

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ВАЛЬЦЬОВАНИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК

© М.І. Пилипець, В.В. Васильків, 2017

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 статті 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 нагріву, змащувальних матеріалів та параметрів інструментів на енергосилові показники процесу формоутворення та конструктивні параметри гвинтових заготовок.

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

У сучасних транспортно-технологічних системах широко використовують деталі типу шнеків, які одержують із вальцьованих 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 практично неможливо. Це зумовлено втратою стійкості широких смуг у процесі їх асиметричного обтискання між валками. Одним із раціональних способів отримання ГЗ зі значним коефіцієнтом нерівномірності витягування і відповідно з малим діаметром внутрішньої крайки витка є вальцювання смуг, у яких зі сторони внутрішньої крайки витка виконані трикутні вирізи. Дослідженням такого процесу займалися 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 рази 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 зі сторони 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 зі сторони трикутних вирізів рівний або більший за радіус внутрішньої кромки розгортки витка ШГЗ.

Тому метою роботи є дослідження впливу геометричних параметрів НСЗ, температури їх нагріву, параметрів інструментів та мастильних матеріалів на енергосилові показники процесу вальцювання для визначення розмірів конструктивних параметрів НСЗ для одержання ШГЗ.

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

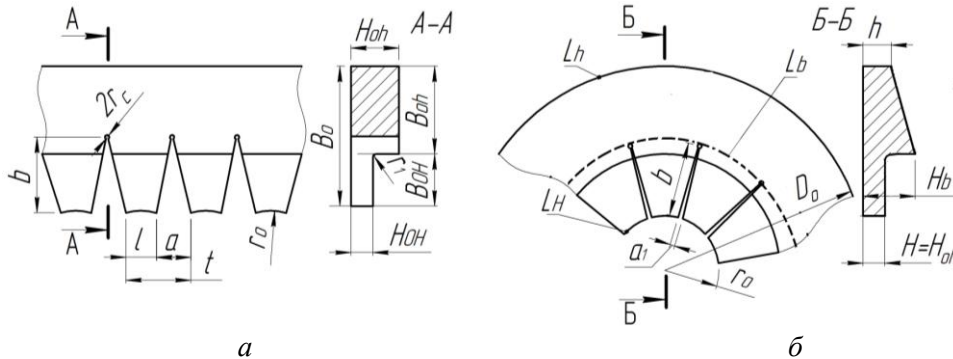


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення конструктивних параметрів ШГЗ:
а – НСЗ; б – розгортка витка

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

В 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 при стандартному випробовуванні 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

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

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.

В результаті вальцювання НСЗ одержують ШГЗ із профілем поперечного перерізу витка, який складається із спряжених клиноподібного та прямокутного. Геометричні параметри такого профілю переважно є відомими, так як їх задає конструктор на основі силових умов функціонування виробу. Можливі варіанти, коли $b = B_{oH}$ і $b > B_{oH}$. Наприклад, верхня частина профілю ШГЗ є трапецеподібною 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 $b = B_{0H}$ $x \in [0; B_{cyu}]$.

На основі 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.

При розрахунках необхідно здійснювати перевірку на стійкість спіралі в зоні товщини H_b

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

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

Вибір матеріалу необхідно здійснювати із умови Гурвіча

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

σ_B – границя міцності матеріалу заготовки, F_m – допустиме значення, комплексного прказника 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 бути рівною 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 рівна величині H вибирають із умови

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

Виготовлення ШГЗ можна здійснювати також способом вальцювання з не катаною зоною на суцільній частині НСЗ за умови $b = B_{0H}$ (рис. 2). При цьому, ділянку шириною b_H на суцільній

частині шириною $B_{oh} = B - b$ не піддають асиметричному обтисканню. Величину b визначають із умови (2).

Ширину не катаної 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.

