

УДК 621.941-229

Є.В. Коротков, О.В. Шевченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### **Визначення радіальної жорсткості токарної розточувальної оправки з отвором для демпфера в консольній частині**

При розточуванні отворів на токарних верстатах забезпечення сталості процесу різання є важливою умовою нормального функціонування технологічної оброблювальної системи. До виникнення шкідливих вібрацій найбільше схильна однолезова консольна оправка, як найменш жорстка ланка технологічної системи верстата. Вібрації розточувальної оправки значно знижують якість обробленої поверхні - шорсткість та неоднорідність поверхні збільшуються, геометрична точність зменшується. Чим довший розточувальний інструмент, тим меншу жорсткість він має. Тому підвищення продуктивності та якості обробки при розточуванні глибоких отворів є актуальним напрямком дослідження.

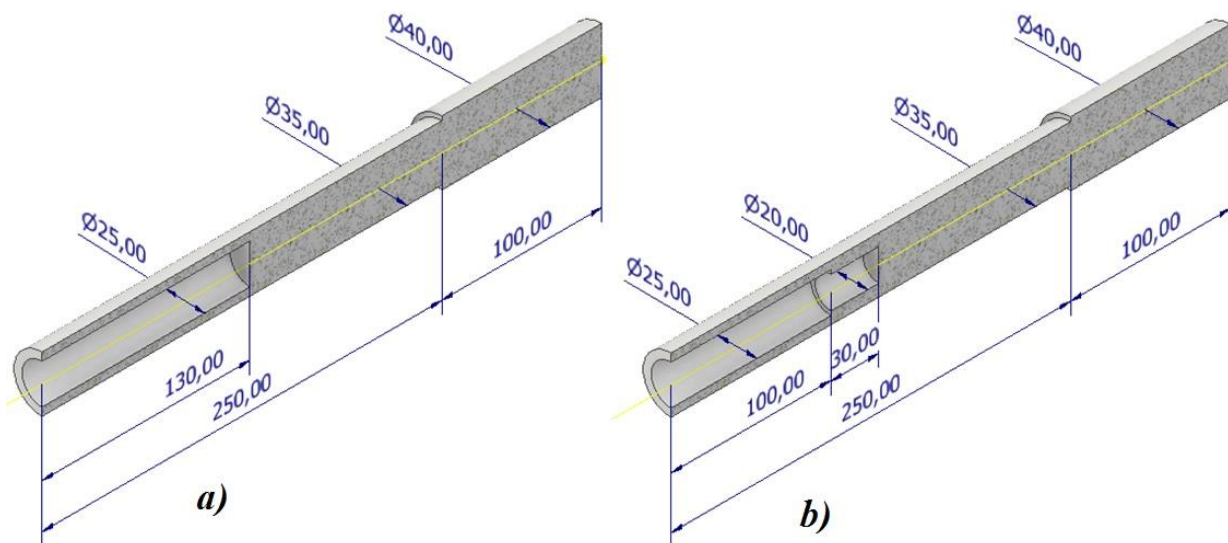
При визначенні геометричних параметрів консольної частини розточувальної оправки слід керуватися наступними рекомендаціями: - виліт розточувального різця повинен бути мінімальним, при збільшенні вильоту відтискання різця збільшується; - діаметр розточувальної оправки повинен бути максимальним, при збільшенні діаметра оправки збільшується момент інерції поперечного перерізу і відтискання зменшується; - чим вище модуль пружності матеріалу оправки, тим менше відтискання при незмінному вильоті і діаметрі оправки. Крім того, необхідно забезпечити безперешкодне відведення стружки та достатній радіальний хід інструменту.

Одним з ефективних способів зменшення рівня вібрацій розточувальних оправок є використання динамічного демпфера вібрації з в'язким тертям. Суть рішення полягає в тому, що в порожнині розточувальної оправки, заповненою в'язкою рідиною, розміщується додаткова маса, що пружно взаємодіє з оправкою через еластичні вставки і ефективно поглинає надмірні вібрації [1]. У більшості відомих конструкцій оправок для встановлення демпфера використовується значна частина внутрішнього об'єму тіла консольної частини оправки. Недоліком таких розточувальних оправок є зниження радіальної

жорсткості в точці розміщення різця внаслідок наявності порожнини значного діаметру в консольній частині для встановлення демпфера.

