

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Шумакова Тетяна Олександрівна

УДК 621.9.048

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ У ВІБРУЮЧИХ
КОНТЕЙНЕРАХ ШЛЯХОМ ВИБОРУ ФОРМИ ІНСТРУМЕНТУ**

спеціальність 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти

автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Технологія машинобудування» в Східноукраїнському національному університеті імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук, доцент
Лубенська Людмила Михайлівна,
Східноукраїнський національний
університет імені Володимира Даля, м. Луганськ,
професор кафедри «Технологія машинобудування»

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Пижов Іван Миколайович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків,
професор кафедри «Інтегровані технології
машинобудування» ім. М.Ф. Семко

кандидат технічних наук, доцент
Тарасюк Анатолій Петрович,
Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків,
перший проректор з навчальної роботи,
завідувач кафедри «Металорізальне
обладнання та транспортні системи»

Захист відбудеться «21» жовтня 2010 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Автореферат розісланий «18» вересня 2010 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12

Пермяков О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний розвиток машинобудування вимагає високоякісного виготовлення деталей машин. Виробничий досвід свідчить про те, що високі вимоги до якості обробки поверхонь деталей потребують вдосконалення процесу їх обробки, зокрема на оздоблювально-зачисних операціях. Ефективним і перспективним є вібраційний метод обробки деталей на верстатах з U-подібною формою контейнера. Вібраційна обробка (ViO) дозволяє здійснювати широкий діапазон операцій: очищення, видалення з поверхонь і кромek деталей задириків, зменшення шорсткості поверхні і підвищення якості поверхневого шару, зміцнення поверхневого шару деталі, підготовку поверхонь деталей під покриття. Відповідно до цього актуальною науково-практичною задачею стосовно вібраційної обробки є розробка рекомендацій, що сприяють підвищенню її продуктивності за рахунок розробки та дослідження інструменту – одиничних абразивних гранул шляхом виявлення найбільш раціональної геометричної форми гранули, яка дозволить забезпечувати здобуття максимального знімання металу з поверхні оброблюваних деталей і зберігання працездатності гранули тривалий час, сприяючи підвищенню продуктивності процесу вібраційної обробки, що і визначило напрямок дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі «Технологія машинобудування» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Луганськ) у відповідності з держбюджетними НДР МОН України «Теоретичні дослідження процесів плазмової, віброабразивної і гідроабразивної обробки, комп'ютерного синтезу оптимальних технологічних середовищ» (ДР №0104U000100) і «Проведення досліджень і розробка процесу полірування робочих поверхонь кульових запірної арматури» (ДР № 0108U010164), в яких здобувач була виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. *Мета дослідження* – підвищення продуктивності обробки деталей в U-подібних контейнерах вібраційних верстатів шляхом вибору форми інструменту – одиничної абразивної гранули.

Для досягнення зазначеної мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- виконати аналіз чинників, що впливають на підвищення продуктивності вібраційної обробки деталей в U-подібному контейнері;
- виконати аналіз впливу параметрів абразивних гранул на продуктивність вібраційної обробки;
- створити математичну модель, яка описує поведінку одиничної абразивної гранули певної геометричної форми, що контактує з оброблюваною поверхнею у вібраційному полі;
- розробити методики виготовлення і виготовити абразивні гранули різноманітних геометричних форм;
- виконати дослідження інструменту – одиничних абразивних гранул і виявити найбільш раціональну геометричну форму, що дозволить забезпечувати здобуття максимального знімання металу з поверхні оброблюваних деталей і тривалий час зберегти працездатність гранули;
- розробити рекомендації щодо практичного використання абразивних гранул.

Об'єктом дослідження є процес вібраційної обробки в U-подібних контейнерах вібраційних верстатів.

Предмет дослідження – закономірності процесу вібраційної обробки в U-подібних контейнерах вібраційних верстатів і вплив форми одиничної абразивної гранули на продуктивність цього процесу.

Методи дослідження. Теоретичні аспекти дисертації базуються на наукових положеннях теоретичної механіки, теорії віброабразивної обробки та сучасному математичному інструментарії. При математичному моделюванні взаємодії інструменту (абразивної гранули), що має певну геометричну форму, з поверхнею виробу використовувався закон збереження імпульсу. Для проектування і дослідження ефективності форми гранули було використано програмний комплекс AUTOCAD/VISUAL LISP, MAPLESOFT MAPLE, а також методи Монте-Карло та метод двійкового пошуку колізій. Результати, висновки та рекомендації підтверджені експериментально. При обробці результатів експериментальних досліджень зносостійкості гранул різних геометричних форм і радіусів скруглення зразків використовувалися системи комп'ютерної інженерії та алгебри КОМПАС-3D V11, MATHCAD 2001 PROFESSIONAL. Достовірність теоретичних та експериментальних досліджень підтверджена практичним використанням відповідних результатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

- вперше встановлено та обґрунтовано вплив запропонованої форми абразивних гранул на періодичне об'ємне розширення робочого середовища та зміну циркуляційної швидкості потоку при його переміщенні вздовж стінок і днища контейнера, яка визначає та дозволяє підвищити продуктивність процесу вібраційної обробки;

- вперше шляхом математичного моделювання взаємодії одиничної гранули з поверхнею виробу під впливом вібрації встановлено вплив абразивної гранули запропонованої форми на сталість високої продуктивності процесу;

- теоретично обґрунтована та експериментально виявлена оптимальна форма із запропонованих форм абразивної гранули, яка забезпечує високу сталість працездатності інструменту завдяки його самозагостренню в процесі вібраційної обробки.

Практичне значення отриманих результатів.

Досліджено існуючі та розроблено нові форми абразивних гранул і запропоновано рекомендації по їх використанню для вирішення науково-практичних завдань підвищення продуктивності процесу вібраційної обробки. Встановлено, що найбільш продуктивною формою гранули, яка використовується при обробці деталей вільними абразивами, є двобічна піраміда, в поперечному перетині якої лежить неопуклий шестикутник із зовнішнім кутом $\alpha = 60^\circ$, внутрішнім кутом $\beta = 120^\circ$ і кутом при вершині гранули $\gamma = 55^\circ$ (патент на корисну модель № 40383), що дозволяє підвищити продуктивність процесу вібраційної обробки на 23-39 % у порівнянні з абразивними гранулами, що промислово виготовляються. Запропоновано інженерну методику визначення оптимальної форми абразивної гранули на стадії її виготовлення. Розроблено та упроваджено на ТОВ «Навігатор» (м. Дніпропетровськ) технологічні процеси обробки складнопрофільних деталей.

