

**Р.Р. Обертюх, доц., к.т.н.
А.В. Слабкий, аспір.
В.П. Міськов, аспір.**

Вінницький національний технічний університет

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ СТВОРЕННЯ ТА РОЗВИТКУ СПОСОБІВ І ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ СТРУЖКИ

Проаналізовано основні тенденції створення та розвитку способів і пристроїв для подрібнення стружки. Обґрунтовано переваги віброрізання перед традиційними способами обробки металів та виконано порівняльний аналіз приводів для побудови пристроїв віброрізання.

Вступ. Інтенсифікація технологічних процесів під час обробки металів різанням призводить до різкого збільшення маси стружки, що знімається, вихід якої залежно від оброблюваного матеріалу складає до 35,6 % від маси деталі [1]. Під час обробки в'язких і тугоплавких матеріалів (нержавіючих, високолегованих і швидкоріжучих сталей), і ряду сплавів кольорових металів, стружка має форму довгої безперервної стрічки або спіралі, що практично не дозволяє передбачити напрямок її сходження. Наявність такої стружки, що отримала назву «зливної», є негативним чинником обробки металів різанням через низку обставин, основні з яких такі:

- внаслідок витрат часу на видалення зливної стружки із зони обслуговування верстата знижується продуктивність праці через необхідність переривання технологічного процесу;

- такий тип стружки унеможливує використання автоматизованого обладнання, оскільки присутність зливної стружки в зоні оброблення перешкоджає використанню промислових роботів і маніпуляторів для між операційного транспортування оброблюваної деталі.

- зберігання та транспортування зливної стружки пов'язані з певними труднощами, оскільки сучасні пристрої для транспортування з гідравлічним, пневматичним або механічним приводом можуть транспортувати попередньо подрібнену стружку [1];

- зливна стружка в порівнянні із подрібненою займає на багато більший об'єм, що утруднює її складування в цеху та спричиняє додаткові затрати часу на виведення стружки з технологічного простору цеху;

- зливна стружка є одним із основних джерел важкого травмування верстатника, так як під час виходу із зони різання вона

має високу температуру та небезпечну гостру форму, внаслідок чого можлива велика кількість опіків та порізів [2].

Із викладеного можна зробити висновок, що пошук нових технологічних і конструктивних рішень способів і пристроїв для подрібнення стружки та дослідження процесів подрібнення є актуальною інженерною та науковою проблемою.

Викладення основного матеріалу. Основні тенденції створення та розвитку способів і пристроїв для подрібнення стружки. На сьогодні розроблено значну кількість способів і пристроїв, направлених на вирішення цієї проблеми. Класифікацію способів подрібнення стружки наведено на рисунку 1. Ця класифікація не розповсюджується на технологічні процеси під час яких елементна стружка утворюється автоматично, наприклад, під час фрезерування, стругання чи тангенціального точіння.

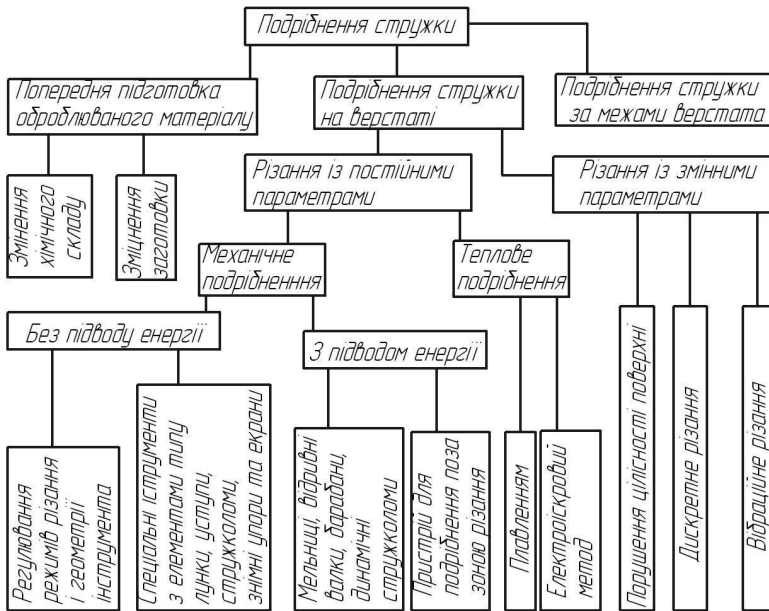


Рис. 1. Класифікація способів подрібнення стружки

Способи подрібнення стружки залежно від часу і місця їх проведення умовно можна розділити на три види:

