

Литература

1. Білека Б.Д. Комплексне використання утилізаційних енергоустановок на КС для підвищення ефективності ГПА/ Б.Д. Білека, С.П. Васильєв, В.М. Клименко та інші // Нафтова і газова промисловість.-2000.-№4.-С.40-43.
2. Роговой Е.Д. Применение энергосберегающих технологий в ОАО "Сумское НПО им. М.В. Фрунзе" // Газотурбинные технологии. – 2001, №5(14). С. 20-22.
3. Бухолдин Ю.С. Теплоэнергетические и энергоутилизационные установки конструкции ОАО «Сумское НПО им. М.В.Фрунзе». /Ю.С. Бухолдин, В.М. Олефиренко, В.П. Парафейник и др.// Программа и тезисы первой Международной конференции «Когенерация в промышленности и коммунальной энергетике». – Институт технической теплофизики НАН Украины.– К. 2004.-С.174.
4. Бухолдин Ю.С. Энергоутилизационная установка с пентановым рабочим циклом Бухолдин Ю.С. Олефиренко В.М., Парафейник В.П., Сухоставец С.В. // Газотурбинные технологии. – 2005, №1(36). С. 10-12.
5. Д.А. Костенко, В.П. Парафейник, А.В. Смирнов, А.А Халатов Вопросы реконструкции компрессорных станций газотранспортной системы Украины // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2009, № 4(18). С. 8-13.

УДК 539.3:621

ПОЛІПШЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФОРСОВАНИХ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ ДИСКРЕТНИМ ЗМІЦНЕННЯМ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ

Е.К. Посвятенко

Доктор технічних наук, професор
Кафедра „Виробництво, ремонт та матеріалознавство”
Національний транспортний університет
вул. Суворова, 1, м. Київ, Україна, 01010
Контактний тел.: (044) 410-80-07; 050-915-04-71
E-mail: Natali1963@ukr.net

М.А. Ткачук

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри*
Контактний тел.: (057) 707-69-02; 067-573-61-17
E-mail: tma@kpi.kharkov.ua

В.М. Шеремет

Аспірант*
Контактний тел.: (057) 707-65-34

*Кафедра «Теорія і системи автоматизованого проектування
механізмів і машин»
Національний технічний університет „Харківський
політехнічний інститут”
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Задача визначення профілю поверхні дискретно зміцнених деталей. Комп'ютерне моделювання НДС зміцненої зони показало її горбкуватість. Зонам зміцнення відповідають вершини, основному матеріалу – впадини профілю

Ключові слова: дискретне зміцнення, НДС, рухомий контакт

Задача определения профиля поверхности дискретно упроченных деталей. Компьютерное моделирование НДС упроченной зоны показало ее холмистость. Зонам упрочения соответствуют вершины, основному материалу – впадины профиля

Ключевые слова: дискретное упрочнение, НДС, подвижный контакт

Problem of definition of a profile of a surface of discretely strengthened details. The hilliness of the work-hardened area is demonstrated computer design of SDS its zone. Thus tops correspond to the areas of work-hardening, and to basic material are cavities of type

Keywords: discrete work-hardening, SDS, mobile contact

Вступ

Для сучасного машинобудування однією із найбільш масштабних проблем є забезпечення ресурсу та ефективності роботи машин, що виготовляються. Вирішення цієї проблеми, зокрема, стикається із задачами забезпечення міцності та триботехнічних характери-

стик деталей при їх проектуванні, розробці технології виготовлення та в процесі експлуатації. Особливу увагу слід приділяти забезпеченню властивостей поверхневого шару найбільш відповідальних та навантажених деталей, який переважно формує властивості деталей та машин у цілому, зокрема, двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) транспортної техніки [1–4].

На теперішній час запропоновано багато технологічних операцій зміцнення поверхневих шарів високонавантажених деталей машин. Одним із найбільш ефективних є метод дискретного зміцнення шляхом електроіскрового легування мікрозон приповерхневого шару деталей [5–8]. Остаточний механізм формування високих механічних і триботехнічних властивостей дискретно зміцнених деталей із застосуванням цього методу виявлено далеко не повною мірою. Таким чином, ці задачі є предметом подальших теоретичних і лабораторних досліджень.

