарного зусилля на валиках та незначна ширина вирізів на внутрішній кромці витка, хоча внаслідок інтенсивного розтягування зовнішнього шару металу з боку зовнішньої кромки витка відбувається потоншення товщини h витка ГЗ. Однак найменшого розширення заготовки можна досягти за умови відсутності мастила, а найбільшого – під час використання мінералу з графітом.

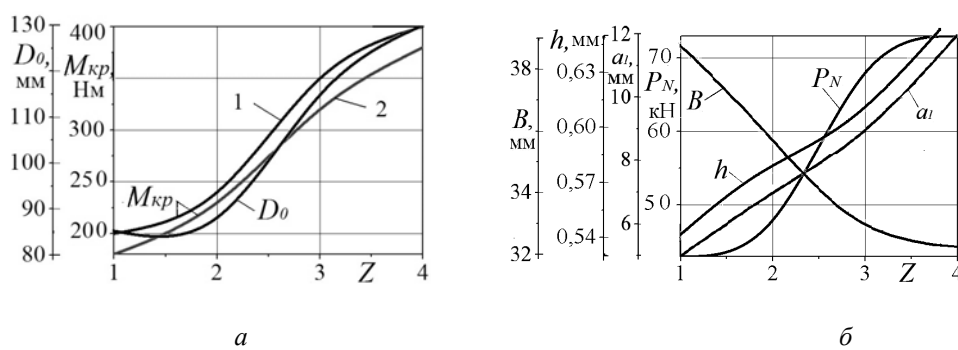


Рис. 8. Залежності крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1) і на верхньому циліндричному (2) валиках діаметра D_0 розгортки витка (а), а також сумарного зусилля P_N на привідному валику, ширини a_1 вирізів на внутрішній кромці, товщини h зовнішньої кромки та ширини B витка ГЗ (б) від виду змащувального матеріалу Z для $t=a=20$ мм; $b=12$ мм; $B_{oh}=30$ мм; $b_B=18$ мм

Використання полімерних мастил, таких як фторопласт (тефлон), капрон, полімерні композиції на основі фенолу, призводить до спотворення форми заготовки через низькі значення чинника тертя (менше 0,08) та коефіцієнта теплопровідності (менше 3000 Вт/ммК).

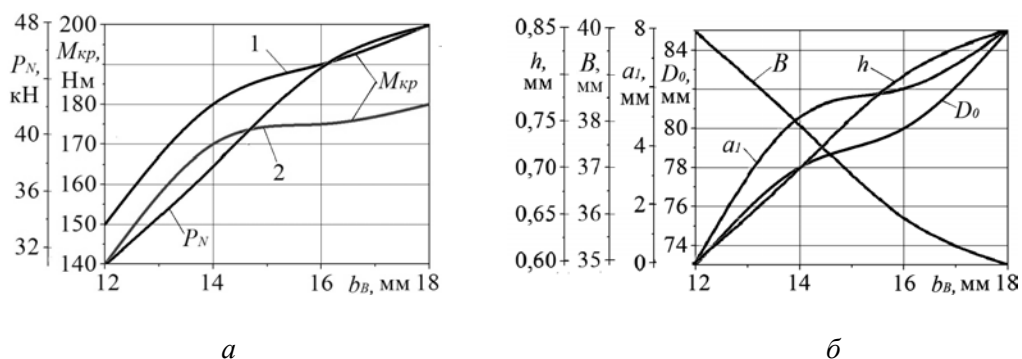


Рис. 9. Залежності сумарного зусилля P_N на привідному валику і крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1) і на верхньому циліндричному (2) валиках (а), а також діаметра D_0 гвинтової заготовки, ширини a_1 вирізів на внутрішній кромці, товщини h зовнішньої кромки витка та ширини B витка ГЗ після вальцювання від ширини зони вальцювання смуги для $t=a=20$ мм; $b=12$ мм; $B_{oh}=16$ мм

Із рис. 9 бачимо залежність енергосилових параметрів процесу формоутворення та конструктивних параметрів ГЗ від величини зони вальцювання b_B , тобто ширини некатаної зони $b_H = B_O - b - b_B = B_{oh} - b_B$. Так, зі збільшенням ширини зони вальцювання спостерігаємо зростання енергозатрат, товщини та діаметра зовнішньої кромки витка внаслідок зменшення ширини некатаної зони. Значна ширина b_H призводить до гофрувань. Тому раціональним значенням b_H є забезпечення умови відсутності ширини вирізів a_1 на внутрішній кромці ГЗ. Така умова виконується за $b = 12$ мм для випадку використання водо-графітового мастила.

