НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Міцик Андрій Володимирович

УДК 621.9.048.6.04

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ПЛОСКІСНИХ ВИРОБІВ АКТИВІЗАЦІЄЮ РУХУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА У КОЛИВНИХ «U» - ПОДІБНИХ КОНТЕЙНЕРАХ

Спеціальність 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2008

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Технологія машинобудування» Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України, м. Луганськ.

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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Доброскок Володимир Ленінмирович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
професор кафедри «Інтегровані
технології машинобудування» ім. М.Ф. Семка

кандидат технічних наук, професор
Фадеєв Валерій Андрійович,
Державне підприємство «Харківський
машинобудівний завод «ФЕД»,
головний інженер

Захист відбудеться « 10 » квітня 2008 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, г. Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Автореферат розісланий « ____ » _____ 2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 64.050.12 Пермяков О.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Оздоблювально-зачищувальні операції виробничих процесів виготовлення великогабаритних плоскісних виробів складаються з очищення від ливарної формувальної суміші, пригару, окалини, напливів паяння у швах складання конструкцій, видалення задирок, скруглення гострих кромок, шліфування й полірування поверхонь із метою підготовки їх під гальванічні та лакофарбові покриття. Ці операції виконуються із застосуванням ручної праці, що визначає високу собівартість виробів при низької рентабельності й культурі виробництва. З урахуванням попиту на вироби й потребу в наповненні ринку вітчизняними товарами високої якості зрозуміла актуальність механізації оздоблювально-зачищувальних операцій, одним зі шляхів якої, пов'язаним з підвищенням продуктивності і якості, є створення нових технологій та обладнання для віброобробки великогабаритних плоскісних виробів, при виготовленні яких використання вібраційної техніки й технологій раніше вважалося недостатньо можливим. Важливим при проектуванні такої техніки й технології є дослідження фізичних і технологічних особливостей процесу обробки у коливних контейнерах, що є основною задачею даної дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана в НДЛ «Обробка вільними абразивами» кафедри «Технологія машинобудування» СНУ ім. В. Даля відповідно: до держбюджетних НДР за розділами «Фундаментальні дослідження наукових організацій» (код 040101), «Моделювання взаємозв'язків геометричних й енергетичних параметрів електромеханічних процесів, пристроїв і технологічних систем енергозберігаючого напрямку» (№ ДР 0101U003277); «Теоретичні дослідження процесів плазмової, віброабразивної і гідроабразивної обробки, комп'ютерного синтезу оптимальних технологічних середовищ (№ ДР 0104U000100); відповідно до міжнародної комплексної програми «Вібротехнологія» (Росія).

Мета й задачі досліджень. Метою роботи є підвищення ефективності обробки великогабаритних плоскісних виробів активізацією руху робочого середовища в коливних «U» - подібних контейнерах. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- встановити вплив коливного контейнера на його вміст з умовою використання в контейнері дефлектора й модернізованих робочих поверхонь, що сприяє формуванню і активізації руху робочого середовища та оброблюваних виробів;
- визначити вплив амплітуди й частоти коливань контейнера, а також розміру гранул робочого середовища на ефективність процесу віброобробки з умовою встановлення їх взаємозв'язків і визначення раціональних значень;

- дослідити характер переміщення оброблюваних виробів у контейнері з умовою керування траєкторією їхнього руху, що забезпечує одержання необхідного технологічного результату обробки;

- отримати математичну залежність зйому металу від амплітуди й частоти коливань, а також розміру гранул середовища з умовою використання в контейнері дефлектора й модернізованих робочих поверхонь, за допомогою якої можливе прогнозування продуктивності обробки;

- розробити практичні рекомендації для застосування в промисловості процесу віброобробки великогабаритних плоскісних виробів та відповідних йому віброверстатів.

Об'єкт дослідження. Процес віброобробки у коливних «U» - подібних контейнерах.

Предмет дослідження. Ефективність обробки великогабаритних плоскісних виробів у коливних «U» - подібних контейнерах, зйом металу і шорсткість поверхні виробів з урахуванням кінематики і динаміки середовища в контейнері віброверстата.

Методи дослідження. Дисертація базується на основах фізики, теоретичної механіки, теорії процесів механічної обробки, технології машинобудування, а також наукових положеннях теорії віброобробки, викладених у роботах вітчизняних і закордонних вчених. Вірогідність теоретичних досліджень, отримані результати, висновки й рекомендації підтверджено стендовими експериментами. При обробці результатів експериментів використовувалися пакети програм Microsoft Excel, MathCad.

Наукова новизна одержаних результатів. У дисертаційній роботі проведені теоретичні й експериментальні дослідження, спрямовані на підвищення ефективності обробки великогабаритних плоскісних виробів активізацією руху робочого середовища в коливних «U» - подібних контейнерах віброверстатів. Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Уперше сформульовано і досліджено комплекс умов, необхідних для активізації визначаючого ефективність обробки руху робочого середовища, який складається із ізоляції зони неактивної обробки дефлектором, геометрично подібним до траекторії руху контейнера; футерування робочих поверхонь контейнера пружним профільованим матеріалом з геометричними й розмірними характеристиками, подібними до гранул робочого середовища; об'єднання оброблюваних виробів у кінематичний ланцюг.

2. Виявлено і підтверджено новий підхід до підвищення ефективності чорнових операцій, лімітованих продуктивністю обробки, який полягає в оснащенні контейнера дефлектором, переріз якого в площині коливань виконано у виді еліпса з відношенням осей, рівним відношенню вертикальної й горизонтальної амплітуд коливань контейнера.

3. Запропоновано і реалізовано новий підхід до підвищення ефективності чистових операцій, лімітованих якістю обробки поверхонь, який полягає в модернізації робочих поверхонь

контейнера, поперечний переріз футерівки яких виконаний у виді діаметрально сполучених півкіл, діаметри яких близькі до середніх розмірів гранул робочого середовища. Зміна співвідношення розмірів гранул і елементів футерівки по перерізу контейнера є додатковим резервом для забезпечення рівномірності динамічного впливу на оброблювану поверхню виробу.