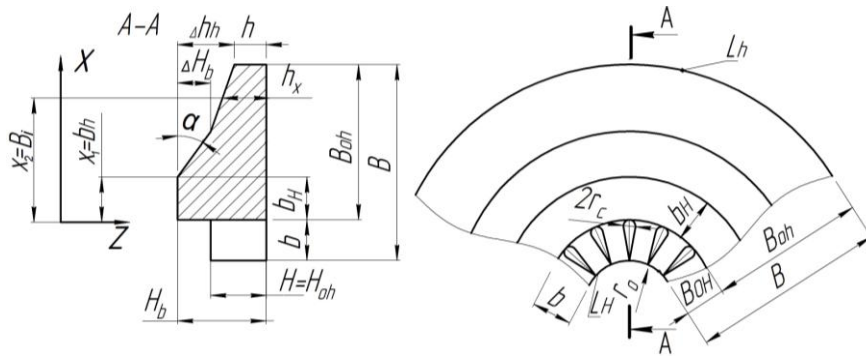


Рис. 2. Розрахункова схема розгортки витка ШГЗ із не вальцьованою зоною на суцільній частині витка

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 $B \in [10; 100]$ при $H_{oh}=5,0$ мм $\lambda = 3,2 - 0,03B_i + 783/B_i$, при $H_{oh}=4,5$ мм $\lambda = 6,03 - 0,06B_i + 635/B_i$, при $H_{oh}=4,0$ мм $\lambda = 0,9 - 0,01B_i + 698/B_i$, при $H_{oh}=3,6$ мм $\lambda = 2,4 - 0,02B_i + 2/B_i$, при $H_{oh}=3,2$ мм $\lambda = 2,8 - 0,03B_i + 579/B_i$, при $H_{oh}=3,0$ мм $\lambda = 4,3 - 0,05B_i + 476/B_i$, при $H_{oh}=2,5$ 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 співпадає з діаметром вершин вирізів; ζ - коефіцієнт, який враховує форму профілю валків 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}

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

При формоутворенні довжина нейтрального шару не змінюється, тому умова щільності є такою

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

де $\rho_o = 0,5d + b + b_o$.

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

$$a = t - l = t \left(1 - L_H \lambda_b / (1 - 2\delta_5) L_h \right) \quad (22)$$

Приклад розрахунку.

Необхідно виготовити вальцьовану ГЗ із параметрами $D=250$ мм; $d=20$ мм; $T=260$ мм зі сталі 08кп. В результаті розрахунків знаходимо $L_h=810$ мм; $B=115$ мм; $b=20$ мм; $L_b=274$ мм; ширина не обкатаної 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.

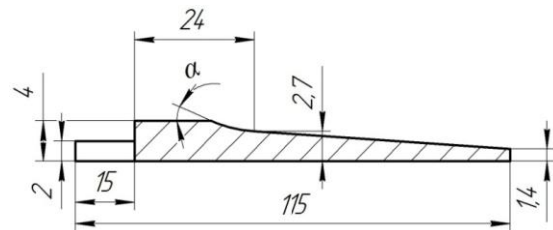


Рис. 3. Схема профілю поперечного перерізу витка ШГЗ

Розрахункові товщини поперечного перерізу ГЗ рівні: для зовнішньої крайки $h = H - \Delta h_h = 4 - 2,56 = 1,44$ мм, для поздовжнього перерізу: $H_b = H - \Delta H_b = 4 - 1,3 = 2,7$ мм. При $\Delta h_h / H_{oh} = 0,7$ 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 скінчених елементів використовували нагріту до температури 1000°C нормалізовану стрічку зі сталі 20 згідно 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 валками 125 мм.

Кутова швидкість обертання валків – 100 об/хв. Лінійна швидкість штовхача $V = 30$ мм/с.

В експериментальних дослідженнях використовували такі інструменти: циліндричні валки діаметром $D_B = 125$ мм і довжиною 20; 18; 16; 14 мм, та конічні валки із більшим діаметром $D_{IB} = 125$ мм, меншим діаметром $D_{2B} = 124,4$ мм, довжиною 20; 18; 16; 14 мм (центральный кут α_B конічної поверхні валка $1,6^\circ$).