Однією з умов забезпечення достатньої жорсткості консольної частини розточувальної оправки з порожниною для демпфера є дотримання співвідношення діаметру отвору порожнини  $d$  та зовнішнього діаметру оправки  $D$  на рівні  $d/D \leq 0,5$  [2, 3]. При виконанні цієї умови втрачається не більше 5% радіальної жорсткості консольної частини, а довжина отвору може дорівнювати довжині оправки. Разом з тим, при використанні для гасіння коливань додаткової маси бажано, щоб діаметр порожнини в зоні розміщення різця був більшим ніж половина зовнішнього діаметру оправки, а довжина може бути меншою за довжину консолі.

Метою даного дослідження є знаходження потрібної форми отвору в консольній частині оправки для встановлення демпфера за умови втрати радіальної жорсткості консолі оправки не більше ніж на 5%. Для дослідження розроблено ряд варіантів твердотільних моделей оправок з порожниною (рис. 1) з використанням програми Autodesk Inventor Professional 2021.



188

Рис. 1. Приклади твердотільних моделей розточувальних оправок зовнішнім діаметром  $D = 35$  мм та довжиною консольної частини  $L = 250$  мм з порожниною для демпфера: (а) діаметром  $d_1 = 25$  мм та довжиною  $l_1 = 130$  мм; (б) двох діаметрів  $d_1 = 25$  мм довжиною  $l_1 = 100$  мм та  $d_2 = 20$  мм довжиною  $l_2 = 30$  мм

Розрахункове значення радіальної жорсткості вільного кінця консолі розточувальної оправки із суцільного матеріалу, наприклад зі легованої сталі (модуль пружності  $E = 2,1 \cdot 10^5$  Н/мм<sup>2</sup>) при  $D = 35$  мм і довжині консолі  $L = 250$  мм складає  $c = 2,97$  Н/мкм. За прийнятої умови втрати жорсткості не більше ніж на

5%, радіальна жорсткість консольної частини оправки має бути не меншою за  $C_{min} = 2,82$  Н/мм. На рис. 2 показано приклад картини деформацій консольної частини оправки в напрямку дії сили  $P = 1,0$  кН.

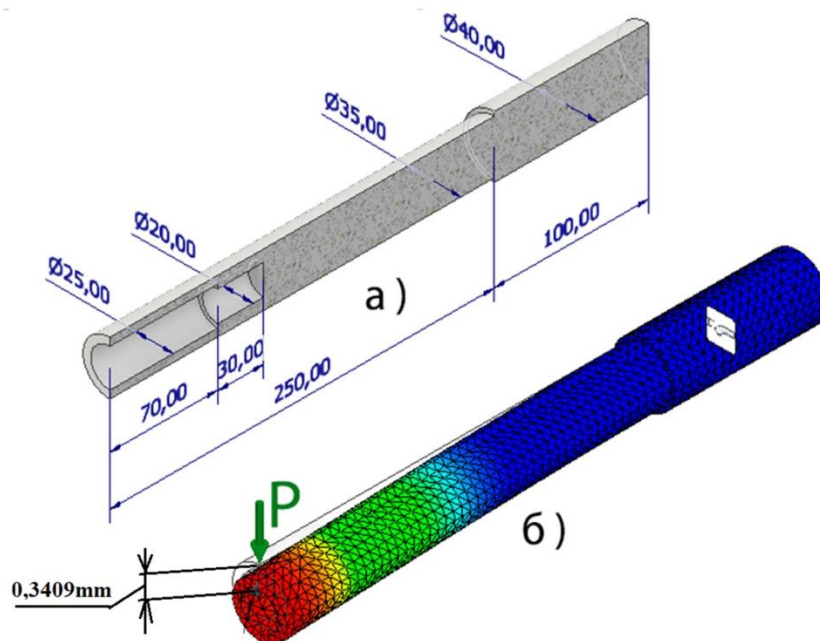


Рис.2. Твердотільна модель розточувальної оправки (а) та результат розрахунку величини максимальної деформації консолі в напрямку дії сили  $P = 1,0$  кН (б) при  $l_1 = 70$  мм,  $d_1 = 25$  мм та  $l_2 = 30$  мм,  $d_2 = 20$  мм

