

УДК 621.9.02-229

Майданович А.С., Фролов В.К.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: armermor@gmail.com, v.k.frolov@gmail.com

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЖОРСТКОСТІ КОНІЧНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ОПРАВОК ВІД ЇХНІХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Значна кількість операцій оброблення отворів виконується з використанням розточувального або внутрішньошліфувального інструменту, оскільки такий інструмент є більш універсальним, ніж розмірний осьовий інструмент. Але при розточуванні та шліфуванні отворів сила різання діє на встановлений на вільному кінці інструментальної оправки різальний інструмент, через що в тілі оправки виникають деформації, здебільшого згинаючі. Це призводить до зменшення точності оброблених поверхонь і зносостійкості інструмента. Величина деформацій прямо пропорційно залежить від жорсткості інструментальної оправки, а жорсткість – від матеріалу, розмірів та форми елементів оправки.

Для вирішення проблеми недостатньої жорсткості пропонувались різні підходи. Так, відома оправка [1], що складається з циліндричного корпусу, виконаного у вигляді різцетримача та хвостовика, причому корпус має опорний бурт для забезпечення більшої жорсткості оправки. Недоліком конструкції цієї розточувальної оправки є недостатня жорсткість вільної частини її циліндричного корпусу, яка не компенсується підвищеною жорсткістю опорного бурта. Це призводить до виникнення деформацій оправки та неточності оброблення отворів. Відома також оправка [2], що складається з циліндричної частини, яка має подовження, на кінці якого встановлюється різальний інструмент. Вздовж базової частини паралельно одна одній розташовані сталеві стяжки, що призначені для створення внутрішніх напружень і підвищення таким чином жорсткості всієї конструкції. Недоліком цієї оправки є трудомісткість виготовлення та складання.

Авторами зроблено припущення, що виконання консольної частини оправки у вигляді зрізаного конуса може збільшити її жорсткість без використання складних та вартісних конструкційних рішень.

Метою даної роботи є визначення залежності жорсткості конічних інструментальних оправок від їхніх геометричних параметрів.

При порівнянні оправок за критерії ідентичності прийняті довжина та об'єм. Для проведення розрахунків вибрано початкові циліндри з геометричними параметрами, наведеними у таблиці 1.

Таблиця 1

Геометричні параметри початкових циліндрів

№	Довжина l , мм	Діаметр D_0 , мм	Об'єм V , мм ³
1	100	10	7853,98
2	100	12	11309,73
3	100	15	17671,46
4	200	20	62831,85
5	200	25	98174,77
6	200	30	141371,67

Для забезпечення рівності об'ємів конусів та початкових циліндрів було обрано наступний метод. Менший радіус конуса $r_{\text{нм}}$ варіювався в діапазоні від 0 до радіуса початкового циліндра r_0 з кроком 0,5 мм, а більший радіус конуса $r_{\text{нб}}$ розраховувався як корінь квадратного рівняння

$$r_{\text{нб}}^2 + r_{\text{нм}}r_{\text{нб}} + r_{\text{нм}}^2 - \frac{3V}{\pi l} = 0,$$

яке можна отримати із формули об'єму зрізаного конуса:

$$V = \frac{1}{3} \pi l (r_{\text{нм}}^2 + r_{\text{нм}} r_{\text{нб}} + r_{\text{нб}}^2).$$

При цьому додатнім буде лише один корінь рівняння.

Схеми навантаження циліндричної та конічної оправок силою P_y представлені на рис. 1 та рис. 2 відповідно.

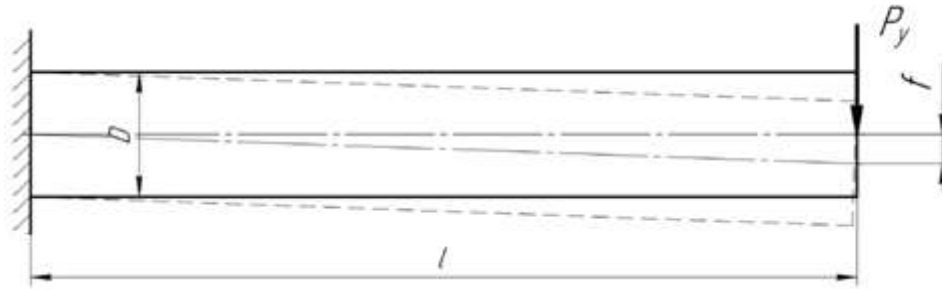


Рис. 1. Схема навантаження циліндричної оправки

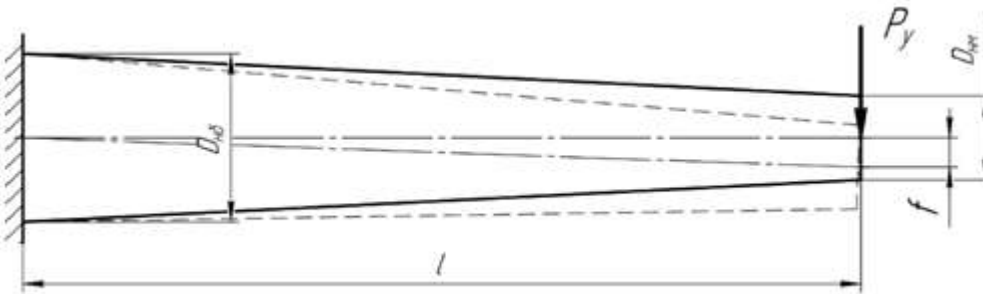


Рис. 2. Схема навантаження конічної оправки

Розрахунки лінійних деформацій вільного кінця конічної оправки виконувались за допомогою інтеграла Мора:

$$f = \int_0^l \frac{P_y \bar{M} l}{EI} dl = \int_0^l \frac{64 P_y l^2}{E \pi (D_{\text{нм}} + kl)^3} dl = \frac{64 P_y (3k^2 l^2 + 3k D_{\text{нм}} l + D_{\text{нм}}^2)}{3 E \pi k^3 (D_{\text{нм}} + kl)^3} + \frac{64 P_y D_{\text{нм}}^2}{3 E \pi k^3 D_{\text{нм}}^3},$$

