

*Коваленко В.М.  
(Дон ГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ФЛАНЦА ЗАГОТОВКИ ПРИ ВЫТЯЖКЕ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ПРИЖИМОМ**

*Наведені результати теоретичних досліджень процесу штампування-витягування з притиском, що обертається; отримані залежності, які описують поле напруг у фланці.*

**Ключові слова:** штампування-витягування, притиск, фланець, напруга, деформований стан.

*Приведены результаты теоретических исследований процесса штамповки-вытяжки с вращающимся прижимом, получены зависимости, описывающие поле напряжений во фланце.*

**Ключевые слова:** штамповка-вытяжка, прижим, фланец, напряжение, деформированное состояние.

Совершенствование процессов ОМД, в том числе и штамповки-вытяжки, связано с проблемой использования активного действия сил трения, которое позволяет снизить требуемую мощность оборудования, достичь управления формоизменением, что является актуальным вопросом на сегодняшний день.

Решение данной проблемы затрагивается в положении И.М. Павлова [1] о парности сил трения и предложением об уменьшении их вредного действия.

Первые из известных специальных мер по созданию активных сил трения относятся к процессам обратного выдавливания [2], прессования [3,4] и прокатки-волочения [5] (с заданным рассогласованием скоростей валков).

Положительные эффекты использования активного действия сил трения могут быть применены при штамповке-вытяжке с вращением прижима [6].

При применении вращающегося прижима в тангенциальном направлении на заготовку дополнительно действуют напряжения  $\sigma_{\text{тр.вр.}}$  от вращения прижима.

Тогда сжимающее напряжение в тангенциальном направлении  $\sigma_{\theta}$  в случае вращения прижима можно представить в виде:

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{\theta}' - \sigma_{\theta\text{тр.вр.}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{\theta}'$  - тангенциальное напряжение, возникающее при отсутствии вращения прижима;

$\sigma_{\theta\text{тр.вр.}}$  - дополнительные тангенциальные напряжения от вращения прижима, которые определяются по формуле:

$$\sigma_{\theta\text{тр.вр.}} = \mu\theta/2\pi RS. \quad (2)$$

В этом случае

$$\sigma_{\theta} = -\sigma_S \left( 1 - \ln \frac{R}{\rho} \right) + \frac{\mu\theta}{\pi RS} - \frac{\mu\theta}{2\pi RS} = -\sigma_S \left( 1 - \ln \frac{R}{\rho} \right) + \frac{\mu\theta}{2\pi RS}. \quad (3)$$

Анализ формулы (3) показывает, что в начальный момент вытяжки  $\sigma_{\theta}$  принимает меньшее значение на величину  $\frac{\mu\theta}{2\pi RS}$  по сравнению с вытяжкой без вращения прижима, что снижает тенденцию к гофрообразованию и приводит к появлению устойчивости фланца в процессе вытяжки.

В этом случае такое уменьшение напряжений  $\sigma_{\theta}$  может привести к уменьшению радиальных вытягивающих напряжений  $\sigma_{\rho}$  (уравнение пластичности). Тогда деформирование части фланца заготовки может происходить при одновременном действии дополнительных вытягивающих напряжений  $\sigma'_{\rho}$ , являющимися разностью между радиальными напряжениями по классической схеме и радиальными напряжениями при вытяжке с вращением прижима, и напряжений  $\sigma_{\theta}$ .

Однако в литературе отсутствуют данные о степени влияния дополнительных вытягивающих напряжений  $\sigma'_{\rho}$  на деформацию фланца заготовки при вытяжке.

Целью данной работы является оценка влияния дополнительных вытягивающих напряжений  $\sigma'_{\rho}$  на общую степень вытяжки.

Примем, что та часть фланца, которая деформируется при действии дополнительных вытягивающих напряжений  $\sigma'_{\rho}$ , находится в условиях плоского деформированного состояния, при котором напряжение  $q = \sigma_z = (\sigma_{\rho} + \sigma_{\theta})/2$ . В этом случае  $\left( R_{\rho} = R_{\theta} = \infty; \alpha = \frac{\pi}{2} \right)$  уравнение [7]

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta - \frac{\mu\rho}{\sin\alpha} \left( \frac{2q}{S} + \frac{\sigma_\rho}{R_\rho} + \frac{\sigma_\theta}{R_\theta} \right) = 0 \quad (4)$$

преобразуется к виду

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta - 2\mu\rho \frac{\rho}{S} = 0. \quad (5)$$

Если принять  $q = \frac{\sigma_\rho + \sigma_\theta}{2} = -\frac{\sigma_S}{2} + \sigma_\rho \approx -\frac{\sigma_S}{2}$ , и тогда уравнение (5) становится уравнением с разделимыми переменными

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_S \left( 1 + \frac{\mu\rho}{S} \right) = 0. \quad (6)$$

Интегрирование этого уравнения с использованием граничного условия, по которому при  $\rho = R$  и  $\sigma_\rho = -\sigma'_\rho$  приводит к формуле

$$\sigma_\rho = -\sigma'_\rho + \sigma_S \left[ \ln \frac{R}{\rho} + \frac{\mu(R - \rho)}{S} \right]. \quad (7)$$

Из формулы (7) видно, что по мере уменьшения  $\rho$  напряжение  $\sigma_\rho$  по абсолютной величине убывает, и при некотором значении  $\rho = \rho_i$  напряжение  $\sigma_\rho = 0$ .

Радиус  $\rho_i$ , разделяющий зоны с разным знаком  $\sigma_\rho$ , уменьшается с увеличением дополнительного вытягивающего напряжения  $\sigma'_\rho$ , а следовательно, увеличивается общая степень вытяжки.

Вывод: таким образом, была получена зависимость, которая дает возможность оценить степень влияния дополнительных вытягивающих напряжений  $\sigma'_\rho$  на общую степень вытяжки.

### **Библиографический список**

1. Павлов И.М. К вопросу о взаимодействии обрабатывающего инструмента и пластичности деформируемого тела. Изв. АН СССР. Отделение технических наук. – 1949. - №1. С. 85 – 99.

2. Яшаев С.Ш. Основы дифференцированного выдавливания// Кузнечно-штамповочное производство. – 1966. - №9. С. 4-6.

3. Охрименко Я.М., Бережной В.Л. Прессование металла с независимым движением контейнера// Изв. АН СССР. Цветные металлы. 1967. №5. С. 76-79.

4. Охрименко Я.М., Бережной В.Л. Особенности горячего активного прессования труб// Изв. Вузов. Черная металлургия. – 1970. - №4. С.122-126.

5. Выдрин В.Н., Агеев Л.М. Принципиальные и теоретические основы нового процесса «прокатки-волочение» // Теория и технология прокатки: Сб. научн. Тр. ЧПИ. Челябинск: ЧПИ. – 1971. - №76. С. 3-21.

6. Коваленко В.М. Исследование процесса вытяжки осесимметричных деталей при использовании вращающегося прижима штампа и оснастка для его осуществления / В.М. Коваленко, О.А.Коваленко, В.А. Луценко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск.:Изд. Металлургия, 1998. - №9-10. – С.57 – 60.

7. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки /учебное пособие для вузов/ Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Машиностроение» - 1977. – 278с.

**Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Луценко В.А.**