

*Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції 14–15 травня 2020 року
«Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій», Тернопіль, Україна*

УДК 621.941.1

М. Пилипець, д-р. техн. наук, проф., О. Пилипець, канд. техн. наук, доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК З “U-ПОДІБНИХ” ПРОФІЛІВ

M. Pylypets, Dr. Prof., O. Pylypets, Ph.D., Assoc. Prof.
RESEARCH OF THE BLANKS FORMING PROCESS FROM "U-LIKE" PROFILES

У машинобудуванні актуальні питання з розроблення нових прогресивних, ресурсозберігаючих, відносно не дорогих способів виготовлення деталей машин. Вони повинні забезпечувати, якщо не безвідходне виробництво, то хоча б наближатися до нього. До таких способів відноситься навивання на оправу заготовок різних типів, з яких можна виготовляти деталі машин, що мають застосування в промисловості і народному господарстві. Це, зокрема, гвинтові профілі (ГП) і спіралі, які широко використовуються в машинобудуванні для виконання функціональних завдань.

Крім гвинтових заготовок, навитих на оправу зі стрічок прямокутного перетину, з яких можна виготовляти різні деталі класу тіл обертання і спіралі шнеків для робочих органів транспортно-технологічних систем, виникає необхідність в формоутворенні ребристих ГП, вихідними заготовками для яких можуть бути кутники, швелери, профілі з нерівно великими ребрами та інші.

ГП з ребристими елементами все ширше використовують в сучасному машинобудуванні. Раціональним способом їх виготовлення є навивання, що забезпечує мінімальні матеріальні і енерговитрати, високу якість і точність виробів. При цьому можна використовувати методи, як холодного, так і гарячого навивання, кожен з яких має свої переваги і свою область застосування [1].

На основі дослідження навивання ребристого U-ного профілю з нерівновеликими ребрами на оправу виведені залежності для визначення технологічних параметрів процесу навивання - граничних напружень, розтягувальної сили, моменту від тангенціальних напружень.

В процесі згинання ребристих профілів основна частка моменту формоутворення доводиться на вигин ребер, для яких реалізується плоско напружений стан.

Навиваючи профіль на крок, висоту ребра змінюємо залежно від степені витягування профілю за зовнішнім і внутрішнім краями.

Нейтральний шар радіусом $\rho_b = n_0$ визначається із умови рівності довжини навитого витка і початкової довжини заготовки:

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

Внаслідок стиснення внутрішніх шарів гнutoго профілю і проковзування на оправі виникає розтягувальна складова N , пов'язана з згиним зусиллям P і моментом M_0 від тангенціальних напружень за висотою заготовки співвідношеннями [2]

$$N = (\mu_\rho + \mu_0)P,$$

$$M_0 = [l + r(\mu_\rho + \mu_0)]P,$$

$$M_0 = \rho_{np}N, \quad \rho_{np} = \frac{M}{N} = r + \frac{l}{\mu_0 + \mu_\rho},$$

де μ_0 та μ_ρ - коефіцієнти тертя заготовки відповідно до оправу і обтискного роликун;

ρ_{np} - приведений радіус прикладання поздовжньої сили N , при якому її дія адекватна спільній дії N та M_b .

Значення поздовжньої сили визначається як інтегральна сума тангенційних напружень за площиною заготовки.

В зоні розтягування і стискування для i -го ребра відповідно

$$N_{розт} = \int_{\rho_0}^{r+B_i} \sigma_{\theta} h_i \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}} d\rho = 2\beta\sigma_s h_i \sqrt{\rho_0} \left(\sqrt{\rho_0} - \frac{\rho_0}{\sqrt{r+B_i}} \right),$$

$$N_{ст} = \int_{r_0}^{\rho_0} \sigma_{\theta} h_i \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}} d\rho = 2\beta\sigma_s h_i \sqrt{\rho_0} \left(\sqrt{\rho_0} - \sqrt{r} \right).$$

Для перешийка $N_{cmn} = -\beta\sigma_s S_h \Delta$.

Сумарне значення розтягувальної сили

$$N = \beta\sigma_s \left[2\sqrt{\rho_0} \sum_{i=1}^2 h_i \left(\sqrt{r} - \frac{\rho_0}{\sqrt{r+B_i}} \right) - S_h \Delta \right].$$

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

$$M_{\sigma} = \beta\sigma_s \left\{ \sum \frac{h_i}{3} \sqrt{\frac{\rho_0}{r+B_i}} \left[(r+B_i)^2 \left(3\rho_0^2 + 2r\sqrt{r(r+B_i)} \right) \right] - \frac{rS_h \Delta}{4} \right\}.$$

Для виведення залежностей приймали, що радіус нейтральної поверхні напружень дорівнює радіусу нейтрального шару деформації, що підтверджується майже повною відсутністю зони немонотонних деформацій під час згину такого виду профілів.

Внаслідок проведених теоретичних досліджень розроблені технологічні основи формоутворення U-подібних і ребристих заготовок деталей машин методами холодного навивання на основі ресурсощадних технологій. Установлено, що запропонована технологія навивання ребристих профілів забезпечує виготовлення гвинтових заготовок за умови, що граничне відношення висоти до ширини ребра обмежується не втратою стійкості, а ресурсом пластичності металу.

Виведені залежності дають змогу визначити енергетичні, силові та конструктивні параметри заготовки, технологічного оснащення та інструменту для реалізації технологічного процесу. Їх можна використовувати для навивання інших профілів за різними схемами.

Література

1. Пилипець М.І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин: дис. на здобуття доктора техн. наук. / Пилипець Михайло Ількович. - Львів, 2002. – 445 с.
2. Пилипець М.І. Дослідження процесу навивання ребристих профілів// Машинознавство. - 1998. - №9,10. - С. 36-39.