

# ПРОГРЕСИВНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

## СЕКЦІЯ

УДК 621.9.048.6

### Використання різцетримача з орієнтованою жорсткістю для ультразвукового точіння

Шевченко О.В., Манзюк С.А.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

***Анотація.** Ефективним способом обробки важкооброблювальних матеріалів є ультразвукове точіння, яке здійснюється шляхом накладання ультразвукових коливань до руху різця і сприяє значному зменшенню сили різання та підвищенню продуктивності обробки. У статті представлені результати досліджень ефективності використання нового пристрою для ультразвукового точіння з електрострикційним віброприводом. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність запропонованої конструкції різцетримача для передачі хвилі ультразвукових коливань майже перпендикулярно осі вібраційного приводу, що дозволяє розвантажити вібраційний привід від сили різання та використовувати вібраційні імпульси лише для деформації пружних елементів різцетримача за амплітудою ультразвукових коливань. Пристрій забезпечує умови для обробки важкооброблювальних матеріалів, дозволяє підвищити точність обробки деталей, зменшити шорсткість оброблених поверхонь і збільшити продуктивність обробки.*

***Ключові слова:** ультразвукове точіння, різцетримач з орієнтованою жорсткістю, електрострикційний вібропривод, частотні характеристики, підвищення продуктивності обробки.*

Ефективним способом токарної обробки важкооброблюваних матеріалів, до яких відносяться корозійностійкі, жаростійкі та високоміцні сплави, є використання ультразвукового різання. Експериментами встановлено, що накладання ультразвукової вібрації на рівномірний рух різця, призводить до суттєвого зменшення сили різання, що спостерігається при швидкостях різання  $V < a \cdot \omega$  ( $a$ ,  $\omega$  – амплітуда та кругова частота коливань різця) як при токарній обробці кольорових металів і сплавів, так і при різанні корозійностійких та високоміцних сплавів [1].

Серед відомих типів вібраційних приводів для ультразвукової обробки найбільше використовують електромагнітні та електрострикційні. У магнітострикційних або електрострикційних приводах використовують вібратори, в яких електричні коливання, що поступають від ультразвукового генератора, перетворюються в механічні коливання з амплітудою в декілька мікрметрів. За допомогою концентратора амплітуда цих коливань може бути збільшена до 10–15 мкм і більше.

Різання з вібраціями полягає в тому, що на звичайно прийняту для даної операції кінематичну схему накладається додатковий вібраційний рух інструменту відносно заготовки. Різання з осьовими вібраціями впливає на зміну площі зрізу, підвищує шорсткість обробленої поверхні по відношенню до різання з рівномірною подачею. При різанні з радіальними вібраціями інструмент відносно заготовки здійснює коливальні рухи в напрямку поперечної подачі. Збільшені амплітуди радіальних коливань підвищують висоту мікронерівностей обробленої поверхні. Різання з радіальними вібраціями є досить ефективним на операціях з

поперечною подачею. Особливості *різання з тангенціальними вібраціями*: - практично незмінні розміри поздовжнього та поперечного перерізів зрізу; - коливання швидкості різання із значеннями, які суттєво перевищують швидкості звичайного різання; - мікропрофіль обробленої поверхні мало відрізняється від профілю поверхні, отриманої звичайним різанням [2]. Тому, найбільш ефективним та раціональним напрямком введення ультразвукових коливань при токарній обробці лезовим інструментом є напрямок швидкості різання - тангенціальні коливання різця.

До переваг ультразвукового точіння можна віднести наступне:

- суттєве зниження сил різання за умови  $V_{різ} < 60 \cdot 2\pi f \cdot A$  (м/хв), де  $A$  — амплітуда коливань інструменту, м;  $f$  — частота коливань інструменту, Гц,  $V_{різ}$  — швидкість різання, м/хв.;
- практично повне виключення можливостей збудження автоколивань при різанні;
- відсутність наростоутворення на різальних кромках різця;
- зменшення шорсткості оброблених поверхонь при ультразвукових коливаннях різця в напрямку швидкості різання;
- суттєве зменшення залишкових поверхневих напружень оброблених поверхонь;
- сприяння доступу змащувально-охолоджувальної рідини в зону різання;
- зменшення теплоутворення в зоні різання.

Основними недоліками відомих пристроїв для вібраційного точіння є встановлення віброприводу на різці в зоні обробки деталі, що заважає відведенню стружки, та низька жорсткість консольної частини різця з віброприводом, що обмежує режими різання і як наслідок продуктивність обробки.

На рис. 1 наведена схема різцетримача з приводом для ультразвукового точіння, що встановлюється на супорті токарного верстата. Розроблений різцетримач реалізує переваги способу точіння з ультразвуком та має достатню статичну жорсткість, що дає можливість його використання в режимах із значними силами різання [3].

