

доріжок, пошкодження сепаратора і тіл кочення. Проте через нестационарність сигналів вібрації використання нестационарних методів ПКВП веде до побудови адекватніших моделей вібраційних сигналів. Запропонована модель вібраційного сигналу як адитивної суми регулярної та випадкової складових дає змогу виконувати аналіз не тільки гармонічних та модуляційних складових вібрації, а й знаходити закономірності у випадковій складовій вібрації, що проявляються у властивостях нестационарних дисперсії, кореляційній функції, спектральній густині та їхніх компонентів.

1. Слуцкий Е.Е. *Избранные труды. Теория вероятностей. Математическая статистика.* – М., 1970. 2. Gardner, W.A. *Cyclostationarity in Communications and Signal Processing*, IEEE Press, New York, 1994. 3. Javors'kyj I.M. *The Probabilistic Analysis of Stochastic Oscillation (Part I) // Information Technologies and Systems.* – 1999. – Vol. 2. – № 1. – P. 42-64. 4. R.B. Randall, J. Antoni, S. Chobsaard, *The relationship between spectral correlation and envelope analysis in the diagnostics of bearing faults and other cyclostationary machine signals, Mechanical Systems and Signal Processing 15 (5) (September 2001) 945–962.* 5. Мыслович М.В., Марченко Б.Г. *Вибродиагностика подшипниковых узлов электрических машин.* – К., 1992. 6. Capdessus C., Sidahmed M. and Lacoume J.L. *Cyclostationary Processes: Application in Gear Fault Early Diagnostics // Mechanical Systems and Signal Processing.* – 2000. – 14(3). – pp.371-385. 7. Михайлишин В.Ю., Яворський І.М., Василюк Ю.Т., Драбич О.П., Ісаєв І.Ю. *Імовірнісні моделі та статистичні методи аналізу сигналів вібрації для діагностики машин та конструкцій // Фізико-хімічна механіка матеріалів.* – 1997. – Т. 33. – №5.– С. 61–74. 8. http://www.vibration.ru/v_defekt.shtml

УДК 621.9.048

М.О. КАЛМИКОВ, С.В. КОРНЄЄВ, Г.Л. МЄЛКОНОВ*,
СНУ ім. В. Даля, Луганськ,
*ПТ “Союзавто”

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

© Калмиков М.О., Корнєєв С.В., Мелконов Г.Л., 2006

Запропоновано метод підвищення продуктивності обробки деталей у вібрувальних U-подібних контейнерах без підвищення енергоємності верстата введенням в процес обробки додаткового інструменту, розташованого по контуру робочої частини контейнера у вигляді його облицювання.

In the article is offered the method of increase of productivity of treatment of details in the vibrating containers of U-vivid form without the increase of power-hungryness of machine-tool, by introduction of the additional instrument located contoured working part of container as its revetment to the process of treatment.

В умовах ринкової економіки, коли необхідно в короткі терміни за мінімальної собівартості продукції перебудувати виробництво на випуск нової продукції, виникає необхідність в застосуванні на оздоблювально-зачисних операціях, на операціях з округлення гострих крайок і зняття задирок ефективного і продуктивного устаткування. Одним з таких видів устаткування є вібраційні верстати з U-подібною формою контейнера. Це універсальне устаткування з раціональними режимами, вибір яких здійснювався протягом тривалого періоду за допомогою експериментальних і теоретичних досліджень (з 60-х років ХХ століття дотепер) [1, 2].

Велика кількість класифікаційних ознак, зумовлених істотною відмінністю різноманітних схем вібраційної обробки і відповідних цим схемам верстатів, пояснює відсутність у низці робіт із

вивчення ВіО класифікації вібраційних верстатів. У роботі [3] наведено класифікацію, яка складена на підставі аналізу попередніх робіт і доповнена ознаками, що не враховувалися раніше (наприклад, виокремлено футерування контейнера верстата з означенням його ролі – активної і пасивної). Проте надалі увага в роботі зосереджена на інших ознаках.

