

УДК 621.9.048

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ФУТЕРУВАННЯ РЕЗЕРВУАРУ

Романченко А.В., Шумакова Т.О., Ніколаєнко А.П.,
Таванюк Т.Я., Логунів О.М.

INTENSIFICATION OF THE VIBRATION TREATMENT PROCESS BY CHANGING THE PROPERTIES OF RESERVOIR LINING

Romanchenko A., Shumakova T., Nikolaenko A.,
Tavanyuk T., Logunov O.

Проведений аналіз факторів, які безпосередньо впливають на інтенсивність процесу віброабразивної обробки деталей, у першу чергу впливу футерування резервуару. Обґрунтовано можливість інтенсифікації процесу вібраційної обробки шляхом застосування абразивного покриття стінок резервуару. Встановлено відсутність впливу шорсткості поверхні футерування резервуару на циркуляційний рух робочого середовища. Наведено результати експериментальних досліджень по впливу футерування резервуару на продуктивність процесу віброабразивної обробки деталей.

Ключові слова: віброабразивна обробка, футерування, резервуар, циркуляційний рух.

Вступ. Фінішна обробка деталей посідає одне з найважливіших місць у сучасному виробництві. Саме на цьому етапі формуються остаточні показники якості поверхні деталі. Серед багатьох сучасних методів фінішної обробки деталей особливе місце займає обробка вільними абразивами, а саме, віброабразивна обробка.

Сутність процесу вібраційної обробки полягає в тому, що в «U» – подібний резервуар (контейнер) завантажують робоче середовище, оброблювані деталі та інтенсифікуючи хімічні реактиви. Далі резервуару за допомогою зовнішнього джерела енергії передають коливальні рухи. В результаті відносного переміщення і взаємного тиску гранул середовища і оброблюваних деталей відбуваються процеси мікро-різання і пружно деформування, що забезпечує видалення дефектного шару металу, а також зменшення шорсткості поверхні деталей [1 – 3].

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Завдяки високій ефективності та універсальності віброабразивна обробка застосовується в різних сферах виробництва [4 – 10].

Слід зазначити, що ефективна обробка деталей віброабразивним методом можлива при наявності стійкого циркуляційного руху робочого середовища [11]. Забезпечення такого руху робочого середовища є важкою, але необхідною задачею, та потребує значних корегувань в залежності від типу оброблюваних деталей. Моделювання та дослідження цього питання є актуальним і досліджено не в повному обсязі.

Наприклад, ймовірно-кінематична модель, запропонована в роботі [12], має не достатньо пророблений й обґрунтований математичний апарат. У результаті складності й багатофакторності досліджуваних процесів значні відмінності в отриманих результатах простежуються як у теоретичних, так й в експериментальних даних. Це пов'язано з прикладним характером експериментальних досліджень.

Дані відносно переміщення оброблюваної деталі щодо стінки резервуару мають суперечливий характер, наприклад: у дослідженні [13], автор зазначає, що гранули в процесі обробки роблять рухи по траєкторіях у вигляді «центроїдів» (рис. 1).

У результаті під дією інерційних сил оброблювані деталі й гранули притискаються одна до одної, роблячи відносні (петлеподібні) рухи, поступово наближаючись до центру резервуару, тобто вони потрапляють в пасивну зону (рис. 2).

У роботі [14] описується рух елементів робочого середовища по кривій, яка має вигляд спіралі, до її периферії (рис.3).

Оброблювані деталі також рухаються по кривій, яка має вигляд спіралі, досягнувши стінки контейнера, переміщуються уздовж її до вільної поверхні завантаження, потім вони скочують до протилежної стінки й знову поринають у робоче середовище, продовжуючи рух.