4. Уперше запропоновано обробку виробів з їх попереднім об'єднанням у кінематичний ланцюг шляхом створення нежорстких технологічних зв'язків. Такий підхід дозволяє кожному оброблюваному виробу брати більш активну участь у циркуляційному русі, послідовно проходячи всі зони контейнера з виключенням можливості взаємного зіткнення та екранування оброблюваних поверхонь.

5. Для розробленого процесу обробки отримано і апробовано математичну модель зйому металу з урахуванням частоти та амплітуди коливань контейнера, а також середніх розмірів гранул робочого середовища, що дозволяє робити розрахунки при проектуванні технологічних процесів обробки.

Практичне значення одержаних результатів. Створено нову прогресивну технологію процесу віброобробки великогабаритних плоскісних виробів, що дозволяє розширити можливості процесу за рахунок залучення до нього виробів, які раніше вважалися недостатньо технологічними для обробки у коливних «U» - подібних контейнерах.

Запропоновано конструкцію віброверстата, який забезпечує підвищення ефективності обробки великогабаритних плоскісних виробів в «U» - подібних контейнерах, що дає можливість поповнити парк металообробного обладнання.

Результати теоретичних й експериментальних досліджень використані при створенні технологічних процесів віброобробки великогабаритних плоскісних виробів, впроваджених на підприємстві експериментальної бази «УкрНДІвуглезбагачення» і ТОВ «Ковальський двір» (м. Луганськ).

Особистий внесок здобувача. Полягає в обґрунтуванні концепції роботи, формулюванні мети і задач досліджень, теоретичному й експериментальному дослідженні технологічних процесів та обладнання для віброобробки великогабаритних плоскісних виробів, виборі методики визначення раціональних параметрів цих процесів та обладнання, обробці й аналізі результатів досліджень. Здобувачеві належать основні ідеї роботи, положення, що виносяться на захист, а також загальні висновки й результати.

Апробація результатів дисертації. Положення й результати роботи доповідалися й обговорювалися на науково-технічному семінарі з проблеми «Использование низкочастотных колебаний в технологических целях» (Ростов-на-Дону, 2003), XII й XIII міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2004, 2005), науково-технічному семінарі «Прогресивні технології в машинобудуванні й

приладобудуванні» (Запоріжжя, 2004), V міжнародній науково-технічній конференції «Вібрації в техніці й технологіях» (Вінниця, 2004), міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми й перспективи розвитку транспорту промислових регіонів» (Дніпропетровськ, 2005, 2006), міжнародній конференції «Стратегія якості в промисловості й освіті» (Варна, Болгарія, 2005), III міжнародній науково-технічній конференції «Важке машинобудування. Проблеми й перспективи розвитку» (Краматорськ, 2005).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 16 наукових праць, з яких 10 у фахових виданнях ВАК України, отримано деклараційний патент України.

Структура й обсяг роботи. Робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, додатків і списку використаних джерел. Дисертація має загальний обсяг 331 сторінок машинописного тексту, 106 рисунків на 79 сторінках, 16 таблиць, додатки на 55 сторінках і список використаних джерел з 143 найменувань на 15 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету й задачі досліджень, викладено наукову новизну й практичне значення одержаних результатів, відображено особистий внесок здобувача у виконанні роботи, наведено апробацію результатів, надано інформацію про публікації автора.

У першому розділі проведено аналітичний огляд літературних джерел вітчизняних і закордонних авторів (М.Ю. Шаїнський, А.П. Бабічев, В.О. Повідайло, І.С. Афтаназів, П.С. Бернік, П.Д. Денисов, Ю.Р. Копилов, І.Ф. Гончаревич, А.П. Субач, І.В. Політов, Brandt William, Hagiuda Y, Matsunaga M. та ін.), присвячених вивченню процесу віброобробки.

Встановлено неповноту інформації про дослідження й впровадження процесу віброобробки великогабаритних плоскісних виробів. Наявні відомості розрізнені й несистемні, що свідчить про неповну вивченість процесу віброобробки великогабаритних плоскісних виробів.

Основними факторами, що впливають на ефективність віброобробки, є амплітуда й частота коливань контейнера віброверстата, розмір гранул робочого середовища, фізико-механічні властивості матеріалу оброблюваних виробів, конструктивні особливості контейнера – його обсяг і геометрична форма, що забезпечують рух середовища й виробів. Дослідження впливу факторів на ефективність віброобробки недостатні та інколи суперечливі, що не дозволяє порівнювати результати й використовувати їх при проектуванні технології та обладнання для обробки великогабаритних плоскісних виробів.

Для досягнення поставленої в роботі мети необхідно провести теоретичні та експериментальні дослідження впливу основних факторів процесу віброобробки на її ефективність, оцінити

кінематику й динаміку середовища і виробів у коливному контейнері при їх взаємодії, а також виявити закономірності процесу й конструктивні особливості обладнання.

У другому розділі наведено теоретичні дослідження процесу віброобробки великогабаритних плоскісних виробів, пов'язані з вивченням впливу факторів процесу на кінематику й динаміку взаємодії середовища та оброблюваних виробів у коливному «U» - подібному контейнері, а також виявлено закономірності процесу й конструктивні особливості обладнання, які забезпечують необхідний технологічний результат.

Для розширення технологічних можливостей процесу віброобробки доповненням оброблюваної номенклатури великогабаритними плоскісними виробами, а також для підвищення енергетичної можливості контейнера усуненням зони неактивної обробки, запропонована конструкція нового контейнера, яка передбачає додаткові робочі поверхні дефлектора і модернізацію існуючих, тобто стінок і днища, шляхом зміни форми поперечного перерізу їхньої футерівки (рис. 1).

