

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УМОВ ВІБРОСТІЙКОЇ ОБРОБКИ РОЗТОЧУВАЛЬНИМИ ОПРАВКАМИ НА ТОКАРНОМУ ВЕРСТАТІ

Найбільш ефективним способом обробки отворів на токарному верстаті є розточування однолезовими консольними оправками. Важливим з точки зору забезпечення стабільності процесу розточування є вибір конструктивних параметрів розточувальної оправки. В процесі відпрацювання конструкції оправки необхідно враховувати наступні особливості: – розміри поперечного перерізу консольної частини оправки вибирають максимальними із врахуванням обмеження по діаметру отвору, забезпечення безперешкодного відведення стружки і достатнього радіального ходу різця; – виліт консольної частини оправки вибирається мінімально необхідним для заданої глибини отвору; – якщо довжина консольної частини оправки є більшою за її чотири діаметри, то рекомендовано в оправку встановлювати демпфер; – при розточуванні малих діаметрів задній кут різця збільшують та вибирають із умови відсутності затирання ним обробленого отвору внаслідок відтискання консолі оправки тангенціальною складовою сили різання нижче вісі центрів верстата. Вказані особливості конструювання обумовлюють необхідність детального відпрацювання конструкції розточувальної оправки для заданих умов обробки.

При розточуванні на токарному верстаті до виникнення надмірних вібрацій найбільше схильна саме консольна оправка, як найменш жорстка ланка технологічної системи верстата, яка здійснює поздовжні, поперечні та крутильні коливання, що мають домінуючий вплив на рівень відносних коливань між інструментом і деталлю. Тому, зниження рівня інтенсивності коливань розточувальних оправок є одним із важливих шляхів підвищення продуктивності, точності та якості оброблених поверхонь. Коливання, які виникають при розточуванні, визначається жорсткістю та коливаннями самої оправки, а втрата вібростійкості виникає в основному на формі її коливань.

Для теоретичного аналізу процесу розточування при обробці консольними оправками розроблено принципову схему домінуючої коливальної системи (рис. 1) та математичну модель.

В математичній моделі в якості домінуючої коливальної системи розглядається консольна оправка з різцем, що встановлена в різцетримачі верстата і здійснює обробку деталі. Модель побудована з використанням головних координат, що дозволяє повністю розділити змінні, які визначають рух інструменту в довільній в площині uOz . Маса коливальної системи m приведена до вершини різця і рухається тільки в напрямках головних осей координат $O\eta_1$ і $O\eta_2$. На масу m діє сила різання $P(t)$, прикладена до вершини різця. Модель пружної системи інструменту представлена як система з трьома степенями вільності. За початок координат прийнято вершину різця (т. O). Вісь Oy направлено по нормалі до оброблюваної поверхні, а вісь Oz – перпендикулярно до неї. Сила різання $P(t)$ прикладена під кутом α до осі Oz , а головні координати $O\eta_1$ і $O\eta_2$ розвернуті під кутом β до узагальнених координат Oy і Oz . Розроблена математична модель процесу розточування дозволяє визначити вплив конструктивних параметрів консольних оправок на рівень та запас сталості пружної системи інструменту та визначити режими вібростійкої обробки. Для визначення коефіцієнтів математичної моделі та обґрунтування необхідності врахування кута розвороту β головних осей жорсткості пружної системи інструменту при моделюванні процесу розточування проведені експериментальні дослідження на важкому токарно-гвинторізному верстаті мод.ІМ63. На рис. 2, а наведено схему вимірювання кругової податливості супортної групи верстата. Особливістю схеми вимірювання є те, що навантаження здійснюється на вильоті консолі $L = 250$ мм закріпленої в різцетримачі достатньо жорсткої розточувальної оправки діаметром консольної частини 85 мм.

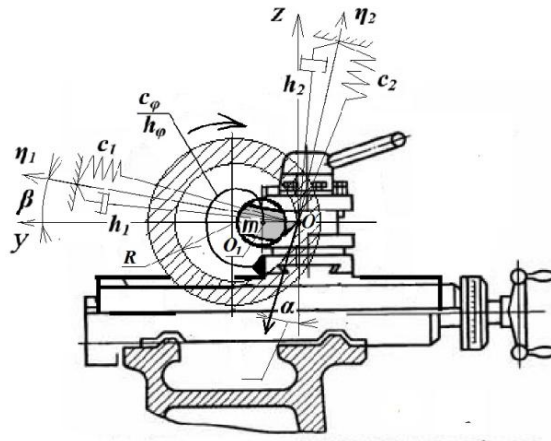


Рис. 1. Принципова схема процесу розточування на токарному верстаті традиційної компоновки

