

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора Тарельника В'ячеслава Борисовича на дисертаційну роботу Костик Катерини Олександрівни «Наукові основи технологій поверхневого зміцнення деталей машин порошковими сумішами керованого складу», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертація присвячена вирішенню актуальної науково-технічної проблеми в області технології машинобудування: розробка інноваційних та короткотривалих технологій поверхневого зміцнення деталей машин порошковими сумішами керованого складу для забезпечення експлуатаційних властивостей виробів на високому рівні при значному зниженні затрат на їх виготовлення. Вирішення цієї проблеми дозволить забезпечити підвищення надійності машин за рахунок збільшення терміну служби деталей машин та інструменту, при зниженні енерговитрат, що дуже важливо для сучасної України.

Робота має традиційну структуру, складається зі вступу, шести розділів, висновку, списку використаних джерел, додатків. Структура роботи за складом і послідовністю розділів логічна та відповідає основним вимогам оформлення наукових праць. Автореферат дисертації відповідає її змісту, відображає основні наукові положення, практичну значущість і висновки по роботі. Повний обсяг дисертаційної роботи становить 403 сторінки. Основна частина дисертації викладена на 296 сторінках, містить 147 рисунків, 25 таблиць, 263 найменувань списку використаних джерел, 7 додатків.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

Проблема підвищення надійності машин набуває все більшого значення у зв'язку з ускладненням експлуатації виробів, що працюють в умовах тертя, великих теплових та механічних навантажень, в агресивному середовищі. Для

підвищення надійності та довговічності штампового і різального інструменту, збільшення границі витривалості виробів з легованих конструкційних сталей, підвищення зносостійкості деталей машин, забезпечення високої твердості та корозійної стійкості поверхневих шарів виробів в промисловості широко використовують поверхнєве зміцнення.

Необхідність у поверхневому зміцненні мають такі деталі, як втулки, труби, шайби, гвинти, прокладки, осі, вали, вал-шестірні, плунжери, штоки, колінчасті та кулачкові вали, кільця, шпинделі, шнеки, оправки, рейки, зубчасті вінці, півосі, зубчасті колеса, гідроциліндри, деталі верстатів та турбін, а також інструменти (свердла, мітчики, накатники, фрези, протяжки), штамповий інструмент, пуансони, прес-форми лиття під тиском тощо.

На теперішній час існує велика кількість методів поверхневого зміцнення, заснованих на нанесенні покриттів або зміні стану поверхні. Серед них широке використання знаходить хіміко-термічна обробка (ХТО), що застосовується для сплавів як чорних, так і кольорових металів. Поверхневі дифузійні шари, отримані внаслідок такої обробки, мають низку переваг перед покриттями, нанесеними різними методами (наплавленням, газотермічним напиленням тощо). Міцність їх зчеплення з основним металом значно більша, ніж у покриттів, а поступова зміна хімічного складу за глибиною дифузійного шару створює плавний перехід властивостей від поверхні до серцевини деталі. Також, інтерес до поверхневого зміцнення деталей машин технологіями з застосуванням процесів дифузійного насичення залишається значним, оскільки це методи впливу на поверхню виробів, які дозволяють отримувати унікальне поєднання механічних та спеціальних експлуатаційних властивостей поверхневого шару.

Існуючі способи поверхневого зміцнення деталей машин методами ХТО, як правило, забезпечують працездатність деталей в умовах тертя і зношування, але вони є досить тривалими і потребують спеціального складного та дорогого обладнання. Тому актуальним є вдосконалення технологічних процесів виготовлення деталей машин за рахунок розробки нових методів поверхневого зміцнення, які значно підвищують довговічність робочого шару і поверхні

деталей при значному прискоренні та спрощенні технологій поверхневого зміцнення.

