

**VI ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ СТУДЕНТІВ ТА АСПІРАНТІВ**

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ



Збірник тез доповідей

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
КІРОВОГРАДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИН
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ МАШИН

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

VI ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ ТА АСПІРАНТІВ

“ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ”

4-6 квітня 2012 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

VI ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ ТА АСПІРАНТІВ

“ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ”

4-6 квітня 2012 року

Тези доповідей надруковано у авторській редакції.

Відповідальна за випуск: Кава Т.В.

Підписано до друку 27.04.2012
Ум друк.арк. 11,75. Тираж 100 прим.

©МОВ КНТУ, м.Кіровоград, пр.Університетський, 8.
Тел. 55-10-49

Кіровоград-2012

Збірник тез доповідей VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів “Підвищення надійності машин і обладнання”. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – 186 с.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Голова – Кропивний В.М., канд. техн. наук, проф., проректор з наукової роботи Кіровоградського національного технічного університету.

Заступник голови – Аулін В.В., канд. фіз.-мат. наук, проф. кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету.

Секретар – Лисенко С.В., канд. техн. наук, доц. кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету.

Члени оргкомітету:

Яцун В.В., канд. техн. наук, доц., декан факультету “Проектування та експлуатації машин”;
Магопєць С.О., канд. техн. наук, доц., заст. завідувача кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету;

Ішуніна Н.М., керівник МОВ Кіровоградського національного технічного університету;
Кава Т.В., фахівець I категорії відділу МОВ Кіровоградського національного технічного університету;

Даркіна В.О., голова СНТ Кіровоградського національного технічного університету.

Відповідальна за випуск: Кава Т.В.

Збірник містить тези доповідей за матеріалами VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів “Підвищення надійності машин і обладнання”, яка відбулась 4-6 квітня 2012 року на базі кафедри експлуатації та ремонту машин Кіровоградського національного технічного університету.

Матеріали збірника публікуються у авторській редакції.

© Колектив авторів, 2012
© КНТУ, 2012

ЗМІСТ

<i>Б.А. Кулик, О.Л. Гайдамак</i> ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ІНДУКЦІЙНОГО ПЛАЗМОВОГО РОЗПИЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ.....	9
<i>В.Й. Шенфельд, В.І. Савуляк</i> ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ НАПЛАВЛЕНОГО ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОГО ПОКРИТТЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ЛЕГУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ТКАНИН ТА МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ.....	11
<i>М.С. Українець, В.І. Савуляк</i> ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ І ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ЦИЛІНДР ДОМКРАТА.....	14
<i>Д.В. Бакалець, В.І. Савуляк</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ПРИВАРЮВАННЯМ НАКЛАДОК ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ....	16
<i>О.В. Поступайло, О.П. Шиліна</i> ВПЛИВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТЕМПЕРАТУР ПІД ЧАС НАНЕСЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ.....	18
<i>В.Ю. Льченко, Н.О. Пономареко, І.М. Смоленський, Д.О. Барабаш</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИТІСОВАНІСТІ КОНСТРУКЦІЇ ПОСІВНИХ МАШИН ДО ОПЕРАЦІЇ ЗБЕРІГАННЯ.....	20
<i>О.І. Буря, О.Ю. Кузнецова, О.Д. Деркач, О.В. Волох</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТИВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ З ГІБРИДНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ.....	21
<i>Я.А. Литвин, С.М. Герук, К.В. Борак</i> ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 45.....	23
<i>О.А. Шевчик, С.М. Герук, К.В. Борак, С.М. Хоменко</i> ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ.....	25
<i>В.Е. Тенішев, А.П. Кравченко</i> СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ-ТЯГАЧЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	27
<i>О.О. Дашко, Т.М. Замота</i> ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ СОБИВАТОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВІД СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ.....	29
<i>А.М. Зусин, В.В. Чигарєв</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХРОМО-МАРГАНЦЕВЫХ НАПЛАВЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	32
<i>Е.А. Ногаи, В.В. Чигарєв</i> ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ СПЕЧЕННЫМИ ПОРОШКОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ - КАК МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ...	33
<i>В.С. Пикуз, Е.О. Пахомова, В.В. Чигарєв</i> МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ДУГОВАЯ НАПЛАВКА КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА.....	34
<i>Е.М. Четыркина, С.В. Гулаков</i> АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПЛАВЛЕНИЯ ФЛЮСА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ.....	36
<i>А.В. Лоза, В.В. Чигарєв, Д.А. Рассохин</i> ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ И ЧУГУНА.....	38

