

ВІДГУК

офіційного опонента
докора технічних наук, професора Г.І. Слинька
на дисертаційну роботу
Кравченка Сергія Олександровича
«Забезпечення ресурсу ДВЗ шляхом застосування
дискретно-континуального зміцнення робочих поверхонь»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.05.03 - двигуни та енергетичні установки

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел інформації та додатків. Загальний обсяг роботи становить 316 сторінок: з них 35 таблиць за текстом; 98 рисунків за текстом; список використаних джерел з 261 найменування на 29 сторінках; 12 додатків на 57 окремих сторінках.

В додатках наведені:

- розрахункові діаграми максимальних значень еквівалентних напружень елементів моделі на різних етапах, переміщення та повні переміщення по шляхам 1 і 2.
- програма робіт по визначенню зносостійкості, задиростійкості і приробітку корінних та шатунних вкладишів дизеля 4ЧН12/14.
- акт оцінки енергоефективності технології дискретного зміцнення на етапі виготовлення.
- акти впровадження результатів дисертаційної роботи на ДП «Завод ім. В.О. Малишева», ДП «ХКБД» та на кафедрі «ДВЗ» НТУ «ХП».
- список публікацій здобувача за темою дисертації.

Актуальність обраної теми

В дисертації відзначено, що ресурс ДВЗ значною мірою залежить від ресурсу високонавантажених пар тертя. Відмови деталей кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигунів внутрішнього згоряння за нормальних умов експлуатації відбуваються внаслідок виходу за ладу вузлів тертя в результаті зношування робочих поверхонь високонавантажених деталей.

Нарівні з проблемою підвищення ресурсу вузлів тертя, велике значення має зменшення витрат потужності на подолання тертя в самому двигуні. При експлуатації двигуна частина потужності витрачається на внутрішні механічні процеси, зокрема, на подолання тертя у всіх трибосистемах, однією з яких є пара "шийка колінчастого валу – вкладиш підшипника ковзання". Надійність роботи деталей КШМ в багатьох випадках залежить, також, від

якості їх виготовлення. Так, наприклад, зміцнення робочої поверхні шийки колінчастого валу, підвищення якості її обробки сприяє зменшенню втрат на тертя в парі "шийка колінчастого валу-вкладиш підшипника ковзання" і підвищує ресурс її роботи.

Способи зміцнення робочих поверхонь деталей, які застосовуються в двигунобудуванні, мають недоліки, які суттєво впливають на виготовлення та надійність роботи пар тертя. Нарівні з великими енергетичними витратами традиційні технології зміцнення не забезпечують необхідної зносостійкості і втомної міцності деталей одночасно. Ці процеси викликають розігрів основного металу деталі, що призводить до його знеміцнення, утворення тріщин, деформації деталі та ін.

Альтернативою існуючим технологіям виробництва деталей кривошипно-шатунного механізму ДВЗ є удосконалення існуючих та розробка нових енергозберігаючих технологій зміцнення, спроможних зменшити термін виготовлення деталей, суттєво підвищити їх ресурс та знизити енергетичні витрати. Дисертаційна робота к.т.н. Кравченка С.О. становить своєю ціллю розробку методології створення нових та підвищення якості існуючих технологій зміцнення, їх комбіноване використання задля забезпечення ресурсу деталей ДВЗ на основі розв'язання комплексних наукоємних задач.

Практичне і теоретичне значення зазначеної наукової задачі визначають актуальність поданої дисертаційної роботи та обраної теми дослідження для забезпечення ресурсу сучасних ДВЗ.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Всі основні результати, що викладені в дисертаційній роботі, базуються на дослідженні процесів механічної взаємодії двох зміцнених поверхонь тертя, які перебувають в стані рухомого контакту. У другому розділі дисертаційної роботи визначені завдання щодо моделювання фізико-механічних процесів технології поверхневого зміцнення високонавантажених деталей ДВЗ, що перебувають у рухомому контакті. Для вирішення поставлених завдань застосовано метод скінченних елементів (МСЕ), який на цей час досяг достатньої глибини теоретичного обґрунтування та реалізований у вигляді сучасних програмних пакетів (ANSYS, NASTRAN), які мають широкі функціональні можливості для побудови скінченно-елементних моделей при моделюванні різних фізико-механічних процесів та які інтегруються в системи автоматизованого проектування (Pro/ENGINEER (Creo), CATIA, SolidWorks).