Результати дисертаційної роботи використано в навчальному процесі кафедри технології машинобудування СНУ ім. В. Даля при підготовці лабораторного практикуму для студентів за спеціальностями 8.090202 – «Технологія машинобудування» та 8.090208 – «Обробка матеріалів за спецтехнологіями».

Особистий вклад здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Серед них: обґрунтування впровадження нових форм абразивних гранул для вібраційної обробки деталей і результатів їх використання, математична модель контакту абразивної гранули і оброблюваного виробу в вібраційному полі та виборі її оптимальної форми, виконання досліджень, обробка та узагальнення результатів, участь у впровадженні. Постановка задач досліджень, аналіз і обговорення отриманих результатів виконувалися здобувачем спільно з науковим керівником.

Апробація результатів роботи. Основні положення й результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 12-й Міжнародній науково-технічній конференції «Фізичні і комп'ютерні технології» (м. Харків: ХНПК «ФЕД», 2006 р.); VII, VIII і IX Міжнародних науково-технічних конференціях «Вібрації в техніці та технологіях» (м. Львів, 2006 г.; м. Дніпропетровськ, 2007 р.; м. Вінниця, 2009 р.); науковій конференції професорсько-викладацького складу і наукових співробітників ВНУ ім. В. Даля «Наука-2006» (м. Луганськ, 2006 р.), «Університетська наука - 2008» (м. Луганськ, 2008р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Динаміка і міцність машин, будівель, споруд» (м. Полтава, 2009 р.); I Міжнародній науково-технічній конференції «Совершенствование существующих и создание новых технологий в машиностроении и авиастроении» (м. Ростов-на-Дону, 2009 р.); Міжнародному салоні винаходів і нових технологій «Новий час» (м. Севастополь, 2009 р.); Всеукраїнській міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні технології в промисловому виробництві» (м. Суми, 2010 р.).

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 16 наукових публікаціях, з них: 14 статей у наукових фахових виданнях ВАК України, 2 патенти на корисну модель.

Структура і об'єм. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків і рекомендацій, шести додатків, списку використаних джерел (193 джерела). Загальний обсяг дисертації становить 244 сторінки з них: 49 рисунків по тексту; 33 рисунки на 18 окремих сторінках; 13 таблиць по тексту; 10 таблиць на 19 сторінках; 6 додатків на 39 сторінках; списку використаних літературних джерел з 193 найменувань на 21 сторінці.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету та задачі досліджень, визначено об'єкт і предмет досліджень. Сформульовано наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів. Наведено інформацію про апробацію, структуру і об'єм роботи, особистий внесок автора в дослідження проблеми.

Перший розділ присвячено аналітичному огляду літературних джерел вітчизняних і зарубіжних авторів (А.П. Бабічева, М.Ю. Шаїнського, В.О. Повидайло, П.С. Берника, А.П. Субача, П.Д. Денисова, Ю.Р. Копилова, І.Ф.

Гончаревича, І.В. Політова, William Brandt, Y. Matsunaga та ін.), які присвячені вивченню процесу ВіО деталей.

Проаналізовано чинники, що впливають на продуктивність ВіО, розглянуто інструмент і його характеристики, що впливають на показники процесу обробки деталей на вібраційних верстатах. Результати аналізу показали, що саме формі гранули не приділялося достатньої уваги, а наявна інформація має суперечливий характер.

У другому розділі проведено аналіз теоретичних моделей, що використовуються при оцінці енергетичних показників і кількісних параметрів продуктивності процесу ВіО, та встановлено, що задачу вибору форми гранули необхідно вирішувати на основі досліджень динамічних характеристик взаємодії тривимірної гранули певної форми та поверхні оброблюваного виробу. Пропонується тривимірна схема, представлена на рис. 1.

У загальному випадку закон збереження

Рис. 1. Схема зіткнення гранули і поверхні деталі імпульсу виглядатиме таким чином:

$$\begin{aligned} mV_n^+ - mV_n^- &= P_n, \\ mV_\tau^+ - mV_\tau^- &= P_\tau, \\ J\omega^+ - J\omega^- &= P_n \times R + P_\tau \times R, \end{aligned} \quad (1)$$

де v_n^-, v_n^+ – нормальні складові швидкості до і після зіткнення; v_τ^-, v_τ^+ – дотичні складові швидкості до і після зіткнення; P_n, P_τ – нормальний і дотичний імпульси; ω^-, ω^+ – кутова швидкість до і після зіткнення; m – маса гранули; J – тензор моменту інерції гранули; R – радіус-вектор від центру мас до точки зіткнення.

Оскільки обробка відбувається, в більшості випадків, з використанням робочих розчинів, застосовується гіпотеза рідкого тертя, що описується для даного випадку таким чином:

$$F_{fr} = -D|F_n|V_{A\tau}, \quad (2)$$

де D – коефіцієнт тертя; F_n – нормальна реакція опори в точці зіткнення; $V_{A\tau}$ – дотична відносна швидкість між деталлю і гранулою в точці контакту, для даного випадку – дотична швидкість точки A .

При описі зіткнення двох тіл застосовується гіпотеза Ньютона: $v_n^+ = kv_n^-$, де k – коефіцієнт відновлення, залежний від властивостей матеріалу. Якщо удар не центральний, а швидкість має як нормальну, так і дотичну складову, то частина енергії перейде в обертальний рух. Тому моделі, застосовні для матеріальної частки, в даному випадку недоречні, оскільки визначити коефіцієнт відновлення через відношення нормальних складових швидкості через неспівпадання центру мас і точки додатка імпульсу в загальному випадку не можна. Найкоректніше оцінювати коефіцієнт відновлення різницею між кінетичними енергіями тіла до і після зіткнення:

$$P_n^+ = P_n^- e, \quad (3)$$

де e – емпіричний коефіцієнт, що характеризує розсіювання кінетичної енергії під час зіткнення; P_n^-, P_n^+ – імпульси гранули відповідно до і після зіткнення.

Таким чином, процес зіткнення розбивається на два етапи:

– перший етап триває до моменту максимального зближення гранули і поверхні деталі; закінченням першого етапу можна вважати момент, коли нормальна складова швидкості точки A (рис. 1) стає рівною 0;

– другий етап – відповідно гранула під дією силового імпульсу, визначеного з (3), починає віддалятися від поверхні.