Також зі збільшенням ширини зони вальцювання спостерігається збільшення товщини зовнішньої кромки витка та зменшення коефіцієнта розширення. Це спричинено видавлюванням матеріалу у зону необтисненої ділянки та збільшенням висоти товстішої ділянки витка.

Дослідження впливу товщини смуги на енергосилові та конструктивні параметри вальцьованих гвинтових заготовок (змащувальний матеріал – водо-графітове мастило) виявили тенденцію до зростання енергосилових параметрів процесу (рис. 10) зі збільшенням товщини заготовки у зоні вальцювання. Найменшого значення D_0 можна досягти за умови $H_{oh}/H_{OH} = 1,9 - 2,1$. Ця умова також забезпечує одержання ГЗ із мінімальним значенням ширини вирізів a_1 на внутрішній кромці витка.

Використання заготовок із різними H_{oh} незначно впливає на товщину зовнішньої кромки, однак уможливує одержати ГЗ із більшою товщиною витка за незмінного його зовнішнього діаметра. Однак величина допуску на товщину H_{oh} значно впливає на допуск виконання зовнішньої кромки витка, що зумовлено зростанням коефіцієнта розширення. Так, використання смужової заготовки із допуском на висоту товстішої ділянки дорівнює 0,15 мм і призводить до отримання ГЗ із різною висотою у межах допуску 4 мм. Крім того, виявлено спотворення форми ГЗ під час вальцювання смуги завтовшки $H_{oh} = 2,25$ мм, для $t=a=20$ мм; $b=12$ мм; $B_{oh}=16$ мм; $b_B=18$ мм. Отже, для отримання ГЗ більшої точності на виході із валиків необхідно встановлювати додатковий згинний ролик*.

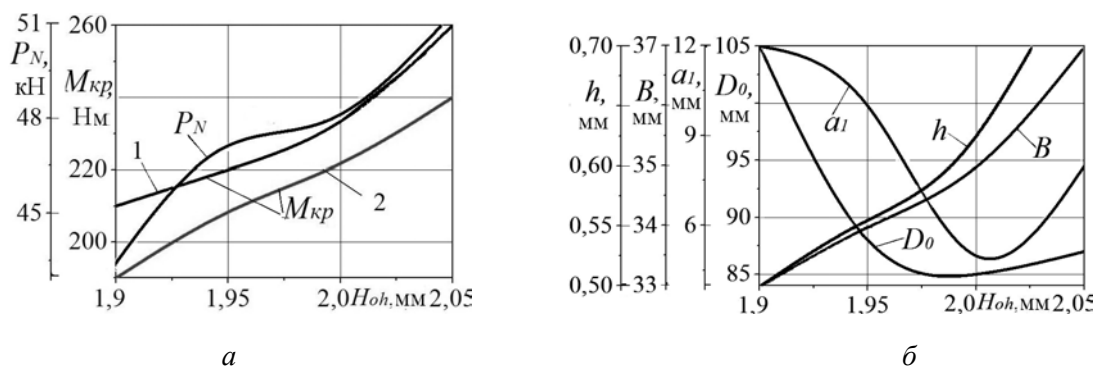


Рис. 10. Залежності сумарного зусилля P_N на привідному валику та крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому кінцевому (2) і на верхньому циліндричному (1) валиках (а) та діаметра розгортки витка D_0 , ширини a_1 вирізів на внутрішній кромці витка, ширини B і товщини h зовнішньої кромки витка від товщини H_{oh} смуги для $t=a=20$ мм; $b=12$ мм; $B_{oh}=16$ мм; $b_B=18$ мм

* Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатинский. – Львов: Выща шк., 1989. – 176 с.

Висновки. Наведено аналітичні залежності для проектування неперервно-секційних початкових заготовок, які використовуються для виготовлення вальцьованих ГЗ. На основі методу скінченних елементів досліджено вплив геометричних параметрів неперервно-секторних заготовок, температури їх нагрівання, змащувальних матеріалів та параметрів інструментів на енергосилові показники процесу формоутворення та конструктивні параметри ГЗ, які отримують методом вальцювання неперервно-секторних смугових заготовок. Одержані результати дали змогу виробити рекомендації щодо зменшення енергозатрат та забезпечити отримання якісних заготовок.