Наукові положення, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані в дисертаційній роботі та базуються на аналізі широкого кола експериментальних досліджень, теоретичних положень, що є фундаментальними для галузі двигунобудування: використані сучасні методи розрахункових досліджень, які виконувались за допомогою сучасних систем автоматизованого проектування (Pro/ENGINEER (Creo), CATIA, SolidWorks). Встановлено, що експериментальні дані підтверджують достовірність розрахункових досліджень, отриманих автором. Тому наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, необхідно вважати обґрунтованими.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність отриманих результатів досліджень забезпечено збіжністю чисельних результатів із даними низки проведених експериментів на машинах тертя в механічній лабораторії ДП «Завод ім. В.О. Малишева» та дослідній базі кафедри ДВЗ НТУ «ХП». Результати дисертаційної роботи використані при виробництві на ДП «Завод ім. В.О. Малишева» колінчастих валів дизелів типу Д80 та ремонті колінчастих валів дизелів типу Д49, де здобувач був керівником бюро «Групи руху 4-х тактних та 2-х тактних двигунів» відділу головного конструктора з двигунобудування ДП «Завод ім. В.О. Малишева». На цей час в експлуатації ДП «Укрзалізниця» знаходиться понад 100 комплектів колінчастих валів з корінними та шатунними вкладишами дизелів типу Д80 та Д49, виготовленими та відновленими з урахуванням рекомендацій докторської роботи Кравченка С.О., які за період експлуатації з 1997 року по теперішній час не мали жодного виходу з ладу з причин знеміцнення робочих поверхонь шийок і вкладишів.

Новизна отриманих результатів

Новизну отриманих результатів дисертаційної роботи складають:

1. Вперше розроблена методологія створення нових та підвищення якості існуючих технологій зміцнення пар тертя деталей ДВЗ, які мають великетермомеханічне навантаження, що включає:

– розвинену та адаптовану для деталей ДВЗ концепцію узагальненого параметричного моделювання складних механічних систем, методи аналізу фізико-механічних процесів і синтезу конструктивних параметрів та нових технологій зміцнення, яка сформована, на відміну від традиційних, при нечітких множинних критеріях, параметрах множини обмежень і умов експлуатації;

– метод розрахунково-експериментального обґрунтування параметрів зон дискретного зміцнення високонавантажених поверхонь чавунних і сталевих деталей ДВЗ, який, на розвиток відомих підходів, спирається на використання не окремих, а сукупного комплексу результатів лабораторних досліджень мікроструктури металу, мікротвердості, жорсткості, трибомеханічних параметрів і втомної міцності, а також натурних експериментальних досліджень ДВЗ;

– нову структуру побудови комплексу багатоваріантних комп'ютерних досліджень напружено-деформованого стану дискретно та континуально зміцнених деталей ДВЗ із застосуванням запропонованих математичних моделей й оптимізації отриманих параметрів, які, на відміну від відомих, цілеспрямовано підготовлено для чисельних досліджень при варіативному моделюванні.

2. Вперше виявлені фізичні ефекти, які призводять до поліпшення технічних характеристик ДВЗ, а саме:

– синергетичний ефект від застосування комбінованих методів зміцнення деталей ДВЗ, що перевершує сумарний ефект від застосування окремо дискретного зміцнення та мікродугового оксидування;

– « Δ -ефект», що характеризує перерозподіл навантаження між зонами зміцнення та основним металом деталей ДВЗ;

– « σ -ефект», який полягає в тому, що при сумісному деформуванні розплавленого матеріалу ДВЗ при застиганні створюється залишковий напружений стан, який при суперпозиції з напруженим станом від дії тиску дає ефект зменшення рівня результуючих напружень.