Тоді для першого етапу систему рівнянь (1) можна розписати, як:

$$mV_n^0 - mV_n^- = P_n^-; \quad mV_\tau^0 - mV_\tau^- = P_\tau^- , \quad (4)$$

де v_n^-, v_τ^- – нормальний та дотичний компоненти швидкості до зіткнення; v_n^0, v_τ^0 – нормальний та дотичний компоненти швидкості, згідно запропонованому вище способу моделювання, у момент максимального зближення гранули і поверхні деталі, тобто значення швидкості між першим і другим етапом.

За умови, що осі координат проходять через центр мас гранули і збігаються з її осями симетрії, зміна моментів кількості руху описується:

$$\begin{aligned} J_x \omega_x^0 - J_x \omega_x^- &= P_n^- N_x + P_\tau^- T_x; \quad J_y \omega_y^0 - J_y \omega_y^- = P_n^- N_y + P_\tau^- T_y; \\ J_z \omega_z^0 - J_z \omega_z^- &= P_n^- N_z + P_\tau^- T_z, \end{aligned} \quad (5)$$

тут J_x, J_y, J_z – моменти інерції гранули довкола відповідних осей; $\omega_x^-, \omega_y^-, \omega_z^-$, $\omega_x^0, \omega_y^0, \omega_z^0$ – кутові швидкості гранули по відповідних осях на початку першого етапу і у момент максимального зближення, аналогічно лінійним швидкостям.

Коефіцієнти N_i і T_i введені для полегшення подальшого розв'язання, зокрема завдання початкових параметрів, спрощення запису при подальшому програмуванні рівняння. Вони є косинусами кутів між напрямками імпульсів і векторами, що визначають швидкості точки A довкола відповідних осей, і знаходяться таким чином:

$$N_x = \frac{1}{V_n^-} (A_z V_{ny}^- - A_y V_{nz}^-); \quad N_y = \frac{1}{V_n^-} (A_x V_{nz}^- - A_z V_{nx}^-); \quad N_z = \frac{1}{V_n^-} (A_y V_{nx}^- - A_x V_{ny}^-), \quad (6)$$

де A_x, A_y, A_z – координати точки додатка імпульсу; $V_{nx}^-, V_{ny}^-, V_{nz}^-$ – проекції нормальної складової швидкості на відповідні осі; T_i – визначається аналогічно, підстановкою в (6) відповідних компонент і значень дотичних складових швидкості гранули.

Враховуючи, що сили діють на проміжку дуже короткого інтервалу часу, протягом якого вони істотно не змінюються, це дозволяє при формулюванні закону тертя замінити їх імпульсами, тоді формула (2) набуває вигляду

$$P_x^- = -D |P_y^-| V_{A\tau} . \quad (7)$$

Враховуючи, що початкова швидкість обертання гранули значно менше швидкості її лінійного руху, пропонується надалі не враховувати її вплив і прийняти $V_{A\tau} = V_\tau^0$.

Останнє рівняння витікає з умов переходу, а саме: перший етап закінчується в той момент, коли нормальна складова швидкості руху точки зіткнення дорівнює нулю, тобто

$$V_n^+ - \frac{V_{nx}^-(\omega_y^0 A_z + \omega_z^0 A_y) + V_{ny}^-(\omega_x^0 A_z + \omega_z^0 A_x) + V_{nz}^-(\omega_x^0 A_y + \omega_y^0 A_x)}{V_n^-} = 0. \quad (8)$$

Другий етап описується аналогічною системою:

$$\begin{aligned} mV_n^+ - mV_n^0 &= P_n^+; \quad mV_\tau^+ - mV_\tau^0 = P_\tau^+; \\ J_x \omega_x^+ - J_x \omega_x^0 &= P_n^+ N_x + P_\tau^+ T_x; \quad J_y \omega_y^+ - J_y \omega_y^0 = P_n^+ N_y + P_\tau^+ T_y; \end{aligned} \quad (9)$$

$$J_z \omega_z^+ - J_z \omega_z^0 = P_n^+ N_z + P_\tau^+ T_z; \quad P_x^+ = -D |P_y^+| V_\tau^+.$$

Спільно з рівнянням (3) дана система дозволяє визначити значення основних параметрів руху гранули. Початковими даними при розв'язанні рівнянь 3, 9 є: маса; момент інерції гранули і її форма, яка визначає положення контактної точки. Кінематичні параметри варіюються залежно від розташування деталі, гранули і кута їх зіткнення.

Результатом дослідження форми є тиск, що визначається як

$$p = \frac{P_n^+}{S}, \quad (10)$$

де s – площа поверхні контакту, обумовлена формою гранули.

На основі отриманих теоретичних результатів можна сформулювати концепцію наступного етапу моделювання, а саме – безпосередній аналіз форми гранули дослідженням значення тиску залежно від кінематичних і геометричних параметрів гранули.

Для дослідження ефективності форми гранули окрім математичної моделі процесу взаємодії гранули з поверхнею деталі, необхідний засіб, який дозволить точно описати її форму, а також буде використовуватись для розробки інструменту для ВіО деталей, з інструментарієм, який має сучасні системи автоматизованого проектування.

Реалізацію поставленого завдання можна розділити на наступні етапи:

1. Вибір математичного методу, що дозволяє врахувати форму гранули.
2. Вибір платформи для реалізації даного методу, що має комфортні інструменти для створення потрібної геометрії гранули.
3. Вибір платформи для аналізу отриманих даних.
4. Моделювання процесу взаємодії гранули і поверхні деталі.
5. Розрахунок параметрів взаємодії за рівняннями (1-9).
6. Аналіз і візуалізація отриманих даних.

У основі вибору програмної платформи для реалізації даного завдання є необхідність забезпечити розробку тривимірної моделі гранули, а також можливість її подальшої модифікації. Найбільш прийнятною, згідно з поставленими вимогами, є система AUTOCAD, AUTODESK.

Система з вбудованими засобами обчислення таких параметрів тривимірних об'єктів як: об'єм, координати центру мас, моменти інерції й інше, – окрім того засоби розробки дозволяють просто, порівняно з іншими програмними продуктами, виконувати різні геометричні перетворення. Принцип взаємодії компонентів програмного комплексу для проектування і дослідження ефективності форми гранули проілюстровано схемою (рис. 2), де VISUAL LISP стає засобом реалізації алгоритму (рис. 3).

