

УДК 531.2

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОГО ПРОЦЕСУ ЛОКАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТИСКОМ

В.С. Булига

Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ
e-mail: vika_bulyga@mail.ru
Науковий керівник: В.О. Паламарчук, канд. техн. наук, доцент

Постановка проблеми. При виготовленні тонкостінних осесиметричних деталей з труб і листового матеріалу знайшли широке застосування методи обробки металів тиском зі створенням локального осередку деформації [1]. Інструментами при цьому є ролики (давильні інструменти) або кульки в обіймах [2]. При деформації більш складних (неосесиметричних) форм виробів, наприклад, деталі, показаної на рис. 1, осесиметрична схема не може бути реалізована. Однією з можливих схем деформування виробів складної форми є проштовхування твердих кульок осі виробу.



Рис.1 Непівфабрикат виробу складної форми.

Таким чином, поставлена проблема вивчення поведінки механічного-ської системи твердих кульок в обмеженому обсязі при виготовленні тонкостінних виробів складної форми.

Метою даної роботи є аналіз рівноваги механічної системи твердих кульок радіуса r , розташованих в циліндричному каналі радіусу R ($R > r$, $R < 2r$) під дією зовнішньої сили F і сили підпору G . Параметри тертя «кулька- стінка» і «кулька-кулька» вважаємо однаковими і рівними f .

Викладення основного матеріалу дослідження. При аналізі були зроблені такі припущення. За умовами рівноваги можна виділити першу і останню кульки, а також припустити, що інші кульки, розташовані між

першою і останньою, знаходяться в однакових умовах (окремо праві і окремо ліві). Тому мінімальний склад механічної системи кульок - чотири (рис.2).

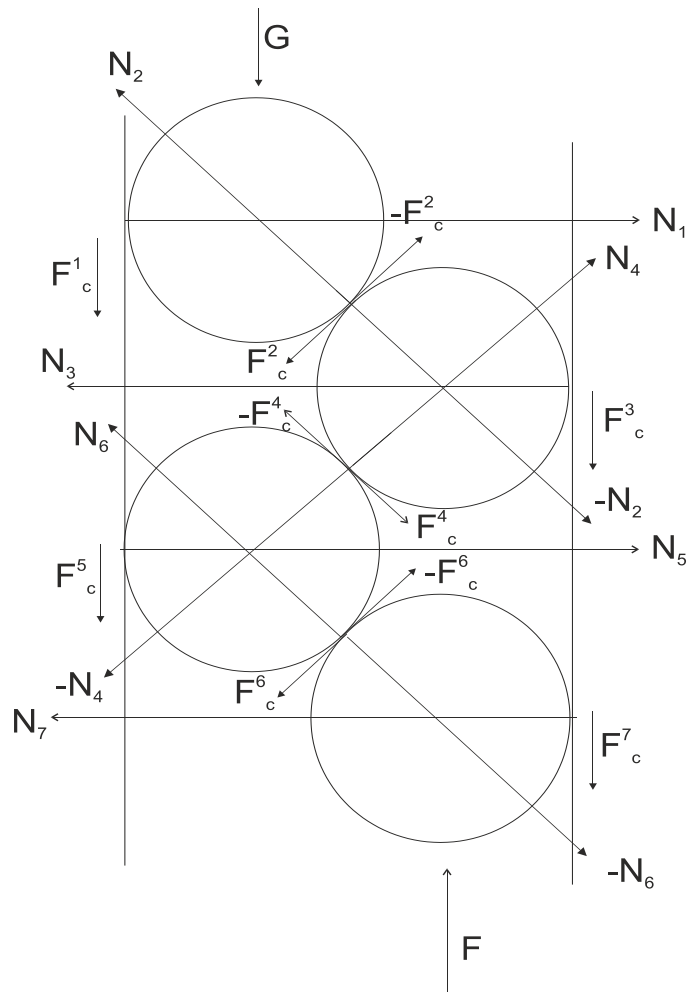


Рис. 2. Розрахункова схема механічної системи

Побудуємо схему зусиль для кожної з чотирьох кульок мінімального складу механічної системи і запишемо проекції сил на осі координат [3]

$$\begin{aligned}
 & N_1 - N_2 f \cos \alpha - N_2 \sin \alpha = 0; \\
 & N_2 \cos \alpha - N_1 f - N_2 f \sin \alpha - G = 0; \\
 & N_2 \sin \alpha - N_3 + N_2 f \cos \alpha - N_4 f \cos \alpha - N_4 \sin \alpha = 0; \\
 & -N_2 \cos \alpha - N_4 \cos \alpha - N_2 f \sin \alpha - N_3 f + N_4 f \sin \alpha = 0; \\
 & -N_4 \sin \alpha - N_6 \sin \alpha - N_5 - N_4 f \cos \alpha - N_6 f \cos \alpha = 0; \\
 & -N_4 \cos \alpha - N_6 \cos \alpha - N_4 f \sin \alpha - N_5 f - N_6 f \sin \alpha = 0; \\
 & N_6 \sin \alpha - N_7 + N_6 f \cos \alpha = 0; \\
 & -N_6 \cos \alpha - N_6 f \sin \alpha - N_7 f + F = 0;
 \end{aligned} \tag{1}$$

При цьому враховували додаткові умови по тертю

$$F_c^i \leq f \cdot N_i \quad (2)$$

і очевидні співвідношення

$$\sin \alpha = \frac{R-r}{r}; \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

Якщо задати в системі рівнянь (1) силу підпору G , і розв'язати систему рівнянь, можна знайти значення всіх сил, включаючи зовнішню силу F , що підтримують механічну систему в рівновазі. Аналогічно, задаючи в системі рівнянь (1) зовнішню силу F , і розв'язуючи систему рівнянь, можна знайти необхідне значення сили підпору для підтримки механічної системи в рівновазі. При цьому отримані значення сил дають вихідні дані для подальшого проектування технологічного процесу «вигладжування» стінок каналу, в якому знаходяться тверді кульки.

Контрольні розрахунки виконані для наступних значень параметрів: $f = 0,1$; $R = 1$; $r = 0,2$.

Розв'язання системи рівнянь виконано методом Гаусса.

Розрахунки показали, що якщо сила підпору $G = -1$, то зовнішня сила F , що підтримує механічну систему в рівновазі дорівнює $F = 1,717$ і максимальні значення сил, що діють в системі $N_5 = 2,047$; $N_6 = 0,96$.

Якщо задана зовнішня сила $F = 1$, то для рівноваги системи сила підпору повинна скласти $G = -0,45$.

Висновки:

1. Поставлено та розв'язано задачу про рівновагу механічної системи твердих кульок, розташованих в циліндричному каналі під дією зовнішньої сили і сили підпору. Показано, що мінімальний склад системи - чотири кульки, що призводить до розв'язання системи восьми рівнянь з вісьмома невідомими.

2. Отримані значення сил, що виникають в системі, дають початкові дані для подальшого проектування технологічного процесу ротаційного «вигладжування» стінок каналу, в якому знаходяться тверді кульки.

3. Подальші дослідження можуть бути пов'язані з аналізом впливу тертя і геометричних розмірів кульок на значення сил, що виникають в механічній системі, а також дослідження рівноваги механічної системи твердих кульок, розташованих у зігнутому каналі.

Література

1. Капорович В.Г. Обкатка в производстве металлоизделий. М.: Машиностроение, 1973. – 168 с.
2. Могильный Н.И. Ротационная вытяжка оболочковых деталей на станках. М.: Машиностроение, 1983. – 190 с.
3. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. М.: МГУ, 2000, 719 с.