Актуальність підтверджується також тим, що робота має тісний зв'язок з пріоритетним напрямом розвитку науки і техніки України «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості і сільському господарстві», за тематичними напрямками НТУ «ХПІ» згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 942: «Цільові дослідження щодо отримання нових матеріалів, їх з'єднання і оброблення», «Створення та застосування технологій отримання, зварювання, з'єднання та оброблення конструкційних, функціональних і композиційних матеріалів» та «Створення та застосування нанотехнологій і технологій наноматеріалів» відповідно до тематики кафедри. Дослідження виконувалися відповідно до завдань держбюджетних НДР МОН України: «Розробка інноваційних технологій функціональних наноматеріалів для підвищення ресурсу, корозійного і механічного опору та відновлення металевих виробів» (ДР № 0115U000532), в якій здобувач була виконавцем окремих етапів, та «Розробка наукових та технологічних засад щодо створення литих конструкцій з залізовуглецевих і кольорових сплавів, оптимальних процесів їх одержання і автоматизованих методів проектування» (ДР № 0115U000693), в якій здобувач була співвиконавцем. Господогвірних робіт: № 19480 з ТОВ «Вентиляторний завод Укрвентсистеми» (м. Харків): «Розробка методології та прикладного математичного апарату для обробки експериментальних даних по визначенню вихідних характеристик при випробуванні систем вентиляції для промислових об'єктів з метою оптимізації конструктивно-технологічних рішень при їх проектуванні»; № 19522 з ВАТ «Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе» (м. Харків): «Інженерне моделювання литих корпусних деталей безступінчастої гідрооб'ємно-механічної коробки передач трактора в діапазоні потужності двигуна 240-300 к.с.»; № 19606 «Підвищення якості складних корпусних виливків в умовах НВЦ «Європейські технології машинобудування»» (м. Харків), в яких здобувач була виконавцем окремих розділів.

Робота Костик К.О. повністю відповідає поставленій меті та вирішеним для її досягнення завданням дослідження, а також є актуальною і має наукове та практичне значення.

НАУКОВА НОВИЗНА результатів дисертаційної роботи полягає у розробці наукових основ інноваційних та короткотривалих технологій поверхневого зміцнення деталей машин порошковими сумішами керованого складу, що дозволило вирішити актуальну науково-практичну проблему підвищення терміну служби виробів машинобудування:

– вперше розраховано локальні максимуми поверхневої твердості та глибини дифузійних шарів сплавів і встановлено теоретичні оптимальні умови процесів дифузійного зміцнення, що дозволяє отримати конкретні технологічні параметри проведення ХТО та забезпечити оптимальні характеристики дифузійних шарів поверхні виробів машинобудування;

– вперше створено математичні моделі та номограми існуючих технологій поверхневого зміцнення сталей, що дозволило визначити конкретні умови ХТО (температуру і тривалість), виходячи із заданої глибини дифузійного шару або поверхневої твердості сталей, що суттєво впливає на ефективність реалізації процесів зміцнення поверхні виробів машинобудування;

– вперше на основі використання інноваційних технологій і системного аналізу при мінімальних витратах, розроблено загальний методологічний підхід керування технологічними процесами поверхневого зміцнення деталей машин порошковими сумішами керованого складу при насиченні поверхневих шарів азотом, вуглецем і бором, це дозволило підвищити експлуатаційні властивості виробів машинобудування при значному скороченні тривалості ХТО;

– набули подальшого розвитку розроблені комплексні ХТО, які значно знижують крихкість борованих шарів за рахунок більш плавного зниження твердості від поверхні до серцевини виробів зі сталей, що дозволило підвищити експлуатаційні властивості виробів та термін служби деталей машин та

інструменту на відміну від відомих методів ХТО, які підвищують лише поверхневу твердість;

– вперше розроблено математичну модель розподілу температури за глибиною дифузійного шару, що дозволило визначити характер залежностей та отримати дані про розподіл температури за глибиною виробу при різних технологічних режимах обробки поверхні деталей;

– удосконалено технологію борування виробів машинобудування з паст титанових сплавів за рахунок використання нанодисперсного насичувального середовища, що дозволило скоротити процес борування у 2-3 рази та скоротити технологічний процес виготовлення деталей за рахунок поєднання двох операцій: борування і гартування титанового сплаву;

– запропоновано розв'язання крайових задач дифузії методом граничних елементів, що дозволило вперше створити математичну модель розподілу концентрації бору за товщиною зміцненого шару титанового сплаву;

– удосконалено технологію інтенсифікації процесів ХТО методами нагрівання струмами високої частоти та за рахунок попередньої лазерної обробки деталей, що дозволило отримати високі експлуатаційні властивості поверхневих шарів виробів машинобудування при значному скороченні тривалості обробок.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ отриманих результатів полягає у розробці технологій комбінованого зміцнення поверхневих шарів деталей машин та інструменту.