- попередня підготовка матеріалів для оброблюваних деталей або вибір такого хімічного складу матеріалів деталей, механічна обробка яких автоматично призводить до подрібнення стружки;

- подрібнення стружки на верстаті під час обробки деталі шляхом застосування спеціальних режимів обробки, інструментів або пристроїв;

- подрібнення стружки за межами верстата після її утилізації.

За першим видом способів попередня підготовка оброблюваного матеріалу може проводитись безпосередньо в процесі обробки, наприклад в результаті плавлення матеріалу або шляхом відповідної підготовки матеріалу. Інколи для забезпечення подрібнення стружки під час механічної обробки різанням використовується попереднє зміцнення заготовки. Очевидно, що способи для цього виду не є універсальними, оскільки не забезпечують в потрібному діапазоні вимог сучасного машинобудування до матеріалів деталей механізмів та машин різного призначення.

Подрібнення стружки за межами верстата може здійснюватись на різних технологічних машинах, наприклад, млинах або ножицях, а також під час процесу брикетування стружки, проте цей вид способів подрібнення ніяк не вирішує проблем пов'язаних з утворенням зливної стружки під час обробки високов'язких матеріалів.

Подрібнення стружки на верстаті залежить від характеру взаємодії різального інструменту та оброблюваної деталі. Під час різання з постійними параметрами забезпечується незмінність швидкості різання, подачі та глибини в межах заданої технологічної операції. Злам і подрібнення стружки за такого режиму різання носить певною мірою випадковий характер. Щоб зробити цей режим регулярним, необхідно виконати кропітку з великими затратами часу та коштів роботу з підбирання характеристик технологічного процесу механічної обробки матеріалу деталі, а для деяких матеріалів взагалі такі режими оброблення не можливі.

Різання зі змінними параметрами технологічного процесу механічної обробки може гарантувати отримання елементної стружки, причому слід відмітити умови отримання такої стружки носять не ймовірнісний, а строго детермінований характер. Станом на сьогодні способи механічної обробки із змінними режимами застосовуються не дуже широко, проте перспективність їх очевидна, особливо під час обробки в'язких і важкооброблюваних матеріалів.

Під час різання з постійними параметрами стружка може подрібнюватись шляхом механічного або теплового подрібнення. У першому випадку механічна енергія, що затрачується на процес різання, спричиняє пружну і пластичну деформацію стружки, що призводить до зламу стружки. Методи другого типу передбачають руйнування стружки за рахунок теплової енергії, що підводиться

ззовні. Ці способи реалізуються методами розплавлення або електроіскровим. Обидва ці методи знаходять застосування під час різання з малими швидкостями та невеликою площею перетину шару матеріалу, що зрізується [1].

Найбільш розповсюдженим способом руйнування зливної стружки під час механічного подрібнення є її руйнування без зовнішнього підведення енергії. Спосіб здійснюється шляхом регулювання режимів різання та підбирання геометрії інструменту, а також за допомогою спеціального інструмента, на якому утворено елементи типу лунок, уступів, стружколомів, упорів, еcranів тощо.

Регулювання режимів різання полягає в підбиранні експериментальним шляхом швидкості різання, глибини та подачі різання, ґрунтуючись на відомих властивостях стружки. Геометрія інструмента, яка сприяє подрібненню стружки підбирається такою, щоб стружка ламалась на дрібні елементи безпосередньо після її утворення. Основний вплив на цей процес, мають кути заточування інструмента.

Ці способи застосовуються обмежено, оскільки зміни режимів різання та геометрії інструмента, з метою подрібнення стружки, часто погіршують інші характеристики різання. У багатьох випадках, особливо під час обробки в'язких сталей та сплавів кольорових металів, зміна режимів різання та геометрії інструмента взагалі не забезпечує подрібнення стружки.

