

Д.А. Марковський, аспір.
О.В. Шевченко, д.т.н., проф.

Національний технічний університет України "КПІ"

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВІБРОПРИВОДУ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ВІБРАЦІЙНОГО ТОЧІННЯ

В статті наведено результати досліджень ефективності використання електродинамічного вібратора для реалізації ультразвукових коливань різця з метою покращення оброблюваності матеріалів. Як виконавчий пристрій запропоновано різцетримач з пружною частиною, що дозволяє здійснювати коливальні рухи різця в мікрометричному діапазоні за рахунок деформації пружних пластин під дією силового імпульсного приводу.

Постановка проблеми. У сучасному машинобудуванні все більшого поширення набувають сталі та сплави з високими показниками міцності, жаростійкості та корозійної стійкості. Ці матеріали відносяться до категорії важкооброблюваних, вони значно гірше піддаються обробці різанням по відношенню до звичайних конструкційних сталей. Сучасні методи різання дозволяють обробляти матеріали, що традиційно важко піддаються обробці і при цьому отримувати суттєво вищу якість оброблених поверхонь. Однак значний розігрів різця при різанні корозійностійких та високоміцних сплавів, необхідність в охолодженні спеціальними емульсіями є проблемами, що суттєво здорожчують та ускладнюють процес обробки. Ефективним для обробки таких матеріалів є використання ультразвукового різання [1, 2]. Ультразвукове різання – це процес, при якому різцю за допомогою спеціального пристрою передаються високочастотні (ультразвукові) коливання, як правило, в напрямку швидкості різання [1–3]. Експериментами встановлено, що накладання ультразвукової вібрації на рівномірний рух різця, призводить до суттєвого зменшення сили різання, що спостерігається при швидкостях різання $V < a\omega$ (a , ω – амплітуда та кругова частота коливань різця) і при токарній обробці як кольорових металів і сплавів, так і при різанні корозійностійких та високоміцних сплавів [4].

При ультразвуковому різанні суттєво змінюється характер процесу обробки. Так, додаткові ультразвукові коливання різця повністю виключають характерне для традиційного точіння утворення на поверхнях різця наросту при точінні кольорових металів, суттєво зменшується теплоутворення в зоні різання, практично зникає здатність технологічної оброблювальної системи верстата до збудження автоколивань.

Для впровадження у практику вібраційного різання необхідно дослідити геометрію інструменту, режими різання, визначити частоту та амплітуду коливань, встановити швидкість різання, спроектувати та виготовити вібраційний привід, що забезпечить необхідний амплітудно-частотний діапазон коливальних рухів різального інструменту.

Аналіз відомих досліджень. За укрупненою класифікацією [5] можна виділити такі типи вібраційних приводів: 1) електромагнітний; 2) електрогідравлічний; 3) гідромеханічний; 4) механічний; 5) електрострикційний або магнітострикційний приводи. Серед вказаних типів вібраційних приводів для ультразвукової обробки найбільше використовують електромагнітні та електро(магніто)стрикційні.

Електромагнітні вібратори забезпечують високу надійність і довговічність дозволяють плавно регулювати амплітуду коливань у достатньо широкому діапазоні. Одним із основних чинників, що перешкоджає широкому використанню електромагнітних вібраторів є те, що їх традиційні конструкції не задовольняють суперечливим вимогам високої амплітуди коливань і малого енергоспоживання. Це пов'язано з тим, що при збільшенні амплітуди коливань для того, щоб електромагнітна сила залишалася незмінною, необхідно збільшити число ампервитків, що призводить до значного збільшення маси і габаритів, а також підвищення енергоспоживання вібратора.

Той факт, що збуджуючі сили дуже малі, примушує налаштовувати електромагнітні вібратори на близькорезонансний режим роботи з великими коефіцієнтами резонансного підсилення. Тому сфера застосування електромагнітних вібраторів обмежується тими випадками, де дисипація енергії порівняно невелика. За способом живлення електромагнітні вібратори поділяють на декілька видів: що працюють від змінного струму; що живляться за рахунок змінного струму з підмагнічуванням постійним струмом; що живляться випрямленим однонапівперіодним електричним струмом; що працюють з постійними магнітами.

У магнітострикційних або електрострикційних приводах використовують вібратори, в яких синусоїдальні електричні коливання, що поступають від ультразвукового генератора, перетворюються в механічні коливання з амплітудою в декілька мікрометрів. За допомогою концентратора амплітуда цих коливань може бути збільшена до 15 мкм і більше. На кінці концентратора закріплюється вібруючий різальний інструмент.