Проте одна із частинних задач може бути у першому наближенні розв’язана шляхом комп’ютерного моделювання. Мова йде про напружено-деформований стан (НДС) приповерхневих шарів із дискретно зміцненими зонами. У той же час пряме механічне застосування для аналізу НДС методу скінченних елементів (МСЕ) неефективне, оскільки досліджуються деталі великих розмірів (іноді метри), а дискретно зміцнені зони мають розміри до міліметра.

Таким чином, виникає актуальна і важлива задача розробки підходів та моделей для дослідження НДС дискретно зміцнених деталей, а також визначення впливу на нього деяких технологічних параметрів. Постановка і розв’язання цієї задачі складає мету даної роботи.

Постановка задачі

Ставиться задача дослідження НДС та обґрунтування можливостей підвищення ресурсу і забезпечення високої надійності, довговічності, технічних характеристик на прикладі форсованих двигунів, військової і цивільної техніки за рахунок дискретного зміцнення на основі аналізу процесів, що супроводжують навантаження їх деталей при експлуатації.

Відповідно передбачено проведення теоретичних досліджень ефективності використання дискретного зміцнення при виготовленні і ремонті деталей машин шляхом визначення НДС околу зони дискретного зміцнення.

При розробці принципово нових технологій однією з основних проблем є проблема пошуку оптимального рішення у нечітко визначеному та варійованому просторі чинників, при нечітких критеріях, обмеженнях та власне при невизначених характеристиках самого технологічного процесу. Це стосується також і, в першу чергу, науково-технічної проблеми розробки ефективних технологій по-

верхневого зміцнення високонавантажених елементів машин, що перебувають у рухомому контакті. Як відомо, традиційні технології розв’язання даної проблеми мають цілу низку принципових недоліків, серед яких – накопичення небажаних залишкових деформацій деталі або вузла та неефективне поєднання механічних характеристик матеріалу у поверхневу шарі та у глибині матеріалу, з якого виготовлено елемент, що зміцнюється. Важливо і те, що традиційні технології можуть поліпшуватися в основному тільки за рахунок компромісних, а не оптимізаційних процедур. Вихід з цієї ситуації – відмова від жорсткої регламентації чинників, пошук принципово нових фізико-механічних процесів та оптимізація їх впливу на комплекс критеріїв, що визначають характеристики поверхневого зміцнення елементів машин. Проте для реалізації даного підходу потрібно, по-перше, розробити теоретичну основу, математичний апарат для багатоваріантного дослідження та оптимізації характеристик стану поверхневого шару в поєднанні зі станом матеріалу на глибині, а, по-друге, власне провести із застосуванням розроблених підходів процес досліджень та синтезу схеми і параметрів нової технології.

Частина цих задач була поставлена та розв’язана у працях [9–11]. У цій роботі визначається якраз фізичний ефект при дії навантаження на зону дискретного зміцнення та на її околі.

Підхід до розв’язання задачі: розрахункова схема
 На рис. 1 наведена схема нанесення зміцнюючих зон (на прикладі опорної частини вала), а на рис. 3, 6 – параметри технологічного процесу.

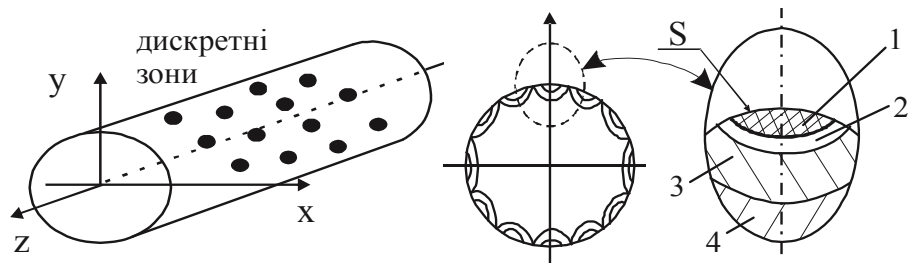


Рис. 1. Схема нанесення розрядів при дискретно-континуальному зміцненні (S – поверхня зміцнення) та характерні ділянки зони зміцнення: 1 – дискретно-зміцнена зона; 2,3 – перехідні зони; 4 – основний матеріал