189

На рис.3 наведено графіки залежності розрахункових значень радіальної жорсткості  $C$  консольної частини оправки від розмірів порожнини для демпфера. Для твердотільної моделі (рис. 1,а) визначалась залежність радіальної жорсткості консолі  $C$  від довжини порожнини ( $l_1 + l_2$ ) в межах  $l_1 = 70 \dots 160$  мм,  $l_2 = 0$  при постійному діаметрі  $d_1 = 25$  мм. Із рис.3 видно, що максимальна довжина порожнини при 5% втраті радіальної жорсткості не повинна перевищувати  $l_1 = 130$  мм. При встановленні в порожнину додаткової маси, як її величина так і центр мас може суттєво впливати на ефективність гасіння коливань при різанні. Тому, зміна форми порожнини по довжині і по діаметру може розширити можливості варіювання параметрами додаткової маси. Для твердотільної моделі (рис. 1,б) визначалась залежність радіальної жорсткості консолі  $C$  від довжини порожнини ( $l_1 + l_2$ ) в межах  $l_1 = 70 \dots 130$  мм при  $d_1 = 25$  мм та  $l_2 = 30$  мм при  $d_2 = 20$  мм. При варіанті ступінчастого отвору загальна довжина порожнини при 5% втраті радіальної жорсткості може бути збільшена до  $(l_1 + l_2) = 150$  мм.

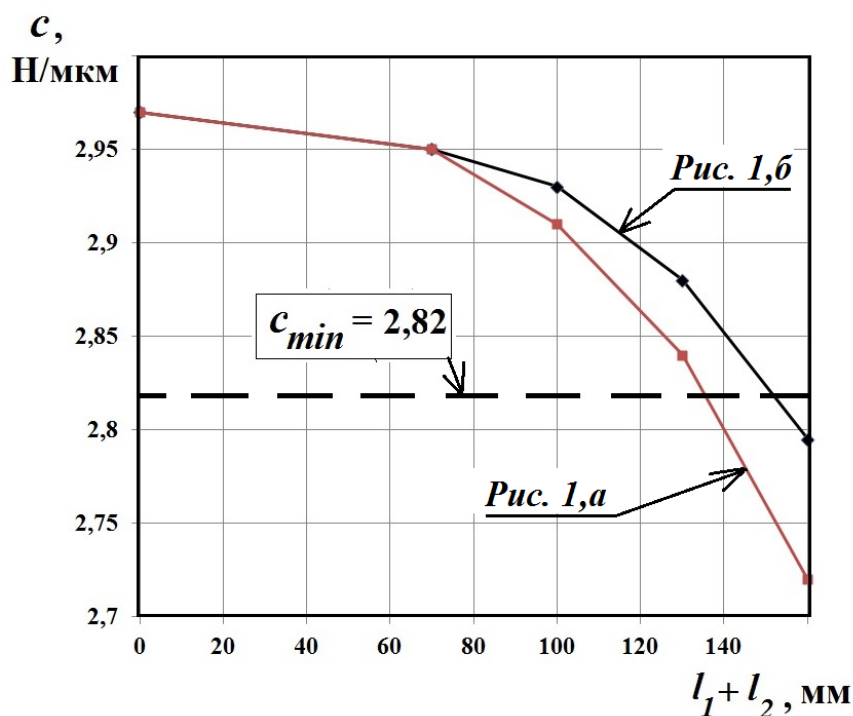


Рис. 3. Графіки розрахункових значень радіальної жорсткості  $c$  консольної частини оправки в залежності від розмірів порожнини для демпфера при зміні довжини  $l_1$  в межах  $l_1 = 70 \dots 130$  мм для  $d_1 = 25$  мм та незмінних розмірах  $l_2 = 30$  мм,  $d_2 = 20$  мм

190

#### Висновок:

Запропонований підхід до визначення геометричних параметрів порожнини для встановлення демпфера в консольній частині оправки дозволяє в залежності від габаритно-масових параметрів додаткової маси забезпечити мінімальну втрату радіальної жорсткості консолі розточувальної оправки.

#### Список використаних джерел

1. Damped Tools from Sandvik Coromant. Silent Tools. / SANDVIK Coromant, 2012.11. – 100 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/silent\\_tools/pages/default.aspx](https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/silent_tools/pages/default.aspx)
2. Розточувальна оправка: Патент на корисну модель № 117470: МПК В23В 29/02. Оpub. 26.06.2017, Бюл. № 12. – 3 с.
3. Шевченко О.В., Ліщінер-Іващенко О.В. Забезпечення вібростійкості процесу розточування однолезовим інструментом на токарному верстаті // Технічна інженерія № 1(85)2020, Житомир, Державний університет «Житомирська політехніка»: 2020. с. 81-88.