Викладення основного матеріалу. Розглянутий вібраційний привід електромагнітного типу, що дозволяє при підводі електроенергії безпосередньо отримати зворотно-поступальні рухи, являє собою електродинамічний вібратор, який генерує коливання в достатньо широкому діапазоні частот і може бути використаний для поліпшення оброблюваності матеріалу. Електродинамічний вібратор має ряд позитивних властивостей, а саме: майже лінійну залежність сили від струму, що протікає по обмотці котушки рухливої системи; можливість регулювання частоти коливань за заданою програмою під час його роботи. Окрім синусоїдальних вібрацій електродинамічний вібратор дозволяє отримувати вібрації складної форми.

Для вібраційної обробки деталей різанням пропонується пристрій, що складається з двох основних частин: різцетримача з різцем на пружній підвісці і зв'язаного з ним електродинамічного вібратора (рис. 1). Дослідний зразок електродинамічного вібратора створений на базі електромагнітного управління "броньового" типу ЭУ 720102У4 і має такі технічні характеристики: виштовхуюча сила 20 Н; амплітуда коливань 0,1–3 мм; діапазон робочих частот 10–20000 Гц; потужність 45 Вт; постійна напруга котушки підмагнічування 36 В, напруга на рухливій котушці змінна 36 В; габаритні розміри діаметр 80 мм, довжина 120 мм; маса 2 кг.

Керування пристроєм для вібраційної обробки деталей, зокрема електродинамічним вібратором, здійснювалось генератором коливань через підсилювач потужності. Використано генератор мод. ГЗ-112 з частотним діапазоном 10–20000 Гц і сигналом синусоїдальної чи прямокутної форми. Оскільки сигнал на виході з генератора не достатньо потужний, використано підсилювач сигналу потужністю 40 Вт. Сигнал з підсилювача подається на рухливу котушку вібратора.

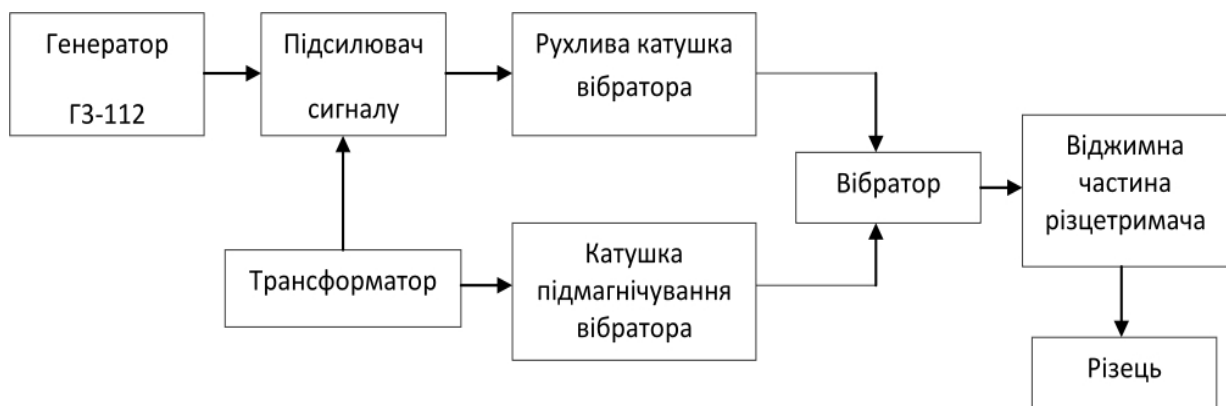


Рис. 1. Блок-схема досліджуваного пристрою

Різцетримач (рис. 2) [6] складається з корпусу 1 та віджимної частини 2 з різцем 3. У корпусі 1 до штоухача 4 приєднано електромагнітний вібратор 5. Віджимна частина 2 зв'язана з корпусом 1 пружними елементами 7, а корпус 1 жорстко закріплений на супорті 8 токарного верстата.

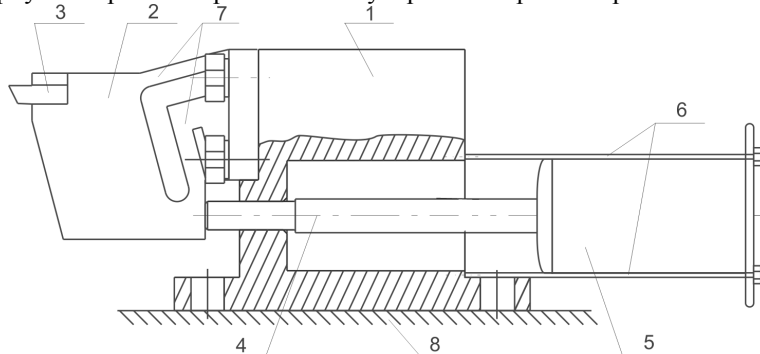


Рис. 2. Загальний вигляд різцетримача з електродинамічним віброприводом

На рисунку 3 наведено приклад амплітудно-частотної характеристики коливальних рухів вершини різця.

