

- сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – Вип. 40. Част. 2. – С. 185 – 189.
17. Пестунов В.М., Свяцкий В.В., Свяцкая Л.П. Увеличение производительности процесса глубокого сверления изменением пространственного положения инструмента // *Materiály V mezinárodní vědecko-praktická konference „Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2009”*. – Praha: Publishing House „Education and science” s.r.o., 2009. – Díl. 15. Technické vědy. Výstavba a architektura. – S. 14 – 16.

*В. Пестунов, В. Свяцкий, С. Придворова*

#### **Оптимизация процесса обработки глубоких отверстий**

Приведены теоретические и экспериментальные исследования механизмов приводов станков для обработки глубоких отверстий. Показано, что применение устройств с переменной величиной вылета инструмента, а также механизмов вибрационного сверления повышают эффективность обработки глубоких отверстий.

*V. Pestunov, V. Svyatsky, S. Pridvorova*

#### **Optimization of treatment process of the deep bore**

In the article the theoretical and experimental researches of mechanisms of machine tools drives for the deep drilling are considered. The application of devices with a variable quantity of tool extension, and also mechanisms of vibration drilling raise effectiveness of deep-hole machining are demonstrated.

Одержано 12.03.12

### **УДК 621.735.3**

**В.П. Пукалов, В.В. Пукалов, доценти, кандидати технічних наук,  
Ф.И.Златопольский, проф., канд. техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

## **Расчет напряжений при осадке полых осесимметричных тел**

В последние годы участились случаи аварии на нефти и газопроводах при её добычи и транспортировке. Поэтому задача усовершенствования расчёта на прочность труб большого диаметра является весьма актуальной.

**осесимметричное тело, напряжения, усилие деформации**

Для определения напряжений и усилий в пластически деформируемом полом цилиндра (трубе большого диаметра) имеем два дифференциальных уравнения равновесия и уравнение пластичности в цилиндрических координатах:

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\tau_{rz}}{r} = 0, \quad (2)$$

$$(\sigma_{\theta} - \sigma_{\rho})^2 + 4\tau_{\rho\theta}^2 = 4k^2, \quad (3)$$

где  $k$  - постоянная пластичности.

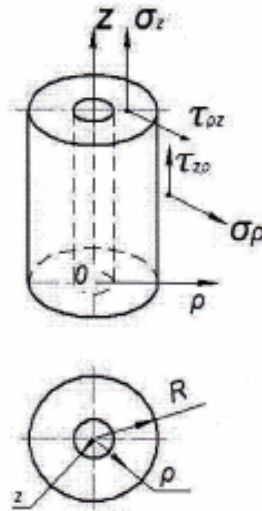


Рисунок 1 - Схема действий напряжений при осадке полого цилиндра

Имеем всего три уровня ( 1, 2, 3 ) с четырьмя неизвестными (  $\sigma_{\rho}, \sigma_{\theta}, \sigma_z, \tau_{z\rho} = \tau_{\rho z}$  ),

Задача статистически неопределимая. Решение становится возможным, если принять, что цилиндр является достаточно длинным, и деформация в направлении оси  $z$ , оси цилиндра, достаточно мала, и ею можно пренебречь, т.е. отсутствует. Деформация цилиндра осесимметрична и в то же время плоская, все деформации лежат в плоскости  $\rho\theta$ , перпендикулярной оси  $z$ , т.е. деформации в диаметральных плоскостях отсутствуют.

В этом случае нормальное напряжение  $\sigma_z$  в направлении отсутствия деформации равно полсуме двум другим  $\sigma_{\rho}$  и  $\sigma_{\theta}$ .

$$\sigma_z = \frac{\sigma_{\rho} + \sigma_{\theta}}{2}. \quad (4)$$

Касательные напряжения равны нулю:

$$\tau_{z\rho} = \tau_{\rho z} = 0; \tau_{z\theta} = \tau_{\theta z} = 0; \tau_{\rho\theta} = \tau_{\theta\rho} = 0$$

Таким образом, если касательные напряжения отсутствуют, то нормальные напряжения  $\sigma_{\rho}$  и  $\sigma_{\theta}$  действуют в главной площадке и являются главными.

Так как  $\sigma_{\rho}$  зависит только от координаты  $\rho$ , то дифференциальные уравнения равновесия ( 1, 2 ) упрощаются: остаётся одно ( первое уравнение) и его записываем в обычные производные (5):

$$\frac{\partial \sigma_{\rho}}{\partial \rho} + \frac{\sigma_{\rho} - \sigma_{\theta}}{\rho} = 0. \quad (5)$$

Уравнение пластичности также упрощается

$$\sigma_{\theta} - \sigma_{\rho} = \pm 2k \quad (6)$$

Решаем совместно уравнения (5) и (6):

$$\frac{\partial \sigma_{\rho}}{\partial \rho} = \frac{\sigma_{\theta} - \sigma_{\rho}}{\rho} \quad (7)$$