Найбільш поширеним способом змінення геометрії інструмента, наприклад для токарних різців є утворення на їх передній поверхні лунок та уступів, які змінюють напрям руху стружки в бік більш крутого її закручування. В цей час вільний кінець стружки, що сходить, впирається в поверхню оброблюваної деталі, яка обертається, що викликає періодичне подрібнення стружки на окремі елементи. Умови руйнування стружки залежать від виду оброблюваного матеріалу, геометрії інструмента, режимів різання, виду змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР) та ін. Розміри уступу та лунки, геометрію заточування різального інструмента підбирають експериментально для кожного виду оброблюваного матеріалу та режиму різання. Подібний процес подрібнення стружки можна отримати у випадку установки накладних стружколомів, упорів, що знімаються, та еcranів.

Спосіб зміни геометрії інструменту не є універсальним через такі причини:

- заточування уступів і лунок на передній поверхні інструменту поблизу від різальної кромки знижує її міцність, особливо для

інструментів із різальною частиною з твёрдосплавних і мінералокерамічних матеріалів;

- залежно від властивостей оброблюваного матеріалу і потрібних режимів різання інструмент повинен мати відповідну геометрію заточування, конструкцію та розміри стружколома тощо, що обумовлює необхідність проведення кропіткої експериментальної роботи з підбору режимів різання та конструктивних параметрів інструменту і його оснащення;

- під час обробки високов'язких сталей і сплавів зміною геометрії інструменту та режимів різання не вдається добитися стабільного подрібнення стружки.

Ефективність процесу подрібнення стружки за рахунок спеціальної геометрії інструменту та пристосувань до нього перевірялась експериментально [1] під час повздовжнього точіння сталі Х18Н9Т, в результаті якого утворюється зливна стружка. В ході цих експериментів встановлено, що хоча різець мав спеціальну геометрію та стружколомні лунки, подрібнення зливної стружки не спостерігалось.

Механічне подрібнення стружки за межами верстата реалізується пристроями до яких відносять: млини, відривні валки, барабани для намотування стружки та динамічні стружколоми.

Інколи використовують спеціальні пристрої для подрібнення стружки, які встановлюють поза зоною різання. Типова схема подрібнення в цих пристроях така: стружка, що сходить по передній поверхні інструменту, попадає в приймальний вловлювач спеціального пристосування для її подрібнення. Зазвичай подрібнення стружки в цих пристосуваннях здійснюється або перемолюванням між спеціальними зубчастими колесами, або шляхом пресування в спеціальних пресформах, де одночасно стружка брикетується. Застосовуються такі пристрої обмежено в силу очевидних недоліків, основні з яких це — оснащення металорізальних верстатів додатковим складним обладнанням з окремим приводом і необхідність додаткової виробничої площі для розміщення цього обладнання.

Подрібнення зливної стружки можна досягти шляхом різання із змінними параметрами, наприклад за рахунок періодичного зменшення перетину шару металу, що зрізується [1–5]. Для цього попередньо утворюють риски або канавки на оброблюваній поверхні деталі. Риски та канавки наносяться на поверхню деталі або вершиною різця, або внаслідок пластичної деформації поверхні деталі спеціальним інструментом. Цей спосіб використовується лише для напівчистового точіння, оскільки під час чорнової обробки потрібні

великі за розміром заглиблення, а під час чистової можуть залишатися сліди від ризок (канавок) на обробленій поверхні деталі.

Більш ефективно подрібнення стружки досягається за так званого дискретного процесу різання [1–5]. Для реалізації цього процесу металорізальний верстат оснащується пристроєм, що дозволяє періодично припиняти подачу різального інструмента або швидко відводити інструмент в напрямі протилежному подачі. Можливі і інші варіанти схеми процесу різання. Дискретний процес різання або вібраційне різання (віброрізання) металів може здійснюватися як за гармонічних так і не гармонічних коливань різального інструменту.

Фізична суть процесу вібраційного різання полягає в тому, що на прийнятну кінематичну схему руху інструменту для заданої технологічної операції обробки накладається додаткове направлене вібраційне переміщення інструменту щодо оброблюваної деталі [5]. Внаслідок такого переміщення відбувається періодичне зміння режимів різання та циклічне навантаження оброблюваного матеріалу та різального інструмента, що приводить до миттєвого переривання процесу різання і подрібнення стружки.