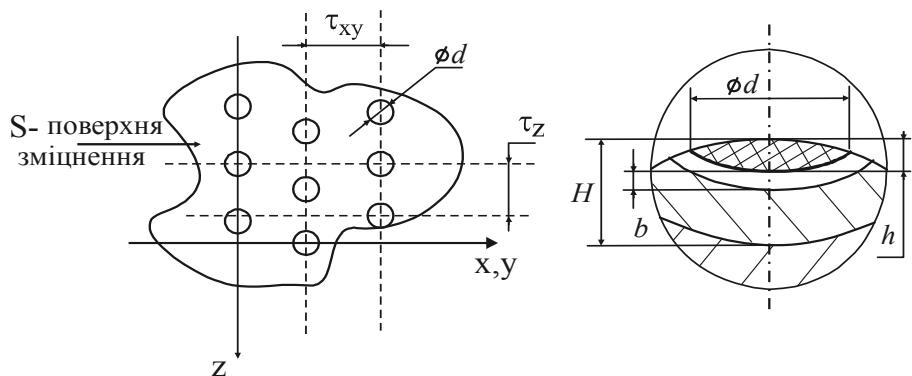


Рис. 2. Параметри розміщення ДЗЗ

Як показали металографічні дослідження [3], на поверхні зміцнення S (див. рис. 1,2) в тіло основного металу 4 вкрапляється високолегований метал (дискретна зона зміцнення – ДЗЗ – діаметром d та глибиною h). Ця зона складається з поверхневого шару („білого шару“) товщиною b . Розміщення ДЗЗ на поверхні S характеризується кроками τ_{xy} в окружному напрямі та τ_z в – в осьовому. При цьому щільність покриття поверхні S (так званий коефіцієнт дискретності) визначається залежністю $f = \pi d^2 / 4 \tau_{xy} \tau_z$. Властивості матеріалів: E_i, ν_i ($i=1,2,3,4$) – відповідно модулі пружності та коефіцієнти Пуассона (номери відповідають позначенням на рис. 1); аналогічна нумерація для σ_T^i, σ_b^i – границі текучості та границі міцності матеріалів.

Таким чином, наочний перелік параметрів технологічного процесу дискретно-континуального зміцнення – $P = \{d, \tau_z, \tau_{xy}, E, \nu, \sigma_T, \sigma_b, h, b, N\}$, де $E, \nu, \sigma_T, \sigma_b$ – це вся сукупність індексованих за номером матеріалу фізико-механічних та механічних властивостей матеріалів.

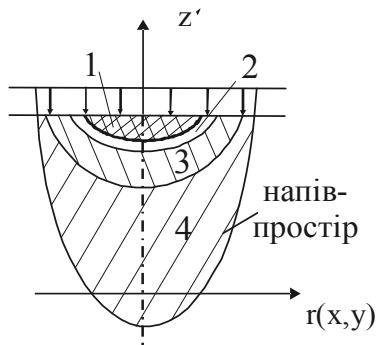


Рис. 3. Розрахункова схема для визначення НДС в області окремої ДЗЗ

На першому етапі дослідження визначається характер НДС в області окремої дискретної зони зміцнення. На рис. 3 проілюстрована розрахункова схема для визначення осесиметричної картини НДС в області ДЗЗ, на рис. 4 – скінченно-елементна модель з 1,5 млн. вузлів та 403 тис. елементів, що побудована для проведення досліджень.

