

## **ГІДРОАБРАЗИВНЕ ТОЧІННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Сфера застосування технології гідроабразивної обробки металевих і неметалевих матеріалів почала швидко розширюватися, починаючи з 1985 року. Процес взаємодії надзвукового струменя води з абразивом і матеріалом вивчений поки ще недостатньо, немає всеосяжної моделі руйнування, та й сама природа руйнування матеріалу досить складна і вимагає додаткових досліджень. Існують припущення і математичні моделі руйнування оброблюваного матеріалу гідроабразивним струменем, але вони не завжди відповідають експериментальним даним. Тому гідроструйна обробка матеріалів є складним маловивченим процесом, які не мають до теперішнього часу стрункої теоретичної основи, тому точність і шорсткість оброблених поверхонь деталей є найчастіше «мистецтвом» оператора, а отримання необхідних результатів різання досягається методом проб і помилок. Розвиток гідроструменевої обробки спрямований не тільки на розширення функціональних можливостей методу, але і на підвищення точності, продуктивності та ефективності процесу в цілому. Існує ряд основних напрямків, в якому ведуться роботи по вдосконаленню процесу гідроабразивної обробки матеріалів [1].

Суть методу полягає в подачі розігнаного до надзвукової швидкості струменя води на опрацьований матеріал, що руйнується внаслідок взаємодії з інструментом, що має високу деструкуючу особливість. Для інтенсифікації процесу в деяких випадках в струмінь додають абразивний матеріал. Як абразивний матеріал можуть виступати корунд, карбід кремнію, синтетичні алмази, мінерал граната та інші абразиви. Слід зазначити, що в даний час велике поширення має мінерал граната (альмандин). Потрапляючи на оброблювану поверхню, він викликає ерозійне руйнування поверхневого шару, а в залежності від технологічних параметрів (швидкості витікання води, подачі гідроабразивної голівки щодо заготовки, кількості абразивних частинок в струмені, відстані від зрізу сопла до матеріалу) процес обробки може відрізнятися: від зняття тонкого шару окалини до наскрізного прорізування матеріалу.

Величезний внесок у дослідження процесу гідроабразивного руйнування матеріалів внесли вітчизняні та зарубіжні вчені: Р.А. Тихомиров, І.І. Шапіро, Ю.С. Степанов, Г.В. Барсуков, В.С. Гуєнко, В.А. Шманьов, А.А. Барзов, С.П. Козирєв, І.В. Петко, Є.Н. Петухов, М. Hashish, I. Finnie, R. Kovacevic, R. Mohan, I. Hideo, N. Bale, A. Popan, M. Ramulu, S.N. Guo, G.L. Chahine, J. Chao, P. Berce, G. Fowler та ін.

Незважаючи на широке застосування гідроабразивного струменя не тільки в сучасному машинобудуванні, а й в медицині, харчовій, текстильній, космічній та авіабудівній промисловостях, цей метод обробки матеріалів впроваджується в усі нові області. Цим інструментом виробляють не тільки фігурний розкрій різного роду матеріалів, гравірування поверхонь, гнуття, покрокове вигинання поверхонь, але і гідроабразивну механообробку. В останнє десятиліття спостерігається науковий і практичний інтерес до використання гідроабразивної механообробки. Існують роботи [2–5], спрямовані на вивчення гідроабразивного точіння (ГАТ) і фрезерування, описані методи планування експериментів при даній обробці, отримані залежності глибини точіння від параметрів обробки. Іранськими вченими М. Zohoor, I. Zohourkari була запропонована модель гідроабразивного точіння [4], яка з достатньою достовірністю описує остаточну геометрію заготовок після обробки і представлений механізм видалення матеріалу при гідроабразивному точінні, причому емпіричними константами уточнена модель ерозії матеріалів М. Hashish, яку він запропонував в своїй роботі [6].

Абразивно-струменева токарна обробка – це нова технологія для обробки циліндричних або вісесиметричних деталей від твердих до конструкційних матеріалів. Одна із проблем гідроабразивної токарної обробки полягає в тому, що реальна глибина різання зазвичай не дорівнює скоригованій радіальній глибині різання. Цей метод заснований на рівності часу впливу струменя на зняття припуску і простому випробуванні на переріз, виконаному абразивно-рідинним струменем. Зусилля різання дуже малі при гідроабразивному різанні, що дає можливість обробляти деталі великої довжини і відносно невеликого діаметру. Цей процес підходить для обробки жорстких і важкооброблюваних матеріалів, таких як скло, кераміка, композити і різні надтверді матеріали або титанові сплави. Як показують дослідження, глибина різання не завжди визначається радіальним зміщенням струменю. Глибина різання визначається ефективністю різання, тобто по глибині пропилю. Ця глибина залежить від часу впливу, тиску і абразивної масової витрати, якщо інші параметри, такі як відстань від сопла і діаметр струменя, вважаються постійними. Якщо ми можемо визначити час дії, то результат простого тесту на пропилю може бути використаний для визначення глибини різання при абразивно-струменевої обробці, яка виконується з заданим тиском і масовою витратою абразиву. Після визначення часу впливу, виходячи з випробувань на проріз, можна оцінити ступінь прорізу. З прорізу реальна глибина різання може бути легко розрахована на геометричній основі. За допомогою реальної глибини різання можна визначити діаметр оброблюваної деталі.