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

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

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

Для змащування використовували: суспензію мінерального масла з графітом (коефіцієнт теплопровідності – 4500 Вт/ммК, фактор тертя – 0,3); водо-графітне мастило Графітол – В31 (розбавлене дистильованою водою у співвідношенні 1/20), (коефіцієнт теплопровідності – 4000 Вт/ммК, фактор тертя

– 0,4); сольовий змащувальний матеріал у вигляді водної суспензії солі з додаванням азотнокислого натрію (в склад 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 валках, сумарного зусилля на валках), параметри одержаних заготовок (зовнішній діаметр D_0 , ширину вирізів a_1 на внутрішній крайці витка, товщину зовнішньої крайки витка, коефіцієнт B/B_0 розширення стрічки).

В результаті досліджень отримані заготовки із $D/d \leq 2,5$, із шириною вирізів зі сторони внутрішньої крайки $0 \leq a_1 \leq 18$, товщиною зовнішньої крайки $0,5 \leq h \leq 1,2$, товщиною внутрішньої крайки витка $H = 1$ мм, із діаметром розгортки витка ГЗ $70 \leq D_0 \leq 130$.

Дослідження впливу кроку вирізів на енергосилові та конструктивні параметри вальцюваних ГЗ (рис. 4 і 5) при використанні водо-графітного мастила для $B_{oh} = 30$ мм; $b_B = 18$ мм показали, що найбільший крутний момент - на циліндричному валку, а зі зменшенням величини основи a вирізів при однаковій величині $a/b = 2$ спостерігаємо зменшення моментів вальцювання на валках. При зменшенні основи вирізів з 50 до 20 мм за інших однакових умов падіння моменту вальцювання на кожному із валків складало 10 – 16%.

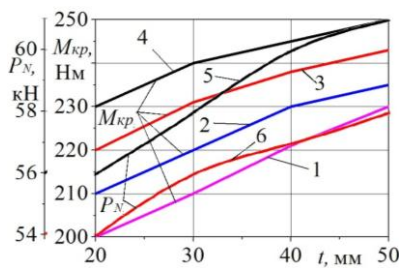


Рис. 4.

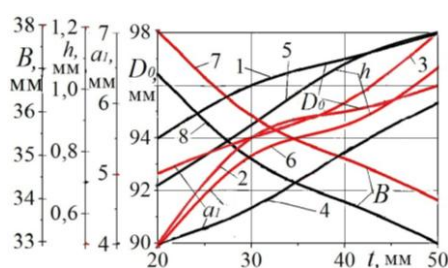


Рис. 5.

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

Рис. 5. Залежності діаметру D_0 , ширини a_1 вирізів на внутрішній крайці, товщини h зовнішньої крайки 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 діаметру зовнішньої крайки витка можна досягнути за умови зменшення величини кроку t вирізів, що чіткіше виявляється для більших значень висоти b вирізів. Зокрема, при зменшенні кроку вирізів з 50 до 20 мм для $b = 8$ мм було досягнуто зменшення діаметра D_0 на 7% та зусилля деформації.

Недоліком розглядуваного процесу є наявність вирізів шириною a_1 на внутрішній крайці витка внаслідок не зімкнення секторних елементів на заготовці. Забезпечення умови $a_1 = 0$ досягається відповідним підбором величини обтискання заготовки, та параметрів вирізів a , b , і t згідно наведених аналітичних залежностей (1) – (22). Наприклад, зменшення величини a_1 можна досягнути 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 крайкою 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 вальцюваних ГЗ у випадку використання водо-графітного мастила показали, що значного зменшення моменту вальцювання можна досягнути за рахунок збільшення ширини B_{OH} тоншої

ділянки смугової заготовки (рис. 6). Наявність тоншої ділянки шириною 12 мм у порівнянні із заготовкою постійної товщини тобто $H_{OH} = H_{oh}$ забезпечує зменшенню моменту вальцювання на 19%, а діаметру зовнішньої крайки витка до 9%.

Аналогічна тенденція зміни моменту вальцювання при збільшенні ширини B_{OH} тоншої ділянки має місце і для сумарного зусилля P_N на привідному валку. Падіння такого зусилля є стрімким і складає 70%.