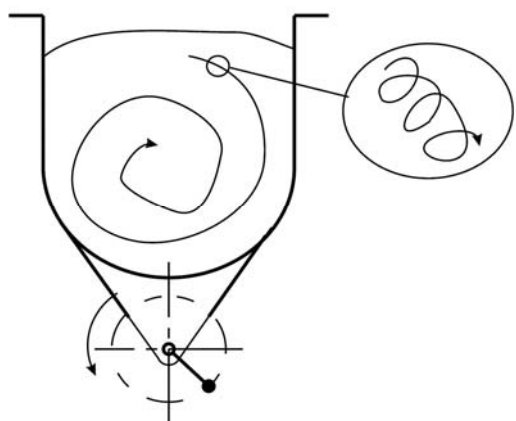


Рис. 1. Рух робочого середовища по траєкторії у вигляді «центроїду»

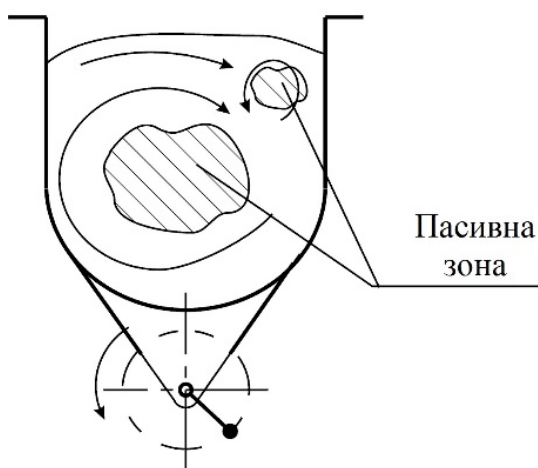


Рис. 2. Пасивна зона робочого середовища

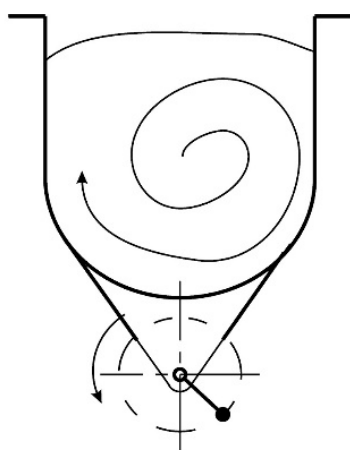


Рис. 3. Рух робочого середовища по траєкторії у вигляді «спіралі»

Також, необхідно враховувати, що великий вплив на ефективність процесу віброабразивної обробки здійснюють характеристики вібраційного верстата, режим його роботи і параметри інструменту.

У той же час достатньо актуальним є питання дослідження впливу характеристик поверхні стінок резервуару на ефективність технологічної операції та на циркуляційний рух робочого середовища. Наприклад, в роботі [15] використовується коефіцієнт тертя гранули та поверхні стінок резервуару, а в роботі [1] коефіцієнт відновлення при передачі силового імпульсу робочому середовищу.

Це пов'язано з тим, що в найпоширеніших і широко застосовуваних на виробництві вібраційних верстатах стінки контейнера покриті шаром гуми, товщиною від 5 до 10 мм, стійкої до впливу кислотних і лужних розчинів, що застосовуються при вібраційній обробці.

Не зважаючи на наявність робіт [17], в яких наведені результати теоретичних та практичних досліджень впливу матеріалу футерування стінок резервуару на продуктивність процесу віброабразивної обробки, в тому числі з застосуванням для цього матеріалів із абразивними властивостями які виступали в ролі додаткового інструменту, на сьогодні практичної реалізації використання стінок резервуару в якості додаткового інструменту не отримало. Це пов'язано з тим, що питання властивостей покриття не завжди сприймається як повноцінний чинник який безпосередньо впливає на якість віброабразивної обробки. Як правило стінки резервуару є засобом впливу на інструмент або додатковий засіб, що обмежує переміщення деталі (у випадку, коли деталь фіксується, за допомогою додаткових пристосувань) [16].

Мета дослідження. Метою даної роботи є дослідження впливу властивостей футерування резервуару на інтенсифікацію процесу вібраційної обробки деталей.

Завдання дослідження. Для досягнення поставленої мети поставлені наступні завдання:

- встановити вплив абразивного футерування на швидкість руху робочого середовища у резервуарі;
- визначити вплив абразивного футерування резервуару на траєкторію руху абразивних гранул робочого середовища;
- встановити можливість інтенсифікації процесу вібраційної обробки шляхом застосування абразивного футерування резервуару.

Методика дослідження. У рамках сформульованих вище питань, були проведені експериментальні дослідження, для оцінки впливу поверхні стінок резервуару на переміщення робочого середовища та величину знімання металу з поверхні оброблюваного виробу.

