

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН В ОСЕРЕДКУ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ РОТАЦІЙНІЙ ВИТЯЖЦІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконані дослідження напруженого стану в осередку деформації при ротаційній витяжці осесиметричних деталей із листової заготовки. Установлено закономірності розподілу показників напруженого стану в осередку деформації та визначена в залежності від геометричних характеристик ролика, товщини листової заготовки і механічних характеристик матеріалу заготовки.

Ключові слова: ротаційна витяжка; напруження; осередок деформації; показники напруженого стану; конічна деталь.

Abstract

The paper deals with investigation of the stress state in the deformation region during rotational drawing of axisymmetric parts made from a sheet blank. Regularities in the distribution of stress state indices have been determined. The value of the used plasticity resource has been estimated depending on the geometric characteristics of the roller, sheet blank thickness and mechanical characteristics of the blank material.

Keywords: rotational drawing, stress, deformation region, stress state indices, conical part

В різних галузях машинобудування знайшли широке використання осесиметричні тонкостінні вироби, до якості та експлуатаційних властивостей яких ставляться високі вимоги. Для виготовлення таких виробів широко використовуються методи ротаційної витяжки. На даний час цілий ряд робіт присвячений експериментальним дослідженням процесу ротаційної витяжки [1-2], але практично відсутні методи оцінки схеми напруженого стану та величини використаного ресурсу пластичності в осередку деформації та їх впливу на якість готових виробів.

В роботі розглянуто процес ротаційної витяжки тонкої оболонки із листової заготовки. При цьому осередок деформації розбито на три ділянки (Рис. 1). Ділянка 1 знаходиться в умовах об'ємного напруженого стану, а на ділянці 2 має місце плоска деформація. До зони 3 віднесено фланець, який знаходиться в умовах плоского напруженого стану. В роботі [3] визначено напружений стан для ділянки 2 в полярній системі координат ρ , α з початком координат в центрі кривизни робочої поверхні ролика (Рис. 2). У виділеному елементі заготовки, обмеженому радіусами ρ_1 і ρ_2 , та кутами $\alpha=0$ і $\alpha=\alpha_m$, діють радіальні напруження σ_ρ , тангенціальні напруження σ_α та дотичні напруження $\tau_{\rho\alpha}$. Різниця радіусів ρ_2 і ρ_1 дорівнює товщині листової заготовки δ .

Рівняння рівноваги для плоскої задачі в полярних координатах мають вид [3]:

$$\frac{\partial \sigma_\rho}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \tau_{\rho\alpha}}{\partial \alpha} + \frac{\sigma_\rho - \sigma_\alpha}{\rho} = 0;$$

$$\frac{\partial \sigma_\alpha}{\partial \alpha} + \rho \cdot \frac{\partial \tau_{\rho\alpha}}{\partial \rho} + 2\tau_{\rho\alpha} = 0.$$
(1)

Умова пластичності в даній задачі приймає вид:

$$\sigma_\alpha - \sigma_\rho = 2\tau_s.$$
(2)

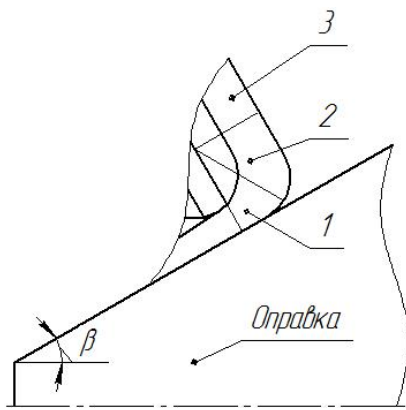


Рис.1 Схема ділення осередку деформації на ділянки

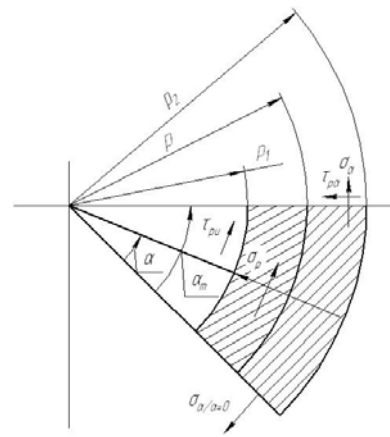


Рис. 2 Схема напруженого стану на ділянці 2 при ротаційній витяжці

В даній роботі значення σ_α , σ_ρ , $\tau_{\rho\alpha}$ використані для аналізу схеми напруженого стану в зоні 2 осередку деформації та для оцінки гранично допустимого формозмінення. При цьому показник напруженого стану η та параметр Надаї-Лоде розраховували за формулою [4]