Теоретичним та експериментальним дослідженням процесів вібраційного різання присвячені роботи багатьох дослідників [1–6], в яких автори обґрунтовують переваги віброрізання перед традиційними способами обробки матеріалів. Результати промислових впроваджень підтвердили ефективність та перспективність цього виду механічної обробки металів, хоча, слід відмітити, що віброрізання має певні недоліки, такі як додаткові динамічні навантаження різальних інструментів і всіх систем металорізальних верстатів.

Повна ліквідація вказаних недоліків віброрізання технічно не можлива, але теоретичні та експериментальні дослідження процесів віброрізання, з метою знаходження їх оптимальних режимів, за яких мінімізуються негативні ефекти, є актуальною науковою та інженерною задачею, яка тісно пов'язана із схемним пошуком, розробкою та дослідженнями пристроїв для віброрізання.

Ідея використання вібрацій для поліпшення процесу різання знайшла промислове застосування завдяки роботам Р.М. Ривкіна, В.І. Самойлова, М.Н. Улітіна, М.Р. Куріцина, С.А. Чернічкіна в 1950-х рр. [1]. В той же час почалися теоретичні та експериментальні дослідження цього способу механічної обробки матеріалів в МДТУ ім. М.Е. Баумана, за результатами яких віброрізання було апробовано у виробництві [3]. Найповніше питання кінематики та механіки процесу вібраційного різання висвітлені в роботах проф. В.Н. Подураєва [5] та

Д.Кумабе [2]. За результатами цих науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт виявлена велика кількість способів віброрізання, які пізніше були систематизовані в роботі М.І. Ахметшина [1], за такою класифікацією (рис. 2, а). Ці способи можуть реалізувати різноманітний вібраційний рух інструменту, наприклад, токарного різця (рис. 2, б).

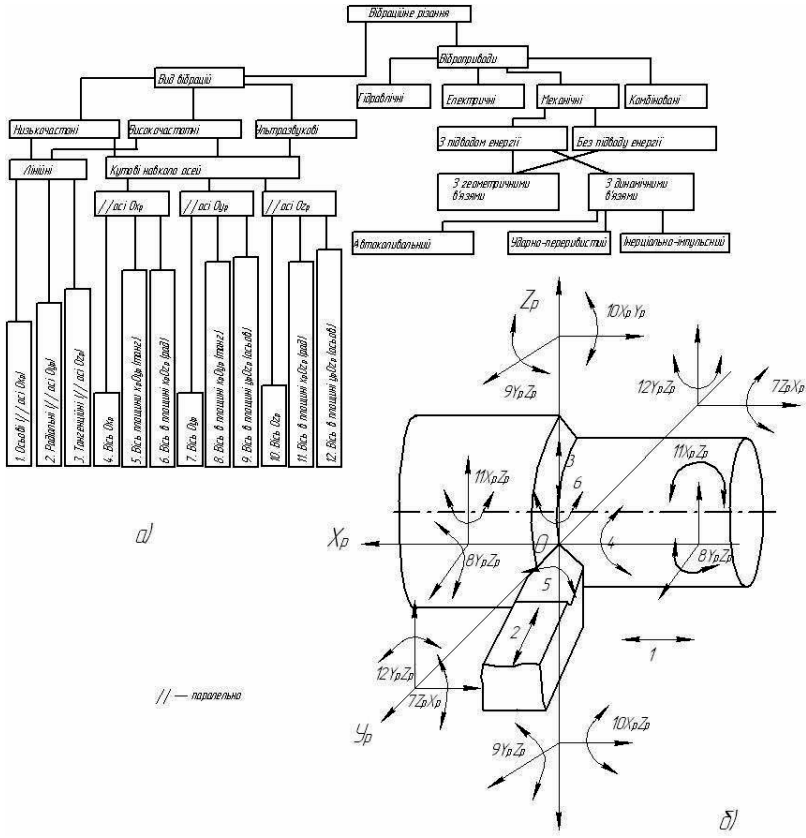


Рис. 2. Класифікація способів вібраційного різання (а) та схем вібраційного руху різця (б)

Всі способи вібраційного різання металу можна розділити за двома ознаками: видом вібрації різального інструменту (або оброблюваної деталі) та типом віброприводу, що забезпечує потрібний вид вібрації. Вид вібрації характеризується частотою, амплітудою та

напрямом коливань інструменту, а тип віброприводу визначає спосіб і конструкцію пристрою для реалізації заданих параметрів вібрації.