Рис. 2. Принцип взаємодії компонентів програмного комплексу для проектування і дослідження ефективності форми гранули: 1 – побудова гранули в системі AUTOCAD; 2 – передача результатів роботи методу Монте-Карло в Excel; 3 – експорт даних з Excel в Maple для визначення питомого імпульсу; 4 – збереження даних в Excel; 5 – набуття середнього значення, аналіз результатів

амплітуда коливань $A=3$ мм.

При проведенні досліджень використовувалися зразки 7-и груп різних розмірів у формі цілісних порожнистих циліндрів і пластин. Вибір зразків різної форми був обумовлений поставленим завданням, а саме: оцінкою впливу форми інструменту – АГ на продуктивність процесу ВіО деталей різних форм.

Як об'єкти досліджень використовувалися АГ семи різних форм: конусів; пірамід, що мають у основі квадрат (П4); пірамід, що мають у основі неопуклий шестикутник (П6); пірамід, що мають у основі неопуклий восьмикутник (П8); пірамід, що мають у основі неопуклий восьмикутник у формі «мальтійського хреста» (П8(МХ)); двобічних пірамід, у поперечному перерізі яких лежить неопуклий шестикутник П12; двобічних пірамід з наявністю центральної призматичної частини, в поперечному перерізі якої лежить неопуклий шестикутник П18. Досліджувані гранули виготовлялися способом литва в керамічні матриці

(рис. 5) з епоксидної смоли, отверджувача і

Рис. 5. Керамічна матриця шліфувального порошку карбиду кремнію чорного і дерев'яні моделі АГ зернистістю №40. Дозування компонентів підбиралося за умови забезпечення непорушності гранул із збереженням їх ріжучої здатності. АГ, що використовувалися при проведенні експериментальних досліджень, мали однаковий склад, масу і довжину твірної, що при проведенні досліджень дозволило виключити вплив інших чинників на процес ВіО.

Четвертий розділ містить результати досліджень, направлених на виявлення впливу форми гранул на продуктивність процесу ВіО. Встановлено, що знімання металу з поверхонь зразків в порівнянні з гранулами, що промислово випускаються, у формі конусів в гранулах П4, зросло на 2-12 %, у П6 на 13-24 %, у П8 і П8(МХ) на 20-55 % і 21-50 % відповідно (рис. 6).

Рис. 6. Діаграма, що відображує продуктивність абразивних гранул різних форм (час обробки всіх зразків – 60 хв., режими обробки: амплітуда $A=3,5$ мм, частота $f=50$ Гц):

1 – циліндричні латунні зразки; 2 – латунні зразки у формі паралелепіпедів; 3 – сталеві порожнисті зразки з розмірами $\varnothing 40 \times 25 \times 5$ мм; 4 – сталеві порожнисті зразки з розмірами $\varnothing 25 \times 25 \times 5$ мм; 5 – сталеві порожнисті зразки з розмірами $\varnothing 17 \times 25 \times 7$ мм; 6 – сталеві пластини; 7 – алюмінієві пластини

Основними умовами забезпечення знімання металу в процесі ВіО є взаємний контакт з наявністю відносного і циркуляційного переміщень гранул і деталей. В результаті експериментальних досліджень впливу форми гранул на рухливість робочого середовища встановлено, що АГ, які мають різну форму (при однакових складових компонентах), під впливом одних і тих же коливань рухаються з різними швидкостями, з різною стабільністю і різним об'ємним розширенням. Збільшення кількості ребер гранул веде до збільшення і стабілізації циркуляційних швидкостей по периметру контейнера. Для досліджуваних гранул збільшення середніх циркуляційних швидкостей у порівнянні з конусами на 23 % - для П6 і 33 % – для П12 (табл. 2, 3).

Результати експериментальних досліджень

Форма АГ	Швидкість межового шару РС в різних зонах контейнера, м/хв			K_V		
	V_1	V_2	V_3	K_{V1}	K_{V2}	K_{V3}
Конуси	4,44	3,36	2,98	1	1	1
П4	4,90	3,42	2,67	1,104	0,899	0,896
П6	5,57	4,41	3,24	1,255	1,313	1,087
П12	5,62	4,78	3,88	1,266	1,423	1,302
	Примітка: РС – робоче середовище; V_1 – швидкість переміщення гранул біля стінки контейнера при їх русі вниз, м/хв; V_2 – швидкість переміщення гранул біля днища контейнера, м/хв; V_3 – швидкість переміщення гранул біля стінки контейнера при їх русі вгору, м/хв.; K_V – коефіцієнт, що враховує зміни циркуляційній швидкості РС					

Таблиця 3

Величини, що характеризують міру рухливості робочого середовища

Форма АГ	h_{max} , мм	h_n , мм	Δ , %
Конуси	215,44	25,44	13,00
П4	223,55	33,55	17,66
П6	238,85	48,85	25,71
П12	248,47	58,47	30,77
	Примітка: РС – робоче середовище; h_{max} – максимальна величина розширення РС в процесі роботи вібраційного верстата, мм; h_n – початкова величина завантаження контейнера вібраційного верстата (в даному випадку для всіх середовищ складає 190 мм), мм; h_n – величина лінійного розширення робочого середовища, мм; Δ – величина розширення робочого середовища, %		

Швидкість елементів завантаження при постійній енергії, що підводиться до контейнера, котрий коливається, залежить від параметрів цих елементів завантаження (оскільки в контейнері 70 % завантаження складають гранули, то – від параметрів гранул), а отже, і від їх кількості в одиниці об'єму. При цьому кінетична енергія на одну гранулу визначається, як $e_{кин} = \frac{E_{кин}}{n_{гр}} = \frac{k}{n_{гр}} E_{виобр}$, де $n_{гр}$ – число гранул в завантаженні. При цьому $e_{кин} = \frac{m_{гр} v_{цирк}^2}{2}$. Відповідно, $m_{гр} = \rho U_{гр}$, де ρ – щільність; $U_{гр}$ – об'єм гранули. Тоді: $v_{цирк} = \sqrt{\frac{2k E_{виобр}}{n_{гр} m_{гр}}}$ або $v_{цирк} = \sqrt{2 \frac{k E_{виобр}}{\rho_{гр} n_{гр} V_{гр}}}$. Таким чином, визначається циркуляційна швидкість з урахуванням кінетичної енергії, що витрачається і що бере участь в процесі з певною кількістю гранул. На знімання йде енергія, що залишилася, не витраченою на створення циркуляційної швидкості, її можна визначати таким чином: $E_{сьема} = (1-k)E_{виобр}$, тоді енергія, що приходиться на одну гранулу (при зніманні), виражається як: $e_{сьема} = \frac{(1-k)E_{виобр}}{n_{гр}}$. Враховуючи, що знімання пропорційне

енергії знімання, то відповідно: $Q \sim \frac{(1-k)}{n_{зр}} E_{виобр}$, за інших рівних умов знімання металу

зворотньопропорційне числу гранул у завантаженні. Результати експериментальних досліджень підтверджують, що форма АГ має значний вплив на знімання металу, а саме: встановлено, що збільшення числа гранул в одиниці об'єму завантаження не веде до підвищення продуктивності процесу обробки. Максимальне знімання металу спостерігається при обробці зразків гранулами у формі П12 (в 1,15, 1,29 і 1,32 і є більшим в порівнянні з П6, П4 і конусами), хоча їх кількість є в 1,7, 1,8 і 2,1 разів меншою в порівнянні з тими ж П6, П4 і конусами відповідно.

