

УДК 621 7.043

М.І. Пилипець д. т. н., проф.; А.П. Грабовський аспірант.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ
ФОРМОУТВОРЕННЯ ГВИНТОВИХ ЗАГОТОВОК**

M.I. Pylypets Dr.; Prof.; A.P. Grabovsky postgraduate.

**RESEARCH OF THE STRESS AND DEFORMATION STATE OF THE
FORMATION OF SCREW BILLETS**

Abstract. The technological bases of shaping ribbed, cylindrical, profiled screw blanks of machine parts by cold winding methods based on resource-saving technologies are considered. The given dependencies make it possible to determine the energy, strength and structural parameters of the workpiece, technological equipment and tool and to implement the technological process of winding workpieces with a material utilization factor of up to 1.

У машинобудуванні завжди були і сьогодні є актуальними питання щодо розроблення нових прогресивних, ресурсощадних, відносно недорогих способів виготовлення деталей машин. Вони повинні забезпечувати, якщо не безвідходне виробництво, то хоч би наближатись до нього. До таких способів належить навівання на оправи заготовок різних типів, з яких можна виготовляти деталі машин, що мають найрізноманітніше застосування в промисловості та народному господарстві. Це, зокрема, гвинтоподібні профілі і спіралі, які широко використовуються в сучасному машинобудуванні для виконання багатофункціональних завдань, а також у ремонтній справі.

Окрім гвинтових заготовок навитих на оправу зі стрічок прямокутного перерізу, з яких можна виготовляти різноманітні деталі класу тіл обертання та спіралі шнеків для робочих органів транспортно-технологічних систем, виникає необхідність у формоутворенні ребристих гвинтових профілів, вихідними заготовками для яких можуть бути кутники, швелери, профілі з нерівновеликими ребрами.

Гвинтоподібні профілі з ребристими елементами широко використовують у сучасному машинобудуванні. Найраціональнішим способом їх виготовлення є навівання, що забезпечує мінімальні матеріальні та енергетичні витрати, високу якість і точність виробів. При цьому можна використати методи як холодного, так і гарячого навівання, кожен із яких має свої переваги і свою область застосування.

Стосовно ж заготовок із кутників, то, як відомо, шнеки з Г-подібним поперечним перерізом при використанні їх в транспортно-технологічних системах для переміщення різних вантажів характеризуються високою продуктивністю роботи за рахунок бічної полицки шнека, а також можуть використовуватись у транспортерах без зовнішнього кожуха, оскільки полицка не дає вантажу випасти.

Особливість навівання ребристих профілів [1] полягає у створенні таких умов, за яких попереджається втрата стійкості ребер під час згинання і передбачається поєднання осьового підтискування профілів і прикладання згинального моменту, як правило, силою згинання із коротким плечем прикладання.

У зоні пластичного деформування створюється складний напружено-деформаційний стан, дослідження якого важливе для визначення цілого ряду технологічних факторів процесу та конструктивних параметрів виробу.

В загальному випадку навівання спіралі, розподіл контактних напружень невідомий, а напружено-деформівний стан описується симетричними тензорами другого рангу [1].

Враховуючи гвинтову симетрію спіралі [1], замість декартових координат зручно використовувати спеціальну систему гвинтових координат, в якій одна вісь напрямлена вздовж дотичної до гвинтової лінії друга вісь вздовж нормалі, а третя – вздовж бінормалі. Розглядаючи напружено-деформівний стан у тонких пластинах, можна прийняти, що вісь напрямлена вздовж нормалі до серединної поверхні по прямій, а система може розглядатись як ортогональна в першому наближенні.

Склавши рівняння рівноваги в системі гвинтових координат, провівши відповідні розрахунки, навіваючи профіль на крок, висоту ребра змінюємо залежно від ступені витягування профілю за зовнішнім і внутрішнім краями.

Нейтральний шар визначається із умови рівності довжини навитого витка початкової довжини заготовки:

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

де L_3 – довжина заготовки;

n_0 – радіальний параметр нейтрального шару;

T – крок витка;

N – кількість витків, отриманих із заготовки довжиною L_3 .

Якщо позначити довжину заготовки що йде на один виток $L_0 = L_3 / N$, то зміну товщини при згині стрічки можна визначити за залежністю

$$B = B_0 \sqrt{\frac{L_0}{L_n}} = B_0 \sqrt{\frac{n_0^2 + C'^2}{n^2 + C'^2}}, \quad (2)$$

Тут $C' = \frac{T}{2\pi}$ – параметр кроку гвинтової поверхні.

Якщо прийняти, що величина σ_s $\sigma_s = \beta \left[\sigma_{t_0} \pm \ln \sqrt{\frac{\rho^2 + C'^2}{\rho_0^2 + C'^2}} \right]$ незначно

змінюється в часі, то умовно $\sigma_s = const$.

Тоді рівняння рівноваги зведеться до диференціального рівняння :

$$\frac{2d\sigma_\rho}{\mp \sigma_\rho + 2\sigma_s} = \frac{\rho d\rho}{\rho^2 + C'^2}, \quad (3)$$

де для зони розтягування приймаємо знак (+), для зони стискування - (-).

Розв'язок рівняння (3) для зони розтягування

$$\sigma_{\rho} = -2\sigma_s \left(1 - \sqrt{\frac{\rho^2 + C'^2}{R^2 + C'^2}} \right), \quad (4)$$

для зони стискування

$$\sigma_{\rho} = -2\sigma_s \left(1 - \sqrt{\frac{r^2 + C'^2}{\rho^2 + C'^2}} \right), \quad (5)$$

де R та r – максимальні та мінімальні радіуси гвинтової стрічки;

ρ – біглий радіальний параметр довільної точки гвинтової поверхні.

Радіус нейтральної поверхні для випадку $\sigma_s = const$ отримуємо із умови рівності радіальних параметрів у нейтральному шарі, що розділяє зону стискування та зону розтягування:

$$\rho_H = \sqrt{\sqrt{(R^2 + C'^2)(r^2 + C'^2)} - C'^2}. \quad (6)$$

Внаслідок стискування внутрішніх шарів гнutoго профілю і проковзування на оправі виникає розтягувальна складова N , що пов'язана із згинальним зусиллям P та моментом M_{δ} від тангенційних напружень за висотою заготовки співвідношеннями [1]

$$\begin{aligned} N &= (\mu_{\rho} + \mu_0)P, \\ M_{\delta} &= [l + r(\mu_{\rho} + \mu_0)]P, \\ M_{\delta} &= \rho_{np}N, \quad \rho_{np} = \frac{M}{N} = r + \frac{l}{\mu_0 + \mu_p}, \end{aligned} \quad (7)$$

де μ_0 та μ_p – коефіцієнти тертя заготовки відповідно до оправы й обтискного ролика;

Зусилля P , необхідне для згинання профілю із плечем l , визначається залежністю

$$P = \frac{F\beta\sigma_s k_F (\rho_c - r)}{l + (\mu_0 + \mu_p)r}, \quad (8)$$

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

Література

1. Пилипець М.І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин: Дис... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2002. - 445 арк.