Аналізуючи вібраційні верстати і відповідні технології вібраційної обробки, що існують сьогодні, треба зазначити, що вдосконалення процесу, покращання його якості і підвищення ефективності без інтенсивного зростання частотно-амплітудних характеристик устаткування, без підвищення його енергоємності, можна пов'язати з активізацією роботи оброблювального інструменту.

Для обробки деталей необхідне забезпечення двох основних умов:

- наявність контакту між деталлю і гранулами робочого середовища;
- наявність взаємного прослизання, що виникає рахунок різниці швидкостей між оброблюваними деталями і гранулами РС. Як відомо, під впливом силового імпульсу, що передається від вібробудувача, який частіше розташований в нижній точці U-подібного контейнера, через дно і стінки контейнера робочому середовищу, в контейнері здійснюються два основні рухи: відносний (осцилювальний) і циркуляційний рух РС.

Відносний рух деталі і гранули, на думку більшості авторів, визначає інтенсивність знімання металу і виникає внаслідок передавання імпульсу від стінок контейнера РС.

Циркуляційний рух виникає за певних режимів, завдяки ефекту вібраційного транспортування. Погляди на результат його дії, на інтенсивність вібраційної обробки суперечливі. Проте у будь-якому випадку циркуляція РС забезпечує переміщення деталей по зонах з різною продуктивністю обробки і, тим самим, забезпечує рівномірне знімання металу зі всіх поверхонь деталей, що особливо важливо для обробки великогабаритних деталей, оскільки за відсутності циркуляційного руху одна частина деталі може оброблятися менш інтенсивно, ніж інша. Гранули одночасно беруть участь в обертальному русі – в напрямі, протилежному до обертання вала вібробудувача, і коливальному – з деякою амплітудою і частотою. Рух РС при цьому підрозділяється на зони: ковзання, циркуляція, вторинної циркуляції.

Сьогодні найкраще вивченою є обробка деталей, маса яких задовольняє умові – $1 < M/m < 30$, де M – маса виробу, m – маса гранули робочого середовища [1, 2]. Для обробки цього типу деталей існує значна кількість рекомендацій з вибору раціональних режимів. Проте потреба в обробленні дрібних і великих деталей однаково важлива в умовах сучасного виробництва. Якщо для обробки великогабаритних деталей основною умовою є циркуляційний рух, то для обробки дрібних деталей, сумірних з масою гранул, необхідні додаткові засоби. Наприклад, в роботі [3] для цього використовувався електромагнітний індуктор, що надавав рух електромагнітним деталям (або гранулам) в завантаженні. Існує також важлива деталь при обробці деяких дрібних деталей, що істотно її ускладнює. Це плоска форма деяких типів деталей. У такому разі спостерігається їхнє злипання в пакети, що може понизити якість і рівномірність обробки. При русі цих деталей по абразивному футеруванню контейнера збільшується зчеплення РС з дном і стінками контейнера і, можливо, спостерігатиметься руйнування пакетів і відділення деталей один від одного. Тим самим футерування сприяє інтенсифікації обробки, підвищує рівномірність і якість оброблених деталей, знижує тривалість процесу.

Проаналізувавши дослідницькі роботи [1,2,4], встановлено, що максимальний силовий імпульс, а отже, знімання з поверхонь оброблюваних деталей здійснюється біля дна і стінок контейнера, що передбачає їхню (стінок і дна) активнішу участь в процесі обробки.

Активний рух завантаження здійснюється навколо пасивного, малорухливого центра. І одиничні елементи РС і оброблювані деталі рухаються ніби в своїх потоках із різними максимальними швидкостями уздовж U-подібного профілю контейнера. Зміна “свого” потоку здійснюється у край рідко, як це видно з результатів відеозйомок, наведених у роботах [5, 6]. Отже,

можна припустити, що значна кількість оброблюваних деталей переміщається саме уздовж стінок контейнера.