В залежності від частоти вібрації віброрізання умовно поділяють на: низькочастотне, високочастотне та ультразвукове [2, 4]. Вважається, що поріг частоти коливань низькочастотних вібрацій складає до 200 Гц. Установлено, що коливання інструменту з такою частотою вібрацій приводять тільки до кількісної зміни умов стружкоутворення та в основному використовуються тільки для подрібнення стружки. Різання з низькочастотними вібраціями може розглядатися як статичне різання із змінними параметрами [4, 5].

Високочастотні (з умовною частотою від 200 Гц до 15 000 Гц) та ультразвукові вібрації (з частотою 15 000 Гц і вище) якісно впливають на механізм стружкоутворення таким чином, що підвищується шорсткість і точність обробки деталі [2, 4].

Під час віброрізання інструменту можна надати вібраційний рух в будь-якому напрямі — лінійному або кутовому. У випадку лінійних коливань інструменту щодо заготовки він здійснює прямолінійний вібраційний рух, напрям якого паралельний одній з координатних осей, як вказано на рисунку 2, а у випадку кутових вібрацій інструмент здійснює кутові коливання навколо координатних осей (рис. 2).

Умовно лінійні коливання інструмента, напрям яких є паралельним Ox_p (паралельних осьовій подачі), названо осьовими вібраціями (на рис. 2 позначено цифрою 1) [1].

Аналогічно лінійні коливання інструмента в напрямку паралельному осі Oy_p (паралельно радіальній подачі) вважаються радіальними вібраціями (на рис. 2 позначено цифрою 2), а лінійні коливання інструмента в напрямку, паралельному осі Oz_p (паралельно вектору швидкості різання), отримали назву тангенціальних вібрацій (на рис. 2 позначено цифрою 3).

Кутові вібрації інструмента умовно розділені на вібрації навколо початку координат (т. О, в якій знаходиться вершина інструмента — різця, рис. 2) і відповідної осі (на рис. 2 позначено цифрами навколо відповідної осі Ox_p — 4; Oy_p — 7; Oz_p — 10) та вібрації навколо осей, що розташовані в площинах паралельних (наприклад $7Z_pX_p$ — це кутові коливання навколо осі, що розташована паралельно площині X_pZ_p (або перпендикулярно осі X_pY_p) (рис. 1, 2).

Пристрої для віброрізання можуть мати різні типи приводів, серед яких найбільш розповсюдженні такі:

- електромагнітний вібраційний привод;
- електрогідравлічний привод;

- гідромеханічний привод;
- гідравлічний привод;
- пневматичний привод;
- механічний привод;
- електрострикційний або магніострикційний приводи.

Останні типи приводів (електрострикційний та магніострикційний) призначені для пристроїв віброрізання, що працюють в ультразвуковому діапазоні частот вібрації (20–50 кГц), а інші приводи можуть створювати вібрації частотою 20...200 Гц та амплітудою до 2 мм [2, 4].

Електромагнітний привод широко використовують для віброствердження отворів малого діаметра [3], але він є не придатний, наприклад, для віброточіння, так як створює малі зусилля різання. Перевагою електромагнітного привода є простота виготовлення, довговічність та легкість регулювання по амплітуді.

Вібраційний привод побудований на основі пневматичного приводу рекомендується застосовувати для формування високочастотних коливань [6], адже апробовані пневматичні вібратори в МДГУ ім. М.Е. Баумана [6] показали не придатність пневматичного привода для низькочастотного віброрізання, через ударних характер змінного навантаження, що передається різальному інструменту, та різкому шуму під час роботи.

Деякі відомі пристрої для вібраційного різання оснащуються чисто механічним приводами, які перед іншими типами віброприводів мають очевидні переваги — простота конструкції та експлуатації, надійність, відносна дешевизна та достатньо високий ККД. Найчастіше механічний вібропривод виконують на основі шарнірно-важільних або кулачкових механізмів, що перетворюють обертальний рух ведучої ланки у коливальний зворотно-поступальний чи зворотно-обертальний рух веденої ланки, зв'язаної з різальним інструментом.