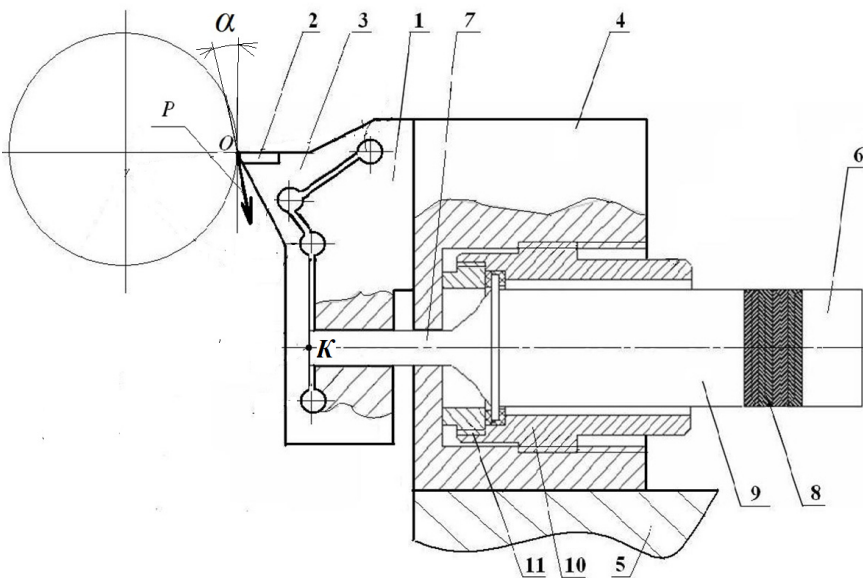


Рис.1. Різцетримач з приводом для ультразвукового точіння

Пристрій складається з різцетримача 1 з різцем 2 і пружною частиною 3, корпусу 4, що жорстко зв'язаний з різцетримачем 1 та супортом 5 верстата, ультразвукового віброприводу 6 з концентратором коливань 7, що встановлений в корпусі 4 і контактує з пружною частиною 3 різцетримача. Ультразвуковий вібропривод 6 складається з пакета п'єзокерамічних елементів 8, частотознижуючої накладки 9, що з'єднана з концентратором 7 та зафіксована в корпусі різбовими втулками 10 і 11 з можливістю регулювання натягу між торцем концентратора і пружною частиною різцетримача. Ультразвуковий вібропривод 6 генерує високочастотні (15 - 20 кГц) коливання. Концентратор 7 дозволяє підвищити амплітуду коливань та передати їх

пружній частині різцетримача 3. Хвиля коливань передається через точку К контакту концентратора 7 з пружною частиною 3 різцетримача на вершину різця. Напрямок коливального руху пружної частини різцетримача в т. К під дією віброприводу 6 знаходиться під кутом  $(90^{\circ}-\alpha)$  до сили різання  $P$ , що мінімізує вплив навантаження від дії сили  $P$  на амплітуду коливань віброприводу.

Експериментальні дослідження характеристик пружної частини різцетримача дали наступні результати: - жорсткість в точці кріплення різальної пластини за напрямками дії складових сили різання складає  $c_x = 100$  Н/мкм,  $c_y = 260$  Н/мкм,  $c_z = 97$  Н/мкм. На рис. 2 наведено кругова діаграма податливості пружної частини різцетримача в точці кріплення різальної пластини. З кругової діаграми податливості видно, що вісі найбільшої і найменшої податливості розвернуті проти часової стрілки по відношенню до узагальнених осей координат  $uoz$  на кут  $\beta = 5^{\circ}$ . Така орієнтація кругової діаграми податливості забезпечує для пружної системи інструменту умову відтискання різця від деталі при збільшенні навантаження від сили різання і є основою для підвищення режимів сталого точіння [4].

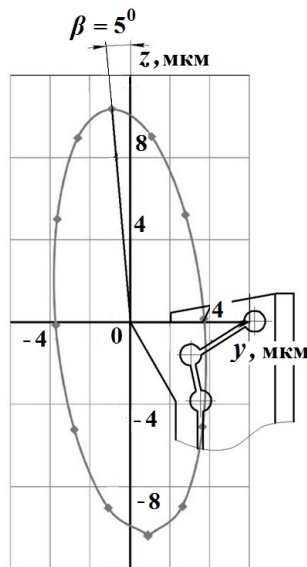


Рис.2. Кругова діаграми податливості пружної частини різцетримача від навантаження по колу в площині  $uoz$  силою 1,0 кН

Генератор приводу забезпечує регулювання рівня амплітуди та частоти коливань від 5 до 40 кГц. В коливальній системі використано п'єзокерамічні шайби типу РСМ-41 діаметрами зовнішнім 38 мм, внутрішнім 16 мм, товщиною 5 мм та кількістю до 5шт. Кількість шайб вибирається в залежності від необхідної амплітуди коливань. Зміною частоти ультразвукових коливань в діапазоні від 10 до 20 кГц визначено, що найбільшу амплітуду вимушених коливань вершина різця має на частоті 17,3 кГц (рис. 3).