Чим далі від стінок контейнера, тим слабший силовий імпульс, тим слабша обробка [1, 3, 7]. Циркуляційний рух дуже важливий, особливо з зростанням розмірів виробів, оскільки встановлено, що обробка в різних зонах контейнера значно відрізняється [3] і тому стає дуже важливим переміщення деталей з однієї зони в іншу для одночасної рівномірної обробки усієї партії завантажених деталей. Для інтенсифікації процесу і підвищення ефективності на цих верстатах деякі дослідники вибирали шляхи: збільшення об'єму контейнера [4], застосування хімічно активних розчинів [8], використання в конструкціях контейнерів спеціальних пристосувань, зокрема екранів-вставок [4, 9]. Для створення умов рівномірної обробки у всіх зонах контейнера, для посилення силового імпульсу, що передається, були запропоновані певні конструктивні рішення [10, 11, 12, 13], насамперед створення електромагнітного поля за контуром профільної поверхні контейнера.

Активізація руху оброблюваних виробів і робочого інструменту в робочому середовищі (РС) відбувається за рахунок зміни ролі і функції футерування робочої частини контейнера. У роботі [14] запропонована конструкція контейнера, футерування якого виконане у вигляді обгумованих валиків однакового діаметра, які примусово обертаються в різних напрямках, що покращує, на думку автора, перемішування РС і інтенсифікує обробку. Разом з тим, працездатність і надійність цієї конструкції викликає сумнів при застосуванні контейнерів великих об'ємів при обробці великогабаритних виробів. Відома [15] конструкція контейнера, в якому футерування виконане у вигляді Z-подібних профільних смуг, вкритих з одного боку гумою криволінійної форми і змінного перетину. Така робоча поверхня, внаслідок її хвилястості, знижує прослизання середовища вздовж стінок і дна контейнера під час роботи верстата для вібраційної обробки, збільшує швидкість обертання середовища та інтенсифікує процес обробки. Проте, разом з технологічними перевагами, описане футерування робочої поверхні конструктивно складне, що утруднює технічне обслуговування і знижує ремонтпридатність контейнера вібраційного верстата.

Ці і подібні рішення [10, 11, 12, 13] ускладнювали конструкцію верстата і, отже, підвищували його вартість. Враховуючи, що створення циркуляційного руху і забезпечення його стабільності – завдання доволі складне [16, 17], а потреба сучасного виробництва – це обробка великої кількості дрібних партій різних виробів (особливо в умовах невеликих підприємств) необхідний перехід до верстатів, що створюються за модульними принципами. У такому разі модульний принцип уможливорює заміну одного контейнера двома-трьома менших розмірів, або, навпаки, повернення до первинного варіанта (за умови збереження інших вузлів конструкції).

“Закрутити” масу завантаження, яка є змінною в різних партіях, на одному й тому самому верстаті у такому разі стає проблематичнішим, особливо враховуючи, що внутрішня футерована частина контейнера, що запобігає його руйнації – волога під час обробки, що зменшує зчеплення РС із стінками і дном контейнера. Враховуючи ту обставину, що основна зона обробки розташована біля стінок і дна контейнера, виникла ідея розмістити на стінках контейнера додатковий інструмент, який буде зносостійким, абразивним (що підвищує знімання металу з оброблюваних виробів) і таким, що підвищує зчеплення РС із стінками контейнера.

Для цього був вибраний монолітний полікристалічний карбід кремнію SiC (конструкційний матеріал, що виробляють на основі полімеризації формувальної суміші з подальшим силіціюванням, його фізичні властивості див. табл.1), перевагою якого є висока абразивна здатність із збереженням попередніх властивостей футерування, тобто оберігання металевих стінок контейнера від механічних і хімічних пошкоджень.

Карбід кремнію – одне хімічно найстійкіших з'єднань. Він не розкладається при дії мінеральних кислот та їхніх сумішей та розчинів.