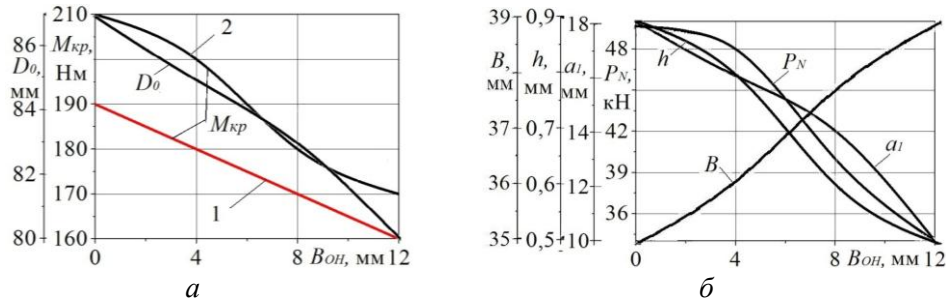


Рис. 6. Залежності крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1) і верхньому циліндричному (2) валках, діаметру D_0 гвинтової заготовки (а), а також сумарного зусилля P_N на привідному валку, ширини a_1 вирізів на внутрішній крайці, ширини B і товщини h зовнішньої крайки витка (б) від ширини B_{OH}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

Також збільшення ширини B_{OH} призводить до зменшення ширини вирізів на внутрішній крайці витка. Для вище зазначеного збільшення B_{OH} , зменшення a_1 становить 55%.

У зв'язку зі збільшенням радіуса кривини зовнішньої крайки витка відбувається зменшення її товщини при збільшенні ширини B_{OH} . Тому використання заготовки зі збільшенням товщини H_{OH} на ділянці шириною B_{OH} дозволить одержувати ГЗ із більшою товщиною зовнішньої крайки витка.

При збільшенні висоти B_{OH} тоншої ділянки спостерігається збільшення коефіцієнту розширення стрічки. Із графіка бачимо, що при наявності тоншої ділянки спостерігається зростання коефіцієнта розширення стрічки у порівнянні з варіантом, коли $B_{OH} = 0$ з 1,17 до 1,3.

Дослідження впливу ширини тоншої ділянки без вирізів на енергосилові та конструктивні параметри вальцюваних ГЗ (змащувальний матеріал – водо-графітне мастило) показали ефективність використання смугової заготовки зі ступенево змінною товщиною у порівнянні 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 при наявності тоншої ділянки товщиною $H_{OH} = 1$ мм і шириною $B_{OH} = 12$ мм величина моменту становить 200 Нм, тобто спостерігається зменшення такого силового фактору на 12%. За таких умов має місце зменшення діаметра зовнішньої крайки витка з 106 мм до 95 мм, тобто на 10%.

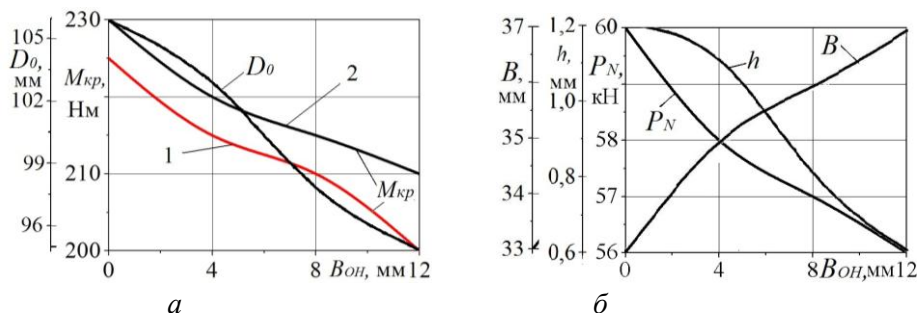


Рис. 7. Залежності крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1), та верхньому циліндричному (2) валках, діаметру D_0 розгортки витка (а), а також сумарного зусилля P_N на привідному валку, товщини зовнішньої крайки витка h та ширини витка ГЗ після вальцювання B (б) від ширини тоншої ділянки B_{OH}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

Подібним чином спостерігається зменшення сумарного зусилля на привідному валку на 7%, а зменшення товщини зовнішньої крайки витка на 50%. У випадку використання суцільної заготовки зростання B_{OH} призводить до збільшення коефіцієнта розширення.