Порівняльний аналіз результатів досліджень зносостійкості АГ різних форм показав, що до найбільшого зношування з втратою своєї первинної геометричної форми схильні гранули у формі П8 і П8(МХ), у порівнянні з конусами зношування є вищим на 10 і 24 % відповідно. Гранули у формі конусів, П4 і П6 у процесі роботи зношуються менш інтенсивно і зберігають свою форму. Зношування в порівнянні з конусами є всього на 2 і 7 % більшим відповідно (табл. 4).

Для забезпечення високої зносостійкості необхідно, аби кути АГ, що утворюють внутрішні поверхні (грані гранули), були більшими за 47° і меншими за 135°. Кути, що утворюють ребра гранули, мають бути гострими, і їх величина повинна бути приблизно 60°, оскільки при менших значеннях спостерігатиметься підвищене зношування, а при більших – низька продуктивність гранул. При цьому грані, що утворюють ці кути, мають бути доступними і досить розвиненими для ефективного контакту з деталями і гранулами.

В ході експериментальних досліджень встановлено, що для скорочення операційного часу і підвищення продуктивності ВіО деталей незалежно від їх матеріалу і початкової шорсткості найбільш раціональне використання АГ у формі П12 – рис. 7 (патент на корисну модель № 40383), оскільки продуктивність цих гранул в порівнянні з конусом є вищою на 23-39 %, а зношування – всього на 4 %. Отже саме цю форму гранули необхідно рекомендувати як інструмент для виконання операцій вібраційного шліфування, очищення видалення задирок і скруглення гострих кромek деталей.

Рис. 7. АГ у формі П12

Дослідження за зміною шорсткості поверхонь різних зразків показали, що залежно від матеріалу в гранулах у формі конусів вона змінилася: для латуні з Ra = 4,2 мкм до Ra=1,13 мкм, для сталі з Ra=10 мкм до Ra=1,63 мкм, для алюмінію з Ra=5,2 мкм до Ra=1,74 мкм за 60-150 хв., а в П12 за 35-105 хв., що на 30 % менше.

У п'ятому розділі приведені результати розробок нових високопродуктивних форм АГ – П6 (патент на корисну модель №31109) і П12 (патент на корисну модель № 40383), а також пристрій для їх виготовлення. Використання високопродуктивного абразивного інструменту у формі П12 дозволило отримати необхідний технологічний результат, скоротити операційний час обробки деталей з 60 хв. до 40 хв. без їх взаємного пошкодження, а економічний ефект від впровадження технологічного процесу ВіО складнопрофільних деталей на підприємстві ТОВ «Навігатор» (м. Дніпропетровськ) склав 36 тис. грн.

Результати досліджень по зміні радіусів скруглення вершин і ребер абразивних гранул різних форм протягом 4 годин
(з їх визначенням через 1 годину)

Форма гранулы				
Конус	П4	П6	П8	П8(МК)
Зовнішній вигляд вершин гранул до обробки і після кожної години роботи				
Визначення радіусів скруглення вершин гранул різних форм в програмі КОМПАС 3D–V9				
Зовнішній вигляд основ гранул до обробки і після кожної години роботи				
Визначення радіусів скруглення ребер гранул (в їх основі) різних форм в програмі КОМПАС 3D–V9				
–				

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну задачу підвищення продуктивності вібраційної обробки деталей на вібраційних верстатах з U-подібною формою контейнеру шляхом створення нових форм абразивних гранул, що забезпечують якнайповніше реалізацію технологічних можливостей процесу. На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблені рекомендації по підвищенню продуктивності вібраційної обробки за рахунок вибору форми абразивного інструменту. Основні висновки по роботі наступні:

1. В результаті систематизації шляхів підвищення продуктивності процесу вібраційної обробки, (а саме: вихідний стан заготовок, конструктивні особливості вібраційного верстата, режими руху контейнеру, робочий інструмент, інтенсифікація процесу хімічними, електрохімічними та іншими методами, механізація та автоматизація допоміжних операцій) встановлено, що можливо досягнути підвищення його продуктивності без ускладнення конструкції верстата, тобто без зміни амплітудно-частотних характеристик устаткування, без створення додаткових пристосувань, без використання засобів інтенсифікації процесу вібраційної обробки, а тільки оперуючи формою робочого інструменту – абразивної гранули.

2. В результаті систематизації і вивчення основних характеристик абразивних гранул, а саме: складу (абразивна та з'єднувальна складові, співвідношення цих компонентів), розміру, маси, форми, додаткових елементів, зносостійкості та ін. визначено, що формі гранули не приділялося достатньої уваги, при цьому також існують суперечливі результати щодо її вибору.

3. Дослідження впливу абразивних гранул різної форми, а саме: конусів, пірамід, що мають в основі квадрат, неопуклі шести- і восьмикутники – на продуктивність процесу вібраційної обробки показали, що при обробці зразків в гранулах, що мають виступаючі ребра, зі збільшенням кількості цих ребер знімання металу збільшується. В порівнянні з конусами в гранулах в формі пірамід, що мають в основі квадрат воно зросло на 2-12 %, у гранулах у формі пірамід, що мають в основі неопуклий шестикутник – на 13-24 %, у гранулах у формі пірамід, що мають в основі неопуклий восьмикутник і гранулах у формі пірамід, що мають в основі неопуклий восьмикутник у формі «мальтійського хреста» – на 20-55 % і 20-50 % відповідно.