Рис. 1. Конструкція нового контейнера віброверстата: 1 – футерівка; 2 – дефлектор; 3 –підвіска; 4 – робоче середовище; 5 – оброблювані вироби; 6 – контейнер; 7 – віброзбуджувач

Дефлектор є конструктивним елементом контейнера, який здійснює разом з ним однакові коливальні рухи. Форма та співвідношення розмірів елементів перерізу дефлектора, контейнера і футерівки його робочих поверхонь в площині коливань обрано подібними до кінематики руху контейнера та геометрії гранул застосовуваного робочого середовища, що забезпечує стабільний рух вмісту контейнера віброверстата.

У традиційному «U» - подібному контейнері вплив робочих поверхонь на його вміст складає 65...75 % періоду коливань. У новому контейнері з дефлектором тривалість впливу збільшується в 1,2...1,4 рази і становить 85...87 % періоду коливань.

Стінки та днище нового контейнера, які представлено модернізованими робочими поверхнями, мають збільшену в 1,5...1,6 рази площу силового впливу на середовище й вироби. Модернізація досягалася формозміною футерівки робочих поверхонь заміною прямолінійних елементів футерівки, що контактують із середовищем і виробами, на криволінійні. Футерівка робочих поверхонь контейнера у своєму поперечному перерізі конструктивно виконувалася у виді сполучених півкіл, діаметр яких змінювався в межах $(1...10)d$, де d – найменший розмір гранул робочого середовища (4...6 мм), які застосовуються у типових технологіях віброобробки. Відповідно до схеми (рис. 2) розгортка поперечного перерізу футерівки обичайки контейнера довжиною L складається із двох однакових, які є дзеркальним відображенням одна одної, складових довжиною L_1 і L_2, кожна з яких представлена сумою довжин l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8

Рис. 2. Схема модернізованих робочих поверхонь контейнера

восьми ділянок, що мають хвильову поверхню у виді шести півкіл одного з діаметрів d, узятого із прийнятого розмірного ряду гранул середовищ, використовуваних у віброобробці, а саме: менше 5; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; більше 50 мм. Враховуючи розміри виробів, з розмірного ряду гранул

виключено як гранули 5 мм і менше, що мають через свою малу масу недостатню для обробки динамічну активність, так і гранули 50 мм і більше, застосування яких обмежено операціями чорнового шлифування. Відношення кожного з діаметрів гранул розмірного ряду до найменшого з них, як і відношення кожної з довжин восьми ділянок до найменшої з них, визначається коефіцієнтами: $k_2 = d_2/d_1 = l_2/l_1 = 1,5$; $k_3 = d_3/d_1 = l_3/l_1 = 2,0$; $k_4 = d_4/d_1 = l_4/l_1 = 2,5$; $k_5 = d_5/d_1 = l_5/l_1 = 3,0$; $k_6 = d_6/d_1 = l_6/l_1 = 3,5$; $k_7 = d_7/d_1 = l_7/l_1 = 4,0$; $k_8 = d_8/d_1 = l_8/l_1 = 4,5$. Довжина розгорнення перерізу футерівки обичайки контейнера дорівнює

$$L = L_1 + L_2 = 2\left(l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8\right) = \\ = 2\left(6d_1 + 6d_2 + 6d_3 + 6d_4 + 6d_5 + 6d_6 + 6d_7 + 6d_8\right). \quad (1)$$

Аналіз впливу робочих поверхонь традиційного й нового контейнерів виявив, що криволінійна форма робочих поверхонь контейнера в порівнянні із прямолінійною за рахунок збільшеної в 1,5...1,6 рази площі контакту із гранулами середовища сприяє збільшенню швидкості відносного переміщення гранул й оброблюваних виробів, що активізує процес обробки.

При обробці у новому контейнері виробів *I, II, III, IV, V*, габаритні розміри яких порівняні з розмірами поздовжніх стінок контейнера і ширина виробу більше або дорівнює ширині шару середовища між робочими поверхнями A, B, C контейнера й дефлектора, не виключена можливість утворення скупчень виробів і заклинювання вмісту контейнера в процесі циркуляційного руху (рис. 3). З метою запобігання цим негативним моментам, що перешкоджають нормальному ходу технологічного процесу віброобробки, а також керування траєкторією руху виробів у контейнері, використовується нежорсткий технологічний зв'язок виробів *I, II, III, IV, V* у замкнутий ланцюг, який забезпечує спільно із середовищем упорядкований циркуляційний рух навколо дефлектора (рис. 4). Довжина замкнутого ланцюга обрана таким чином, щоб вироби під час циркуляційного руху займали положення між висхідними і низхідними потоками середовища, що забезпечує рівномірну обробку всіх поверхонь виробу. Відстань між попереднім та подальшим виробами, які входять до замкнутого ланцюга з нежорстким технологічним зв'язком вибирається в межах $(1,5...2,5)d$, де d - розмір гранул середовища, використовуваних при обробці. Модернізовані робочі поверхні контейнера ускладнюють характер потоків середовища, активно впливаючих на складнопрофільні поверхні оброблюваних виробів.

Рис. 3. Схема створення скупчень виробів: 1 – контейнер; 2 – робоче середовище; 3 - дефлектор

Рис. 4. Схема нежорсткого технологічного зв'язку виробів у замкнутий ланцюг: 1 – контейнер; 2 – робоче середовище;3 – дефлектор; 4 - технологічний зв'язок; 5 – модернізовані робочі поверхні

Математичне моделювання процесу віброобробки засновано на розгляді взаємодій одиничної гранули середовища з поверхнями оброблюваних виробів, іншими гранулами, а також робочими поверхнями контейнера. При взаємодіях відбувається перерозподіл кінетичної енергії, частина якої витрачається на тертя під час руху середовища, а частина на процес обробки. При моделюванні визначено закономірності всіх основних взаємодій процесу віброобробки.

