

УДК621.001 2(7)

Василь Васильків, Василь Киселиця, Марія Радик

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РОЗРАХУНОК ПРОГИНІВ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК У ПРОЦЕСІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Vasyl Vasylykiv, Vasyl Kyselytsya, Maria Radyk

CALCULATING THE SCREWS FLIGHT DEFLECTION DURING THEIR MANUFACTURE

Одним із найпоширеніших способів виготовлення деталей типу шнеків є прокатування смугової заготовки або її навивання на гладку або різбову оправу, яка закріплена в патроні верстату. У багатьох випадках цей процес супроводжується одночасним закріпленням сформованої гвинтової заготовки (ГЗ) по внутрішній крайці до опорного елемента (оправи). Внаслідок згину на ребро смугової заготовки з питомою висотою $b' > 10$, на оправу діють сили, що призводять до її прогину, який визначається жорсткістю оправы та гвинтової заготовки. Використання оправок підвищеної міцності призводить до зростання ваги шнекової деталі. Тому для раціонального (без надлишкового підсилення оправы) забезпечення регламентованого прогину, необхідне визначення прогину з урахуванням впливу заданого профілю витка на згинну жорсткість. На даний час використовують наближену оцінку жорсткості гвинтової оправы, яка враховує лише вид оправы.

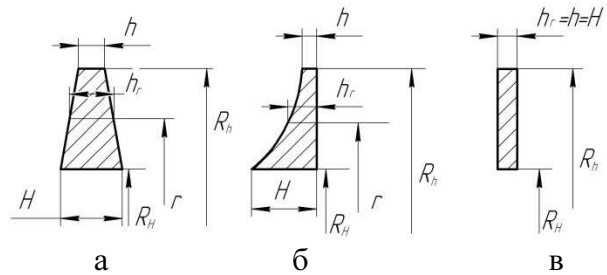


Рис.1. Схема профілів поперечних перерізів витків гвинтових заготовок

На основі визначення величини потенціальної енергії пружної деформації одного витка за методом Нарської з урахуванням закону зміни товщини його поперечного перерізу, нами визначені залежності для розрахунку жорсткості одного витка.

Жорсткість одного витка ГЗ трапецеподібного профілю у поперечному перерізі (рис. 1 а) визначається так:

$$j = \frac{E}{4\pi^2(1-\mu^2)} \int_{R_H}^{R_h} \int_0^{2\pi} \left[\frac{(h \cdot (R_h - R_H) + (H - h)(R_h - r))r^2 \cdot c^2 \sin^2 \varphi}{\sqrt{r^2 + c^2} (R_h - R_H)} + \frac{(h(R_h - R_H) + (H - h)(R_h - r))^3}{12(R_h - R_H)^3} \right] \times \left(\frac{\cos^2 \varphi}{\sqrt{r^2 + c^2}} \left(1 + \frac{r^2}{\sqrt{r^2 + c^2}}\right)^2 + 2(1-\mu) \frac{c^4 r^2 \sin^2 \varphi}{(r^2 + c^2)^3 \sqrt{r^2 + c^2}} \right) d\varphi dr,$$

де R_H, R_h – радіуси відповідно внутрішньої та зовнішньої крайок витка ГЗ; c – параметр кроку гвинтової лінії ГЗ; $c = T/2\pi$; T – крок витка ГЗ; D – циліндрична жорсткість: $D = \frac{E_z H^3}{12(1-\mu^2)}$;

r, φ – полярні координати; E – модуль Юнга; μ – коефіцієнт Пуассона; H і h товщина відповідно зовнішньої та внутрішньої крайок витка ГЗ. Величини H і h залежать від способу виготовлення ГЗ.

Величина жорсткості одного витка ГЗ з гіперболічним профілем її поперечного перерізу (рис. 1 б) визначається так:

$$j = \frac{E}{4\pi^2(1-\mu^2)} \int_{R_H}^{R_h} \int_0^{2\pi} \left[\frac{H(r_h - r_H)r^2 \cdot c^2 \sqrt{r^2 + c^2} \sin^2 \varphi}{[r_h - r_H + (\frac{H}{h} - 1)(r - r_h)](r^2 + c^2)} + \frac{H^3(r_h - r_H)^3}{12(r_h - r_H + (\frac{H}{h} - 1)(r - r_H))^3} \right] \times$$

$$\times \left(1 + \frac{r^2}{r^2 + c^2} \right)^2 \frac{\cos^2 \varphi}{\sqrt{r^2 + c^2}} + 2(1 - \mu) \frac{c^4 r^2 \sin^2 \varphi}{(r^2 + c^2)^3 \sqrt{r^2 + c^2}} \Big] d\varphi dr.$$