4. Встановлено, що абразивні гранули, які мають різну форму (при однакових складових компонентах), під впливом одних і тих самих коливань рухаються з різними середніми швидкостями, як загальними, так і в окремих зонах контейнеру верстату, відповідно, з різною стабільністю та об'ємним розширенням. Збільшення кількості ребер гранул призводить до збільшення і стабілізації циркуляційних швидкостей по периметру контейнера. В порівнянні з конусом в пірамідах, що мають в основі квадрат, швидкість практично однакова; в гранулах у формі пірамід, що мають в основі неопуклий шестикутник більша на 23 % і в гранулах у формі двобічних пірамід, що мають в перерізі неопуклий шестикутник – на 33 %.

5. Порівняльний аналіз результатів досліджень зносостійкості абразивних гранул різних форм показав, що до найбільшого зношування з втратою своєї первинної геометричної форми схильні гранули у формі пірамід, які мають в основі неопуклий

восьмикутник і гранули у формі пірамід, які мають в основі неопуклий восьмикутник у формі «мальтійського хреста», в порівнянні з конусами зношування вище на 10 і 24 % відповідно. Гранули у формі конусів, пірамід, які мають в основі квадрат і пірамід, які мають в основі неопуклий шестикутник, в процесі роботи зберігають свою форму і зношуються менш інтенсивно: в порівнянні з конусами – усього на 2 і 7 % більше.

6. В результаті проведених спостережень за процесом зношування та зміни форми досліджуваних гранул встановлено, що для забезпечення високої зносостійкості необхідно, аби кути абразивних гранул, що утворюють внутрішні поверхні (грані гранули), були більшими за 47° і меншими за 135° (це обумовлено геометрією досліджуваних гранул). Кути, що утворюють ребра гранули, мають бути гострими й їх величина повинна відповідати приблизно 60° , оскільки при менших значеннях спостерігатиметься підвищене зношування, а при більших – низька продуктивність гранул. При цьому грані, що утворюють ці кути, мають бути доступними і досить розвиненими для ефективного контакту з деталями і гранулами.

7. Для підвищення продуктивності вібраційної обробки деталей, незалежно від їх матеріалу і початкової шорсткості, найбільш раціональним є використання абразивних гранул у формі двобічних пірамід, що мають в перерізі неопуклий шестикутник, оскільки продуктивність цих гранул у порівнянні з конусом є вищою на 23-39 %, а зношування – всього на 4 %.

8. Дослідження по зміні шорсткості поверхонь різних зразків показали, що залежно від матеріалу вона змінилася: для латуні з $Ra = 4,2$ мкм до $Ra = 1,13$ мкм, для сталі з $Ra = 10$ мкм до $Ra = 1,63$ мкм, для алюмінію з $Ra = 5,2$ мкм до $Ra = 1,74$ мкм; при цьому час досягнення необхідної шорсткості був в гранулах у формі двобічних пірамід, що мають в перерізі неопуклий шестикутник є на 30 % меншим у порівнянні з конусами.

9. Встановлено, що найбільш продуктивною формою гранули зі збереженням її в процесі роботи є двобічна піраміда, що має в перерізі неопуклий шестикутник (патент на корисну модель № 40383), яку й слід рекомендувати в якості інструменту для виконання операцій вібраційного шліфування, очищення, видалення задирок і скруглення гострих кромки деталей.

10. Результати теоретичних та експериментальних досліджень інструменту у формі П12 були впроваджені на ТОВ «Навігатор» (м. Дніпропетровськ), дозволило отримати необхідний технологічний результат та скоротити операційний час вібраційної обробки складно профільних деталей з 60 хв. до 40 хв.

ПУБЛІКАЦІ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Власова Т.А. (Шумакова Т.А.) Обработка разрезных поршневых колец в U-образном контейнере с применением низкочастотных колебаний / И.Н. Пшеничный, Ю.Н. Букаранов, Л.М. Лубенская, Т.А. Власова // Високі технології в машинобудуванні. Харків: НТУ «ХПІ», 2004.– Вип. 2. – С. 161-170.

Здобувачем були визначені умови, які дозволяють проводити обробку розрізних поршневих кілець у пакеті в контейнерах U- подібної форми з горизонтальним валом віброзбуджувача по округленню гострих кромки,

формуванню фасок і визначенню зусиль, необхідних для даної операції.

2. Власова Т.А. (Шумакова Т.А.) Возможность использования методов отделочно-зачистной обработки разрезных поршневых колец / И.Н. Пшеничный, Л.М. Лубенская, С.Н. Ясуник, Т.А. Власова // Резание и инструмент в технологических системах. Харків: НТУ «ХП», 2004. – Вып. 66 – С. 163-172.

Здобувачем досліджено вплив технологічних параметрів процесу, що визначають якість обробки поршневих кілець, у тому числі: фізико-механічні та гранулометричні характеристики абразивного наповнювача та об'єм загрузки абразивного наповнювача в робочому контейнері.

3. Власова Т.А. (Шумакова Т.А.) К вопросу выбора формы гранул, соизмеримых по размерам с обрабатываемыми деталями / Т.А. Власова, Л.М. Лубенская // Резание и инструмент в технологических системах. Харків: НТУ «ХП», 2005. – Вып. 68. – С. 37-42.

Здобувачем проведено та оброблено отримані результати по вибору форми абразивних гранул.

4. Власова Т.А. (Шумакова Т.А.) Влияние характеристик инструмента – абразивных гранул на эффективность процесса вибрационной обработки / Л.М. Лубенская, Т.А. Власова // Прогресивні технології і системи машинобудування. Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Вып. 31. – С. 186-191.

Здобувачем проведено експериментальні дослідження з оцінки впливу форми абразивної гранули, у тому числі кількості її граней, на знімання металу з поверхонь деталей на прикладі зразків з латуні ЛС 59-1Л.

5. Власова Т.А. (Шумакова Т.А.) К вопросу описания вибрационного технологического поля / Т.А. Власова, М.А. Калмыков // Наукові праці Вінницького державного аграрного університету. Серія: технічні науки. Вінниця: ВДАУ, 2006. – Вып. 1. – С. 171-175.

Здобувачем проаналізовано існуючі методи опису вібраційного поля, що використовується для металообробки виробів.

6. Шумакова Т.А. Анализ эффективности инструмента – абразивных гранул, що використовуються при вібраційній обробці деталей / Л.М. Лубенська, М.О. Калмиков, Т.О. Шумакова // Машинознавство. Вып. №10 (124) – 2007. – С. 16-22.