Із рис. 7 також бачимо, що вальцювання початкової заготовки із профільним поперечним перерізом із висотою тоншої ділянки $B_{OH}=12$ 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 за ширину початкової заготовки.

Дослідження впливу виду змащувального матеріалу на енергосилові та конструктивні параметри вальцюваних гвинтових заготовок показали, що наявність мастильного матеріалу дозволяє суттєво зменшити момент вальцювання і відповідно енергетичні витрати на формоутворення спіралі.

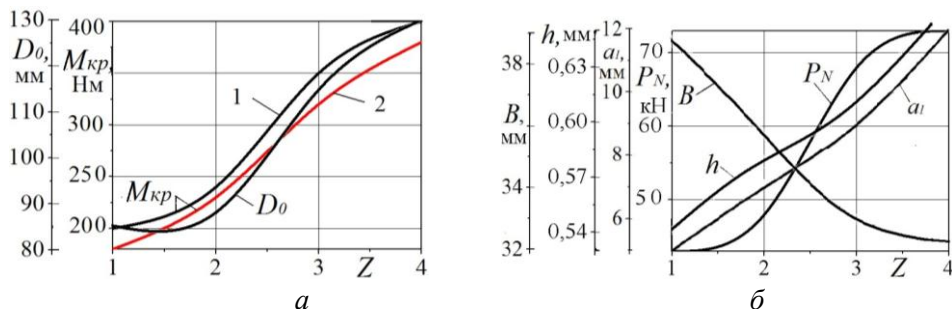


Рис. 8. Залежності крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1) і на верхньому циліндричному (2) валках, діаметру D_0 розгортки витка (а), а також сумарного зусилля P_N на привідному валку, ширини a_1 вирізів на внутрішній крайці, товщини h зовнішньої крайки та ширини B витка ГЗ (б) від виду змащувального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

Із рис. 8 бачимо, що найефективнішим мастильним матеріалом є мінеральне мастило з графітом - це високоякісна композиція на основі глибоко очищеного мінерального масла, яка розрахована на гранично високий тиск і високі температури. Використання такого мастильного матеріалу, у порівнянні з його відсутністю, дозволяє зменшити момент вальцювання на 50%, а діаметр зовнішньої крайки витка на 34%. Помічено також низькі значення сумарного зусилля на валках та незначна ширина вирізів на внутрішній крайці витка, хоча внаслідок інтенсивного розтягування зовнішнього шару металу зі сторони зовнішньої крайки витка відбувається потоншення товщини h витка ГЗ. Однак, найменшого розширення заготовки можна досягнути за умови відсутності мастила, а найбільшого при використанні мінералу з графітом.

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

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 крайки витка внаслідок зменшення ширини не катаної зони. Значна ширина b_H призводить до гофроутворень. Тому раціональним значенням b_H є забезпечення умови відсутності ширини вирізів a_1 на внутрішній крайці ГЗ. Для розглядуваного випадку така умова виконується при $b=12$ мм для випадку використання водо-графітного мастила.

Також, зі збільшенням ширини зони вальцювання спостерігається збільшення товщини зовнішньої крайки витка та зменшенням коефіцієнту розширення. Це спричинено видавлюванням матеріалу у зону необтисненої ділянки та збільшенням висоти товстішої ділянки витка.

Дослідження впливу товщини смуги на енергосилові та конструктивні параметри вальцюваних гвинтових заготовок (змащувальний матеріал – водо-графітне мастило) виявили тенденцію зростання енергосилових параметрів процесу (рис.10) зі збільшенням товщини заготовки

у зоні вальцювання. Найменшого значення D_0 можна досягнути 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 крайці витка.