3. Вперше запропоновано і обґрунтовано новий комплексний метод модифікації поверхонь тертя високонавантажених пар тертя деталей двигунів, одна з яких зміцнюється методом дискретного зміцнення, інша - зміцнюється методом мікродугового оксидування.

Значення отриманих результатів для науки й практичного використання

За рахунок впровадження у виробництво науково-технічних рішень, запропонованих в дисертаційній роботі, суттєво підвищено якість розрахунків при виготовленні колінчастих валів високофорсованих ДВЗ, знижено термін зміцнення робочих поверхонь шийок, зменшено навантаження на навколишнє середовище. На основі розрахунково-експериментального методу досліджень обґрунтовано параметри зон дискретного зміцнення поверхонь деталей та розроблено за участю фахівців ДП «Завод ім. В.О. Малишева» і ПНДВК фірми «ТАВІ» і впроваджено у виробництво технологічне обладнання для виготовлення і ремонту ДВЗ,

методику зміцнення робочих поверхонь шийок колінчастих валів (зокрема, дискретне зміцнення на базі розвитку технології електроіскрового легування), що порівняно з традиційними технологіями дало змогу підвищити ресурс колінчастих валів тепловозних дизелів.

Теоретично обґрунтовано, чисельно продемонстровані та практично підтверджені раціональні поєднання режимів комбінованого використання технологій зміцнення деталей, у тому числі коефіцієнт дискретності ϕ , який рекомендується обирати в інтервалі 0,6-0,75 (тобто площа зон дискретного зміцнення займатиме 60-75% загальної площі робочої поверхні деталі) та товщина оксидного шару при мікродуговому оксидуванні, яка рекомендується в інтервалі 50-100 мкм. Це дало змогу забезпечити потенціал зростання контактних навантажень у парах деталей ДВЗ до 50%, що створює основу для подальшого їх форсування за потужністю.

Результати, одержані в дисертаційній роботі, впроваджені у практику науково-дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт у ДП «ХКБД» (м. Харків) та у виробництво при виготовленні дизелів на ДП «Завод ім. В.О. Малишева», а також використовуються при проведенні наукових досліджень на кафедрі двигуни внутрішнього згоряння НТУ «ХП».

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях

Основні результати дисертації відображені у 39 публікаціях з яких: 1 монографія (у співавторстві), 17 статей - у наукових фахових виданнях України (7 у виданнях включених до міжнародних науково метричних баз), 1 стаття – у закордонному періодичному фаховому виданні), 2 патенти України, 8 - деклараційних патентів України, 10 – у матеріалах конференцій.

В цілому, якість та кількість публікацій відповідають умовам, які застосовуються до докторських дисертацій в Україні.

Автореферат відповідає основним положенням дисертаційної роботи та достатньо повно відображає її основні наукові результати.

В представленій докторській дисертації не використано результатів кандидатської дисертації Кравченка С.О.

Зауваження

1. При формулюванні мети роботи мова йде про «...термомеханічне навантаження ...» проте у самій роботі вплив термічних навантажень не досліджується.

2. У науковій новизні (четвертий підпункт п.2, стор. 15,16 роботи) задекларовано ефект стабілізації у послідовності процесів "контактна взаємодія-тертя-зношування" при застосуванні розроблених методів зміцнення за рахунок

позитивного взаємного впливу окремих складових, на відміну від традиційних методів, при використанні яких спостерігається їх прогресуючий негативний взаємний вплив. Однак повного розкриття цього ефекту у тексті роботи немає, є тільки якісні міркування.

3. У дисертаційній роботі (вступ, стор. 17 п.3) дається інформація про підвищення ресурсу колінчастих валів у 2-3 рази, а у висновках автореферату (стор. 30 п.5) – 1,5-3 рази. Тут потрібні пояснення.

