

УДК 621.941.1.

М. Пилипець, д.т.н., професор, О.Лясота, к.т.н., доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ СПРАЛЕЙ З “U-ПОДІБНИХ” ПРОФІЛІВ

М. Pylypets, O. Lyasota

INVESTIGATION OF THE SPIRAL FORMATION PROCESS FROM "U-SHAPED" PROFILES

Гвинтоподібні профілі з “U-подібних” форм широко використовують у сучасному машинобудуванні. Рациональним способом їх виготовлення є навивання, що забезпечує мінімальні матеріальні та енерговитрати, високу якість і точність виробів. При цьому можна використати методи як холодного, так і гарячого навивання, кожен із яких має свої переваги і свою область застосування.

Довжину заготовки L_3 для навивання кількості витків N можна визначити з виразу:

$$L_3 = N\sqrt{4\pi^2 n_0^2 + T^2} \quad (1)$$

де n_0 – радіальний параметр нейтрального шару;

T – крок витка;

Якщо прийняти $L_0 = L_3 / N$ – довжина заготовки що йде на один виток.

Враховуючи залежності зміни товщини стрічки при згині з початкової заготовки B_0 і товщину B навитої заготовки

$$B = B_0 \sqrt{\frac{L_0}{L_n}} \quad (2)$$

або

$$B = B_0 \sqrt{\frac{n_0^2 + C'^2}{n^2 + C'^2}} \quad (3)$$

Беручи до уваги незначний кут підйому більшості профілів, нехтуємо величиною кручення із гвинтовою напрямною і враховуємо тільки його кривину

$$K = \frac{1}{R_k} = \frac{\rho}{\rho^2 + \frac{T^2}{4\pi^2}} \quad (4)$$

де R_k – бігучий радіус кривини,

ρ - бігучий радіус профілю.

Для $T < 0,65\rho$ похибка від нехтування складовими, що містять параметр кроку, не перевищує 1%, тому під час формоутворення таких профілів розрахунковий бігучий радіус кривини R_k приймають співрозмірним з бігучим радіусом профілю.

$$R_k = \rho \left(1 + \frac{t^2}{4\pi^2 \rho^2} \right) \approx \rho, \quad (5)$$

Внаслідок стискування внутрішніх шарів гнучого профілю і проковзування на оправі виникає розтягувальна складова сила N , що пов'язана із згинальним зусиллям P та моментом M_σ від тангенційних напружень за висотою заготовки співвідношеннями

$$N = (\mu_p + \mu_o)P,$$

$$M_\sigma = [l + r(\mu_p + \mu_o)]P,$$

$$M_\sigma = \rho_{np}N, \quad \rho_{np} = \frac{M}{N} = r + \frac{l}{\mu_o + \mu_p}, \quad (6)$$

де μ_o та μ_p – коефіцієнти тертя заготовки відповідно до оправи й обтискного ролика;

ρ_{np} – приведений радіус прикладання поздовжньої сили N , за якого її дія адекватна спільній дії N та M_σ .

В зоні розтягування для ребер

$$N_{розм} = \int_{\rho_o}^{r+B} \sigma_\theta h \sqrt{\frac{\rho_o}{\rho}} d\rho = 2\beta\sigma_s h \sqrt{\rho_o} \left(\sqrt{\rho_o} - \frac{\rho_o}{\sqrt{r+B}} \right), \quad (7)$$

В зоні стискування для ребер

$$N_{см} = \int_{r_o}^{\rho_o} \sigma_\theta h \sqrt{\frac{\rho_o}{\rho}} d\rho = 2\beta\sigma_s h \sqrt{\rho_o} \left(\sqrt{\rho_o} - \sqrt{r} \right). \quad (8)$$

Для перешийка

$$N_{смн} = -\beta\sigma_s S_h \Delta. \quad (9)$$

Поздовжня сила навивання

$$N = \beta\sigma_s \left[2\sqrt{\rho_o} h \left(\sqrt{r} - \frac{\rho_o}{\sqrt{r+B}} \right) - S_h \Delta \right]. \quad (10)$$

Момент від тангенційних напружень відносно осі оправи незалежно від температурного режиму процесу запишеться як

$$M_\sigma = \beta\sigma_s \left\{ \sum \frac{h}{3} \sqrt{\frac{\rho_o}{r+B}} \left[(r+B)^2 \left(3\rho_o^2 + 2r\sqrt{r(r+B)} \right) \right] - \frac{rS_h\Delta}{4} \right\} \quad (11)$$

де ρ_o визначається залежністю

$$\rho_o = k \frac{\sum_{i=1}^m h_i B_i \sqrt{r(r+B_i)}}{\sum_{i=1}^m B_i h_i}, \quad (12)$$

Рівняння (10) та (11) разом із рівнянням (6) складають систему, з якої можна визначити параметри процесу згину - N , M_σ , P та ρ_{np} .

Довжина заготовки, що необхідна для навивання профілю кроком T на оправу радіусом r із кутовим параметром витків φ , визначається залежністю

$$L_{загот} = \frac{\varphi}{2\pi} \sqrt{t^2 + 4\pi^2 \rho_o^2}. \quad (13)$$

Виведені залежності можна використовувати для навивання інших профілів за різними схемами.