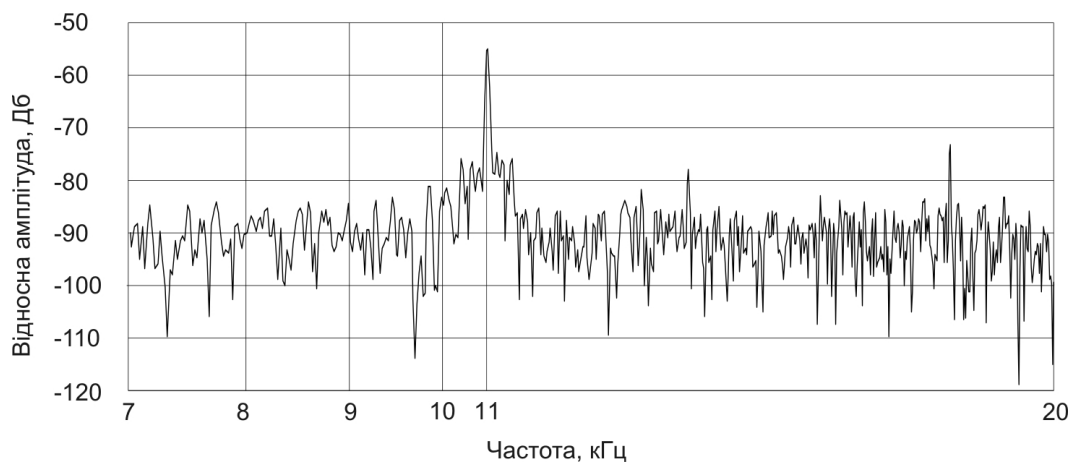


Рис. 3. Амплітудно-частотна характеристика коливань віджимної частини різцетримача від генерованого віброприводом сигналу 11,0 кГц

На рисунку 4 наведено графік залежності рівня віброшвидкості V від частоти f генерованого вібратором сигналу в діапазоні 1–18 кГц. Збільшення амплітуди віброшвидкості на частоті 15,5 кГц можна пояснити ефектом авторезонансу технологічної системи різцетримача з віброприводом, при якому встановлюється режим автоколивань з максимально можливою амплітудою, а саме, в системі автоматично підтримується найбільш ефективний резонансний стан [7]. Таким чином, дану конструкцію вібраційного пристрою найбільш ефективно використовувати для ультразвукового різання в діапазоні частот 15,0–16,0 кГц.

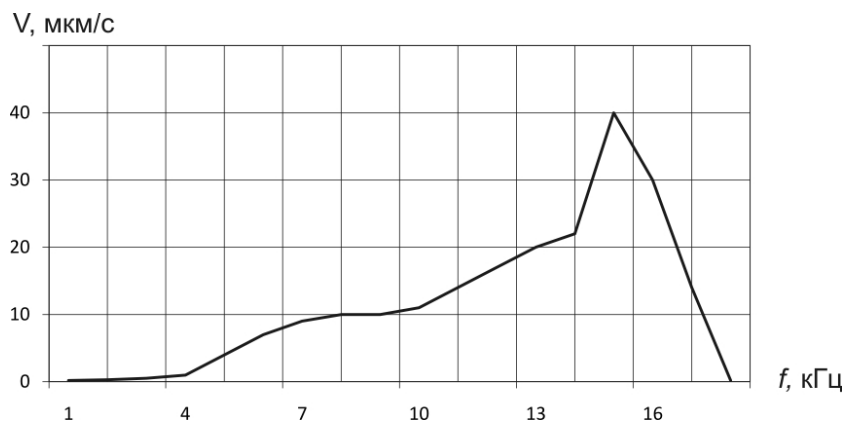


Рис. 4. Графік залежності рівня віброшвидкості коливальних рухів вершини різця від частоти генерованого вібратором сигналу

Визначення частотних характеристик пристрою проводились на стенді (рис. 5), що створений на базі токарно-гвинторізного верстата 1. До складу стенда входять: різцетримач 2 з електромагнітним віброприводом 3, генератор імпульсів 4, віброметр 5, перетворювач індукційний вібровимірвальний 6 та комп'ютер 7 з програмою спектрального аналізу сигналу.