Коливальні процеси у контейнері з дефлектором і модернізованими робочими поверхнями, описуються з урахуванням сил тертя, виникаючих при зіткненні гранул середовища під час їхнього руху, а також з урахуванням дії непружних сил, які призводять до деформації гранул середовища. Поряд з дією дисипативних сил враховується сила тяжіння, впливаюча на механізм передачі енергії від контейнера до оброблюваного виробу. Коливальні процеси в контейнері за аналогією з рівнянням Ван-дер-Ваальса представлені рівнянням

$$\left(\bar{P}-\bar{F}\left(g\right)\right)\left(\upsilon-b\right)=CT^{*}, \tag{2}$$

де $\bar{P}$ - аналог тиску; $\bar{F}\left(g\right)$ - функція, що враховує силу земного тяжіння; υ - об'єм гранул; b - виправлення на власний об'єм гранул; C - константа; T^{*} - аналог температури, пов'язаний з кінетичною енергією гранул середовища.

Для опису впливу середовища на оброблювану поверхню виробу оцінена дисипація енергії при її передачі від стінок, днища контейнера й дефлектора. Зважаючи на те, що робочі поверхні контейнера футеровані і при зіткненні з гранулами проявляються пружні властивості футерівки, одержано вираз для тиску гранул у будь-якій точці об'єму контейнера, який показує вплив амплітуди й частоти коливань, розміру гранули, відстані від робочої поверхні контейнера до оброблюваної поверхні виробу на дисипацію енергії середовища

$$\left\langle P_{imp}\right\rangle=\frac{C_{p}rA\omega}{\left(1+CA^{2}\omega^{2}\right)}\left(1-\varepsilon\right)^{\frac{3\sqrt{2}Lr}{2R\left(1+CA^{2}\omega^{2}\right)}}, \tag{3}$$

де C_p - коефіцієнт відповідності кінетичної теорії і руху гранул середовища; r - коефіцієнт укладання гранул, $r = 0,66$; A, ω - амплітуда й частота коливань контейнера; ε - величина втрати енергії; L - довжина шляху руху гранул; R - радіус гранули.

З урахуванням впливу сили тертя при зіткненні гранул середовища, а також з урахуванням пружної взаємодії футерівки робочої поверхні й гранули отримано вираз, що визначає вплив частоти й амплітуди коливань контейнера, а також розміру гранул на величину їх тиску на оброблювану поверхню виробу

$$\left\langle P_{imp} \right\rangle = \frac{P_0 r A \omega}{\left(1 + CA^2\omega^2\right)\left(1 - \dfrac{\omega^2 R^3}{{\omega_0}^2 {R_0}^3}\right)^2} (1-\varepsilon)^{\frac{3\sqrt{2}Lr}{2R\left(1+CA^2\omega^2\right)}}. \qquad (4)$$

У виразі (4) значення деякого ефективного радіуса $R_0 = \left(3\pi k \Big/ \rho {\omega_0}^2\right)^{-\frac{1}{3}}$, де k - коефіцієнт тертя; ρ - щільність матеріалу гранули; ω_0 - частота власних коливань контейнера.

При визначенні залежності зйому металу від параметрів процесу віброобробки прийнято, що в його основі лежить безліч зіткнень гранул й оброблюваних виробів, а одиничний удар є головним елементом механізму зйому металу, вираз якого для одиничної гранули при зіткненні, має вид:

$$Q_{\text{од}} = 4V^2 m \frac{F\left(\hat{k}\right) k_s k_g \left(8Rr_1\right)^{0,125} d^{0,125}}{\pi^{1,875}\left(\hat{N}^*\right)^{0,125} {H_{\text{В}}}^{0,875}}, \qquad (5)$$

де V - швидкість руху гранули середовища; m - маса гранули; $F\left(\hat{k}\right)$ - функція залежності середньої довжини ділянки зйому металу від коефіцієнта тертя; k_s - коефіцієнт впливу форми зерна матеріалу гранули на глибину проникнення у поверхню виробу, $k_s \approx 0,5$; k_g - коефіцієнт зношування гранули, $k_g < 1$; r_1 - коефіцієнт заповнення поверхні гранули абразивними зернами; $\hat{N}^*$ - сила взаємного тиску гранули й поверхні оброблюваного виробу; d - розмір гранули середовища; $H_{\text{В}}$ - твердість матеріалу виробу.

З огляду на те, що осереднений за поперечним перерізом контейнера тиск одиничної гранули середовища на поверхню оброблюваного виробу дорівнює $\langle P_m \rangle = \frac{2R}{L\ln(1-\varepsilon)}\left((1-\varepsilon)^{\frac{3\sqrt{2}Lr}{2R\left(1+CA^2\omega^2\right)}} - 1 \right)$, остаточна залежність зйому металу від основних параметрів процесу віброобробки матиме такий вид:

$$Q = \frac{4k_s k_g k_\nu k_{liq} k \rho_g \rho_{\text{вир}} \langle P_m \rangle^{0,875} \left(1 - k_\omega \omega^2 + k_A A^2\right)}{\pi^{1,875} H_{\text{В}}^{0,875}} \times \frac{A^2 \omega^2 F\left(\hat{k}\right) r \left(8Rr_1\right)^{0,125} d^{0,125} st}{\left(1 + CA^2\omega^2\right)}, \qquad (6)$$

де k_ν - коефіцієнт, який враховує особливості кінетичних процесів коливального руху середовища, $k_\nu < 1$; k_{liq} - коефіцієнт, враховуючий використання хімічно-активних розчинів, $k_{liq} < 1$; k_ω і k_A - коефіцієнти поправки швидкості руху гранули середовища за параметрами частоти й амплітуди коливань контейнера; ρ_g - щільність зерна матеріалу гранули; $\rho_{\text{вир}}$ - щільність матеріалу виробу; s - площа поверхні гранули, що займається абразивними зернами; t - тривалість обробки.

У третьому розділі викладено методику експериментальних досліджень, наведено опис і характеристики застосовуваних приладів й обладнання.

Вивчення процесу здійснювалося на фізичній моделі контейнера, змонтованій на лабораторній установці. З метою видозміни традиційного «U» - подібного контейнера у новий перший мав можливість встановлення дефлектора і модернізованих робочих поверхонь, представлених додатковою внутрішньою обичайкою з футерівкою у виді сполучених півкіл.