На основі комплексу проведених теоретичних та експериментальних досліджень, сформульованих принципів, закономірностей і положень отримано наступні практичні результати:

1. Спосіб комбінованої обробки сталевих виробів (патент України №111066); спосіб дифузійного борування сталевих виробів (патент України №116177); спосіб поверхневого зміцнення сталевих виробів (патент України №116178); спосіб отримання твердого покриття на поверхні сталевих виробів (патент України №116116); сплав на основі заліза з ефектом пам'яті форми

(патент України №116117); склад для борування сталевих виробів (патент України №117775); спосіб поверхневого зміцнення титанових сплавів (патент України №117770); дисперсійно-твердіючий сплав на основі заліза з ефектом пам'яті форми (патент України №117757).

2. Розроблені технологічні процеси ХТО впроваджено для підвищення поверхневої твердості сталевих виробів на ТОВ «АСТИЛ М» (м. Харків), що дозволило підвищити зносостійкість втулки у 1,5 рази після нітроцементациї, у 4,3 рази після послідовної нітроцементациї та борування, у 5 разів після цементациї, нітроцементациї та борування та у 2 рази після борування з нагріванням СВЧ у порівнянні зі втулкою без поверхневого зміцнення (Акт впровадження від 05.10.2017 р.).

3. Розроблені технологічні процеси комбінованого зміцнення впроваджено для підвищення поверхневої твердості сталевих виробів на ПАТ «Харківський машинобудівний завод «Світло шахтаря» (м. Харків). Виробничими випробуваннями встановлено, що запропоновані ефективні технологічні процеси комбінованого зміцнення поверхневого шару сталевих виробів дозволили значно прискорити технологічні процеси хіміко-термічної обробки у 2–10 разів, що привело до зменшення витрат на їх проведення за рахунок економії електричної енергії (Акт впровадження від 17.10.2017 р.).

4. Розроблені технологічні процеси впроваджено на ТОВ «НВЦ ЄТМ» (м. Харків), що дозволило підвищити зносостійкість втулки у 1,5 рази після нітроцементациї, у 4,3 рази після послідовної нітроцементациї та борування (Акт впровадження від 31.10.2017 р.).

5. Прийнято для впровадження в виробництві розроблені номограми, які дозволяють визначити конкретні умови газового азотування (температуру і тривалість) виходячи із заданої глибини азотованого шару або поверхневої твердості виробів зі сталі 38Х2МЮА на ПАТ «Харківський машинобудівний завод «Світло шахтаря» (м. Харків). Встановлено, що запропоновані номограми дозволили значно спростити роботу інженера-технолога, а також вирішити зворотну задачу, а саме, оцінити можливу товщину зміцненого шару і

поверхневу твердість при одночасному впливі температури і тривалості газового азотування (Акт впровадження від 15.11.2017 р.).

6. Розроблено ефективний технологічний процес нітроцементації у порошковій макродисперсній суміші для підвищення експлуатаційної стійкості зубчастого колеса зі сталі 38Х2МЮА на АТ «Харківський тракторний завод» (м. Харків). Встановлено, що використання макродисперсної суміші прискорило процес хіміко-термічної обробки у 1,5-2 рази при отриманні властивостей поверхневого шару виробу таких, як і після традиційного процесу нітроцементації, що дозволило зменшити витрати на проведення хіміко-термічної обробки у 2 рази (Акт впровадження від 24.01.2018 р.).

7. Розробки, які виконані в дисертації, впроваджено у навчальний процес для студентів механіко-технологічного факультету НТУ «ХПІ» спеціальностей 131 «Прикладна механіка» спеціалізації 131-09 «Обладнання та технології ливарного виробництва» та 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізації 151-07 «Комп'ютеризовані системи управління технологічними процесами» (Акт впровадження від 20.12.2017 р.).

ОЦІНКА ДОСТОВІРНОСТІ ТА ОБҐРУНТОВАНOSTІ ПОЛОЖЕНЬ ДИСЕРТАЦІЇ

У роботі обґрунтовується науковий підхід щодо вирішення науково-технічної проблеми забезпечення підвищення надійності машин за рахунок збільшення терміну служби деталей машин та інструменту, при зниженні енерговитрат, а саме підвищення терміну служби деталей машин та інструменту інноваційними та короткотривалими технологіями поверхневого зміцнення деталей порошковими сумішами керованого складу за рахунок інтенсифікації процесів насичення поверхневих шарів сплавів азотом, вуглецем та бором.