Таблиця 1

Фізичні властивості монолітного полікристалічного карбїду кремнію

Характеристика	Числове значення	Примітка
Об'ємна вага, г/см ³	3,05–3,10	–
Пористість, %	Менше за 1,0	–
Твердість, кг/мм ²	3100–3200	–
Межа міцності при вигині, Н/мм ²	25–35 25–35	При 20°C При 1200°C
Межа міцності при стисненні, Н/мм ²	110–130 110–130	При 20°C При 1200°C
Теплоємність, ккал/кг·град	0,20–0,22	Середня в інтервалі 20-1200°C
Теплопровідність, ккал/м·ч·град	71 29	При 300°C При 1400°C
Коефіцієнт лінійного розширення, 1/град	(4,5-4,7) 10 ⁻⁶	Середня в інтервалі 20-1200°C
Максимальна робоча температура, °C	1650 1900 2200	На повітрі У вакуумі У інертному середовищі

Силіціюванням отримують плитки для футерування поверхонь з металу або іншого матеріалу, що працює в складних умовах. Плитки з карбїду кремнію можна виготовляти практично будь-якої форми. До переваг футерування з карбїду кремнію можна зарахувати:

- високу зносостійкість;
- твердість матеріалу;
- стабільність стану в агресивних середовищах;
- відсутність пористості за всім об'ємом матеріалу;
- можливість отримання плиток необхідної зернистості.

Ефект вібраційної обробки з використанням плитки з карбїду кремнію уможливило обробку деталей з різним розміром припуску, покращуючи якість оброблених деталей і скорочуючи час обробки.

Футерування робочої поверхні контейнера для вібраційної обробки плитками з карбїду кремнію здійснюється наклеюванням на внутрішню робочу поверхню контейнера. Як клей використовується епоксидна смола з додаванням отверджувача. Стички між плитками заповнюються цією сумішшю з додаванням порошку карбїду кремнію. Цей склад клею найприйнятніший.

В НДІ ОВА СНУ ім. В. Даля розроблений трисекційний вібраційний верстат ВМ-3 з об'ємом контейнера 30 дм³, з такими технічними характеристиками (табл. 2).

Таблиця 2

Технічна характеристика вібраційного верстата ВМ-3

Робочий об'єм контейнера	дм ³	3x30=90
Режими руху контейнера		
– частота вібрації	Гц	33-70
– амплітуда коливань	мм	0,96-2,3
Потужність електродвигуна	кВт	1,5
Габарити верстата	мм	1390x700x930

Внутрішнє футерування одного з трьох контейнерів було виконане двошаровим – шар гуми і набір пластинок карбїду кремнію 3x10x20 мм. Обробка деталей із зняття облоя і задирок здійснювалася у всіх трьох контейнерах верстата ВМ-3.

Досліджувані деталі виймали з контейнерів через 20 хвилин, а потім двічі через кожні 10 хвилин. Через 40 хвилин деталі з контейнера, футерованого карбїдом кремнію, досягли товарного

вигляду, водночас тривалість обробки деталей в контейнері, футерованому гумою, становила 60 хвилин. Зовнішній вигляд деталей до і після обробки наведений на рис. 1.