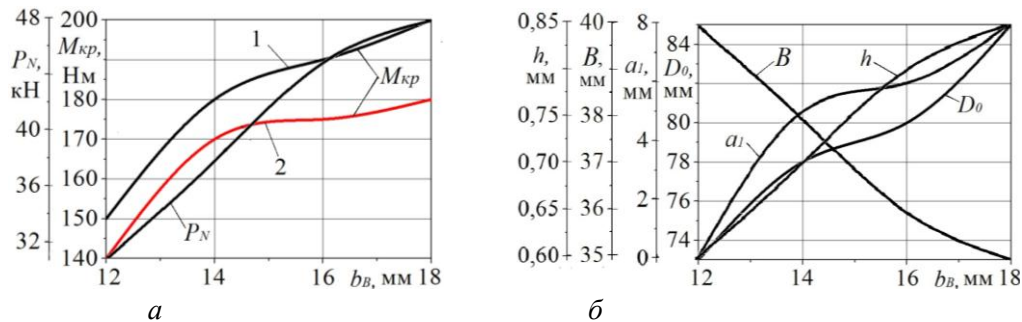


Рис. 9. Залежності сумарного зусилля P_N на привідному валку і крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (1) і на верхньому циліндричному (2) валках (а), а також діаметру D_0 гвинтової заготовки, ширини a_1 вирізів на внутрішній крайці, товщини h зовнішньої крайки витка та ширини B витка ГЗ після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

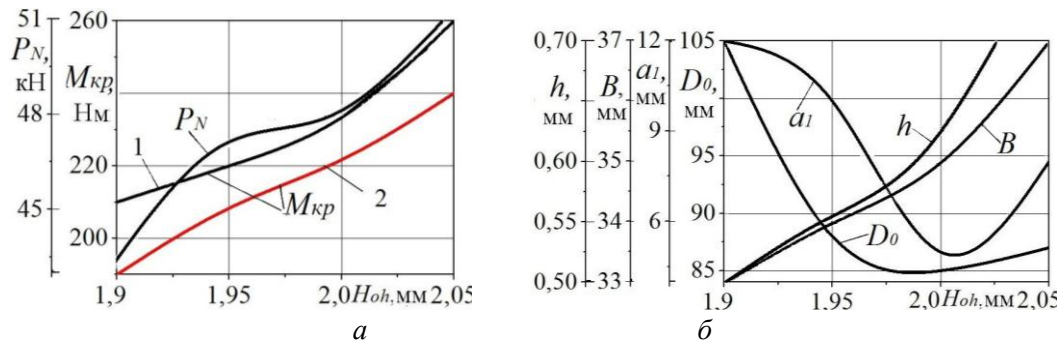


Рис. 10. Залежності сумарного зусилля P_N на привідному валку та крутного моменту $M_{кр}$ на нижньому конічному (2) і на верхньому циліндричному (1) валках (а) та діаметру розгортки витка D_0 , ширини a_1 вирізів на внутрішній крайці витка, ширини B і товщини h зовнішньої крайки витка від товщини H_{oh}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

Використання заготовок із різними H_{oh} незначно впливає на товщину зовнішньої крайки, однак дозволяє одержати ГЗ із більшою товщиною витка при незмінному його зовнішньому діаметрі. Однак величина допуску на товщину H_{oh} значно впливає на допуск виконання зовнішньої крайки витка, що зумовлено зростання коефіцієнту розширення. Так використання смугової заготовки із допуском на висоту товстішої ділянки рівним 0,15 мм, призводить до одержання ГЗ із різною висотою в межах допуску 4 мм. Крім цього, виявлено спотворення форми ГЗ при вальцюванні смуги товщиною $H_{oh} = 2,25$ мм, для $t=a=20$ мм; $b=12$ мм; $B_{oh}=16$ мм; $b_B=18$ мм. Таким чином, для одержання ГЗ більшої точності на виході із валків необхідно встановлювати додатковий згинний ролик.

Висновки. Наведені аналітичні залежності для проектування неперервно-секційних початкових заготовок, які використовуються для виготовлення вальцюваних ГЗ. На основі методу скінчених елементів досліджено вплив геометричних параметрів неперервно-секторних заготовок, температури їх нагріву, змащувальних матеріалів та параметрів інструментів на енергосилові показники процесу формоутворення та конструктивні параметри ГЗ, які одержують методом вальцюванням неперервно-секторних смугових заготовок. Одержані результати дозволили виробити рекомендації щодо зменшення енергозатрат та забезпечити одержання якісних заготовок.

1. Гевко Б.М. Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. / Б.М. Гевко, Р.М. Рогатынский - Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1989. - 176 с.