

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Брикуна Олександра Миколайовича
«Удосконалення технології дробострумного очищення внутрішніх
поверхонь корпусних виробів типу тіл обертання»,
представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування

На розгляд представлено: дисертацію, автореферат, копії опублікованих робіт і висновки установи, в якій виконувалась робота.

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів та висновків, списку використаних джерел із 173 найменувань і трьох додатків. Повний обсяг дисертації становить 196 сторінок, включаючи 68 рисунків і 6 таблиць. Список використаних джерел та додатки займають 25 сторінок.

Дисертація є кваліфікаційною науковою роботою, яка виконана автором у вигляді рукопису.

1. Актуальність теми та її відповідність планам наукових досліджень

Перед нанесенням захисних неметалевих покриттів поверхні порожнин великогабаритних металевих виробів типу тіл обертання, які широко використовуються в різних галузях промисловості, очищають за допомогою дробоструминня від пригару, іржі, окалини та інших забруднень, й формують на очищеній поверхні рівномірну шорсткість з необхідними геометричними параметрами, що забезпечує міцне зчеплення ґрунтового шару захисного покриття з металевою основою. Не дивлячись на широке використання в різних галузях машинобудівельного виробництва дробострумне очищення залишається найменш вивченим технологічним процесом абразивної обробки вільними гранулами. Прогалина, що склалася в дослідженні процесу дробострумного очищення металевих виробів, стримує оптимізацію і ефективну механізацію низки трудомістких і відповідальних операцій технології обробки поверхонь, які з цих причин виконуються, переважно, вручну. Тому тема досліджень дисертації є актуальною.

Робота пов'язана з тематикою науково-дослідних робіт кафедри загальнотехнічних дисциплін Полтавської державної аграрної академії, зокрема з науковими темами «Визначення параметрів процесу дробострумного очищення на основі моделювання ударної взаємодії пружно-пластичних тіл» (номер державної реєстрації № ДР 0113U004987, 2014-2017 р.); «Оптимізація параметрів і розробка засобів механізації дробострумного очищення порожнин металевих великогабаритних циліндричних виробів» (номер державної реєстрації № ДР 0117U004517, 2017-2020 р.) та з госпдоговірною темою «Дослідження експлуатаційного ресурсу трибунної споруди стадіону «Ворскла» в м. Полтава» (Шифр № 9-04/17).

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, та їх достовірність

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи в

повній мірі обґрунтовані з наукової і технічної точки зору. В теоретичних дослідженнях використано математичний апарат, що базується на положеннях технології машинобудування, теоретичної механіки, теорії пружності і пластичності, фізико-статистичної теорії формування геометричних параметрів поверхонь, теоретичних основ технологічного забезпечення параметрів стану поверхневого шару, методах розв'язання диференціальних рівнянь для моделювання динамічних систем. Результати експериментальних досліджень одержані з використанням спеціально розробленого устаткування та оснащення, методів математичного моделювання й математичної статистики для аналізу і оброблення вимірів, фізичних методів та металографічних досліджень функціонально-орієнтованих процесів. Достовірність викладених теоретичних положень підтверджено реалізацією розрахунків на комп'ютерній техніці з візуалізацією результатів обчислень. Цінними даними є результати експериментальних досліджень дробоструминного очищення зразків із низьковуглецевої сталі, оскільки вони проводилися в заводських умовах на діючому обладнанні з використанням пневматичної мережі діючого виробництва.

Висновки і рекомендації, наведені в дисертаційній роботі є достатньо обґрунтованими, їхня достовірність підтверджена експериментально.

3. Оцінка наукової новизни отриманих результатів

Відповідно до поставленої мети автором здійснено розв'язання науково-технічної задачі удосконалення технології очищення внутрішніх поверхонь порожнистих корпусних виробів типу тіл обертання шляхом встановлення раціональних технологічних режимів процесу дробоструміння виробів з маловуглецевої сталі та розробкою технічних рішень.

Наукова новизна теоретичних результатів полягає в розробці і апробації нових підходів до аналітичного відтворення ударної взаємодії твердої сферичної дробинки з площиною півпростору, що володіє пружними, пластичними та в'язкими властивостями та встановлені параметрів контактного руху дробинки, на основі яких встановлено раціональні режими технології, побудовано нові методики визначення параметрів шорсткості, структури і ступеню шаржування поверхневого шару осколками дробу та встановлено граничну швидкість атаки з умов міцності використовуваного технічного дробу і економічно вигідну швидкість атаки залежно від показників технологічної собівартості. Окрім цього встановлено економічний період стійкості технічного дробу виходячи з фізичної суті взаємозв'язків між технологічними параметрами дробоструминного очищення та фізико-механічними властивостями поверхневого шару оброблюваного виробу.