Умови проведення експерименту були наступні:

- дослідження проводилися на лабораторній установці УВІ-25 (характеристики зазначені в табл. 1) із традиційним покриттям з гуми ТМКЩ (гума стійка до впливу тепла, морозу, кислот і лугів) і з покриттям з абразивного матеріалу – карбїду кремнію;

Таблиця 1

Технічні характеристики вібраційних верстатів

№ з/п	Параметри	Величина
1	Ємність резервуару, л	25
2	Амплітуда, мм	0,2 - 4,0
3	Частота, Гц	34, 43, 50, 54, 63, 67
4	Потужність приводу, кВт	4,5
5	Габарити, мм	1600×750×1000
6	Маса, кг	450

– об'єктами досліджень були обрані цільні циліндричні зразки $\varnothing 14 \times 30$ мм (рис. 4) виконані з мідно-цинкового сплаву марки з наступним хімічним складом: 0,97 % Pb, 58,52 % Cu, інше – Zn;

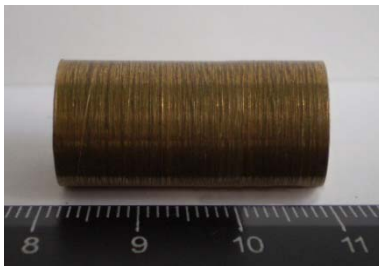


Рис. 4. Оброблювані зразки

– одночасно оброблювалося 9 зразків;
– маса завантаження – 75% від об'єму резервуару;
– в якості абразивного інструменту використалися призми тригранні – ПТ-10 (рис. 5);



Рис. 5. Абразивний інструмент – гранули ПТ-10

– частота коливань резервуару – 50 Гц;
– амплітуда вертикальних коливань для крапки, що відповідає центру мас системи, приймалася 1,5 мм.

– після кожного досвіду зразки промивалися, сушилися теплим повітрям й зважувалися на аналітичних вагах з точністю до 0,0002 грама.

– оцінка ефективності процесу обробки здійснювалася по показниках маси знятого металу.

Дослідження склалися з двох етапів, у кожному етапі експеримент повторювався 10 разів. На

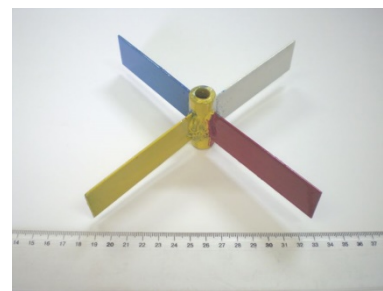
першому етапі обробка проводилася у резервуарі стінки якого були вкриті гумою ТМКЩ. Другий етап передбачав обробку у резервуарі, стінки якого були вкриті плитками з карбіду кремнію. Плитки карбіду кремнію були закріплені на внутрішній поверхні резервуару за допомогою епоксидної смоли.

Вибір карбіду кремнію для використання його як облицювання з якість абразивного інструменту, докладно обґрунтований в роботі [18], однак окремо слід зазначити такі переваги як:

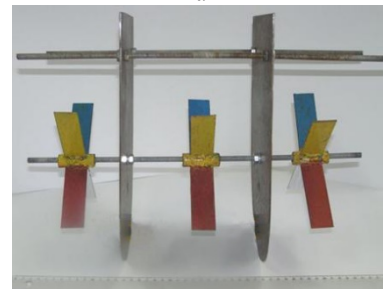
- високу зносостійкість;
- твердість матеріалу;
- стабільність стану в агресивних середовищах
- можливість вибору необхідної зернистості.

Значення циркуляційної швидкості визначалося виходячи зі швидкості руху робочого середовища на поверхні резервуару. Для визначення цієї швидкості застосовувалася методика, використана в НДЛ «ОВА» СХУ ім. В. Даля, вперше запропонована й найбільше повно описана в роботі [2].

Швидкість руху поверхневого шару робочого середовища визначалася по швидкості руху спеціально сконструйованого пристосування «вертушка». Пристосування встановлювалося в незавантажений контейнер установки. Потім завантажувалися абразивні гранули та водний розчин. Робоче середовище циркулюючи в процесі роботи, переміщувало «вертушку», і за допомогою цифрової відеозйомки з подальшою розкадровкою через кожні 0,04 секунди визначалася швидкість робітничого середовища. Пристосування мало конструкцію, яка дозволяла одночасно проводити дослідження швидкості різних робітничих середовищ, для цього контейнер розділяли перегородками. Зовнішній вигляд «вертушки» представлено на рис. 6. а, а вид пристосування в зборі на рис. 6. б.