Механічні вібратори проектують з підводом енергії від зовнішнього джерела та з використанням частини енергії головного приводу верстата. У механічних приводах вібраторів без додаткового підводу енергії виконавча ланка приводиться у вібраційний рух за допомогою певним чином організованих кінематичних ланцюгів, що ускладнює кінематичну схему та конструкцію верстата. Аналіз кінематики вібраційного різання, наведений в роботі [1], показав, що у випадку осьових і радіальних вібрацій подрібнення стружки з мінімальною амплітудою досягається за певного співвідношення між

кутовою швидкістю деталі ω_d та круговою частотою коливань ω_i інструменту:

$$\omega_i / \omega_d = k + 0,5, \quad (1)$$

де k – будь-яке ціле число.

Установлено, що співвідношення (1) відносно просто реалізується у вібраторах без підводу енергії шляхом підбирання передаточних відношень в кінематичному ланцюгові від оброблювальної деталі до виконавчої ланки вібратора таким чином, щоб у випадку змінення швидкості деталі, співвідношення (1.1) зберігалось, чим забезпечується подрібнення стружки з потрібною мінімальною амплітудою. У вібраторах з підводом енергії від зовнішнього джерела співвідношення (1.1) забезпечити повною мірою не вдається.

За видом кінематичних ланцюгів механічні вібратори діляться на два типи [1] – з геометричними та динамічними в'язями.

У вібраторах з геометричними в'язями кінематичний ланцюг, що сполучає джерело вібрацій та інструмент, забезпечує його коливання за певним законом, який визначається схемою та розмірами ланцюга. Недолік такого типу вібраторів – незалежність вібрацій інструмента від діючого навантаження, що знижує стійкість інструменту та призводить до його викришування.

В приводах з динамічними в'язями жорсткий геометричний зв'язок між джерелом коливань та інструментом відсутній, що обумовлює залежність його вібропереміщення від опору оброблюваного матеріалу різанню, тобто параметри процесу різання автоматично регулюються. Автори роботи [1] це явище назвали «авторегульованість», яка оптимізує закон руху інструмента, що підвищує його стійкість порівняно з інструментом у вібраторах з геометричними в'язями.

Автоколивальні механічні вібратори прості по конструкції, проте стійко працюють лише на верстатах і матеріалах, тільки тоді коли в системі верстат – інструмент – деталь можливий режим автоколивань. Під час обробки в'язких матеріалів на верстатах з підвищеною жорсткістю вузлів і змінним по довжині заготовки припуском режим автоколивань не виникає, а відбувається затухання процесу переривання різання [3].

Перспективним для віброрізання є застосування інерціально-імпульсних механізмів (ІМ) в якості генератора коливань. Одною з найбільших переваг такого типу привода, є те що енергія передається у вигляді імпульсів від періодичного руху обертаючої незрівноваженої ланки. Частоти коливань, що генеруються ІМ, знаходяться в діапазоні

від нуля до 100–150 Гц, тому дані механізми відносяться до низькочастотних вібраторів і широко застосовуються для низькочастотного віброрізання [1, 4]. Експериментальними дослідженнями пристроїв для віброрізання, побудованих на основі ПМ, показали високу ефективність ПМ завдяки імпульсному характеру роботи пристроїв.

В технічній літературі описано багато конструкцій механічних вібраторів придатних для реалізації пристроїв для віброрізання, однак механічний привод порівняно з іншими приводами має – невисоку надійність, малу довговічність, вузький діапазон регулювання параметрів вібронавантаження, порівняно малу питому потужність, шкідливі шуми і вібрації.

Для реалізації віброрізання в ультразвуковому діапазоні частот вібрації (10...50 кГц) використовують віброприводи з магнітострикційними або елестрикційними вібраторами, в яких синусоїдальні електричні коливання, що поступають від ультразвукового генератора, перетворюються в механічні коливання інструмента з амплітудою в декілька мікрометрів. За допомогою концентратора амплітуда цих коливань може бути збільшена до 15 мкм та більше.