Тогда

$$\partial \sigma_{\rho} = (\sigma_{\theta} - \sigma_{\rho}) \frac{\partial \rho}{\rho} = \pm 2k \frac{\partial \rho}{\rho} \quad (8)$$

Отсюда

$$\sigma_{\rho} = \pm 2k \cdot \ln \rho + c \quad (9)$$

Постоянную интегрирования находим из условий:

При  $\rho = R$  - наружному диаметру цилиндра:

$$\sigma_R = \pm 2k \cdot \ln R + c = 0$$

Отсюда

$$c = \pm 2k \cdot \ln R$$

и

$$\begin{aligned} \sigma_{\rho} &= 2k \cdot \ln \rho - 2k \cdot \ln R = -2k \cdot \ln \frac{R}{\rho} \\ \sigma_{\rho} &= -2k \cdot \ln \frac{R}{\rho} \end{aligned} \quad (10)$$

Определим нормальное напряжение  $\sigma_{\theta}$  из условия:

$$\sigma_{\theta} - \sigma_{\rho} = 2k,$$

Тогда

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta} &= 2k + \sigma_{\rho} = 2k - 2k \cdot \ln \frac{R}{\rho} \\ \sigma_{\theta} &= 2k \left( 1 - \ln \frac{R}{\rho} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

Нормальное напряжения  $\sigma_{z}$ :

$$\begin{aligned} \sigma_{z} &= \frac{\sigma_{\rho} + \sigma_{\theta}}{2} = 2k \left( \frac{1}{2} - \ln \frac{R}{\rho} \right) \\ \sigma_{z} &= 2k \left( \frac{1}{2} - \ln \frac{R}{\rho} \right) \end{aligned} \quad (12)$$

Зная значения нормальных напряжений ст. на контактной поверхности можно рассчитать полное и удельное усилие, необходимое для пластической деформации заготовки.

## Список литературы

1. Пукалов В.П., В.В.Пукалов, Ф.И.Златопольский. Расчет напряжений при осадке полых осесимметричных тел. // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. вип. 24. - Кіровоград : КНТУ, 2010. - С.391 - 393.
2. Сторожев М.В., Попов Е.А.. Теория обработки металлов давлением. - М: Машиностроение, 1977, - 433 с.
3. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением, - М: Металлургия, 1987, - 360 с.
4. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. - М: Металлургия. - 1980, - 450 с.
5. Полухин П.И., Горелик С.С., Воронцов В.К. - Физические основы пластической деформации.. М: Металлургия. - 1982. - 584 с.

*В.Пукалов, В.Пукалов, Ф. Златопольський*

#### **Розрахунок напружень при осадці порожніх вісесиметричних тіл**

Стаття присвячена розрахунку напружень при осадці вісесиметричних тіл. На основі аналогічного вивчення розподілу дотичних напружень по контактній поверхні інструмента з металом і сумісного рішення диференціальних рівнянь рівноваги і рівняння пластичності, отримані формули розрахунку напружень у будь-якій точці заготовки, яка деформується.

*V. Pukalov, V. Pukalov, F.Zlatopolsky*

#### **Stresses calculation when precipitating hollow axisymmetric bodies**

The article deals with the problem of stresses calculation when precipitating hollow axisymmetric bodies. On the ground of analytic study of distribution of the tangent stresses along the contact surface of the tool with metal and joint resolution of differential balance equations and plasticity equations formulas for stresses calculation at any point of deformable work material are received.

Одержано 01.11.11

**УДК 621.9.048.4**

**В.І. Носуленко, проф., д-р техн. наук, О.В. Шелепко, асп.**

*Кіровоградській національній технічній університет*

## **Технологічні характеристики розмірної обробки електричною дугою непрофільованим електродом-інструментом**

Виконано експериментальні дослідження технологічних характеристик процесу розмірної обробки електричною дугою непрофільованим електродом-інструментом. Отримано математичні моделі і побудовано графіки продуктивності, шорсткості і зносу інструменту.

**розмірна обробка, електричною дугою, непрофільований, електрод-інструмент, технологічні характеристики**

Для підвищення експлуатаційних можливостей та збільшення ресурсу роботи машин, агрегатів і вузлів, підприємства машинобудування все більш широко застосовують важкооброблювані метали, такі як високоміцні загартовані сталі, тверді сплави, жароміцні сталі і спеціальні сплави. В цьому зв'язку все більш широке застосування отримують фізико-технічні способи обробки і, зокрема, спосіб розмірної обробки електричною дугою (РОД) [1], який порівняно з традиційними способами металообробки забезпечує більш високу продуктивність, а за умови використання непрофільованого електрода-інструмента (ЕІ), до того ж, дозволяє обробляти як деталі типу тіл обертання, так і фасоні поверхні порівняно великих розмірів [2].

Опис технологічних схем формоутворення та відповідних технічних рішень у вигляді так званих електроерозійних головок (ЕЕГ) наведено в роботах [2,3]. Проте невизначеними залишаються якісні та кількісні технологічні характеристики процесу, дослідження і опис яких є необхідним для ефективної реалізації запропонованого процесу в умовах виробництва.