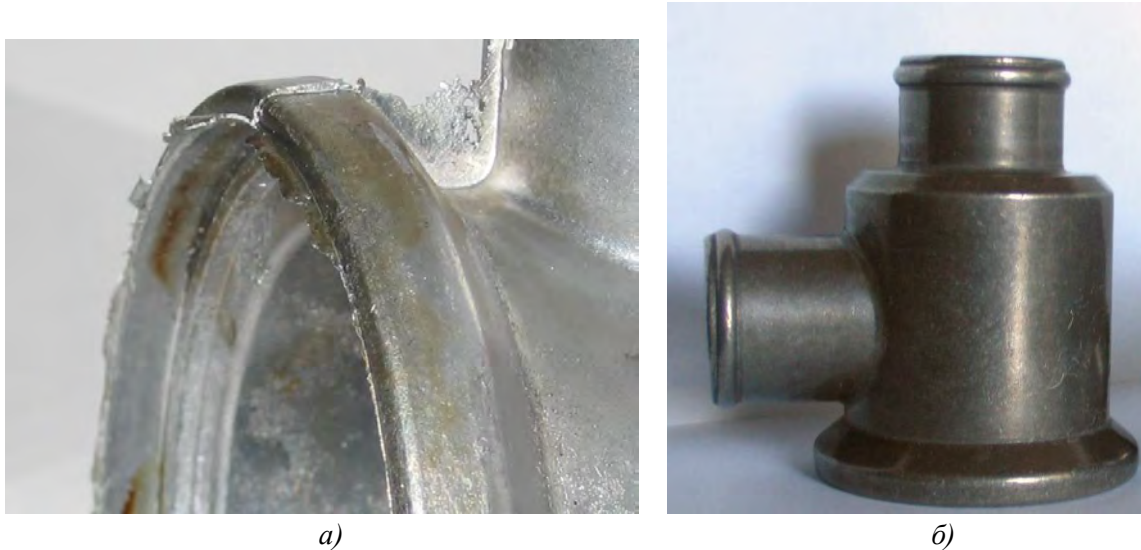


Рис. 1. Деталі, оброблені в контейнері, футерованому карбідом кремнію:

а – зовнішній вигляд елементів необроблених деталей; б – вигляд елементів деталей після обробки

Результати експериментальних досліджень дали змогу поставити перед дослідниками завдання у напрямку підвищення продуктивності вібраційної обробки, а саме:

- необхідність продовження досліджень з вибору матеріалу для футерування внутрішньої робочої поверхні контейнера.
- необхідність підбирання параметрів абразивної складової матеріалу.
- оцінка впливу таких футерувань на зміну і стабілізацію циркуляційного руху робочого середовища.
- дослідження впливу цього футерування на зносостійкість гранул робочого середовища і, у разі її зниження менше за допустиму норму, розробити гранули із зносостійкого матеріалу, можливо з того самого, що і використовувався як футерувальний.

1. Карташов И.Н. и др. *Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах.* – К, 1975. 2. Бабичев А.П. *Исследование технологических основ обработки деталей в среде колеблющихся тел (вибрационной обработки) с использованием низкочастотных вибраций.* Автореф. дис. на соиск. степени докт. техн. наук, Тула, 1975 – 62 с. 3. Ясуник С.Н. *Повышение эффективности обработки деталей в вибрирующих контейнерах.* Дис. на соиск. степени канд. техн. наук, Луганск, 2003. – 216 с. 4. Карташов И.Н., Шаинский М.Е. *Усовершенствованная технология виброобработки // Сборник трудов Луганского машиностроительного института.* - 1967. - № 12. - С. 50-58. 5. Мицык В.Я. *Интенсификация обработки деталей в вибрирующих резервуарах встречно движущимися потоками рабочей среды.* Дис. на соиск. степени канд. техн. наук, Ворошиловград, 1986. – 246 с. 6. Балицкий В.В. *Совершенствование технологии объемной вибрационной обработки незакрепленных деталей в прямолинейных рабочих камерах.* Дис. на соиск. степени канд. техн. наук, Москва, 1983. – 208 с. 7. Бранспиз Е.В. *Повышение эффективности виброабразивной обработки путем рационального выбора ее основных параметров.* Дис. на соиск. степени канд. техн. наук, Харьков, 2001. – 265 с. 8. Кольцов В.П., Литовка Г.В. *Неравномерность съема при виброабразивной обработке с наложением электрохимического процесса // Вопросы технологии машиностроения.* - Иркутск: ИПИ. - 1973. - №3. - С. 55-61. 9. Бабичев А.П. *Вибрационная обработка деталей.* - М.: Машиностроение, 1974. - 136 с. 10. А.с. 580093 СССР, МКИ В 24 В31/06 *Вибрационная машина.* / П.Д. Денисов, Н.Ф. Брайлин, В.М. Кунин. – Опубл. в Б.И.,