При проведенні відео- і фотозйомки процесу використовувалися відеокамера Canon XH A1, швидкісна кінокамера СКС-1М, цифрова фотокамера Canon EOS 1Ds Mark II. Кількісна оцінка процесу виконувалася зважуванням зразків до й після обробки на аналітичній вагівниці мод. ARJ 220-4M з точністю до 0,0001 гр. Якісна оцінка виконувалась визначенням мікрошорсткості поверхні зразків до й після обробки на профілометрі-профілографі мод. 201 та на інструментальному мікроскопі мод. ВК 70×50.

Для вимірювання тиску середовища в контейнері використовувалася схема, що складається з мембранного датчика тиску, балкового датчика віброзміщення, тензопідсилювача УТ4-1, осцилографа мод. Н117/1.

Визначення впливу технологічних параметрів процесу на його ефективність здійснювалося встановленням вагового зйому металу й мікрошорсткості поверхні зразків до й після обробки на віброверстаті мод. ВМИ-1000, контейнер якого був оснащений дефлектором і модернізованими робочими поверхнями. Зразки приймалися циліндричної форми зі сталі 45 ГОСТ 1050-88, латуні ЛС-59 ГОСТ 2060-90, алюмінію Ал-9 ГОСТ 1583-93 з розмірами: діаметр – 25 мм, висота – 50 мм. Амплітуда коливань контейнера 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0 мм, частота коливань 25, 34, 43, 52 Гц. Робоче середовище - гранули діаметром 5, 15, 25, 35 мм, виконані з технічної порцеляни ГОСТ 20419-83. Результати експериментів з обробки зразків для складання технологічних рекомендацій перевірялися й коректувалися на конкретних великогабаритних плоскісних виробах.

Визначення технологічної схеми віброобробки великогабаритних плоскісних виробів проводилося на спеціальному стенді при обробці «із закріпленням» та «внавал». Визначення величин зйому металу та шорсткості поверхні, а також області раціональних параметрів технологічного процесу для їх досягнення проводилося обробкою зразків у новому контейнері.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень процесу віброобробки, які дозволили виявити закономірності процесу та особливості конструкції обладнання для його реалізації при досягненні необхідного технологічного результату.

На фізичних моделях «U» - подібного контейнера, у тому числі оснащеного дефлектором, модернізованими робочими поверхнями та нового, що сполучає у своїй конструкції як дефлектор, так і модернізовані робочі поверхні, установлювався характер руху робочого середовища. Порівняння, проведені при виявленні характеру руху і його взаємозв'язків з технологічною спрямованістю віброобробки, були віднесені до традиційного «U» - подібного контейнера. Отримані відеофрагменти і фотовідбитки дозволили дослідити характер руху гранул у контейнерах із зазначеними конструктивними особливостями, дія яких спрямована на одержання ефективного технологічного результату віброобробки великогабаритних плоскісних виробів.

Результати досліджень характеру руху середовища, одержані при оснащенні контейнера дефлектором, дають підставу для підвищеної ефективності протікання технологічних операцій віброобробки, пов'язаних з більшим зйомом металу, таких як очищення виливок від залишків формувальної суміші й пригару, окалини й різних видів забруднень, чорнове шліфування з одночасним видаленням задирок і скругленням гострих кромок. Результати досліджень характеру руху середовища, отримані при оснащенні контейнера модернізованими робочими поверхнями, дають підставу для підвищеної ефективності протікання технологічних операцій віброобробки, пов'язаних з досягненням високих класів чистоти поверхні, таких як чистове шліфування й полірування з наданням виробам дзеркального блиску. Комплексний підхід до конструктивних елементів удосконалення «U» - подібного контейнера привів до нового контейнера, використання

якого привело до підвищення ефективності при виконанні різних операцій процесу віброобробки великогабаритних плоскісних виробів.

З погляду організації руху середовища в контейнері (рис. 5), спостерігаються зони *I, II, III* й *IV* з низхідними у поверхонь *Д* і *В* і висхідними у поверхонь *А* і *Е* потоками середовища, на межі зустрічі яких, особливо в зонах *V* й *VI* сталий характер переміщення гранул відрізняється високими швидкостями осцилюючого руху.

Рис. 5. Характер руху гранул середовища у новому контейнері: 1 – контейнер; 2 – дефлектор; 3 – напрямок руху робочого середовища; 4 – напрямок руху контейнера

Встановлено, що у новому контейнері характер руху середовища, який включає складові взаємного тиску й відносного переміщення гранул і оброблюваних виробів, створює умови як для активного переносу великогабаритних плоскісних виробів у зонах з високими швидкостями осцилюючого руху гранул середовища, так і для рівномірної об'ємної обробки поверхонь виробу, які послідовно піддаються торцевим впливам прямолінійних потоків, збуджуваних поверхнями *Д*, *Е* і *К* дефлектора, та дотичним впливам гранул криволінійних потоків, збуджуваних поверхнями *А*, *В* і *С* контейнера.

Рис. 6. Розмірні зв’язки елементів контейнера і дефлектора: 1 - контейнер; 2 - дефлектор

Стабільний характер руху середовища та оброблюваних виробів у новому контейнері забезпечується при слідуючих співвідношеннях розмірів елементів перерізу контейнера і дефлектора (рис. 6): $B_{\text{д}} = (0,4...0,5)R$; $H_{\text{к}} = (2,3...2,5)R$;

$H_{\text{д}} = (1,8...2,3)B_{\text{д}} = (0,5...0,6)H_{\text{к}}$; $L_{\text{к}} = (3,0...3,5)R = (1,2...1,3)L_{\text{вир}}$; $B_{\text{к}} = (1,2...1,3)B_{\text{вир}}$;

$B_{\text{ш.сер}} = (B_{\text{к}} - B_{\text{д}})/2 = (10...15)d$, де $B_{\text{д}}$ – ширина дефлектора; $H_{\text{к}}$ – висота контейнера; R – радіус днища контейнера; $H_{\text{д}}$ –висота дефлектора; $B_{\text{к}}$ – ширина контейнера; $B_{\text{вир}}$ – ширина виробу; $L_{\text{к}}$ – довжина контейнера; $L_{\text{вир}}$ – довжина виробу; $B_{\text{ш.сер}}$ – ширина шару середовища у контейнері; d – розмір гранул робочого середовища.