Установка ГАТ [7] містить станину з поздовжніми направляючими, на яких з можливістю зворотно-поступального переміщення за допомогою приводу встановлено портал з поперечними направляючими. На поперечних направляючих з можливістю зворотно-поступального переміщення за допомогою приводу змонтована каретка, що несе приводний супорт, призначений для установки інструментальної (струменевої) голівки, оснащеної клапаном подачі технологічної рідини, приводом для регулювання кута її нахилу, автоматичним дозатором абразиву і змішувальною камерою. На станині є ванна з ґратами у вигляді рами для гасіння кінетичної енергії струменя в технологічній рідині. На протилежних стійках станини, розміщені

повідковий патрон з електродвигуном та центри, призначені для кріплення в них, оброблюваної деталі типу тіло обертання і надання їй кругового руху. Центр оснащений затискною гайкою від поздовжнього переміщення деталі типу тіло обертання.

Установка ГАТ працює наступним чином. У центри та повідковий патрон, встановлених на протилежних поперечних сторонах станини, кріпиться деталь типу тіло обертання, що обробляється, і затискається гайкою. У ванну з градами наливають необхідну кількість технологічної рідини. Включають електрообладнання гідроабразивної установки. Електродвигун створює обертовий рух деталі типу тіло обертання проти годинникової стрілки. Насос високого тиску, що складається зі сталеві рами з встановленими в ній електродвигуном, гідропанеллю і мультиплікатором високого тиску за допомогою бустера, нагнітає тиск від 300 до 600 МПа. При цьому всі коливання, які створюються насосом, гасяться в акумуляторі тиску великої місткості, що гарантує вільний від пульсації струмінь технологічної рідини. Після цього її для генерації струменя подають по гнучким трубах високого тиску в інструментальну голівку, яка і здійснює ГАТ деталі типу тіло обертання. Одночасно, з системи подачі абразиву, що складається з ємності циліндричної форми з пневмоклапаном для зручного його засипання і подальшої регульованої подачі через дозатор, абразив потрапляє в змішувальну камеру. Технологічна рідина, проходячи через отвір в голівці діаметром чверть міліметра (тиск при цьому ще більше зростає), потрапляє в змішувальну камеру, де вона з'єднується з дрібнодисперсним абразивом і потрапляє в формуючий струмінь. Залежно від матеріалу деталі вона може мати діаметр від 0,6–1,2 мм. В ріжучій голівці енергія тиску технологічної рідини перетворюється в кінетичну енергію, прискорюється з утворенням тонкого, всього в десять частки міліметра, сфокусованого струменя, що служить в якості інструменту для ГАТ.

Установка ГАТ обладнана системою ЧПУ для координації процесу обробки за заданою програмою і управління приводами переміщення порталу, каретки, супорта, решітки і електродвигуна для кругового руху деталі типу тіло обертання, забезпечуючи зручність її експлуатації і якість готових виробів. Система ЧПУ за програмою забезпечує повільне підведення ріжучої голівки до оброблюваної деталі типу тіло обертання, а за рахунок вертикальних, поздовжніх і поперечних переміщень ( $v_v$ ,  $v_{пов}$  і  $v_n$ ) порталу, каретки і супорта, забезпечує ріжучій голівці ГАТ деталі типу тіло обертання за розмірами креслення. Після закінчення ГАТ система ЧПУ відключає подачу абразиву і технологічної рідини, відводить ріжучу голівку, зупиняє електродвигун і оброблену деталь знімають з повідкового патрону та центрів для її контролю.

Використання пропонованої установки ГАТ дозволяє точити різні матеріали без виділення теплової енергії, так як вона відразу поглинається технологічною рідиною. Крім цього не потрібні складні і важкі пристосування для кріплення і фіксації заготовки. Струмінь технологічної рідини не робить такого сильного впливу на заготовку як механічні інструменти (різець, фреза або пила) і забезпечує якість обробленої поверхні деталі типу тіло обертання, підвищивши їх довговічність і зменшивши витрати на експлуатацію та обслуговування.

#### Література:

1. Саленко, О. Ф. Ефективне гідрорізання / А. Ф. Саленко, В. Б. Струтинський, М. В. Загірняк.– Кременчук: КДПУ, 2005.– 488 с.
2. Bale, N. Software solution for abrasive water jet milling process / N. Bale, A. Popan, P. Berce, A. Luca // Technical University of Cluj-Napoca.– Faculty of Mechanical Engineering.– 2001.
3. Mark, J. Machining with Abrasives / J. Mark, J.M. Jackson, J. P. Davim, M. P. Hitchiner, T. Tawakoli, A. Rasifard, L. C. Zhang, J. Liu, C. Xu, H. Huang, L. Zhou, L. Yin, Y. M. Ali, J. Wang // Purdue university MET, Center for advanced manufacturing college of technology West Lafayette USA.– 2011.
4. Mehdi, Z. Modeling of Abrasive Water jet Turning / Z. Mehdi, Z. Iman // Australian Journal of Basic and Applied Sciences.– 2011.– № 5(8).– P. 70–79.
5. Fowler, G. Abrasive water jet controlled depth milling of titanium alloys / G. Fowler // Thesis submitted to the university of nottingham for the degree of doctor of philosophy.– 2003.
6. Hashish, M. Turning with abrasive water jets – a first investigation / M. Hashish // ASME Journal of Engineering for Industry.– 1987.– № 109(4).– P. 281–290.
7. Клименко, С. А. Патент UA № 146145. Установка для гидроабразивного точиния / С. А. Клименко, В. В. Бурикін, С. Ан. Клименко; Заявка № u202005813 від 10.09.2020; Опуб.21.01.2021 // Промислова власність.– 2021.– Бюл. № 3.