Новизна результатів експериментальних досліджень полягає в установленні фактичної швидкості атаки, виявлені ефекту поглинання контактним тангенціальним переміщенням дробинки нормальним за великих кутів атаки при утворенні форми сліду, що дозволяє в таких випадках нехтувати тангенціальним переміщенням при визначенні продуктивності процесу та підтвердженні стабілізації процесу формування мікрорельєфу оброблюваної

поверхні з часом, що дозволило оперувати параметрами шорсткості, як заданими величинами не пов'язаними з тривалістю очищення.

4. Практична цінність роботи

Запропоновано повністю придатну до практичного застосування методику визначати раціональних технологічних режимів дробоструминного очищення металевих поверхонь виробів різного призначення (корпуси апаратів, труби, цистерни та інші), що дає змогу підвищити надійність та рівень механізації і автоматизації процесу підготовки поверхонь порожнин великогабаритних виробів машинобудівної, хімічної, сільськогосподарської, оборонної та інших галузей промисловості.

Запропоновано нове технічне рішення на конструкцію самохідного модуля захищене патентом України, не тільки розширить технологічні можливості очищення порожнин металевих великогабаритних циліндричних виробів, але й дозволить механізувати трудомістку і шкідливу технологічну операцію, визначено основні характеристики руху відбитку дробоструминного факела по оброблюваній криволінійній порожнині виробу та побудована технологічна карта рівномірного якісного очищення порожнини хімічного апарата.

Результати досліджень передані для використання ПАТ «Полтавський автоагрегатний завод» (м. Полтава), заводу хімічного машинобудування ПрАТ «Полтавхіммаш» (м. Полтава) та Багатогалузевому науково-технічному центру «Віра».

Розробки автора дисертаційної роботи застосовано у навчальний процес Полтавської державної аграрної академії при підготовці фахівців за спеціальністю «Галузеве машинобудування» при вивченні дисципліни «Технологічні основи машинобудування».

5. Ступінь висвітлення основних результатів дисертації у наукових виданнях, ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації

Результати і наукові положення дисертаційного дослідження достатньо відображено в 16 друкованих працях, з них 8 статей опубліковані в провідних наукових журналах, які внесені до переліку фахових видань, 2 статті входять до міжнародних наукометричних баз даних SCOPUS та 1 публікація в колективній монографії. За результатами досліджень отримано 2 патенти України на винахід та 1 – на корисну модель, що підкреслюють значимість і завершеність роботи. Основні положення та результати роботи доповідались на 8 міжнародних науково-технічних конференціях, що свідчать про широку апробацію результатів роботи і їх відповідність галузевим проблемам сучасного машинобудування.

Теоретичні дослідження, висновки та рекомендації сформульовані дисертантом є науково обґрунтовані, аргументовані і достовірні.

Автореферат за своїм змістом відповідає основним положенням, висновкам, пропозиціям, що наведені в дисертаційній роботі, відображає її структуру. Автореферат за змістом, основними положеннями та висновками ідентичний з дисертацією.

6. Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому

У вступі сформульовано актуальність дисертаційної роботи, мета і задачі досліджень, наукова новизна і практичне значення, виділено особистий внесок, наведено інформацію про апробацію.

У першому розділі проаналізовано стан питання в області обробки деталей складної конфігурації якими є ємнісні великогабаритні вироби з акцентуванням уваги на дробоструминне очищення від іржі, окалини, нагару, механічних та інших забруднень. Дана коротка характеристика основних способів очищення металевих поверхонь: хімічних, електрохімічних, фізичних та механічних та вказано їх переваги та недоліки. Розкрито сутність і основні технологічні можливості дробоструминного очищення, описані основні переваги та виявлено важливі технологічні параметри, які впливають на якість та продуктивність даного виду обробки. Відображено роль вчених в розвитку даного способу обробки, при цьому особливу увагу приділено невирішеним проблемам. На основі узагальнення та аналізу конструкцій установок для очищення габаритних виробів наведено передумови створення ефективних технічних рішень для механізованого очищення внутрішніх поверхонь великогабаритних корпусних виробів типу тіл обертання.

Наведені аргументи обумовили актуальність теми, визначили її мету та задачі.

У другому розділі наведено результати теоретичного дослідження основних технологічних параметрів процесу.