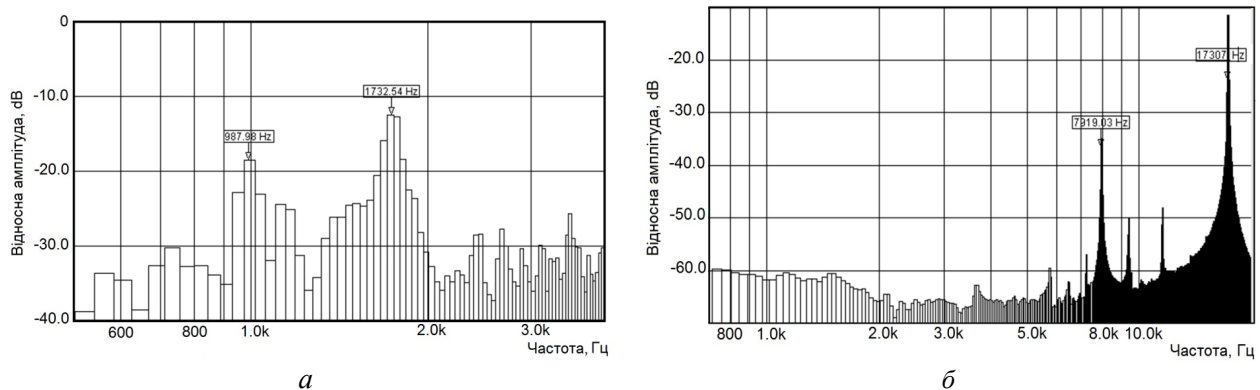


Рис.3. Спектри вільних (а) та вимушених (б) коливань різця в напрямку  $Pz$  без різання

Порівняння спектрів частот вимушених коливань на вершині різця в напрямку швидкості різання та в точці контакту ультразвукового віброприводу з пружною частиною різцетримача показали їх збіг як по амплітуді так і по частоті, що підтверджує ефективність конструкції різцетримача щодо передачі хвилі ультразвукових коливань практично перпендикулярно до вісі віброприводу. Така схема передачі ультразвукових коливань до вершини різця дозволяє розвантажити вібропривод від сили різання та використовувати імпульси коливань тільки для деформації пружних пластин на величину амплітуди ультразвукових коливань, створюючи умови для підвищення режимів різання і продуктивності обробки.

Тестові випробування пристрою при різанні проводились на токарно-гвинторізному верстаті під час обробки закріпленого в центрах валу із сталі 45 в режимі чистового точіння. В процесі обробки виконувалось регулювання частоти коливань віброприводу в діапазоні 10–20 кГц. Найбільшу амплітуду коливань вершини різця зареєстровано при сталому точінні на частоті 16,2 кГц. Порівняння профілограм поверхонь, оброблених пристроєм без ультразвуку та з ультразвуком показали зменшення шорсткості оброблених поверхонь практично вдвічі при ультразвуковому різанні.

Розроблена конструкція різцетримача реалізує переваги способу точіння з ультразвуком за рахунок передачі ультразвукових коливань в напрямку швидкості різання, що забезпечує умови для обробки важкооброблюваних матеріалів, дозволяє підвищити точність обробки деталей, зменшити шорсткість оброблених поверхонь та підвищити продуктивність обробки. На основі цієї конструкції можуть бути розроблені пристрої для ультразвукового точіння на різні типи верстатів токарної групи в якості додаткового обладнання для розширення технологічних можливостей верстатів.

#### Список літератури

1. Кумабэ Д. Вибрационное резание. – М.: Машиностроение, 1985. - 424 с.
2. Асташев В.К. Влияние ультразвуковых колебаний резца на процесс резания. – Проблемы машиностроения и надежности машин, 1992, №3, с.81-89.
3. Пристрій для ультразвукового точіння: Патент на корисну модель № 89116: МПК В24В 1/04. Опуб. 10.04.2014, Бюл. № 7. – 3с. (автори Шевченко О.В., Марковський Д.А., Бальченко М.Ю.).
4. Шевченко О.В. Вплив радіальної податливості пружної системи інструменту токарного верстата на точність обробки / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції "Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта", секція: Прогресивна техніка та технологія машинобудування – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського: 06-09.10.2020. с. 106-109.

## Use of the toolholder with the oriented stiffness for ultrasonic turning

Shevchenko O., Manzyuk S.

*An effective way of processing difficult-to-machine materials is ultrasonic cutting, which is carried out by applying ultrasonic vibrations to the movement of the cutter and contributes to a significant reduction in cutting force and increase processing productivity. The article presents the results of research on the efficiency of using a new device for ultrasonic cutting with an electrostrictive vibrating drive. The source of ultrasonic vibrations is an electrostrictive vibratory drive, which provides oscillations in the range of 10 - 20 kHz with amplitude of 10 - 15 microns. Experimental studies have confirmed the effectiveness of the proposed design of the toolholder to transmit the wave of ultrasonic vibrations almost perpendicular to the axis of the vibratory drive, which allows you to unload the vibrating drive from the cutting force and use vibration pulses only to deform elastic elements by the amplitude of ultrasonic vibrations. The device provides conditions for processing of difficult-to-process materials, allows increasing accuracy of processing of details, to reduce roughness of the processed surfaces and to increase productivity of processing.*

*Keywords: ultrasonic turning, toolholder with oriented stiffness, electrostrictive vibratory drive, frequency characteristics, increase of processing productivity.*