

4. Шевченко О.В. Методи підвищення сталості процесу різання при токарній обробці нежорстким інструментальним оснащенням. / О. В. Шевченко // Машинознавство, № 8 (146).— Київ, 2009. – с. 16–23.

УДК 621.9.048.6

Шевченко О.В., докт. техн. наук, професор  
Гаталай О.В., студент

Національний технічний університет України «КПІ ім. І. Сікорського», o.shevchenko@kpi.ua

### ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ТА СТІЙКОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА ПРИ РОЗТОЧУВАННІ

Для процесу токарної обробки литих та штампованих заготовок характерні значні коливання припуску та твердості оброблюваного матеріалу, похибки взаємного розміщення поверхонь, що є причинами низької точності та якості обробки. Найбільш ефективним способом виправлення похибок отворів в таких заготовках є розточування однолезовим різцем, встановленим в розточувальній оправці.

При обробці розточувальними оправками рівень коливань інструменту визначається жорсткістю та коливаннями самої оправки, а втрата вібростійкості виникає в основному на формі її коливань. При розточуванні вибір інструменту залежить від діаметру обробки, а довжина чи глибина отвору визначає виліт консолі. При цьому виліт консолі вибирається мінімальним, а діаметр за можливістю максимальним, що обмежується діаметром отвору оброблюваної деталі. Крім того, необхідно забезпечити безперешкодне відведення стружки та достатній радіальний хід інструменту. Вказані обмеження обумовлюють необхідність детального відпрацювання конструкції розточувальної оправки для забезпечення стабільності процесу різання.

Типовий розточувальний інструмент токарно-гвинторізних верстатів традиційної компоновки не має явно виражених осей найбільшої і найменшої жорсткості в площині, що перпендикулярна до осі оправки. Це призводить до суттєвого впливу координатного зв'язку на збільшення амплітуд автоколивань оправки при різанні [1].

Для теоретичного аналізу коливальних процесів при обробці консольними борштангами розроблено принципову схему домінуючої коливальної системи процесу розточування на токарно-гвинторізному верстаті традиційної компоновки (рис. 1,а) та побудовано математичну модель.

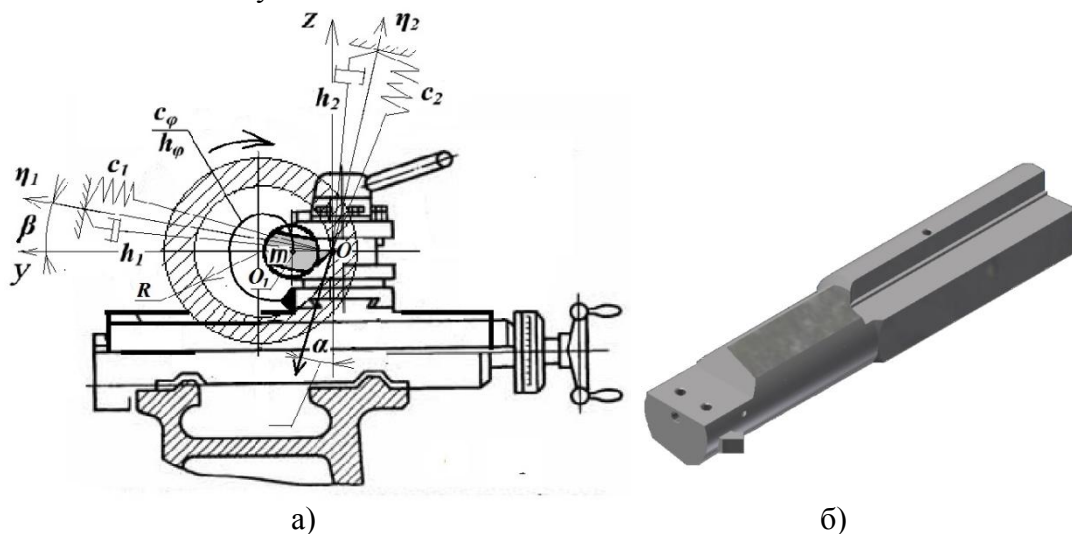


Рис. 1 – Розрахункова схема процесу розточування на токарно-гвинторізному верстаті (а) та загальний вигляд модернізованої конструкції розточувальної оправки (б)

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  $\alpha$  до осі  $Oz$ , а головні координати  $O\eta_1$  і  $O\eta_2$  розвернуті під кутом  $\beta$  до довільних координат  $Oy$  і  $Oz$ . За результатами досліджень [2] встановлено, що найбільші сталими при різанні є пружні системи інструменту, у яких виконується умова  $\beta=\alpha/2$  при співвідношеннях приведених жорсткостей в напрямках головних осей координат  $c_{\min}/c_{\max} \approx 0,7$ . На основі аналізу АФЧХ передаточної функції розімкнутої динамічної системи верстата за критерієм Найквіста визначено вплив конструктивних параметрів консольної частини борштанги на запас сталості по амплітуді пружної системи інструменту. Підтверджено, що найбільш сталими при розточуванні є пружні системи інструменту у яких виконується наведена вище умова.