1977, №42. 11. А.с. 1511083, МКИ В 24 В31/06 Контейнер устройства для вибрационной обработки./ Л.М. Лубенская, А.А. Береженко, В.А. Власов и др. – Оpubл. в Б.И., 1989, №36. 12. Пат. 48404А Украина, МКИ В 24 В31/06 Вибрационная машина./ Е.В. Бранспиз, Л.М. Лубенская, Д.Л. Перов и др. – Оpubл. в Б.И., 2002, №8. 13. А.с. 715302 СССР, МКИ В 24 В31/06 Установка для вибрационной обработки деталей в абразивной среде./Ф.С. Юнусов, В.В. Якунин, А.П. Абызов. – Оpubл. в Б.И., 1980, №6. 14. А.с. 764952 СССР, МКИ В 24 В 31/06 Футеровка/Н.И. Тимохин, В.Д. Белозеров, Г.И. Давыдова. – Оpubл. в Б.И., 1980, №35. 15. Опирский Б.Я., Денисов П.Д. Новые вибрационные станки. Львов, 1991. 16. Блехман Н.И, Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. – М., 1964. 17. Калмыков М.А. Повышение эффективности процесса вибрационной обработки крупногабаритных деталей. Дис. на соиск. степени канд. техн. наук, Харьков, 2006. – 223 с.

УДК 621.22 + 622.74

І.В. КОЦ

Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця,

ДИНАМІКА ГРОХОТІВ З ГІДРАВЛІЧНИМ ШТОВХАЮЧИМ ПРИВОДОМ

© Іван Коц, 2006

Наведено аналіз робочого процесу і математичну модель грохота з гідравлічним штовхаючим приводом, дистанційне керування якого здійснюється автоматичним гідророзподільвачем – двокаскадним клапаном-пульсатором. Застосування цього гідравлічного привода забезпечує здійснення асиметричного циклу при зворотно-поступальних рухах транспортувального органа грохота. Математична модель надає можливість вивчення якісних та кількісних залежностей технічних показників устаткування від його конструктивних, силових та енергетичних параметрів.

The analysis of working process and mathematical model of screen with pushing hydraulic drive, remote control of which is carried out of automatic hydraulic distributor – valve-pulsator with double cascades is considered. The application of this hydraulic drive realization of asymmetric cycle in case of reverse-forward motions of transporting organ of screen. The mathematical model gives possibility of study of quality and quantitative dependences of technical indexes equipment from its structures, power and energy parameters.

Постановка проблеми. Вібраційне грохочіння широко застосовується у гірничій, металургійній, хімічній та багатьох інших галузях промисловості, що пов'язані з переробкою сипкої сировини. Від ефективності і продуктивності цього процесу залежить якість і собівартість вихідної продукції. Для забезпечення високої продуктивності грохочіння здійснюється товстим шаром з підкиданням. Грохочіння у такому разі є результатом спільної взаємодії таких складових, як: сегрегація, просіювання і вібротранспортування. Сучасна сировинна, екологічна та енергетична ситуація передбачає подальше вдосконалення процесів грохочіння, зокрема, поліпшення якості і підвищення ефективності технологічного обладнання. Отже, розроблення і дослідження вібраційних грохотів нових конструкцій, в яких реалізуються досконаліші технології грохочіння, а також визначення закономірностей, що пояснюють і описують динаміку вібраційного грохочіння у взаємозв'язку “привід – грохот – сипка сировина” є актуальною науковою проблемою, що має важливе значення для галузей промисловості, які переробляють мінеральну сировину.

Аналіз останніх досліджень. Як показали аналітичні дослідження розробок в галузі грохочіння сипкої сировини, основним вузлом привода вібраційних грохотів, що визначає ступінь