Запропоновано нові наукові підходи до аналітичного описання ударної взаємодії окремої сферичної частинки (дробинки) з площиною деформівного півпростору. У пружно-пластичній моделі для описання сили опору атакованого поверхневого шару запроваджено коефіцієнт пружно-пластичності матеріалу, який легко встановлюється експериментально-аналітичним шляхом, а у пружно-в'язкій моделі – два коефіцієнти, які враховують співвідношення пружних і в'язких деформацій, що дозволяє достовірніше врахувати властивості матеріалу виробу і обґрунтувати можливість нехтування у певних випадках пружними деформаціями. На основі цих моделей визначено геометричні параметри сліду атакуючої дробинки на атакованій поверхні та встановлено наслідкові основні параметри технології дробоструминного очищення поверхонь виробів із низьковуглецевих сталей. Розроблено теоретичний підхід до визначення величини коефіцієнта інтенсивності ударно-абразивного втомного руйнування поверхневого шару металевих виробів при дробоструминному очищенні. Числова апробація розробленої методики визначення економічно раціональної швидкості атаки дробинками металевих поверхонь свідчить про узгодження розрахункових результатів з реальними режимами очищення. Встановлено функціональний зв'язок між технологічними параметрами дробоструминного очищення, фізико-механічними властивостями поверхневого шару оброблюваного виробу і стійкістю технічного дробу, що дозволяє більш точно розраховувати штучний час на проведення відповідальної операції поповнення системи живлення технічним дробом та розробляти засоби автоматизації струминного очищення в машинобудуванні. Отримано аналітичну залежність

для визначення міри шаржування обробленої поверхні осколками дроби, що можна оцінити коефіцієнтом шаржування, який залежить від фізико-механічних властивостей поверхневого шару оброблюваної поверхні, міцності і твердості дробинок, технологічних режимів дробоструминного очищення.

У третьому розділі наведена методика проведення експериментальних досліджень впливу вихідних технологічних режимів на результат дії як для окремої дробинки, так і дробоструминного факела. Обґрунтовано вибір виду зразків із зазначенням способів підготовки їх поверхонь перед випробуванням. Наведено характеристики обладнання та приладів, що використовуються при проведенні експериментальних досліджень та обробці отриманих даних. Дано докладний опис методик вимірювання параметрів шорсткості поверхні, мікроструктури, ступеню шаржування і мікротвердості поверхневого шару, а також продуктивності очищення. Дослідження проводилися в заводських умовах на базі ПАТ «Полтавський автоагрегатний завод» та лабораторії Полтавського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру на діючому обладнанні з використанням атестованих вимірювальних приладів та виготовлених допоміжних засобів.

У четвертому розділі представлені результати експериментальної перевірки запропонованих аналітичних залежностей для визначення впливу технологічних режимів (швидкості і кута атаки та діаметру дроби) на техніко-економічні показники та на якість обробленої поверхні металевих виробів із низьковуглецевої сталі 08, що дозволяє розрахунковим шляхом прогнозувати і призначати раціональні параметри режимів технологічного процесу дробоструминного очищення. Підтверджено достовірність співвідношень аналітичних моделей визначення геометричних параметрів сліду (розбіжність не перевищує 14%), які можуть бути використані для прогнозування шорсткості оброблюваної поверхні при масовій дії дробинок дробоструминного факела.

Наведено результати експериментальних досліджень швидкості руху дроби фракцій 0,8, 1,0 та 1,4 мм залежно від довжини факела і різних швидкостей вильоту дробинки із сопла та вплив кута і швидкості атаки на технологічні показники продуктивності, шорсткості поверхні та ступеню шаржування. Невелика розбіжність теоретичних і експериментальних значень свідчить про достовірність отриманих у роботі теоретичних залежностей і можливість їх використання для технологічних розрахунків параметрів дробоструминного очищення.

Автором встановлені раціональні технологічні режими дробоструминного очищення для якісної підготовки внутрішніх поверхонь корпусних виробів типу тіл обертання із низьковуглецевої сталі під корозійностійке неметалеve покриття.

У п'ятому розділі наведено технічні та технологічні рішення для удосконалення процесу дробоструминного очищення корпусних виробів типу тіл обертання.

