

УДК 621.924.93(045)

Мови

О.П. Ящук

Національний авіаційний університет, м. Київ

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРОСТРУМЕНЕВОГО ОБЛАДНАННЯ

*Приведены рекомендации по усовершенствованию конструкции гидроструйного оборудования.**Recommendations on improvements for of researches of the hydroabrasives equipment.*

## Вступ

Серед способів впливу на матеріали провідне місце займають гідроструменеві технології, сутність яких полягає у використанні в якості інструмента сформованого за допомогою спеціальних сопел струменя рідини високого тиску. Такий інструмент здатний виконувати кероване руйнування певних обсягів твердого тіла – від неметалів до твердих сплавів та тугоплавких металів, видаляти з поверхонь забруднення та різноманітні покриття. За показниками продуктивності та енергоємності струменеві технології можуть конкурувати з іншими методами обробки.

Сучасний стан промислового комплексу вимагає активізації зусиль, спрямованих на пошук і розробку принципово нових методів обробки, що базуються на прогресивних фізичних і фізико-технічних ефектах, мають високу енергетичну ефективність, широкі технологічні можливості.

## Аналіз вимог

З літературного огляду, досвіду розробки і експлуатації гідроструменевих устаткування для різання та очищення різних поверхонь було визначено низку комплексних вимог, які пред'являються до гідроструменевих обладнання.

Одним з основних показників, що характеризує ефективність будь-якого способу обробки, є його продуктивність. При струменевій обробці продуктивність визначається часом, потребує видалення матеріалу заданої величини з оброблюваної поверхні, або терміном, протягом якого досягається необхідний стан поверхневого шару. Кількісною оцінкою продуктивності струменеві обробки є величина масового знімання матеріалу в одиницю часу.

На продуктивність суттєво впливають наступні параметри: час обробки, розмір і кут атаки абразивних часток, концентрація їх у суспензії, довжина струменя, марка абразивного матеріалу.

Ці вимоги визначаються при комплексному розгляді роботи усіх агрегатів і вузлів. Важливе місце в формуванні вимог відведено проведенню експериментів. При цьому необхідно враховувати особливості роботи устаткування.

У системі живлення абразивним матеріалом використовувався дозатор, який дозволяв плавно та з необхідною точністю регулювати подачу дисперсної фази до стру-

## Результати експериментів

Гідравлічну схему стану для проведення експериментальних досліджень показано на рис. 1. Підведення води до установки здійснюється як під тиском, так і шляхом самовсмоктування за допомогою шланга 1, підключеного до швидкокороз'ємного з'єднання 2 і далі через фільтр грубого очищення 3 на вхід насоса вихрового типу 4. Після насоса вода поступає у фільтр тонкого очищення 5 і потім на вхід насосного агрегата високого тиску 7. Тиск на виході вказаного агрегата визначається настройкою регулятора тиску 8. Контроль роботи насоса 7 і настройки регулятора тиску здійснюються за допомогою манометра 9. Для охолодження підшипників ковзання проміжних опор штоків насоса 7 використовується відбір води на виході з насоса 4, яка подається в блок системи охолодження, а потім відводиться або на вхід фільтра грубого очищення 3, або назовні за допомогою гідророзподільника і шланга.

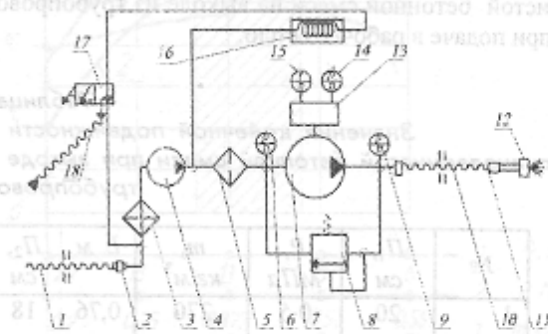


Рис. 1. Гідравлічна схема установки.

Для контролю стану фільтроелемента фільтра тонкого очищення 5 встановлено манометр 6. Для контролю роботи насосного агрегата служать датчики температури і тиску масла у системі мащення редуктора насосного агрегата.

Насос 7 за допомогою гнучкого рукава 10 сполучено з гідропістолетом 11.

Гідропістолет має швидкокороз'ємне з'єднання для підключення змінного робочого інструмента.