$$\eta = \frac{3\sigma}{\sigma_u}, \quad (3)$$

$$\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}. \quad (4)$$

В роботі отримані закономірності розподілу показника напруженого стану η і параметр Надаї-Лоде μ_σ в осередку деформації в залежності від радіуса ρ і кута α для листових заготовок товщиною $\delta=0,8$ мм, $\delta=1,0$ мм і $\delta=1,2$ мм із алюмінію АД1 і сталі 10. Розрахунки виконані для радіусів робочої поверхні ролика $R_{рол}=1,5$ мм і $R_{рол}=4,0$ мм. Кут оправки β прийнято рівним $\beta=45^\circ$. На рисунках 3 та 4 приведенно розподіл показника напруженого стану η і параметр Надаї-Лоде μ_σ в осередку деформації в залежності від радіуса ρ і кута α при товщині заготовки $\delta=1,0$ мм, та радіуса робочої поверхні ролика $R_{рол}=1,5$ мм. Із аналізу отриманих результатів випливає, що закономірності розподілу показників η і μ_σ по об'єму осередку деформації не залежать від матеріалу листової заготовки.

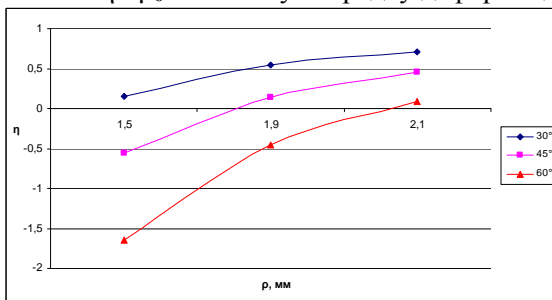


Рис.3 Розподіл показника напруженого стану η в осередку деформації в залежності від радіуса ρ і кута α при товщині заготовки $\delta=1,0$ мм

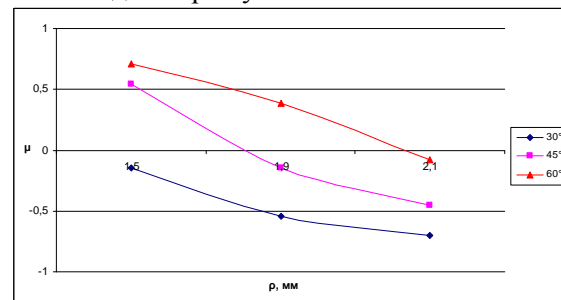


Рис.4 Розподіл параметра Надаї-Лоде μ_σ в осередку деформації в залежності від радіуса ρ і кута α при товщині заготовки $\delta=1,0$ мм

Установлено, що при ротаційній витяжці листових заготовок з ростом товщини заготовки показник η зменшується, а параметр Надаї-Лоде μ_σ зростає. При збільшенні радіуса робочої поверхні ролика показник η в осередку деформації також зростає, а параметри Надаї-Лоде μ_σ зменшується незалежно від товщини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Маленичев А.С. Взаимосвязь конструктивных характеристик оборудования и технологической оснастки для ротационной вытяжки с параметрами качества получаемых изделий /А. С. Маленичев// Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением. – Тула: ТулГУ, «Гриф», 2000. – С. 215-221.

2. Трегубов В.И. Силовые режимы ротационной вытяжки цилиндрических деталей на

специализированном оборудовании / В. И. Трегубов, С. П. Яковлев, С. С. Яковлев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2005. - №1. – С. 17-23.

3. Дудка Д.В. Ротационное формоизменение конических деталей из анизотропных материалов / Д. В. Дудка, С. С. Яковлев // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып.3. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2010. - С. 3-11. ISSN 2071-6168.

4. Огородников В. А. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении / В. А. Огородников. – К.: УМК ВО, 1989. – 152 с.

Євген Ігорович Шевчук – аспірант кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет

Сергій Іванович Сухоруков – к.т.н., доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет

Науковий керівник: **Іван Онуфрійович Сивак** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Shevchuk Yevgen – Postgraduate student of the Department of Machine-Building Technology and Automation, Shevae_111@mail.ru, Vinnytsia National Technical University.

Sukhorukov Serhiy – Cand. Sc. (Eng.), Assist. Prof. of the Department of Machine-Building Technology and Automation

Supervisor: **Syvak Ivan** – Dc. Sc. (Eng.), Prof., Head of the Department of Machine-Building Technology and Automation.