З метою підвищення режимів вібростійкого розточування модернізовано конструкцію розточувальної оправки (рис. 1, б) для обробки отворів діаметром більше 100 мм на важкому токарно-гвинторізному верстаті моделі 1М63. До особливостей конструкції оправки, що має довжину консольної частини 250 мм та діаметр 85 мм, можна віднести наступне:

- підвищена радіальна жорсткість консольної частини;
- раціональна орієнтація головних осей жорсткості і відповідне співвідношення жорсткостей за цими осями;
- можливість встановлення демпфера в консольній частині оправки;
- підвищена жорсткість оправки в зоні кріплення на різцетримачі.

Розрахунки статичної жорсткості розточувальних оправок базової та модернізованої конструкцій, проведені з використанням твердотільних розрахункових моделей та методу скінченних елементів, дозволили отримати наступні результати:

- жорсткість консольної частини в напрямку радіальної складової сили різання збільшена вдвічі до 120 Н/мкм;
- співвідношення мінімальної та максимальної жорсткостей за головними осями жорсткості наближено до 0,7, що мінімізує вплив координатного зв'язку на рівень коливань оправки при різанні;
- кут розвороту головних осей жорсткості оправки  $\sim 20^\circ$  в точці різання забезпечує умови, при яких збільшення сили різання викликає відтиск інструменту від оброблюваної деталі;
- в консольній частині оправки виконано отвір для встановлення демпфера, при цьому діаметр отвору не перевищує половини діаметру консольної частини оправки [3].

Проведені експериментальні дослідження дослідного зразка розточувальної оправки підтвердили результати розрахунків статичної жорсткості. Для визначення коефіцієнтів математичної моделі проведені дослідження частотних характеристик оправки. Встановлено основні (нижні) частоти власних коливань 337 Гц в напрямку радіальної складової та 348 Гц в напрямку тангенціальної складової сили різання. Час затухання коливань консольної частини оправки після встановлення демпфера скорочується не більше ніж на 30% , що обумовлено достатньо високою жорсткістю самої розточувальної оправки. Разом з тим, амплітудно-частотні характеристики вільних коливань оправки зареєстрували значне зменшення амплітуд на 2 та 3 парних гармоніках коливань. Проведені тестові дослідження при різанні показали достатньо високу вібростійкість дослідного зразка розточувальної оправки.

#### Список посилань

1. Кудинов В.А. Динамика станков. / В. А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. –360с.
2. Шевченко О.В. Методи підвищення сталості процесу різання при токарній обробці нежорстким інструментальним оснащенням. / О. В. Шевченко // Машинознавство, № 8(146). – Київ, 2009. – с. 16–23.

3. Розточувальна оправка: Патент на корисну модель № 117470: МПК В23В 29/02. Оpub. 26.06.2017, Бюл. № 12. – 3с. (автори Шевченко О.В., Яшник А.В., Беляєва А.Ю.)

УДК 621.9

**Пермяков О.А., докт. техн. наук, професор**  
**Шепелев Д.К., магістр**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», perm\_a@i.ua

**Іщенко М.Г., головний технолог**

ПАТ «Турбоатом», г.Харьков, mikelmik@i.ua

## **СИСТЕМАТИЗАЦІЯ КОМПОНУВАНЬ МОБІЛЬНОГО ПОРТАТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Актуальним виробничим завданням заводу «Турбоатом» є ремонт деталей і вузлів турбоагрегатів, що експлуатуються в Україні та за кордоном. Недоцільність, а іноді і технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей унеможлиблює їх поточний ремонт в умовах заводу. У цьому випадку ефективним і єдино можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів.

Поняття про блокову структуру верстата і способи сполучення блоків дозволяє позначати будь-яку компоновку за допомогою структурних формул (по Ю.Д.Врагову). Для опису просторової компоновки і можливості використання математичного апарату в структурних формулах використовують систему позначень осей координат, що відповідає рекомендаціям ІСО. Структурна формула компоновки - це певна послідовність символів, що позначають блоки компоновки, яка розкриває координатну приналежність і спосіб сполучення блоків. Очевидно даний похід можливо застосувати для структурного аналізу і синтезу компоновок металорізального обладнання для ремонту недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів. Особливістю таких верстатів є мобільність або можливість їх використання за місцем служби ремонтної машини, а також те, що роль стаціонарного блоку (станіни) верстата може виконати сама деталь, що ремонтується.

Вирішується завдання систематизації компоновок мобільного портативного технологічного обладнання, створюваного за агрегатно-модульним принципом, з метою типізації компоновальних схем і уніфікації конструкцій верстатів для механічної обробки недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів. Розглянуто і проаналізовані приклади реалізованих на заводі «Турбоатом» компоновок мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів: розточувального верстата для спільної обробки осьових отворів у фланцевому з'єднанні валу генератора і валу турбіни гідроагрегата Середньодніпровської ГЕС; дреля для обробки отворів в циліндрі і корпусі робочого колеса ЛАРДЖІ ГЕС (Індія); верстата для фрезерування паза під шнур ущільнювача в нижньому кільці направляючого апарату гідротурбіни Кременчуцької ГЕС. Виконано аналіз компоновок аналогічного технологічного устаткування зарубіжного виробництва.

### **Список посилань**

1. Yoshimi Ito. Modular Design for Machine Tools. - McGraw Hill Professional, 2008. – 400p.
2. Агрегатные станки средних и малых размеров / Ю.В. Тимофеев, В.Д. Хицан, М.С.Васерман, В.В. Громов / Под общ. ред. Ю.В.Тимофеева. - М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.