У системі живлення абразивним матеріалом використовувався дозатор, який дозволяв плавно та з необхідною точністю регулювати подачу дисперсної фази до стру-

менеформуючої головки. Як абразив використовувався річковий пісок з розміром частинок 0,25–0,5 мм.

Параметри гідроабразивного струменя було досліджено на обладнанні за допомогою абразивно-струменевої головки (рис. 2).

Головка працює наступним чином. Рідина високого тиску надходить через штуцер до сопла 4, яке встановлено у втулці 3, звідти витікає з великою швидкістю. Проходячи змішувальну камеру, струмінь рідини підхоплює частинки абразиву, що подаються до камери через штуцер 9 за допомогою стисненого повітря, та прямує до каналу насадки 5, де здійснюється розгін абразивних частинок та формування абразивно-рідинного струменя.

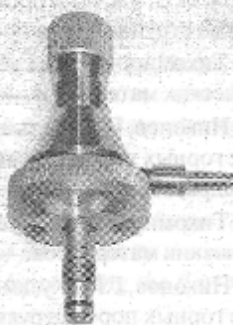


Рис. 2. Абразивно-струменева головка.

У ході пошукових досліджень було встановлено, що впливом рідинної складової потоку на процес обробки матеріалів можна нехтувати, вважаючи, що енергія гідро-струменя витрачається на розгін абразивних частинок та винесення продуктів руйнування із зони. Оскільки швидкість абразивної частинки повною мірою визначає руйнівну спроможність двофазного струменевого потоку, то факторами, які впливають на продуктивність, було визначено:

- тиск робочої рідини у системі;
- довжина трубки;
- діаметр каналу;
- витрата абразиву;
- кут дії струменя.

При визначенні рівнів змін факторів було проаналізовано їхні граничні значення та проведено попередні дослідження. Для цього було виготовлено партію трубок із карбиду кремнію, канали в яких мали діаметри 1,2–4 мм і були циліндричної форми, без відколів, напливів, порожнин та інших дефектів. Встановлено, що збільшення діаметра каналу понад 2,5 мм є недоцільним, оскільки при цьому різко зростає площа контакту двофазного потоку з матеріалом. Тому це значення також було взяте за границю.

Довжину трубки визначали з аналізу руху окремої частинки абразиву, яка після підхоплення струменем рідини починає рухатися з деяким прискоренням, що змен-

шується від максимального значення (у початковий момент часу) до нуля при вирівнюванні швидкостей частинки та струменя. Надалі частинка рухається рівномірно зі швидкістю, яка досягається на відстані від входу до каналу трубки. Отже, довжина такої трубки повинна забезпечити розгін абразиву до потрібної швидкості. Подальше його збільшення є недоцільним. Розглядаючи процес формування гідроабразивного струменя, ми дійшли до висновку, що продуктивність гідроабразивної обробки визначається витратою та тиском робочої рідини, витратою та розмірами частинок використаного абразиву, діаметром та довжиною каналу насадки, кута взаємодії струменя з поверхнею. Водночас реальний характер та ступінь впливу на процес кожного з перерахованих факторів залишається невідомим. Невідомими є також і оптимальні значення цих факторів за умови максимальної продуктивності обробки.

На практиці залежність роботи істотно відрізняється від розглянутої вище ідеальної, внаслідок того, що частинка при русі вздовж каналу знаходиться не тільки під прискорюючою дією струменя рідини, а й гальмується силами тертя по стінках каналу. При цьому в початковий момент часу сила тертя зростає пропорційно підвищенню швидкості частинки у першому ступені, а потім, розганяючись, сила тертя зростає пропорційно квадрату та навіть кубу швидкості. Тому швидкість і відповідно енергія частинки із збільшенням довжини каналу понад певне значення, при якому досягається найбільша швидкість, починає швидко зменшуватися. Таким чином, на практиці збільшення довжини трубки понад оптимальне значення є недоцільним, оскільки призводить до значних втрат енергії абразивно-рідинного струменя, зниження його різальної спроможності, та, як наслідок, до зниження продуктивності процесу.

У процесі виконання експериментів визначався вплив струменя на поверхню зразка у залежності від діаметра каналів та кута дії.

Результати експериментів показано на рис. 3 та 4.



Рис. 3. Результати взаємодії абразивного струменя з поверхнею матеріалу.



а) б)

Рис. 4. Вплив кута взаємодії струменя з поверхнею зразка: а)  $\alpha = 45^\circ$ ; б)  $\alpha = 30^\circ$ .