Здобувачем на підставі патентного пошуку проведено аналіз існуючих форм абразивних гранул, що використовуються в якості інструменту – вільного гранульованого середовища при об'ємній вібраційній обробці на оздоблювально-зачисних операціях, з описом їх параметрів.

7. Шумакова Т.А. Влияние формы абразивных гранул на съём металла с поверхностей образцов различных геометрических форм / Л.М. Лубенская, Т.А. Шумакова, С.Н. Ясуник // Вибрации в технике и технологиях. Вып. №2 (47) – 2007. – С. 33-37.

Здобувачем проведено дослідження та оброблено отримані результати досліджень по виявленню впливу форми абразивних гранул на знімання металу з поверхонь зразків різної геометричної форми.

8. Шумакова Т.А. Исследования абразивного инструмента, применяемого при вибрационной обработке деталей свободными абразивами / Л.М. Лубенская, Т.А. Шумакова, С.Н. Ясуник // Ресурсозберігаючі технології виробництва та

обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. Збірник наукових праць. Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2008. – С.104-109.

Здобувачем запропоновані та досліджені нові форми одиначної абразивної гранули для обробки деталей вільними абразивами вібраційним методом.

9. Шумакова Т.А. Влияние формы абразивного инструмента на производительность процесса вибрационной обработки / Л.М. Лубенская, Т.А. Шумакова, А.С. Зуев// Східно-європейський журнал передових технологій. Вип. 4/1(34) – 2008. – С. 18-25.

Здобувачем виготовлені гранули різноманітної форми і проведені дослідження по виявленню її впливу на продуктивність процесу вібраційної обробки.

10. Шумакова Т.А. К объяснению влияния геометрии абразивных гранул на производительность процесса вибрационной обработки / Л.М. Лубенская, С.Н. Ясуник, Т.А. Шумакова // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 2/2009(55) частина 1. – С. 56-59.

Здобувачем оброблені результати експериментальних досліджень по виявленню впливу форми абразивних гранул на продуктивність процесу вібраційної обробки.

11. Шумакова Т.А. Исследование поведения абразивных гранул различных геометрических форм в вибрирующих контейнерах / М.А. Калмыков, Т.А. Шумакова, И.М. Левинская // Вибрации в технике и технологиях. Вип. № 3(55). – 2009. – С. 69–72.

Здобувачем проведені дослідження поведінки абразивних гранул різноманітних геометричних форм.

12. Шумакова Т.А. Разработка методов определения оптимальной формы гранулы / М.А. Калмыков, Т.А. Шумакова // Східно-європейський журнал передових технологій. Вип. №6/1(43) – 2009. – С. 20-28.

Здобувачем проведено аналіз існуючих моделей по оцінці впливу інструменту на продуктивність процесу обробки.

13. Шумакова Т.А. Влияние формы абразивных гранул на производительность процесса вибрационной обработки / Т.А. Шумакова, Е.П. Мельникова, И.А. Чесноков// Вибрации в технике и технологиях. Вип. №2 (58) – 2010. – С. 219-233.

Здобувачем проведено аналіз факторів, що характеризують абразивні гранули, та оброблені результати експериментальних досліджень абразивних гранул різних форм на предмет їх продуктивності.

14. Шумакова Т.А. К вопросу разработки математического аппарата определения оптимальной формы гранулы / В.Б. Струтинский, М.А. Калмыков, Т.А. Шумакова // Вибрации в технике и технологиях. Вип. №3(59) – 2010. – С. 109-114.

Здобувачем проведено розрахунок по визначенню оптимальної форми гранули.

15. Патент № 31109 Україна МПК В24В 31/14. Абразивні гранули для вібраційної обробки деталей / Калмиков М.О., Шумакова Т.О., Романченко О.В.; заявник і патентовласник Східноукраїнський національний університет імені

Володимира Даля. – № U2007 13263; заявл. 28.11.2007; опубл. 25.03.2008, Бюл. №6.

Здобувачем запропоновано використання форми гранул з присутністю виступаючих гострих кромок.

16. Патент № 40383 Україна МПК В24В 31/14. Абразивні гранули для вібраційної обробки деталей / Лубенська Л.М., Шумакова Т.О., Калмиков М.О.; заявник і патентовласник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № U2008 11534; заявл. 25.09.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. №7.

Здобувачем запропоновано абразивну гранулу у формі пірамід зі здвоєними основами.

АНОТАЦІЇ

Шумакова Т.О. Підвищення продуктивності обробки деталей у віброуючих контейнерах шляхом вибору форми інструменту. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2010.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню продуктивності обробки деталей у віброуючих контейнерах без підвищення енергоємності процесу шляхом вибору форми інструменту – одиничної абразивної гранули.

У роботі розроблена тривимірна математична модель, що описує взаємодію гранули й поверхні виробу у вібраційному полі. Розроблено алгоритм, що дозволяє за допомогою математичного методу Монте-Карло, спираючись на отриману математичну модель, проаналізувати ефективність вживання гранули тієї або іншої форми в умовах взаємодії гранули і деталі.

Встановлено, що із збільшенням кількості ребер гранули, знімання металу зростає. При обробці різних зразків знімання металу зросло в порівнянні з конусами в гранулах П4 на 2-12 %, у П6 на 13-24 %, у П8 і П8(МХ) на 20-55 % і 20-50 %.

Результати досліджень зносостійкості абразивних гранул різних форм показали, що до найбільшого зношування з втратою своєї первинної геометричної форми схильні гранули у формі П8 і П8(МХ), у порівнянні з конусами знімання є вищим на 10 і 24 % відповідно. Гранули у формі конусів П4 і П6 у процесі роботи зберігають свою форму і зношуються менш інтенсивно: у порівнянні з конусами – на 2 і 7 % більше.

Для скорочення операційного часу вібраційної обробки деталей не залежно від їх матеріалу і початкової шорсткості найбільш раціональним є використання абразивних гранул у формі П12, оскільки продуктивність цих гранул у порівнянні з конусом вища на 23-39 %, а зношування – всього на 4 %.

Використання інструменту у формі П12 дозволило отримати необхідний технологічний результат, скоротити операційний час вібраційної обробки складнопрофільних деталей підприємства ТОВ «Навігатор» (м. Дніпропетровськ) до 40 хв. без взаємного їх пошкодження, а економічний ефект від впровадження

технологічного процесу склав 36 тис. грн.

Ключові слова: процес вібраційної обробки, продуктивність, вібраційний верстат, контейнер U-подібної форми, абразивні гранули, циркуляційна швидкість, знімання металу, зношування гранул.