а



б

Рис. 6. Зовнішній вигляд пристосування «вертушка»: а – «вертушка»; б – пристосування в зборі

Результати дослідження швидкості робочого середовища при різному футеруванні наведені в таблиці 2:

Таблиця 2

Значення середньої циркуляційної швидкості переміщення робітничого середовища (V_{cp})

Тип футерування	ТМКЩ	Карбід кремнію
V_{cp} , м/хв	4,08	3,89
V_{cp} , м/с	0,067	0,0648

Показники швидкості руху робочого середовища в резервуарі з різними типами футерування, вочевидь, відрізняються, але незважаючи на падіння циркуляційної швидкості робітничого середовища в резервуарі з футеруванням пластинами карбіду кремнію, характер циркуляційного руху залишився незмінним – в процесі обробки спостерігався стійкий циркуляційний рух робочого середовища. Тобто показники шорсткості поверхні та зернистість футерування не мають суттєвого впливу на стабільність циркуляційного руху.

Величини знімання металу отримані в результаті експериментальних дослідження представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Фактичні показники знятого металу з поверхонь циліндричних зразків

№ зразка	Середнє значення величини знімання металу в контейнері із традиційним облицюванням, г	Середнє значення величини знімання металу в контейнері з абразивним облицюванням карбідом кремнію, г
1	0,079	0,091
2	0,061	0,071
3	0,062	0,072
4	0,061	0,071
5	0,06	0,069
6	0,062	0,072
7	0,061	0,070
8	0,064	0,074
9	0,062	0,072

Отримані дані підтверджують позитивний вплив абразивного футерування резервуару на продуктивність процесу віброабразивної обробки. За результатами дослідження застосування пластин карбіду кремнію в якості футерування резервуару дозволило в середньому збільшити величину знімання металу більш ніж на 40%.

Висновки.

1. Встановлено, що футерування резервуару абразивним покриттям зменшує середню циркуляційну швидкість робочого середовища на 5 %.

2. Визначено, що абразивне футерування резервуару не впливає на траєкторію абразивних гранул робочого середовища

3. Встановлено, що абразивне футерування дозволяє значно інтенсифікувати продуктивність про-

цесу віброабразивної обробки, при цьому фактичні показники зняття металу збільшилися в середньому на 15 %.

Л і т е р а т у р а

1. Бабичев А.П., Бабичев И.А. Основы вибрационной технологии. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. 694 с.
2. Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. и др. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах: моногр. Киев: Вища школа, 1975. 188 с.
3. Мічик А.В., Федорович В.О. Оцінка ефективності вібраційної оздоблювально-зачишувальної обробки у резервуарах з мультиенергетичним впливом і різною формою поперечного перерізу // Резание и инструменты в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. / Под общ. ред. проф. А.Н. Шелкового, редкол.: проф. А.И. Грабченко (отв. ред.) и др. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2019. – Вып. 90. – С. 51 – 63.
4. Соколов В.І., Кроль О.С., Єпіфанова О.В. Гідравліка. Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2017. 160 с.
5. Sokolov, V., Krol, O., Stepanova, O.: Automatic Control System for Electrohydraulic Drive of Production Equipment. 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). IEEE (2018). DOI: <https://doi.org/10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501609>.
6. Sokolov, V.: Diffusion of Circular Source in the Channels of Ventilation Systems. Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2018. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 63, pp. 278-283. Springer, Cham (2019). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04792-4_37.
7. Sokolov, V., Krol, O.: Determination of Transfer Functions for Electrohydraulic Servo Drive of Technological Equipment. In.: Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 364-373. Springer, Cham (2019). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_38.
8. Shevchenko S., Muhovaty A., Krol O. Gear Clutch with Modified Tooth Profiles. Procedia Engineering. 2017. – №206. P. 979–984.
9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.581>
10. Krol O., Sukhorutchenko I. 3D-modeling and optimization spindle's node machining centre/Teka Komisji Motoryzacji I Energetyki in Rolnictwa. – OL PAN, 2013, Vol.13, is.3, Lublin, Poland. – P. 114–119.
11. Кроль О.С., Хмеловский Г.Л. Оптимизация и управление процессом резания: учебное пособие. Киев: УМК ВО, 1991. 140 с.
12. Mamalis, A., Kundrak, J., Mitsyk, A., Fedorovich, V. Development of modular machine design and technologies of dynamic action for finishing-grinding treatment by an oscillating abrasive medium. Journal of Machining and Forming Technologies. Nova Science Publishers, Inc. Vol. 7, № 1 – 270, p. 1 – 10, (2015).
13. Бранспиз Е.В. Підвищення ефективності віброабразивної обробки шляхом раціонального вибору її основних параметрів: Дис... канд. тех. наук. – Луганськ, 2001. - 265 с.
14. Карташов И.Н., Шаинский М.Е. Удосконалена технологія віброобробки. Збірник праць Луганського машинобудівного інституту. 1967. – № 12. С. 50-58.
15. Изотов Е.Н. Розрахунок і проектування віброабразивних установок для полірування деталей. Вісник машинобудування. 1969. – № 8. С. 17-21.