Сполучення раціональних параметрів технологічних процесів для різних операцій віброобробки з конструктивними особливостями нового контейнера, формуючими особливий характер руху робочого середовища, який забезпечує у загальному циркуляційному руху постійну

швидкість і траєкторію переміщення оброблюваних виробів, дає підставу для одержання широкого спектра технологічних можливостей процесу віброобробки на операціях від чорнового до чистового шліфування й полірування великогабаритних плоскісних виробів як із простим, так і складним профілем поверхні.

На підставі результатів експериментальних досліджень, проведених на вібростаті з метою одержання кількісної і якісної оцінки процесу, отримано графічні залежності (рис. 7).

а

б

в

Рис. 7. Середній зйом металу в залежності від амплитуди (а), частоти (б) коливань контейнеру і розміру гранул робочого середовища (в)

У п'ятому розділі наведено опис практичного використання результатів досліджень в промисловому впровадженні нового вібростата мод. ВМИ-1000 і технології віброобробки великогабаритних плоскісних виробів теплообмінної апаратури.

При створенні вібростата одночасно із традиційним «U» - подібним контейнером застосовано змінний, новий контейнер з дефлектором і модернізованими робочими поверхнями, використання якого дозволяє розширити технологічні можливості віброобробки за рахунок включення до її номенклатури великогабаритних плоскісних виробів і підвищити ефективність процесу в 1,2…1,5 раза у порівнянні з традиційним «U» - подібним контейнером.

Рекомендації з вибору раціональних технологічних параметрів операцій віброобробки використані при створенні технологічних процесів віброшлифування та віброполірування великогабаритних плоскісних виробів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У десертаційній роботі наведено перспективне вирішення науково-виробничої задачі підвищення ефективності обробки великогабаритних плоскісних виробів активізацією руху робочого середовища у коливних «U» - подібних контейнерах. На підставі комплексу виконаних теоретичних та експериментальних досліджень запропоновані шляхи з подальшого вдосконалення процесів механічної обробки і конструкцій вібростатів для їх реалізації. За результатами роботи зроблено наступні висновки.

1. Застосування в «U» - подібному контейнері додаткової робочої поверхні у виді дефлектора, який у поперечному перерізі має форму, подібну до траекторії руху контейнеру при

співвідношенні розмірів, коли ширина і висота перерізу дефлектора, відповідно, дорівнюють 0,4...0,5 радіуса днища контейнера і 1,8...2,3 ширини дефлектора або 0,5...0,6 висоти контейнера, а також модернізація робочих поверхонь контейнера виконанням їхньої футерівки пружним профільованим матеріалом, переріз якого подібно геометрії гранул середовища має вид сполученних півкіл, діаметр яких змінюється від одного до десяти значень розмірів гранул середовища, сприяє підвищенню ефективності процесу обробки великогабаритних плоскісних виробів.

2. Використання в «U» - подібному контейнері дефлектора знижує інтенсивність загасання силового імпульсу у вмісті контейнера в міру видалення від його робочих поверхонь, ізолює зону неактивної обробки в центральній частині контейнера й забезпечує підвищення ступені впливу на середовище в 1,3 рази, що при збільшенні амплітуди коливань в інтервалі 1,0...4,0 мм підвищує ефективність процесу обробки в 1,2...1,8 рази, при збільшенні частоти коливань в інтервалі 16...70 Гц і розміру гранул середовища в інтервалі 5...35 мм ефективність процесу підвищується в 1,2...1,3 рази.

3. Оснащення «U» - подібного контейнера дефлектором в 1,5…1,7 рази підвищує ефективність процесу обробки на операціях, пов'язаних з великим (до 40,0 мг/ч·см^2) зйомом металу таких як очищення виливків від залишків формувальної суміші й пригару, окалини й різних видів забруднень, чорнове шліфування з одночасним видаленням задирок та скругленням гострих кромок з оброблюваних поверхонь. Наявність модернізованих робочих поверхонь контейнера криволінійної форми в 1,5…1,6 рази збільшує площу їх силового контакту з гранулами середовища, що забезпечує збільшення довжини відносного переміщення гранул й оброблюваних виробів і в 1,2...1,3 рази підвищує ефективність процесу обробки на операціях, пов'язаних з досягненням високих класів чистоти поверхні з шорсткостю відповідною $R_a = 0,32...0,16$ мкм, таких як чистове шліфування й полірування з наданням виробам дзеркального блиску.

4. Сполучення раціональних параметрів технологічного процесу обробки з використанням в «U» - подібному контейнері технічних можливостей дефлектора й модернізованих робочих поверхонь, активізуючих рух вмісту коливного контейнера і формуючих стабільне переміщення оброблюваних виробів, забезпечує широкий діапазон технологічних можливостей процесу обробки на операціях від чорнового до чистового шліфування й полірування великогабаритних плоскісних виробів як із простим, так і складним профілем поверхні.

5. Математична модель процесу обробки в «U» - подібному контейнері дозволяє визначати ефективність обробки за критерієм її інтенсивності при проектуванні технологій обробки великогабаритних плоскісних виробів. Адекватність математичної моделі підтверджується задовільною збіжністю (у межах 15 %) теоретичних і експериментальних значень зйому металу з поверхні оброблюваного виробу.

6. Доцільною технологічною схемою процесу обробки великогабаритних плоскісних виробів з урахуванням її фізичних і технологічних особливостей є вільне розташування виробів в «U» - подібному, оснащеному дефлектором і модернізованими робочими поверхнями, контейнері, тобто обробка «внавал». З метою виключення злипання оброблюваних виробів у пакети, утворення їх скупчень, що перешкоджає виконанню технологічного процесу обробки виробів, розміри яких сумісні з розмірами стінок контейнера, застосовується нежорсткий технологічний зв'язок виробів у замкнутий ланцюг, що здійснює разом з робочим середовищем упорядкований рух навколо дефлектора.