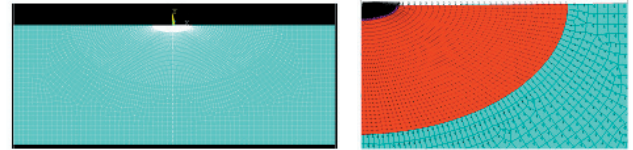
Результати моделювання

Якісні картини компонент НДС при співвідношенні модулів пружності $\alpha_1 = \frac{E_1}{E_4} = 1,2$; $\alpha_2 = \frac{E_2}{E_4} = 1,1$; $\alpha_3 = \frac{E_3}{E_4} = 1,0$; $\beta_1 = \frac{\nu_1}{\nu_4} = 1,0$; $\beta_2 = \frac{\nu_2}{\nu_4} = 1,0$; $\beta_3 = \frac{\nu_3}{\nu_4} = 1,0$ наведені на рис. 5. Видно, що профіль деформованої поверхні сприятливий для роботи у процесі контактної взаємодії, оскільки при цьому контактний тиск перерозподіляється, збільшуючись в області легovanого матеріалу та зменшуючись при віддаленні від нього.

Враховуючи, що триботехнічні характеристики в області ДЗЗ набагато кращі, ніж в іншому спряженні (тобто основного матеріалу 4), отримуємо ефект не тільки зміцнення, але й покращення умов тертя.

Даний ефект, тут названий „ Δ -ефект“, є відносно стабільним при зміні контактного тиску, тобто чим більший тиск, тим більше деформується тіло деталі і тим більший ефект перерозподілу зусиль контактної взаємодії на користь переважного спряження з ДЗЗ.

Таким чином, спостерігається так званий „ Δ -ефект“, який полягає у позитивному характері зміни деформованого профілю у контакті зміцнюваного елемента машини зі спряженими елементами.



уся модель

фрагмент в області ДЗЗ

Рис. 4. Скінченно-елементна модель

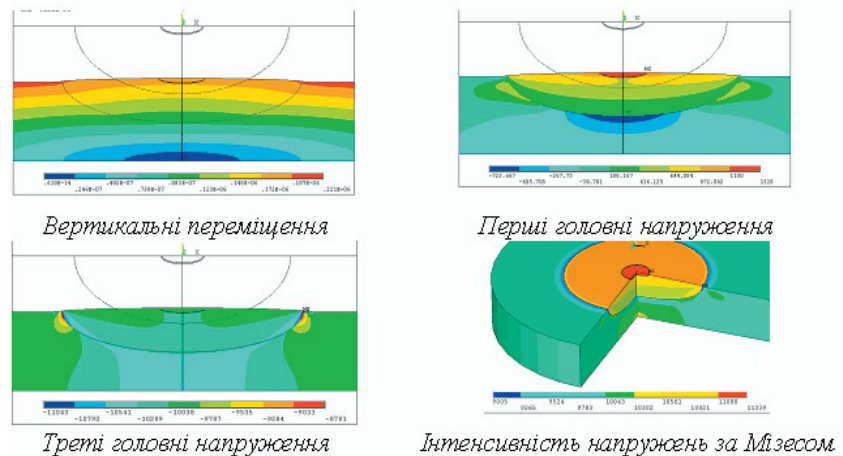


Рис. 5. Компоненти НДС в області ДЗЗ

Впровадження результатів досліджень

Розроблені за результатами досліджень рекомендації дали змогу обґрунтувати шляхом комп'ютерного моделювання раціональні параметри технологічного процесу дискретного зміцнення високонавантажених деталей, зокрема ДВЗ транспортної техніки. Цей процес знайшов застосування при виготовленні та ремонті широкої гами деталей.

Так, на Ізюмському тепловозремонтному заводі та інших підприємствах України таким чином відновлюються тепловозні двигуни Д80, Д100, 5Д49 (рис. 6). Це дало змогу провести реконструкцію та ремоторизацію тепловозів, зокрема, серії 2ТЕ10, що значною мірою вирішує проблему оновлення локомотивного парку залізниць.

Також широко застосовуються запропоновані технології при ремонті двигунів військової техніки, дорожніх машин, елементів електроприводу трамваїв та тролейбусів. Цьому сприяє висока енергоефективність, екологічність, економічність процесу та високі характеристики міцності, а також триботехнічні характеристики оброблених деталей.