Силова дія на оправку здійснюється навантажувальним пристроєм у вигляді Г-подібного кронштейну з гвинтовим домкратом та динамометром, що встановлені в затиску патроні шпинделя верстата. Напрямок дії сили змінюється поворотом кронштейну разом зі шпинделем через 30° , забезпечуючи 12 напрямків навантаження супортної групи (поз.1–12). Переміщення оправки на вильоті консолі внаслідок дії навантаження фіксується індикаторами часового типу I_2 та I_6 ціною поділки $0,002$ мм, які контролюють переміщення оправки в горизонтальному та вертикальному напрямках відповідно. Положення індикаторів є незмінним при зміні напрямку дії навантажувальної сили. Переміщення консольної частини оправки вимірювалось при двох рівнях навантаження $P = 2500$ Н та $P = 3500$ Н. Аналіз графіків кругової діаграми податливості (рис. 2, б) дозволив визначити положення головних осей жорсткості супортної групи, а саме, η_1 – вісь найменшої жорсткості та η_2 – вісь найбільшої жорсткості і кут їх розвороту $\beta \approx 30^\circ$ відносно довільної системи координат yOz . Визначене положення головних осей жорсткості супортної групи забезпечує сталий процес різання при зовнішньому точінні внаслідок того, що сила різання є близькою за напрямком до осі найбільшої жорсткості η_2 (напрямок 0–6) і статична характеристика пружної системи інструменту $K_{ПС} > 0$. Разом з тим, при розточуванні з правим обертанням шпинделя напрямок дії сили різання буде наближеним до напрямку 0–8 і $K_{ПС}$ може бути < 0 , що призведе до втрати сталості процесу різання внаслідок можливого зтягування різця в матеріал деталі.

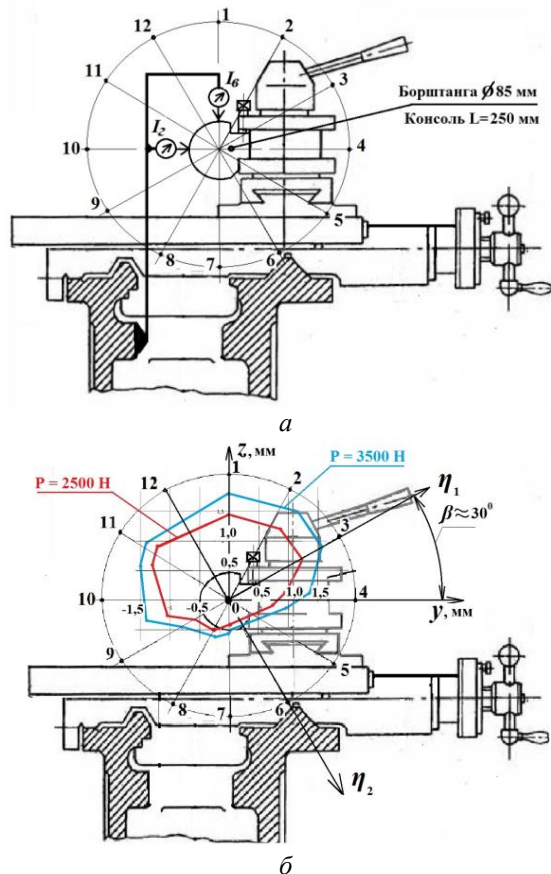


Рис. 2. Схема вимірювання (а) кругової податливості та графіки деформацій (б) в площині уОz пружної системи інструменту токарно-гвинторізного верстата мод. ІМ63

Одним із способів уникнення затягування різця при розточуванні може бути обробка з лівим обертанням шпинделя, при якій напрямок дії сили різання відносно головних осей жорсткості буде аналогічним процесу зовнішнього точіння. Таким чином, для забезпечення умов вібростійкої обробки розточувальними оправками на важких токарних верстатах бажано враховувати при проектуванні оправок наступні рекомендації: – максимально підвищити радіальну жорсткість оправки в зоні встановлення різця за рахунок форми поперечного перерізу консольної частини та в зоні кріплення на верстаті; – забезпечити умову, при якій збільшення сили різання викликає відтиск інструменту від оброблюваної деталі.

Ще одним ефективним способом підвищення вібростійкості процесу розточування є підвищення демпфіруючої здатності розточувальних оправок. У більшості відомих конструкцій оправок для встановлення демпфера використовується порожнина значного діаметру в консольній частині оправки. Недоліком такої оправки є зниження радіальної жорсткості в точці розміщення різця саме внаслідок наявності порожнини. Разом з тим, якщо конструктивно забезпечити умову, при якій діаметр порожнини d не перевищував би половини зовнішнього діаметра D консольної частини оправки, а саме: $d/D \leq 0,5$, то радіальна жорсткість консольної частини оправки з порожниною буде близькою до жорсткості суцільного тіла консольної частини. При виконанні цієї умови втрачається не більше 5% радіальної жорсткості консольної частини оправки і є можливість встановлення демпферу в порожнині для підвищення її демпфіруючої здатності і, як наслідок, підвищення вібростійкості при розточуванні, що підтверджено результатами експериментальних досліджень дослідних зразків розточувальних оправок.