Гідравлічні вібраційні приводи знаходять широке використання як приводи технологічних вібраційних машин різного призначення. Електрогідравлічні вібраційні приводи, як правило, будуються за такою узагальненою структурною схемою: джерело енергії – гідронасос, що приводиться в дію від електродвигуна або іншого двигуна обертальної дії, виконавча ланка – це або гідроциліндр, або гідромотор, генератор коливань тиску чи витрати робочої рідини – зазвичай, клапан чи золотник з електромагнітним серво-приводом, наприклад, типу сопло-заслоника та комплекс контрольно-регулюючої гідроапаратури та допоміжної гідроарматури.

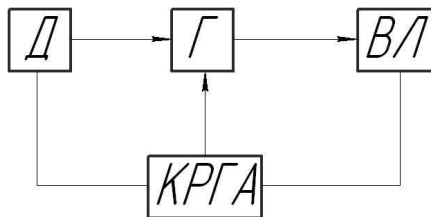


Рис. 3. Структурна схема гідравлічного вібраційного привода:

Д – джерело енергії; Г – генератор коливань тиску чи витрати робочої рідини; ВЛ – виконавча ланка привода; КРГА – комплекс контрольно-регулюючої гідроапаратури

В пристроях віброрізання знайшли застосування так звані гідромеханічні віброприводи, які побудовані за такою схемою – виконавчий гідродвигун, як правило двоштоковий гідроциліндр робочі порожнини якого поперемінно з'єднуються з напірною і зливною порожнинами, зазвичай, золотником. Золотник зворотно-поступального або обертального переміщення приводиться в дію механічно від кулачкових чи кривошипно-шатунних механізмів. Для збільшення частоти подвійних ходів золотника можуть використовуватись різні типи механічних передач, найчастіше це пасові передачі [2, 3].

Такі приводи, як правило, мають фіксовану частоту вібрацій, що визначається частотою подвійних ходів золотника. У розроблених зразках приводів ця частота не перевищує 150 Гц [3]. Амплітуда вібрацій в гідромеханічних приводах визначається тиском робочої рідини, який задається контрольно-розподільною апаратурою системи гідроприводу вібратора та, зазвичай, не перевищує 0,2...0,3 мм. На базі гідромеханічного вібраційного приводу розроблено віброупорти для деяких токарних верстатів та віброприводи для вібросвердлення [3].

Сучасне машинобудування виділяє як найбільш перспективні гідравлічні вібратори пульсуючого типу, які володіють такими перевагами:

- довговічність, завдяки використанню в якості кінематичної ланки стовп робочої рідини, виключаючи підшипники та інші вузли, котрі зношуються під дією навантажень;
- велика вібротягова сила при малих габаритних розмірах та висока питома потужність;
- легкість регулювання в широкому діапазоні частоти та амплітуди.

Проте вібратори пульсуючого типу мають ряд основних недоліків:

- понижений ККД в порівнянні з ККД гідравлічних вібраторів інших типів;
- залежність амплітудо-частотної характеристики вібратора від зміни навантаження;
- повільне переміщення виконавчого органа (дрейф) внаслідок одностороннього навантаження і асиметрії поршня;

- високочастотні вібрації і шуми у вібраторах з обертальними золотниками, що генеруються гідравлічними ударами в момент перекриття робочих вікон золотника.

Усі вище вказані недоліки усунені в гідроімпульсному приводі, який апробований в промисловості і підтвердив свою перспективність у застосуванні у різних галузях машинобудування. Пристрої для віброрізання побудовані на основі гідроімпульсного привода, крім переваг гідравлічного привода, володіють ще такими перевагами:

- швидкодія виконавчого органа [7];
- практично відсутня залежність амплітудо-частотної характеристики вібратора від зміни навантаження;
- високий ККД і надійність;
- компактність;
- імпульсний характер навантаження різального інструменту;
- за необхідності забезпечується «авторегульованість» процесу;
- простота конструкцій;
- понижене енергоспоживання в порівнянні з чисто гідравлічним приводом.

Також варто зазначити, що застосування гідравлічного привода, зокрема гідроімпульсного, для віброрізання є зручним для використання на гідрофікованих верстатах.

Теоретичне дослідження способів і пристроїв для подрібнення стружки свідчить про явні переваги низькочастотного віброрізання, яке забезпечує надійне подрібнення стружки під час обробки будь-якого матеріалу на різних режимах за рахунок миттєвого припинення процесу різання, тобто низькочастотне віброрізання є ефективним методом подрібнення зливної стружки.