Рис. 6. Об'єкти відновлення шляхом дискретного зміцнення на ВАТ „Ізюмський тепловозремонтний завод”

Висновки

У роботі поставлена та частково розв'язана задача визначення профілю поверхні дискретно зміцнених деталей машин після прикладання робочих навантажень. У результаті комп'ютерного моделювання НДС дискретно зміцненої зони та

рухому контакті.

У подальших дослідженнях планується розвинути запропонований підхід до обґрунтування режимів технологічного процесу дискретного зміцнення деталей машин шляхом комп'ютерного моделювання їх напружено-деформованого стану.

її околу встановлено, що вона набуває горбкуватого профілю, причому зонам зміцнення відповідають вершини, а основному матеріалу – впадини профілю. Важливо відзначити, що з ростом навантаження цей ефект підсилюється. Таким чином, створюються сприятливі умови для роботи деталей у

Література

1. Инженерия поверхности [Текст] / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: Наук. думка, 2007. – 558 с.
2. Инженерия поверхности деталей [Текст] / Под ред. А.Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2008. – 320 с.
3. Дьяченко, С.С. Исследование ремонтпригодности тепловозного коленчатого вала [Текст] / С.С. Дьяченко, Б.В. Савченко, В.Г. Гончаров и др. // Локомотив-информ. – 2007. – № 8. – С.16–17.
4. Канарчук, В.Є. Инженерия поверхности деталей транспортных средств: современный стан і перспективи [Текст] / В.Є. Канарчук, Е.К. Посвятенко, Л.А. Лопата // Вісник Національного транспортного ун-ту. – К., 2000. – Вип.4. – С. 6–24.
5. Шеремет, В.Н. Повышение ресурса тяжело нагруженных элементов ДВС путем дискретного упрочнения деталей. Моделирование напряженно-деформированного состояния [Текст] / В.Н. Шеремет, Н.А. Ткачук, В.Г. Гончаров // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. – № 2. – С.118–123.
6. Гончаров, В.Г. Підвищення ресурсу транспортної техніки удосконаленням технології ремонту колінчастих валів: Дис...канд. техн. наук: 05.22.20. – Х., 2008. – 165 с.
7. Посвятенко, Е.К. Підвищення ресурсу тепловозів на базі технології дискретного зміцнення деталей форсованих дизелів [Текст] / Е.К. Посвятенко, В.Г. Гончаров, С.С. Дяченко, М.А. Ткачук // Сучасні технології в машинобудуванні. Зб. наук. пр. – Х.: НТУ «ХП», 2010. – Вип.5. – С.60–75.
8. Ткачук, М.А. Розробка наукових основ створення сприятливих поверхневих дискретно-континуальних полів напружень у високонавантажених елементах машин [Текст] / М.А. Ткачук, В.М. Шеремет, Г.В. Ткачук, А.В. Грабовський // Механіка та машинобудування. – 2009. – № 1. – С.148–157.
9. Посвятенко, Е.К. Числове обґрунтування параметрів дискретного зміцнення високонавантажених деталей машин [Текст] / Е.К. Посвятенко, С.С. Дяченко, В.Г. Гончаров та інші. // Вісник НТУ «ХП». Зб. наук. пр. Тематич. вип.: Машинознавство та САПР. – Х.: НТУ «ХП». – 2011. – №51. – С.111–136.
10. Гончаров, В.Г. Дискретная обработка – эффективный способ упрочнения деталей машин [Текст] / В.Г. Гончаров, Б.В. Савченко, А.Н. Леоненко // Механіка та машинобудування. – Х., 2010. – №1. – С.44–49.
11. Шеремет, В.М. Дослідження напружено-деформованого стану деталей машин з дискретним зміцненням [Текст] / В.М. Шеремет, М.А. Ткачук, Т.О. Васильєва // Вісник НТУ «ХП». Зб. наук. пр. Тематич. вип.: Машинознавство та САПР. – Х.: НТУ «ХП». – 2010. – №19. – С.150–155.