16. Калмиков М.А. Підвищення ефективності процесу вібраційної обробки великогабаритних виробів: Дис... канд. техн. наук. – Харків, 2006. - 223 с.
17. Пшеничний І.Н. Розширення технологічних можливостей обробки деталей у вібруючих контейнерах: Дис... канд. техн. наук. – Маріуполь, 2005. - 265 с.
18. Мелконов Г.Л. Вдосконалення процесу обробки дрібногабаритних площинних деталей на вібраційних верстатах шляхом активізації функції футерування контейнера: Дис... канд. техн. наук. – Одеса, 2010. – 201 с.
19. Калмиков М.О., Корнєєв С.В., Мелконов Г.Л. Підвищення ефективності вібраційної обробки деталей. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні. Львів: Національний університет львівська політехніка, 2006. – вип. 40. С.133-138.

References

1. Babichev A.P., Babichev I.A. Osnovy vibracionnoj tehnologii. Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2008. 694 s.
2. Kartashov I.N., Shainskij M.E., Vlasov V.A. i dr. Obrabotka detalej svobodnymi abrazivami v vibrirujushhix rezervuarah: monogr. Kiev: Vishha shkola, 1975. 188 s.
3. Micyk A.V., Fedorovych V.O. Ocinka efektyvnosti vibracijnoi' ozdobljuval'no-zachyshhival'noi' obrobky u rezervuarah z mul'tyenergetychnym vplyvom i riznoju formoju poperechnogo pererizu // Rezanie i instrumenty v tehnologicheskix sistemah: Mezhdunar. nauch.-tehn. sb. / Pod obshh. red. prof. A.N. Shelkovogo, redkol.: prof. A.I. Grabchenko (otv. red.) i dr. – Har'kov: NTU «HPI», 2019. – Вып. 90. – С. 51 – 63.
4. Sokolov V., Krol O., Yepifanova O. Hydraulics. – Severodonetsk: VDEUNU, 2017. – 160 с.)
5. Sokolov, V., Krol, O., Stepanova, O.: Automatic Control System for Electrohydraulic Drive of Production Equipment. 2018 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). IEEE (2018). DOI: <https://doi.org/10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501609>.
6. Sokolov, V.: Diffusion of Circular Source in the Channels of Ventilation Systems. Advances in Engineering Research and Application. ICERA 2018. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 63, pp. 278-283. Springer, Cham (2019). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04792-4_37.
7. Sokolov, V., Krol, O.: Determination of Transfer Functions for Electrohydraulic Servo Drive of Technological Equipment. In.: Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 364-373. Springer, Cham (2019). DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_38.
8. Shevchenko S., Muhovaty A., Krol O. Gear Clutch with Modified Tooth Profiles. Procedia Engineering. 2017. – №206. P. 979–984.
9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.581>
10. Krol O., Sukhorutchenko I. 3D-modeling and optimization spindle's node machining centre/Teka Komisji Motoryzacji I Energetyki in Rolnictwa. – OL PAN, 2013, Vol.13, is.3, Lublin, Poland. – P. 114–119.
11. Krol' O. S., Hmelovskij G. L. Optimizacija i upravljenje processom rezanija: uchebnoe posobie. Kiev: UMK VO, 1991. 140 s.
12. Mamalis A., Kundrak, J., Mitsyk, A., Fedorovich, V. Development of modular machine design and technologies of dynamic action for finishing-grinding treatment by an oscillating abrasive medium. Journal of Machining and