7. Результати роботи, використані при конструюванні нового високопродуктивного віброверстата, а також при проектуванні технологічних процесів обробки великогабаритних плоскісних виробів, впроваджені на підприємстві експериментальної бази «УкрНДІвуглезбагачення» і ТОВ «Ковальський двір» (м. Луганськ). Економічний ефект від впровадження становив 46550 гривень.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ЗДОБУВАЧЕМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Лубенская Л.М., Мицык А.В.* Расширение технологических возможностей обработки деталей в «U» - образных контейнерах ВиО-станков // Вопросы вибрационной технологии. – Ростов-на-Дону: издательский центр ДГТУ. – 2003. – С. 20–23.

Здобувачем запропоновано варіант модернізації контейнера віброверстата, що усуває неактивну зону обробки в центральній частині контейнера та забезпечує стабільність переміщення виробів при досягненні високої ефективності обробки.

2. *Лубенская Л.М., Мицык А.В., Ясуник С.Н.* Виброобработка крупногабаритных изделий профильно-решетчатого типа // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів у машинобудуванні. – Луганськ: вид-во СНУім. В. Даля. – 2003. Ч. 1. – С. 208–215.

Здобувачем апробовано принципи кріплення великогабаритних виробів у «U» - подібному контейнері віброверстата та проведено аналіз одержаних результатів шорсткості оброблених поверхонь виробу.

3. *Мицык А.В., Лубенская Л.М.* Характеристика движения рабочей среды и обрабатываемых изделий в «U» - образном контейнере вибростанка // Високі технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2004. – Вип. 2(9). – С. 143–148.

Здобувачем установлено вплив конструктивних особливостей віброверстата і характеристики вмісту контейнера на його рух при обробці великогабаритних складнопрофільних виробів. Також проведено опис зон різної технологічної активності «U» - подібного контейнера віброверстата.

4. *Мицык А.В., Лубенская Л.М.* Возможность обработки крупногабаритных сложнопрофильных изделий на вибростанках // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – Вып. 66. – С. 109–116.

Здобувачем розроблено схему технологічних взаємозв'язків фізичних характеристик контейнера віброверстата і оброблюваного виробу, технологічних взаємозв'язків фізичних характеристик оброблюваного виробу і засобів віброобробки.

5. *Мицык А.В.* Исследование взаимосвязи технологических параметров процесса и оборудования при виброобработке крупногабаритных сложнопрофильных изделий // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – Вып. 67. – С. 105–110.

6. *Міцик А.В*. Класифікація виробів під час оптимізації та проектування технологій обробки вільними абразивами у вібруючих контейнерах // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні: Вісник національного університету «Львівська політехніка». – Львів. - 2004. - № 515. – С. 37–40.

7. *Мицык А. В.* Результаты исследований по выбору технологии и оборудования для виброобработки крупногабаритных панельных изделий // Сборник научных трудов НГУ. - Днепропетровск: Национальный горный университет, 2005. - № 21. - С. 70–74.

8. *Мицык. А.В.* Влияние технологических параметров процесса на эффективность виброобработки в контейнерах объемом 1000 дм^3 и более // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – Краматорськ: ДДМА. – 2005. – Вип. № 17. – С. 246–252.

9. *Міцик А.В*. Фізико-технологічні особливості процесу і їх вплив на ефективність вібраційної обробки великогабаритних виробів. Машинознавство. – 2005. - № 1 (91). – С. 35-40.

10. *Мицык А.В.* Определение взаимосвязей движения контейнера вибростанка, его содержимого и технологического процесса обработки крупногабаритных изделий // Новые материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – 2005. - № 2. – С. 53-57.

11. *Мицык А. В.* Особенности технологии и оборудования для виброобработки крупногабаритных плоскостных изделий // Сборник научных трудов НГУ. - Днепропетровск: Национальный горный университет, 2006. - № 24. - С. 170–175.

12. *Мицык А. В.* Вибростанок для отделочно-зачистной обработки крупногабаритных сложнопрофильных изделий // Материалы научно-технического семинара «Прогрессивные технологии в машиностроении и приборостроении». – Киев: АТМ Украины, 2004. – С. 76 – 78.

13. *Мицык А. В.* Особенности проектирования технологий и оборудования для виброобработки крупногабаритных панельных изделий // Proc. International Conf. «Strategy of Quality in Industry and Education», June 2005. – Varna (Bulgaria). – P. 179–182.

14. *Мицык А. В.* Экспериментальная технология виброобработки изделий номенклатуры «радиатор бытовой» // Матеріали ІІІ Міжнарод. наук. – техн. конф. «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку». – Краматорськ: ДДМА, 2005. – С. 81.

15. *Мицык А. В.* Использование абразивных материалов в техпроцессах виброобработки крупногабаритных изделий // Тезисы Междунар. научн.-техн. конф. «Проблемы и перспективы развития транспорта промышленных регионов». – Днепропетровск: НГУ, 2005. – С. 21–22.

16. *Мицык А. В.* Экономическая эффективность операций виброобработки в производстве крупногабаритных плоскостных изделий // Тезисы Междунар. научн.-техн. конф. «Проблемы и перспективы развития транспорта промышленных регионов». – Днепропетровск: НГУ, 2006.– С. 3.

17. *Пат. № 9796* МКІ В24В31/00 Віброверстат для оздоблювально-зачищувальної обробки великогабаритних панельних виробів / А. В. Міцик (Україна). - № u 200503124; Заявлено 05.04.2005, Бюл. №10. – 3 с.