В роботі обґрунтовано необхідність та доцільність проведених досліджень. Це підтверджується тим, що на теперішній час відсутній комплексний підхід до вивчення і аналітичного опису проблеми підвищення ресурсу матеріалу для підвищення надійності машин в цілому, а існуючі

способи поверхневого зміцнення деталей машин методами хіміко-термічної обробки, як правило, є досить тривалими і потребують спеціального складного та дорогого обладнання та не задовольняють вимогам та умовам виробничих завдань.

Основні наукові положення та висновки є обґрунтованими, тому їх слід вважати цілком достовірними.

Достовірність й обґрунтованість наукових положень та висновків, отриманих у дисертаційній роботі, підтверджується коректним описом технологій та дослідями механізму поверхневого зміцнення.

Основні наукові положення та висновки представленої дисертації є новими, що підтверджується публікаціями в провідних фахових виданнях, наявністю патентів та апробацією на міжнародних науково-практичних та науково-технічних конференціях, що відповідають тематиці роботи.

Дослідження здійснювалися у умовах сучасних виробництв. Отримані в рамках розробленого підходу результати досліджень є новими як методологічно, так і за висновками і рекомендаціями.

Результати дисертації викладено у 50 наукових роботах, зокрема 25 статей у наукових фахових виданнях України (з яких 19 статей у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз даних, 5 з яких SCOPUS); одна – у закордонному виданні; отримано 8 патентів України на корисну модель; 16 тез у збірниках доповідей на наукових конференціях.

Зміст дисертаційної роботи у повній мірі відображений в опублікованих працях. Наукові положення дисертаційної роботи, які виносяться на захист, сформульовані автором особисто. Автору належить: обґрунтування мети, проведення наукових досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статей до друку. Постановка задач та обговорення результатів досліджень виконані спільно з науковим керівником і, частково, зі співавторами статей. Внесок дисертанта в отриманні експериментальних даних, опублікованих в співавторстві, становить 60–90 %. Здобувач вдячний співавторам спільних публікацій і співробітникам, які сприяли виконанню експериментів і реалізації результатів на виробництві.

Автореферат за своїм змістом відповідає основним положенням, висновкам, пропозиціям, що наведені у дисертаційній роботі, відображає її структуру. В авторефераті стисло викладена сутність усіх розділів дисертаційної роботи. Автореферат за змістом, основними положеннями та висновками ідентичний з дисертацією.

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень дисертаційної роботи оприлюднено та позитивно оцінено на Міжнародних науково-технічних конференціях: «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2010–2017); «Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве» (Краматорськ, 2011); «Неметалеві вкраплення і гази у ливарних сплавах» (Запоріжжя, 2015); «Литво» (Запоріжжя, 2015–2017); «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, 2016, 2017); «Синергетика, мехатроніка, телематика дорожніх машин і систем у навчальному процесі та науці» (Харків, 2017).

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дано загальну характеристику роботи; обґрунтовано актуальність теми; сформульовано мету, завдання, об'єкт та предмет дослідження; описано застосовані методи дослідження та зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів; надано інформацію про апробацію та публікацію результатів дисертаційних досліджень.

У першому розділі проведено аналіз літературних джерел, що стосуються досліджуваної в дисертаційній роботі проблеми. Розглянуто методи підвищення експлуатаційних властивостей сплавів фізико-технічною обробкою. Виконано огляд існуючих досліджень загальних закономірностей хіміко-термічної обробки, процесів насичення поверхневих шарів виробів атомарним азотом, бором, вуглецем та методи комбінованої обробки.

Відмічено, що існуючі методи підвищення експлуатаційних властивостей сталей та титанових сплавів, як правило, забезпечують працездатність виробів машинобудування в умовах тертя і зношування, але вони є тривалими. Тому актуальним є пошук таких методів, які значно підвищують довговічність деталей машин методами ХТО у порошкових сумішах з керованим складом і з застосуванням фізико-технічної обробки для інтенсифікації процесів зміцнення поверхневих шарів. За результатами першого розділу сформульовано завдання дослідження.