де

$$\bar{M} = \bar{P} \cdot l = 1 \cdot l;$$

$$k = \frac{D_{\text{нб}} - D_{\text{нм}}}{l}.$$

Або, після спрощення:

$$f = \frac{64 P_y l^3}{3 E \pi (D_{\text{нб}} - D_{\text{нм}})^3} \left[\frac{1}{D_{\text{нм}}} - \frac{(3 D_{\text{нб}}^2 + 3 D_{\text{нб}} D_{\text{нм}} + D_{\text{нм}}^2)}{D_{\text{нб}}^3} \right].$$

Для автоматизації перевірки правильності отриманої формули створено прикладну консольну програму. Розрахунки виконувались за допомогою програмного забезпечення MathCad та модулю симуляції програмного забезпечення Autodesk Inventor.

Деякі отримані результати приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Лінійна деформація конічних оправок в залежності від їхніх геометричних параметрів

№	l , мм	$D_{\text{нм}}$, мм	$D_{\text{нб}}$, мм	V , мм ³	$D_{\text{нм}}/D_{\text{нб}}$	f , мм
1	100	6,0	13,5	7853,98	0,444	0,2233
2	100	7,2	16,4	11309,73	0,444	0,1077
3	100	9,0	20,3	17671,46	0,444	0,0441
4	200	12,0	27,1	62831,85	0,444	0,1116
5	200	15,0	33,8	98174,77	0,444	0,0457
6	200	18,0	40,6	141371,67	0,444	0,0221

На рис. 3 наведено графіки залежності лінійної деформації конічних оправок довжиною $l = 100$ мм від співвідношення діаметрів. Для оправок довжиною $l = 200$ мм форма графіків не змінюється.

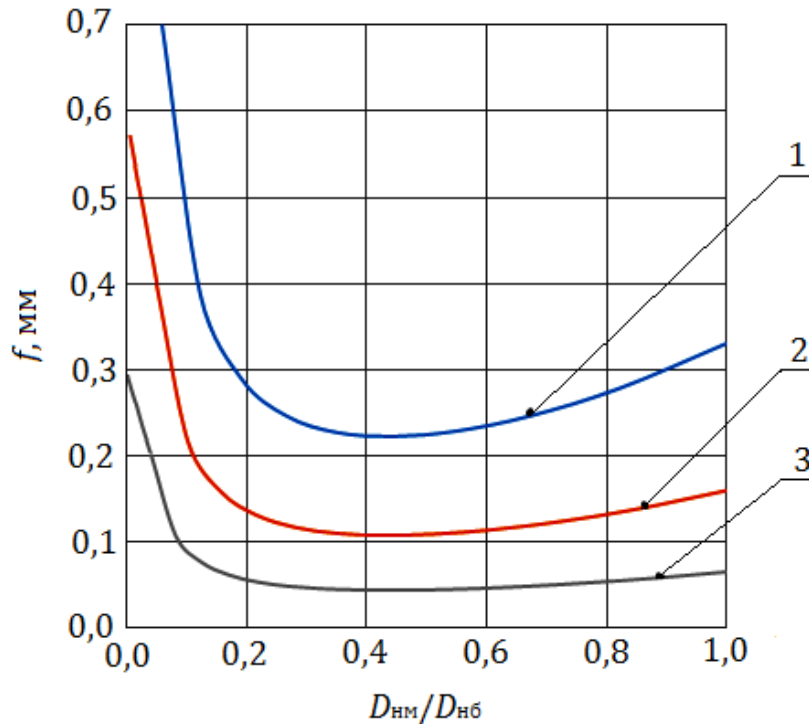


Рис. 3. Графіки залежності лінійної деформації конічних оправок довжиною $l = 100$ мм від співвідношення діаметрів (1 – $V = 7854$ мм³; 2 – $V = 11310$ мм³; 3 – $V = 17671$ мм³)

За результатами проведеного дослідження можна зробити висновок:

Для конічних оправок, які мають визначені довжину та об'єм, існує певне співвідношення найменшого та найбільшого діаметрів, при якому лінійна деформація оправки буде мінімальною, а жорсткість, відповідно, максимальною. Для оправок, геометричні параметри яких знаходяться в досліджуваному діапазоні, це співвідношення складає: $D_{нм}/D_{нб} = 0,444$. Визначення оптимальних з точки зору жорсткості співвідношень найменшого та найбільшого діаметрів для оправок з іншими геометричними параметрами потребує додаткових досліджень.

Використання конічних оправок максимальної жорсткості дозволить підвищити точність оброблення отворів без збільшення його собівартості або збільшити продуктивність оброблення за рахунок інтенсифікації його режимів при досягненні точності, що вимагається.

Список використаних джерел

1. Патент RU № 2440216, МПК В23В 29/03, опубл. 20.01.2012.
2. Патент UA № 1128066, МПК В23В 19/02, опубл. 16.10.2000.