

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ В ПРОЦЕСАХ ГНУТТЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто вплив технологічної спадковості в процесах гнуття.

Ключові слова: процес гнуття, технологічна спадковість.

При виготовленні деталей методом гнуття виникає проблема, яка пов'язана зі зміною кута і радіусу готового виробу. Тому необхідно враховувати технологічну спадковість при формуванні якості виготовлених деталей методом гнуття. Пластичний згин, як і інші види пластичної деформації, супроводжується пружними деформаціями. При вільному згинанні частина заготовки по товщині випробовує розтягнення, а інша її частина - стиснення. При знятті зовнішніх навантажень розтягнуті шари прагнуть скоротити свою довжину, а стислі збільшити.

Це викликає зміни форми і розмірів заготовки, радіуса кривизни і кута між прямолінійними ділянками заготовки. Оскільки при розвантаженні шари заготовки, що знаходяться в зоні розтягування, внаслідок пружної деформації скорочуються, а шари, що знаходяться в зоні стиснення, видовжуються. Зміна значень кутів і радіусів при розвантаженні може бути значним і залежить від багатьох факторів.

Різномірні пружні деформації в зонах розтягування і стиснення викликають поворот поперечних перерізів заготовки на кут, який називається кутом пружинення $\Delta\alpha$, який представляє різницю між залишковим кутом деталі α_0 і кутом згину α (рис. 1)

$$\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha. \quad (1)$$

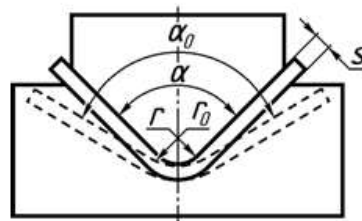


Рисунок 1 – Схема пружинення при згині

Тому, кут пружинення заготовки можна розглядати як фактор технологічної спадковості в процесах згину.

Кут пружинення залежить від товщини матеріалу, форми деталі, відносного радіуса гнуття та кута гнуття. Чим вище границя текучості матеріалу, чим більше відносний радіус і менше товщина матеріалу і чим більше кут гнуття, тим більше п пружинення при інших рівних умовах. При однокутовому згинанні пружинення буде більше, ніж при двокутовому.

При вільному згинанні величина пружного пружинення залежить від властивостей матеріалу, ступеня деформації при згинанні (співвідношення r/s), кута згинання та способу згинання (V- або U- подібна). Розглянемо спрощені формули для наближеного визначення пружного пружинення при вільному згинанні [1].

Для V-подібному вільному згинанні:

$$\tan \Delta\alpha = 0,375 \frac{l}{ks} \frac{\sigma_m}{E}; \quad (2)$$

для U-подібному вільному згинанні:

$$\tan \Delta\alpha = 0,75 \frac{l_1 \sigma_m}{ks E}, \quad (3)$$

де $\Delta\alpha$ – кут пружинення (односторонній); l – відстань між опорами - губками матриці; k – коефіцієнт, який визначає положення нейтрального шару в залежності від відносного радіуса згину r/s ; s – товщина заготовки; l_1 – плече гнуття.

Коефіцієнт k знаходиться з виразу

$$k = 1 - x,$$

де x – коефіцієнт, який визначає положення нейтрального шару.

Плече гнуття визначається за формулою [1]:

$$l_1 = r_m + r_n + 1,25s,$$

де r_m – радіус матриці; r_n – радіус пуансона.

Величину залишкової пластичної деформації, яка залишається після зняття зовнішніх навантажень і обумовлює точність розмірів відштампованих деталей, можна визначити на основі використання теореми А. А. Ільюшина про розвантаження [2]. Згідно з теоремою розвантаження відбувається за законом Гука, і якщо тіло при навантаженні зазнавало неоднорідну деформацію, то при розвантаженні в ньому виникнуть залишкові напруження, які визначаються різницею між напруженнями, що діють в навантаженому тілі, і фіктивними напруженнями, які виникли б у тілі при пружному деформуванні тієї ж кривизни.

На основі теореми про розвантаження в роботі [3] отримана формула для визначення кута пружинення

$$\Delta\alpha = 3 \frac{\sigma_s}{E} \left(\frac{r}{s} + 0,5 \right) a \quad (4)$$

де σ_s – напруження текучості.

У наведених формулах (2), (3) і (4) автори [1] і [2] не враховують зміцнення, що виникає в процесі деформації металу, а спираються лише на напруження текучості і модуль пружності матеріалу.

В роботі [4] представлена формула визначення кута пружинення в наступному вигляді:

$$\Delta\alpha = \frac{3}{2} \frac{\sigma_{T0} + \Pi \frac{s}{2r+s}}{E} \left(\frac{r}{s} + 1 \right) a, \quad (5)$$

де σ_{T0} – екстрапольована границя текучості, що відповідає початку пластичної деформації; Π – модуль зміцнення.

З розгляду формули (5) видно, що на величину кута пружинення істотно впливає відношення границі текучості до модуля пружності (зміцнення підвищує границю текучості). Отже, наклепаний метал пружинить більше, ніж відпалений. Значний вплив на величину кута пружинення надає також відносний радіус гнуття r/s і кут гнуття α , причому збільшення обох цих величин сприяє зростанню кута пружинення.

Формула (5) враховує зміцнення матеріалу з використанням лінійної апроксимації зміцнення, що збільшує вірогідність отриманих результатів. Однак зміни кута пружинення від згинального кута представлені прямою залежністю, що не завжди узгоджується з експериментальними даними.

Цей недолік усунуто в роботі [5], в якій був проведений розрахунок кута пружинення без правки при силі стискання, що дорівнює нулю.

Була отримана формула для розрахунку пружинення при великих радіусах гнуття:

$$\Delta\alpha \approx \frac{3\sigma_T \rho_o + (\pi - \alpha)}{Es} + \frac{\Pi}{E} (\pi - \alpha), \quad (6)$$

де ρ_o – радіус нейтрального шару на останній стадії гнуття.

При малих радіусах гнуття:

$$\Delta\alpha \approx \frac{3\sigma_T \rho_o + (\pi - \alpha)}{Es} + \frac{\Pi}{E}(\pi - a) + \frac{6\sigma_T \rho_o}{Es \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - \frac{l\sigma_T}{Es \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}. \quad (7)$$

Врахування технологічної спадковості в процесах згину забезпечують якість виробів машинобудування, особливо виробів літакобудування ракет, морських суден та інших.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. 520 с.
2. Ильюшин А. А. Пластичность. Часть 1. Упруго-пластические деформации. М. – Л. : ОГИЗ, 1948. 376 с.
3. Зубцов М. Е. Листовая штамповка. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. 432 с.
4. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки. М. : Машиностроение, 1968. 283 с.
5. Норицын И. А., Калпина Ю. Г. Определение угла пружинения при одноугловой гибке. *Вестник Машиностроения*. 1968. №1. С. 63-66.

Грушко Олександр Володимирович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри опору матеріалів і прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, grushko1alex@gmail.com.

Побережний Михайло Іванович, науковий співробітник кафедри опору матеріалів і прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, poberegny@ukr.net.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL HEREDITY IN THE PROCESSES OF BENDING

Abstract

The influence of technological heredity in the processes of bending.

Keywords: bending process, technological heredity.

Hrushko Oleksandr, Dr. of Sc., Professor, Head of Department Materials Strength and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, grushko1alex@gmail.com.

Poberegny Mykhailo, researcher at the Department of Material Resistance and Applied Mechanics, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, poberegny@ukr.net.