Грунтуючись на експериментальних та виробничих випробуваннях, можна рекомендувати під час побудови низькочастотних пристроїв для віброрізання гідроімпульсний привод, який komponується з винесеним генератором імпульсів тиску, наприклад, параметричного типу [7] або вбудованим у виконавчу ланку пристрою (гідродвигун).

Висновки:

1. Проаналізовано основні тенденції створення та розвитку способів і пристроїв для подрібнення стружки.

2. Установлено, що низькочастотне віброрізання забезпечує надійне подрібнення стружки під час обробки будь-якого матеріалу на різних режимах за рахунок миттєвого припинення процесу різання, зокрема низькочастотне віброрізання є ефективним методом подрібнення зливної стружки, що виникає під час обробки в'язких і

тугоплавких матеріалів (нержавіючих, високолегованих і швидкоріжучих сталей) [4].

4. Виявлено, що для реалізації низькочастотного віброрізання використовуються в основному пристрої з механічним та гідравлічним приводами.

5. Відомі дослідні та промислові зразки вібраційних приводів і пристроїв для віброрізання виконані як окремі громіздкі конструкції, установка яких на металорізальних верстатах вимагає суттєвої зміни кінематичної схеми та конструкції верстатів, що стримує широке впровадження технологічних процесів віброрізання у виробництво.

6. Порівняльний аналіз переваг і недоліків різних типів низькочастотних віброприводів для віброрізання показав, що гідравлічний привод вигідно відрізняється від інших компактністю пристрою для віброрізання та широким діапазоном регулювання параметрів вібронавантаження інструмента — збуджуючої сили, частоти та амплітуди вібрацій.

7. Установлено, що у відомих гідравлічних віброприводах для віброрізання для генерування імпульсів тиску використовують гідромеханічні золотникові пристрої з механічним приводом золотника у зворотно-поступальний або обертальний рух. Таке принципове та конструктивне рішення вібропривода обмежує діапазон регулювання параметрів вібронавантаження інструмента, зокрема амплітуди вібрацій.

8. В технічній літературі та патентних матеріалах не виявлено прикладів використання в пристроях віброрізання гідроімпульсного привода, керованого генераторами імпульсів тиску параметричного типу, який має ряд доведених переваг перед відомими типами віброприводів, зокрема традиційних гідравлічних.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Вибрационное резание металлов / *Н.И. Ахметшин, Э.М. Гоц, Н.Ф. Родиков* ; под ред. *К.М. Рагульська*. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд.-ние, 1987. – 80 с.
2. *Кумабэ Д.* Вибрационное резание / *Д.Кумабэ* ; пер. с яп. *С.Л. Масленникова* ; под ред. *И.И. Портнова, В.В. Белова*. – М. : Машиностроение, 1985. – 424 с.
3. *Баранов В.Н.* Электрогидравлические и гидравлические вибрационные механизмы / *В.Н. Баранов, Ю.Е. Захаров*. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 326 с.

4. *Обертюх Р.Р.* Гідроімпульсний пристрій для радіального віброточіння / *Р.Р. Обертюх, М.Р. Архипчук, А.В. Слабкий* // Промислова гідравліка і пневматика. – 2010. – № 3 (29). – С. 84–88.
5. *Подураев В.Н.* Обработка резанием с вибрациями / *В.Н. Подураев*. – М. : Машиностроение, 1974. – 352 с.
6. *Чубенко В.А.* Підвищення ефективності вібраційного різання важкооброблюваних матеріалів лезовим інструментом : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / *В.А. Губенко*. – М., 2006. – 159 с.
7. *Іскович-Лотоцький Р.Д.* Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : монографія/ *Р.Д. Іскович-Лотоцький, Р.Р. Обертюх, М.Р. Архипчук*. – Вінниця : Універсум, 2008. – 171 с.

ОБЕРТЮХ Роман Романович – кандидат технічних наук, доцент Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– розробка і дослідження вібраційних машин та їх структурних ланок на основі гідроімпульсного привода.

СЛАБКІЙ Андрій Валентинович – аспірант Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– розробка і дослідження пристроїв для віброрізання.

МІСЬКОВ Вадим Петрович – аспірант Вінницького національного технічного університету.

Наукові інтереси:

– розробка високотехнічного обладнання.

Подано 27.05.2011