Розроблений самохідний модуль та способи руху відбитку факела по оброблюваній циліндричній ємності дозволять механізувати трудомістку і шкідливу для здоров'я людини (велика запиленість повітряного простору,

підвищений рівень шуму та небезпечна швидкість рикошету дробу) технологічну операцію, збільшити продуктивність очищення, підвищити якість обробки і, як наслідок, надійність і довговічність оброблюваних виробів. На основі отриманих рішень запропонована покрокова інженерна методика визначення і ув'язки взаємозалежних раціональних технологічних режимів дробоструминного очищення внутрішньої поверхні корпусних хімічних апаратів та розроблена технологічна карта виконання робіт.

Отримані результати становлять науково-практичний інтерес, про свідчить впровадження у виробництво на ПрАТ «Полтавхіммаш» при підготовці поверхні хімічних апаратів під нанесення захисного неметалевого покриття.

В заключній частині наведені загальні висновки, які є достатніми і належним чином обґрунтованими. Для їх отримання автором приведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, результати яких розроблені згідно програми і методики та опубліковані у відкритому друці.

В додатках представлені: копії патентів на винаходи та корисну модель, що підтверджують цінність прийнятих нових рішень для практичного застосування і оформленими правами на інтелектуальну власність автора дисертаційної роботи; документи щодо передачі результатів роботи на виробництві і апробації в навчальному процесі.

Підсумовуючи оцінку змісту дисертації в цілому, можна відзначити, що поставлені в роботі задачі (їх 7) вирішені і достатньо висвітлені в 5-ти розділах дисертації, кожний з яких супроводжується окремими висновками, що підсумовуються в загальних висновках дисертації (9 висновків) і містять конкретні дані, в тому числі і числові, за отриманими теоретичними і експериментальними дослідженнями. Зміст і обсяг дисертаційної роботи «Удосконалення технології дробоструминного очищення внутрішніх поверхонь корпусних виробів типу тіл обертання» має чітку класичну структуру, супроводжується положеннями по обґрунтуванню значимості кожного розділу і пункту дисертації, а в тексті окремо зроблено акценти на нових результатах, що належать автору особисто.

7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації

7.1. Автор не безпідставно стверджує, що кут атаки поверхні дробоструминним факелом є одним із основних параметрів очищення, але поза увагою залишається інформація про положення площини дії факела на криволінійну (циліндричну) поверхню, в якій встановлюється заданий кут.

7.2. Розділ 2 дещо перевантажений за обсягом поданого матеріалу, що перешкоджає цілісному сприйняттю роботи. Доцільно було б результати експериментальних досліджень стосовно визначення інтенсивності руйнування поверхневого шару з п. 2.3 перенести до розділу 4.

7.3. При визначенні продуктивності (2.62) застосовано енергетичний баланс динамічної нормальної взаємодії дробинки з поверхнею, хоча можна було скористатися розробленою пружно-пластичною моделлю, або в такому випадку навести порівняння розрахунків за різними підходами.

7.4. В підрозділі 2.6 наведено вмотивований метод встановлення граничної

швидкості атаки дробинки при очищенні сталених поверхонь, але числові значення такої швидкості запропоновані без належного обґрунтування критеріїв динамічної міцності дробу.

7.5. В дисертаційній роботі зустрічаються рідкі стилістичні недосконалості викладу тексту, зайва інформація, наприклад, на стор. 98 подано стандартний зовнішній вигляд пневматичного пістолету ИЖ-53М, замалі масштаби рисунків 1.16 та 1.20.

Наведені зауваження носять методичний характер і не знижують значення отриманих результатів в дисертаційній роботі, яку виконано на високому науковому рівні.

8. Висновок

На підставі аналізу дисертаційної роботи і опублікованих праць автора вважаю, що Брикун Олександр Миколайович є зрілим науковцем, здатним самостійно ставити і розв'язувати важливі науково-технічні задачі в галузі машинобудування. Дисертація є закінченою науковою роботою, в якій отримані нові наукові результати, що розвивають важливу науково-технічну проблему – удосконалення технології дробоструминного очищення внутрішніх металевих поверхонь порожнистих виробів під неметалево захисне покриття. Зміст автореферату відповідає змісту дисертації.

Дисертаційна робота «Удосконалення технології дробоструминного очищення внутрішніх поверхонь корпусних виробів типу тіл обертання» за актуальністю, змістом, науковому і практичному значенню відповідає вимогам пунктів 9, 11, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 (зі змінами внесеними згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р.), що пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор, Брикун Олександр Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент професор
кафедри інжинірингу
машинобудівних технологій
Тернопільського національного технічного
університету ім. І. Пулюя,
д. т. н., професор

Підпис професора Пилипця М.І.
завіряю, начальник відділу кадрів ТНТУ

М.І. Пилипець

О.В. Діцюра