- Forming Technologies. Nova Science Publishers, Inc. Vol. 7, № 1 – 270, p. 1 – 10, (2015).
13. Branspyz E.V. Pidvyshhennja efektyvnosti vibroabrazivnoi' obrobky shljahom racional'nogo vyboru i'i' osnovnyh parametriv: Dys... kand. teh. nauk. – Lugans'k, 2001. - 265 s.
14. Kartashov I.N., Shains'kij M.E. Udskonalena tehnologija vibroobrobki. Zbirk prac' Lugans'kogo mashinobudivnogo institutu. 1967. – № 12. S. 50-58.
15. Izotov E. N. Rozrahunok i proektuvannja vibroabrazivnyh ustanovok dlja poliruvannja detalej. Visnyk mashynobuduvannja. 1969. – № 8. S. 17-21.
16. Kalmykov M.A. Pidvyshhennja efektyvnosti procesu vibracijnoi' obrobky velykogabarytnyh vyrobiv: Dys...kand. tehn. nauk. – Lugans'k, 2006. - 223 s.
17. Pshenychnyj Y.N. Rozshyrennja tehnologichnyh mozhlyvostej obrobky detalej u vibrujuchyh kontejnerah: Dys... kand. teh. nauk. – Lugans'k, 2005. - 265 s.
18. Melkonov G.L. Vdoskonalennja procesu obrobky dribnogabarytnyh ploshhynnyh detalej na vibracijnyh verstatah shljahom aktyvizacii' funkciij' futeruvannja kontejnera: Dys... kand. teh. nauk. – Odessa, 2010. – 201 s.
19. Kalmykov M.O., Kornjejev S.V., Mjelkonov G.L. Pidvyshhennja efetyvnosti vibracijnoi' obrobky detalej. Avtomatizacija vyrobnychych processiv u mashynobuduvanni. L'viv: Nacional'nyj universitet l'vivs'ka politehnika, 2006. – vyp. 40. S.133-138.

Романченко А.В., Шумакова Т.А., Николаенко А.П., Таванюк Т.Я., Логунов А.Н. Интенсификации процесса вибрационной обработки за счет изменения свойств футеровки резервуара

Проведен анализ факторов, которые непосредственно влияют на интенсивность процесса виброабразивной обработки деталей, в первую очередь влияния футеровки резервуара. Обоснована возможность интенсификации процесса виброабразивной обработки путем применения абразивного покрытия стенок резервуара. Установлено отсутствие влияния шероховатости поверхности футеровки резервуара на циркуляционное движение рабочей среды. Представлены результаты экспериментальных исследований по влиянию футеровки резервуара на производительность виброабразивной обработки деталей

Ключевые слова: виброабразивная обработка, футеровка, резервуар, циркуляционное движение.

Romanchenko A., Shumakova T., Nikolaenko A., Tavanyuk T., Logunov O. Intensification of the vibration treatment process by changing the properties of reservoir lining

The analysis of factors that directly affect the intensity of process of vibration treatment of parts, primarily the influence of reservoir lining, has been carried out. The possibility of intensification of vibration treatment process by application of abrasive coating of reservoir walls has been substantiated. The absence of the influence of surface roughness of reservoir lining on circulation movement of working medium has been established. The results of experimental researches by the effect of reservoir lining on performance of vibration treatment of parts have been presented.

Keywords: vibration treatment, lining, reservoir, circulation movement.

Романченко Олексій Володимирович – к.т.н., доц., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк) alexvromanchenko@gmail.com

Шумакова Тетяна Олександрівна – к.т.н., доц., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк) shumakovatania@gmail.com

Ніколаєнко Анна Павлівна – к.т.н., доц., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк) arnikolaienko@gmail.com

Таванюк Тетяна Яківна – к.т.н., доц., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїн-

ський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк) ttavanyuk@gmail.com

Логунів Олександр Миколайович – к.т.н., доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (м. Северодонецьк) logunov@ukr.net

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 15.01.2019.