Анотація

Міцик Андрій Володимирович. «Підвищення ефективності обробки великогабаритних плоскісних виробів активізацією руху робочого середовища у коливних «U» - подібних контейнерах». - 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 2008.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної задачі - підвищенню ефективності обробки великогабаритних плоскісних виробів в «U» - подібних контейнерах віброверстатів. Існуючі технології відрізняються низькою ефективністю. Контейнер «U»-подібної форми має неактивну для обробки зону, що знижує продуктивність на 30...35 %. Вирішення задачі досягається активізацією руху робочого середовища при модернізації робочих поверхонь контейнера, його оснащенні дефлектором, що ізолює неактивну зону обробки, та об’єднанням оброблюваних виробів у замкнутий ланцюг за допомогою нежорсткого технологічного зв’язку. Вивчено коливальні процеси в контейнері традиційної «U» - подібної форми й у новому контейнері з дефлектором і модернізованими робочими поверхнями. Визначено ступінь впливу контейнера на його вміст, оцінений величиною тиску, що сприяє технологічному результату обробки. Установлено вплив параметрів процесу на рівень тиску середовища в контейнері й зйом металу. Розроблено технологічну схему й отримано раціональні параметри віброобробки, впроваджені при виготовленні великогабаритних плоскісних виробів.

Ключові слова: процес віброобробки, великогабаритні плоскісні вироби, вібровестат, «U» - подібний контейнер, робоче середовище, кінематика й динаміка середовища, неактивна зона, дефлектор, модернізовані робочі поверхні, зйом металу, шорсткість поверхні.

Аннотация

Мицык Андрей Владимирович. «Повышение эффективности обработки крупногабаритных плоскостных изделий активизацией движения рабочей среды в колеблющихся «U» - образних контейнерах. – 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 2008.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-производственной задачи повышения эффективности процесса обработки крупногабаритных плоскостных изделий в «U» - образных контейнерах вибростанков. Существующие технологии обработки экономически нецелесообразны, они отличаются низкой эффективностью ввиду образования сводов обрабатываемых изделий, заклинивания содержимого контейнера и прекращения процесса обработки, а также ввиду слипания изделий в пакеты, что вызывает экранирование обрабатываемых поверхностей и появление брака. Традиционный «U» - образный контейнер отличается наличием в своей центральной части неактивной для обработки зоны, что на 30…35 % снижает уровень его производительности. Решение задачи повышения эффективности обработки крупногабаритных плоскостных изделий достигается активизацией движения рабочей среды в «U» - образном контейнере при его оснащении дефлектором, изолирующим зону неактивной обработки, и при модернизации рабочих поверхностей, которая достигалась формоизменением их футеровки заменой прямолинейных элементов, контактирующих со средой и изделиями, на криволинейные, а также при объединении обрабатываемых изделий в замкнутую цепь с помощью нежесткой технологической связи.

Изучены колебательные процессы, протекающие при обработке в традиционном «U» - образном контейнере, а также в новом контейнере, оснащенном дефлектором и модернизированными рабочими поверхностями. Изложены технические и экономические предпосылки создания новой конструкции контейнера вибростанка.

Установлен характер движения среды в контейнере, оснащенном дефлектором и модернизированными рабочими поверхностями. Определена степень воздействия рабочих поверхностей контейнера вибростанка на его содержимое. Воздействие контейнера на среду и обрабатываемые изделия определяется величиной давления, создаваемого в содержимом контейнера, которое способствует достижению технологического результата обработки. Установлено влияние технологических параметров процесса на уровень давления среды в контейнере и эффективность обработки.

Разработана технологическая схема виброобработки крупногабаритных плоскостных изделий. Получены рациональные сочетания технологических параметров процесса при выполнении различных операций виброобработки.

Новая технология виброобработки крупногабаритных плоскостных изделий и разработанный для ее реализации вибростанок мод. ВМИ – 1000 внедрены на предприятии экспериментальной базы «УкрНИИуглеобогащения» и ООО «Кузнечный двор» (г. Луганск), что позволило механизировать ручной труд при выполнении отделочно-зачистных операций, повысить эффективность обработки и получить экономический эффект.

Ключевые слова: процесс виброобработки, крупногабаритные плоскостные изделия, вибростанок, «U» - образный контейнер, рабочая среда, кинематика и динамика среды, неактивная зона, дефлектор, модернизированные рабочие поверхности, съем металла, шероховатость поверхности.

Annotation

Mitsyk Andrey Vladimirovich. – «Increase of the effectiveness of treatment of large-sized planed products by an activation of motion of the working medium in vibrating «U» - shaped containers». – Manuscript.

The dissertation for running a scientific degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 05.03.01 – processes of machining,machine tools and instruments. – National Technical University «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkov, 2008.

The thesis is devoted to the solution of an actual task – to increase the efficiency of treatment of the large-sized planed products in «U» - shaped containers of vibration machines. The existed technologies and equipment have comparatively low efficiency. The container of «U» - shaped form has inactive zone for the treatment that reduces the effectiveness of the process at 30…35 %. The solution of the problem is achieved by an intensification of motion of the working medium under the modernization of the working surfaces of the container and by a supply of the container witch the deflector which insulates the inactive zone of treatment as well as by joining the treated products into a ring chain with the lep of unrigid technological constraint. The oscillatory process in traditional «U» - shaped container and recently created and proposed one with the deflector and with the modernized working surfaces have been studied. Degree of the influence of the container's design on the contents of the container has been determined. It is estimated by a value of pressure that promotes the technological result of the treatment. The effect of parameters of the process on the level of medium pressure in the container and a dross of metal have been determined. The flow diagram has been developed and the rational parameters of vibration treatment have been obtained. The results of the work have been introduced at manufacturing the large-sized planed products.

Key words: vibration treatment, large-sized planed products, «U» - shaped container, working medium, kinematics and dynamics of the medium, inactive zone, deflector, modernized working surfaces, a dross of metal, surface roughness.

Підписано до друку 15.02. 2008 р. Формат видання 145×215.
Формат паперу 60×90/16. Папір DataCopy. Гарнітура Times.
Обсяг 0,8 авт. арк. Тираж 100 прим. Зам. № 221

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