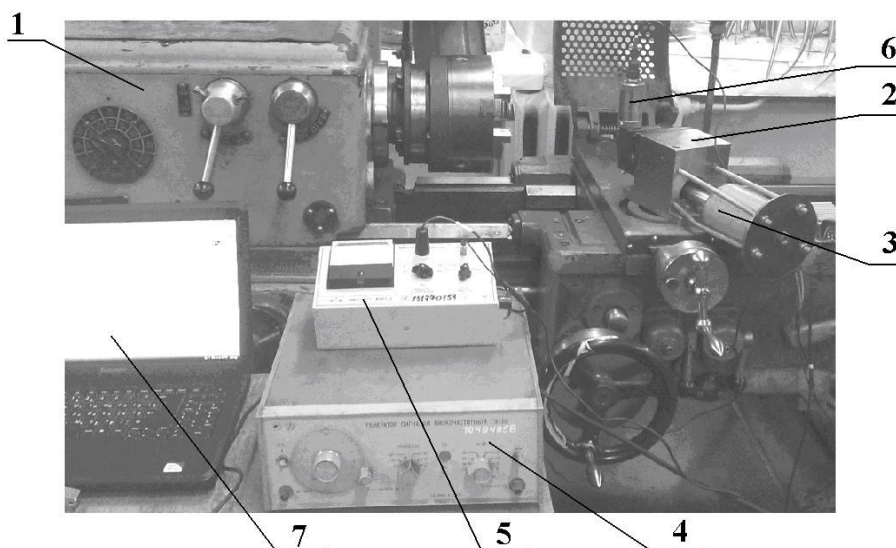


Рис. 5. Загальний вигляд станда на базі токарно-гвинторізного верстата мод. 1А616, де 2 – різцетримач; 3 – віброметр; 4 – генератор імпульсів мод. ГЗ-112; 5 – віброметр мод. ВІП-2 УХЛ 4.2; 6 – перетворювач індукційний вібровимірювальний Д21А; 7 – комп'ютер

Висновки. Для реалізації ультразвукових коливань вершини різця в напрямку швидкості різання запропоновано різцетримач, консольна частина з різцем у якого зв'язана пружними пластинами з корпусом різцетримача і дозволяє здійснювати коливальні рухи в мікрометричному діапазоні за рахунок деформації пружних пластин під дією силового імпульсного приводу. Для коливань вершини різця в ультразвуковому діапазоні запропоновано використати електродинамічний вібратор, який дозволяє реалізувати коливальні рухи різця в достатньо широкому діапазоні частот як для низькочастотних коливань, наприклад, для дроблення стружки, так і для ультразвукових коливань різця з метою покращення оброблюваності матеріалів. Реалізація необхідного амплітудно-частотного діапазону коливань різця визначається потужністю віброприводу, із збільшенням якої різко зростають його габаритні розміри, що обмежує можливості використання потужних електродинамічних вібраторів у робочій зоні верстата. Тому для реалізації вузького амплітудно-частотного діапазону ультразвукових коливань різця більш ефективним є використання електрострикційних віброприводів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Исаев А.И.* Применение ультразвуковых колебаний инструмента при резании металлов / *А.И. Исаев, В.С. Анохин* // Вестник машиностроения. – 1961. – № 5. – С. 56–62.
2. *Марков А.И.* Ультразвуковое резание труднообрабатываемых материалов / *А.И. Марков*. – М. : Машиностроение, 1968. – 367 с.
3. *Кумабэ Д.* Вибрационное резание / *Д.Кумабэ*. – М. : Машиностроение, 1985. – 424 с.
4. *Асташиев В.К.* Влияние ультразвуковых колебаний резца на процесс резания / *В.К. Асташиев* // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1992. – № 3. – С. 81–89.
5. *Грановский Г.* Резание металлов / *Г.Грановский, В.Грановский*. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с.
6. *Литатов К.В.* Устройство для вибрационной обработки деталей / *К.В. Литатов, А.В. Шевченко* // Вестник НГУУ “КПП” / Машиностроение. – Вып. 32. – Киев, 1997. – С. 132–134.
7. *Асташиев В.К.* Авторезонансная ультразвуковая технология резания / *В.К. Асташиев, Н.А. Андрианов* // Вестник научно-технического развития, Национальная Технологическая Группа. – 2010. – № 1 (29). – С. 3–10.

МАРКОВСЬКИЙ Дмитро Анатолійович – аспірант кафедри Конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– дослідження ультразвукової токарної обробки важкооброблюваних матеріалів.

Тел.: (050)910–66–30.

E-mail: Markovsky.d@gmail.com.

ШЕВЧЕНКО Олександр Віталійович – доктор технічних наук, професор кафедри Конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– розробка основ проектування інструментального оснащення з пружними напрямними та орієнтованою жорсткістю для мікрорегулювання різального інструменту, вібраційної обробки та зменшення інтенсивності автоколивань в процесі різання.

Тел.: (044)454–94–56.

E-mail: o.shevchenko@kpi.ua.

Подано 09.08.2011