У другому розділі створено математичні моделі і номограми, які дозволяють визначити конкретні умови ХТО (температуру і тривалість газового, іонно-плазмового азотування та борування в обмазках) деталей машин, виходячи із заданої глибини дифузійного шару або потрібної поверхневої твердості виробів машинобудування зі сталей, що має велике практичне значення. Розроблений математичний алгоритм побудови номограм може бути використаний для будь-яких технологій ХТО сплавів. Результати досліджень можуть бути використані на виробництві і в науково-дослідних роботах. Вперше встановлено теоретичні оптимальні умови газового азотування. В результаті моделювання дифузійних процесів та експериментальних досліджень отримано дані про розподіл температури по глибині виробу при різних значеннях температури впливу. Аналітичні методи дозволили отримати функціональні залежності для розподілу температури по глибині шару та дослідити вплив різних чинників на температурний стан тіла.

У третьому розділі сформульовано теоретичні основи технологічних процесів насичення деталей зі сталі 38Х2МЮА атомарним бором, вуглецем та азотом

Нова технологія борування сталі дозволяє скоротити тривалість насичення атомарними елементами в 2–3 рази, що значно зменшує енерговитрати, отримати необхідні експлуатаційні властивості та поєднати насичення поверхневого шару атомарним бором із гартуванням. Досліджено процеси насичення сталей 20 та 20Х вуглецем. Встановлено, що наявність хрому в сталі 20Х уповільнює процеси насичення у 1,2-2 рази залежно від

температури цементації. Розроблено наукові основи технологічного процесу одночасного насичення сталі атомарним азотом та вуглецем, який дозволяє отримати карбонітридні фази подібні класичним фазам, що утворюються при азотуванні, за рахунок більшої активності атомарного азоту ніж атомарного вуглецю при температурах 500–650 °С. Встановлено, що прискорення дифузії зростає майже в 5–10 разів залежно від температури ХТО при використанні запропонованого способу нітроцементації за рахунок використання макродисперсної насичувальної суміші.

У четвертому розділі розроблено наукові основи комплексної технології ХТО виробів машинобудування, які дозволяють сформувати боридний шар з перехідною зоною, що підвищує експлуатаційні властивості виробів за рахунок зменшення мікрокрихкості дифузійних шарів. Розраховано розподіл температури по глибині дифузійних шарів при комплексних хіміко-термічних обробках. Надано математичні моделі, які дозволяють отримати чітке уявлення про розподіл температури під час зміцнення дифузійних шарів комплексними технологіями. Експериментальні дані підтвердили достовірність теоретично отриманих моделей. Встановлено закономірність, згідно якої у дифузійних шарах, близьких до поверхні, експериментальні дані мають більші значення, ніж теоретичні, а у шарах, які розташовані глибше – саме теоретичні дані мають більші значення, що пояснюється особливостями будови комплексних шарів, отриманих за різними технологіями поверхневого дифузійного зміцнення сталей.

У п'ятому розділі розроблено наукові основи технології борування з паст титанового сплаву, що забезпечує отримання твердості поверхні в межах 30–29 ГПа зі зниженням її до 27–26 ГПа по шару до перехідної зони (з загальною товщиною до 110 мкм). Завдяки використанню нанодисперсного боровмісного порошку тривалість насичення бором скорочується в 2–3 рази. Встановлено, що доцільним є поєднання насичення поверхневого шару атомарним бором титанового сплаву ВТЗ-1 з гартуванням. Запропоновано математична модель для знаходження розподілу концентрації бору по товщині зміцненого шару. Порівняльний аналіз експериментальних та теоретичних даних довів, що

похибка не перевищує 5 %. Таким чином, запропонований математичний апарат розв'язання крайових задач дифузії методом граничних елементів може бути використаний для задач визначення розподілу концентрації та дифузії бору.

У шостому розділі розроблено способи інтенсифікації процесів хіміко-термічної обробки методами нагрівання струмами високої частоти для отримання високих експлуатаційних властивостей поверхневих шарів виробів при значному скороченні тривалості обробок. Визначено основні характеристики індуктора для розробленого процесу борування струмами високої частоти. Запропоновано способи комбінованої зміцнюючої обробки сталевих виробів, які включали попередню лазерну обробку поверхневих шарів сталі з наступним процесом азотування або борування. Встановлено, що попередня лазерна обробка сприяла пришвидшенню подальших зміцнюючих обробок за рахунок більшої дефектності попередньо оброблених ділянок лазерним променем. Розроблено технологічний режим отримання нових аустенітних сталей з підвищеними експлуатаційними властивостями, які забезпечуються дисперсійним твердінням, що приводить до об'ємного зміцнення виробу в цілому.