Шумакова Т.А. Повышение производительности обработки деталей в вибрирующих контейнерах путем выбора формы инструмента. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.01 – процессы механической обработки, станки и инструменты. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, 2010.

Диссертационная работа посвящена повышению производительности обработки деталей в вибрирующих контейнерах без повышения энергоемкости процесса путем выбора формы инструмента – единичной абразивной гранулы.

В работе представлена трехмерная математическая модель, описывающая взаимодействие гранулы и поверхности изделия в вибрационном поле. Разработан алгоритм, позволяющий с помощью математического метода Монте-Карло, опираясь на полученную математическую модель, проанализировать эффективность применения гранулы той или иной формы в условиях взаимодействия гранулы и детали, максимально близких к реальным. На основе данного алгоритма разработана методика, реализованная как программный комплекс, состоящий из модуля в среде AutoCAD и программы в системе компьютерной алгебры MAPLE, а также Microsoft Excel, позволяющая анализировать эффективность формы гранулы. Данная система может быть использована как для исследования свойств существующих гранул, так и для разработки новых.

На базе полученных данных показана и обоснована эффективность применения гранулы, которая представляет собой двухстороннюю пирамиду, в поперечном сечении которой лежит невыпуклый шестиугольник.

В результате исследований по влиянию формы абразивной гранулы на производительность процесса ВиО установлено, что с увеличением количества ребер гранулы съем металла возрастает. При обработке различных образцов съем металла возрос по сравнению с конусами в гранулах П4 на 2-12 %, в П6 – на 13-24 %, в П8 и П8(МК) – на 20-55 % и 20-50 %.

Увеличение количества ребер гранул приводит также к увеличению и стабилизации циркуляционных скоростей по периметру контейнера, по сравнению с конусом: в П4 скорость соизмерима, в П6 она выше на 23 %, а в П12 на 33 % выше, соответственно.

Сравнительный анализ результатов исследований износостойкости абразивных гранул различных форм показал, что наибольшему износу с потерей своей первоначальной геометрической формы подвержены гранулы в форме П8 и П8(МК), по сравнению с конусами он выше на 10 и 24 % соответственно. Гранулы в форме конусов П4 и П6 в процессе работы сохраняют свою форму и изнашиваются менее интенсивно: по сравнению с конусами – на 2 и 7 % больше.

Для обеспечения высокой износостойкости необходимо, чтобы углы абразивных гранул, образующие внутренние поверхности (границы гранулы), были

больше 47° и меньше 135° . Углы, образующие ребра гранулы, должны быть острыми, и их величина должна соответствовать 60° , т.к. при меньших значениях будет наблюдаться повышенный износ, а при больших – низкая производительность гранул. При этом грани, образующие эти углы, должны быть доступными и достаточно развитыми для эффективного контакта с деталями и гранулами.

Для сокращения операционного времени ВиО деталей независимо от их материала и начальной шероховатости наиболее рационально применение абразивных гранул в форме П12, т.к. производительность этих гранул по сравнению с конусом выше на 23-39 %, а износ всего на 4 %.

Исследования по изменению шероховатости поверхностей различных образцов показали, что в зависимости от материала в гранулах в форме конусов она изменилась: для латуни с $Ra = 4,25$ мкм до $Ra = 1,13$ мкм; для стали с $Ra = 10$ мкм до $Ra = 1,63$ мкм; для алюминия с $Ra = 5,2$ мкм до $Ra = 1,74$ мкм за 60-150 мин, а в П12 за 35-105 мин, что на 30 % меньше.

Применение высокопроизводительного абразивного инструмента в форме П12 позволило получить необходимый технологический результат, сократить операционное время обработки деталей с 60 до 40 мин. без взаимного их повреждения, а экономический эффект от внедрения технологического процесса вибрационной обработки сложнопрофильных деталей на предприятии ООО «Навигатор» (г. Днепропетровск) составил 36 тыс. грн.

Ключевые слова: процесс вибрационной обработки, производительность, вибрационный станок, контейнер U-образной формы, абразивные гранулы, циркуляционная скорость, съем металла, износ гранул.

Shumakova T.A. Increasing the productivity of details treatment in vibrating containers by the form of instrument choice. – Manuscript.

The Thesis for the Candidate of science degree (Engineering) in specialty 05.03.01 – Processes of mechanical treatment, machine-tools and instruments. National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov, 2010.

Dissertation work is devoted to increase of productivity of details treatment in vibrating containers without increase of power-intensity of the process, but by choice of the instrument form – single abrasive granule.

A three-dimensional mathematical model, describing interaction of granule and detail surface in the oscillation field, has been developed. With the help of mathematical method of Monte Carlo and based on obtained mathematical model, an algorithm that allows to analyze efficiency of application of granule of this or that form in conditions of granule and detail interaction was developed.

It has been set that with the increase of granule ribs amount of the output of metal will grow. When treating different samples, removal of metal grew compared to cone in granules P4 by 2-11 %, P6 by 13-24 %, P8 and P8 (МК) by 20-55 % and 20-50 % respectively.

The results of research of different forms abrasive granules wear resistance revealed that P8 and P8(МК) showed the greatest wear tendency with the loss of the primary geometrical form, as compared to cones the removal is by 10 and 24 % higher respectively. Granules P4 and P6 in form of cones save the form and wear out less

intensively in the process of work: as compared to cones by 2 and 7 % greater.

To reduce operating time of details oscillation treatment, irrespective of their material and initial roughness, application of abrasive granules is the most rational in form of P12, as the productivity of these granules as compared to a cone is 23-39 % higher, and wear is only 4 % greater.

Practical application of instrument in form of P12 in LTD. «Navigator» (Dnepropetrovsk) allowed to get a necessary technological result, operating time of oscillation treatment of complicated form details was shortened up to 40 minutes without their mutual damage, and an economic effect from introduction of technological process made 36 thousands grn.

Keywords: process of oscillation treatment, productivity, oscillation machine-tool, U-vivid form container, abrasive granules, circulation speed, removal of metal, wear of granules.

Підписано до друку 14.09. 2010 р. Формат видання 145×215.
Формат паперу 60×90/16. Папір DataСору. Гарнітура Times.
Обсяг 0,8 авт. арк. Тираж 100 прим.

Видавництво Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.2003 р.
91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а

Тел.: 8 (0642) 41-34-12. Факс 8 (0642) 41-31-60

E-mail: uni@snu.edu.ua <http://www.snu.edu.ua>