4. При опису « Δ -ефекту» та « σ -ефекту» недостатньо обґрунтовані чисельні характеристики; є тільки посилання на якісні ефекти. Потрібно було б більш детально проаналізувати отримані результати.

5. У авторефераті дисертації не прослідковується прямий зв'язок результатів досліджень із техніко-економічними показниками ДВЗ.

6. В роботі присутні терміни, які не регламентовано правилами оформлення технічної документації ДСТУ 2860-94.

7. Детально проаналізовано результати досліджень контактної взаємодії робочих поверхонь пар тертя, але недостатньо приділено уваги моделюванню режиму роботи пар тертя в умовах рідинного тертя, що має місце в реальних умовах експлуатації підшипників ковзання колінчастих валів ДВЗ.

8. Деякі графіки та рисунки сильно зменшені, що ускладнює роботу з ними.

9. При оцінці результатів комп'ютерного моделювання напружено-деформованого стану, тертя і зношування зміцнених поверхонь деталей ДВЗ задекларовано синергетичний ефект від застосування комбінованих методів зміцнення в парах тертя деталей ДВЗ, що перевершує сумарний ефект від застосування окремо дискретного та континуального (мікродугового оксидування) зміцнення. Разом з тим належного обґрунтування цього висновку в дисертаційній роботі не наведено.

10. В дисертаційній роботі відсутній акт впровадження, який характеризував би результати забезпечення ресурсу ДВЗ при застосуванні дискретно-континуального зміцнення робочих поверхонь. Окрім того, чисельно не вказано, який ресурс повинні мати досліджувані ДВЗ.

11. В таблиці 6.11 (стор. 212) показано, що зазор в корінній парі до випробувань ($-0,09 \dots -0,1$), що забезпечує натяг в зібраному вузлі, а отже клинить вал та унеможливорює його обертання та запуск двигуна. При поясненні таблиці 6.11 (стор. 212, абз. 2) не аналізується наявність натягу в парі «корінна шийка–корінний вкладиш», лише вказано, що зазор майже відсутній. Таке явне відхилення допусків і посадок недопустиме та потребує пояснення.

12. У підрозділі 5.3 (стор. 184, рис. 5.12 та абзац 3) аналізується зміцнення робочої поверхні шийок чавунних колінчастих валів, яка при

роботі валу в парі з вкладишем утворює σ -ефект. Вказано, що між вкрапленнями зміцнюючого матеріалу та основним металом виникають розтягуючі та стискаючі напруження. Окрім припущення щодо наявності напружень в приповерхневому шарі не наведено їх величини, що не дає можливості оцінити стан зміцненої поверхні щодо можливого її руйнування (розтріскування) під дією цих напружень.

Однак, ці зауваження не мають принципового характеру та не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

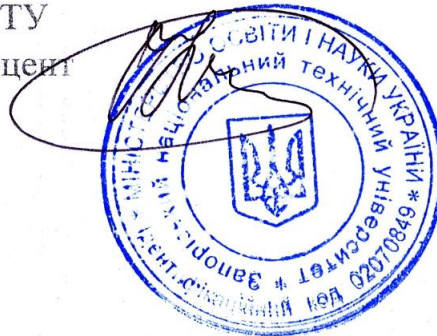
Висновок

Дисертаційна робота Кравченка Сергія Олександровича «Забезпечення ресурсу ДВЗ шляхом застосування дискретно-континуального зміцнення робочих поверхонь» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, що розв’язує важливу наукову задачу, суть якої полягає в підвищенні ресурсу двигунів внутрішнього згорання, що на цей час виробляють майже 90% механічної енергії. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» щодо докторських дисертацій, а здобувач, Кравченко Сергій Олександрович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.05.03 – двигуни та енергетичні установки.

Завідувач кафедри
«Двигуни внутрішнього згорання» ЗНТУ,
доктор технічних наук, професор

Слинько Г.І.

Підпис професора Слинька Г.І. засвідчую:
Вчений секретар вченої ради ЗНТУ
кандидат соціологічних наук, доцент



Кузьмін В.В.