Зроблено порівняльний аналіз впливу існуючих та розроблених зміцнюючих обробок на зміну глибини шару, поверхневої твердості та зносостійкості поверхневого шару сталі 38Х2МЮА. Встановлено, що розроблені комплексні зміцнюючі обробки на основі процесу дифузійного насичення бором здатні забезпечити зносостійкість поверхневих шарів на високому рівні при абразивному зношуванні. Зроблене економічне обґрунтування доцільності застосування розроблених зміцнюючих обробок на підприємствах. Впроваджено результати досліджень у виробництво та навчальний процес.

У висновках зазначені основні результати досліджень.

У додатках наведено акти впровадження у виробництво та навчальний процес, список публікацій.

Список використаних джерел досить повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

В представленій докторській дисертації Костик К.О. не використано результатів її кандидатської дисертації

Зміст дисертаційної роботи, стиль та мова викладення, якість ілюстрацій відповідають вимогам ДАК МОН України до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати дисертаційних досліджень та технології поверхневого зміцнення деталей порошковими сумішами керованого складу запропоновано використовувати для наукових працівників-дослідників, інженерно-технічних працівників промислових виробництв та проектно-конструкторським організаціям, що спеціалізуються в галузі технології машинобудування, а також у навчальному процесі технічних університетів для підготовки інженерних кадрів з технології машинобудування, для наукової роботи аспірантів.

ЗАУВАЖЕННЯ ЩОДО ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ ТА АВТОРЕФЕРАТУ

1. З дисертації не зрозуміло, як часто можна використовувати одну й ту ж суміш, скільки разів, тобто можливість багаторазового використання, без оновлення, або з оновленням суміші при додаванні «свіжої» нової суміші після виснаження її насичувальними елементами в процесі ХТО.

2. В дисертаційній роботі здобувач не показав порівняння насичувальної здібності сумішей при різних методах зміцнення.

3. В дисертаційній роботі немає аналізу сумішей з точки зору спікання та налипання на поверхню виробів при ХТО, що призводить до зниження властивостей поверхневих шарів.

4. З дисертації не зрозуміло кількості споживання сумішей, порошоків при різних методах борування, що сильно впливає на вартість способів ХТО.

5. На с. 81-82 розглянуте математичне моделювання на прикладі сталі 30ХГСА після борування в обмазках дозволяє визначити тільки зміни глибини шару боридів залежно від температури та часу зміцнювальної обробки (рис.2.1) та номограма глибини боридів (рис. 2.2), але не показує зміни мікротвердості дифузійних шарів та поверхневої твердості, що дуже важливо знати для подальшого планування отримання експлуатаційних властивостей поверхні виробу.

6. На с. 87–91 на рис. 2.3–2.9 підписи координат на російській мові.

7. На с. 96–100 на рис. 2.10–2.17 підписи координат на російській мові.

8. З автореферату не ясно, в чому полягають методи інтенсифікації процесів ХТО.

9. В авторефераті на с. 19 – відомі формули коефіцієнта дифузії бору в залізі (33-34) можна було б і не приводити.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ ДИСЕРТАЦІЇ

В цілому дисертаційна робота Костик Катерини Олександрівни на тему «Наукові основи технологій поверхневого зміцнення деталей машин порошковими сумішами керованого складу» є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові та практичні результати, що в сукупності вирішують важливу науково-технічну проблему в області технології машинобудування: розробка інноваційних та короткотривалих технологій поверхневого зміцнення деталей машин порошковими сумішами керованого складу для забезпечення експлуатаційних властивостей виробів на високому рівні при значному зниженні затрат на їх виготовлення.

Мета роботи, поставлені та вирішені в ній завдання, а також викладені основні наукові результати дозволяють зробити висновок про те, що дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування.

На підставі проведеного аналізу дисертаційної роботи Костик К.О. «Наукові основи технологій поверхневого зміцнення деталей машин порошковими сумішами керованого складу» можна зробити висновок про те, що за актуальністю, науковим рівнем, отриманими науковими результатами та за практичною цінністю робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 Постанови Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. «Порядок присудження наукових ступенів», щодо докторських дисертацій, а її автор, Костик Катерина Олександрівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент

завідувач кафедри технічного сервісу

Сумського національного аграрного

університету МОН України

доктор технічних наук, професор

В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК



Внешній секретар
М.О. Митченко