Це цілком узгоджується з теоретичними посиленнями про умови формування двофазного потоку, в якому струмінь, витікаючи з надзвуковою швидкістю, передає твердим абразивним частинкам імпульс, розганяючи їх до швидкості, що наближається до швидкості витікання струменя. Чим вищий тиск рідини, тим вища швидкість її витікання зі струменеформуючої соплової насадки, а відтак, більша кількість руху, що отримує абразивна частинка.

Основним з недоліків ежекторної головки для введення піску в струмінь води є підвищене зношування (розгінного) сопла. Це пояснюється великою зоною контакту внутрішньої поверхні сопла з високошвидкісним потоком водоабразивної суміші. Запропоновано новий конструктивний варіант рішення гідроабразивної головки, принцип дії якої базується на роздільному витіканні з неї струменя води і гідроабразивної суспензії. У цій конструкції сопла виконано у вигляді двох концентричних кіл. Гідроабразивна суспензія подається за допомогою насоса або самопливом по внутрішній трубці головки до круглого сопла під тиском 0,1 МПа. Вода під високим тиском подається по кільцевому соплу. Змішування високонапірного струменя води і гідроабразивної суспензії відбувається після виходу з головки. Дана конструкція виключає контакт високошвидкісного водопіщаного струменя з поверхнею сопла, що істотно знижує його зношування.

**Висновки**

Розглядаючи процес формування гідроабразивного струменя, встановлено, що продуктивність гідроабразивної обробки визначатиметься витратою та тиском робочої рідини, витратою та розмірами частинок використаного абразиву, діаметром та довжиною каналу калібруючої насадки та кута дії струменя на поверхню.

На основі огляду літератури та експериментальних досліджень надано рекомендації, а саме: при видаленні покриттів з поверхні деталі в діапазоні швидкостей струменя рідини 200–400 м/с спостерігається досить широка

зона ефективної дії струменя (20–30)  $d$ , де  $d$  — діаметр струменя. Із збільшенням кута обробки до 60° пляма ефективного видалення дещо зменшується до (15–20)  $d$ , а швидкість часток, що видаляються, збільшується. Оптимальними є кути 30°–40°.

Отримані результати можуть бути основою до проектування та наступного удосконалення гідроструменевого обладнання.

**Література**

1. Карпачев, Ю.А., Павлюк, В.Н., Пилькевич, С.Н. Гидроабразивное измельчение высокоактивных длинномеров // ММ Деньги и технологии. — К. — 2004. — №10. — С. 24–28.
2. Бочаров, В.П., Струтинский, В.Б., Бадах, В.П., Таможный, П.П. Расчет и проектирование устройств гидравлической струйной техники. — К.: Техника, 1987. — 128 с.
3. Тихомиров, Р.А., Гуенко, В.С. Гидрорезание неметаллических материалов. — К.: Техника, 1984. — 150 с.
4. Никонов, Г.П., Кузьмич, И.А., Гольдин, Ю.А. Разрушение горных пород струями воды высокого давления. — М.: Недра, 1986. — 143 с.
5. Тихомиров, Р.А., Гуенко, В.С. Гидрорезание неметаллических материалов. — К.: Техника, 1984. — 150 с.
6. Никонов, Г.П., Кузьмич, И.А., Гольдин, Ю.А. Разрушение горных пород струями воды высокого давления. — М.: Недра, 1986. — 143 с.
7. Тихомиров, Р.А. Гидрорезание судостроительных материалов. — Л.: Судостроение, 1987. — 164 с.
8. Саленко, О.Ф., Струтинский, В.Б. Техника та технологія гідроструменевої обробки. — К.: ІЗМН ВІПОЛ, 1998. — 252 с.
9. Саленко, О.Ф., Струтинський, В.Б., Загірняк, М.В. Ефективне гідрорізання. — Кременчук: КДПУ, 2005. — 488 с.

Надійшла 19.05.2011 р.



Рис. 1. Гідроабразивна соплова насадка



Рис. 2. Результати гідроабразивної обробки: а) до обробки; б) після обробки

зона ефективної дії струменя (20–30)  $d$ , де  $d$  — діаметр струменя. Із збільшенням кута обробки до 60° пляма ефективного видалення дещо зменшується до (15–20)  $d$ , а швидкість часток, що видаляються, збільшується. Оптимальними є кути 30°–40°.