Для широкосмугових ГЗ (рис. 1 в), жорсткість одного витка визначається так:

$$j = \frac{EH_c}{4\pi^2(1-\mu^2)} \int_{R_H}^{R_v} \int_0^{2\pi} \left[\frac{rc \sin \varphi}{r^2 + c^2} \right]^2 \sqrt{r^2 + c^2} + \frac{H_c^2}{12} \left[\left(1 + \frac{r^2}{r^2 + c^2} \right)^2 \frac{\cos^2 \varphi}{\sqrt{r^2 + c^2}} + 2(1 - \mu) \frac{c^4 r^2 \sin^2 \varphi}{(r^2 + c^2)^3 \sqrt{r^2 + c^2}} \right] d\varphi dr \text{ де}$$

$H_c = H = h$ – товщина витка.

Повна жорсткість одного витка ГЗ закріпленої на оправі, складається із жорсткості оправки і жорсткості витка:

$$j_\varepsilon = EJ_{on} / T + j = EJ_{on} / N(1 + jT / EJ_{on}) = E\tilde{J}_\varepsilon / T,$$

де \tilde{J}_ε - умовна геометрична жорсткість шнекової деталі; J_{on} - осьовий момент інерції перерізу оправки; для суцільної оправки: $J_{on} = 0,25\pi R_H^4$, для порожнистої оправки: $J_{on} = 0,25\pi(R_H^4 - R_v^4)$, де R_v – внутрішній радіус оправки.

При навиванні смугової заготовки на оправу яка закріплена в патроні, з одночасним приварюванням такої заготовки до оправки, величина прогину оправки із закріпленою спіраллю визначається на основі використання відомої формулою для розрахунку консольної балки на згин:

$$f = Pl^3 / 3E\tilde{J}_\varepsilon + ql^4 / 8E\tilde{J}_\varepsilon = f_1 + f_2,$$

де l – довжина ГЗ; q – погонне вагове навантаження від дії власної ваги оправки і ГЗ; P – сумарна сила, прикладена до оправки при навиванні смугової заготовки на ребро; f_1 – прогин від дії зусилля згину смуги; f_2 – прогин від дії ваги оправки і спіралі.

Величину погонного вагового навантаження можна визначити на основі формули Н. Л. Нарської.

На рисунках 2-4 представлені результати розрахунків жорсткості та прогинів різнопрофільних ГЗ (матеріал заготовок - сталь 08кп, $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа, $\mu = 0,26$).

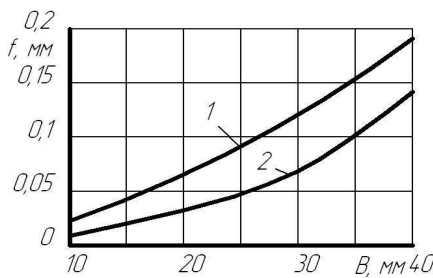


Рис. 2

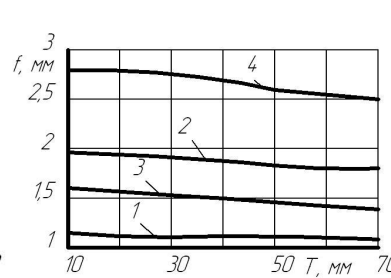


Рис. 3

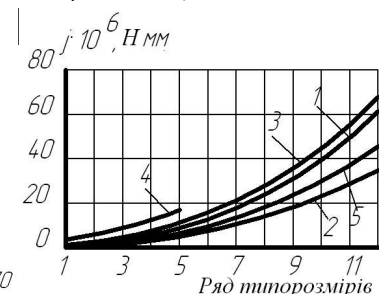


Рис. 4

Рис. 2 Залежність величини прогину гвинтової ділянки оправки діаметром $d=40$ мм від ширини стрічки B при навиванні смуги. Закріплення оправки в патроні з підтиснутим заднім центром: 1 – $H_0=2$ мм; 2 – $H_0=3$ мм.

Рис. 3 Залежність прогину гвинтової ділянки оправки від кроку T при навиванні смуги шириною 15 мм і товщиною $H_0=10$ мм на оправу діаметром $d=30$ мм: 1 – $l=1000$ мм, $R_v=0$ мм; 2 – $l=1200$ мм, $R_v=0$ мм; 3 – $l=1000$ мм, $R_v=11$ мм; 4 – $l=1200$ мм, $R_v=11$ мм

Рис. 4 Залежності жорсткості витків різних типорозмірів спіралей згідно ГОСТ 7505-75 для різних видів гвинтових заготовок: 1 – прокатних; 2 – прямокутного профілю; 3 - навивних; 4 – гіперболічного профілю; 5 – трапецеподібного профілю.