Д.А. Рассохин, В.В. Чигарев, А.В. Лоза РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА МОДИФИЦИРОВАНИЕМ.....	39
М.С. Зінченко, С.В. Гулаков ИНВЕРТОРНИ 3-ФАЗНИ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ З АКТИВНОЮ КОРЕКЦІЄЮ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ.....	41
Т.С. Скобло, С.А Бурцев, Л.А Бурцева ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИТОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ВЫСОКОПРОЧНОМ ЧУГУНЕ.....	42
В.М. Власовец, М.В. Марченко, В.Н. Заец ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ.....	44
Т.С. Скобло, И.Н. Рибалко, А.В. Тихонов, А.Э. Пономаренко ВЛИЯНИЕ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОССТАНОВЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	47
И.Г. Шержуков, А.Г. Тридуб канд, А.В. Плугатарёв ДИАГНОСТИКА ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТИПА «COMMON RAIL».....	50
И.Г. Шержуков, П.С. Сыромятников, С.С. Корх МЕТОДЫ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ РЕМОНТА.....	52
А.А. Гончаренко, А.В. Кулиш РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	56
С.В. Лысенко, А.Д. Мартыненко ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВАРИАТОРОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ.....	59
Д.А. Мартиненко, Т.С. Скобло ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА Д100 И Д80.....	62
О.В. Диха, О.Ю. Биков, Р.В. Петрук ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСАДКОВИХ МАТЕРІАЛІВ.....	64
О.В. Диха, А.А. Вичавка КОНТАКТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЛОУТРИМУВАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ ДЛЯ ПЛОСКИХ НАПРЯМНИХ КОВЗАННЯ.....	68
М.А. Дыха ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОПРЯЖЕНИЯ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ПОГРЕШНОСТЯМИ ФОРМЫ.....	71
С.Ф. Посонський ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ НИЗЬКО ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ.....	73
В.В. Слонь, В.В. Аулін ЕКСПРЕС-МЕТОДИКА ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДИЗЕЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНДИЦІОНЕРУ SMT-2.....	75
О.В. Дмитренко, С.І. Маркович ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОІЛЬНИХ АПАРАТІВ....	76

О.В. Кузик, В.В. Аулін ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СПОЛУЧЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ МОДИФІКУВАННЯМ МОТОРНОЇ ОЛИВИ ПРИСАДКОЮ ТА ОБРОБКОЮ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ.....	78
В.В. Аулін, А.А. Тихий ВРАХУВАННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ГРУНТУ ПРИ УПРАВЛІННІ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН.....	80
О.П. Бруцький, В.В. Аулін ЗАСТОСУВАННЯ ТОНКОШАРОВИХ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛІВ.....	82
Д.С. Губа, Н.С. Грипачевский СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ.....	83
П.Н. Гувевский, Б.И. Бутаков ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ СМД С ПОМОЩЬЮ ВИБРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЧЕКАНКИ.....	86
С.В. Маркитан, Б.И. Бутаков РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	91
О.С. Мельник, Б.И. Бутаков ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	98
Т.Н. Наумова, Б.И. Бутаков РАЗРАБОТКА АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	101
Р.В. Резниченко, Б.И. Бутаков, Д.Д. Марченко РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ШКИВОВ КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ.....	105
Л.Г. Самко, Б.И. Бутаков, Д.Д. Марченко РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ТОРСИОНОВ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ.....	108
Р.В. Сокурено, Б.И. Бутаков ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЯЮЩЕГО ОБКАТЫВАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС.....	115
А.Ю. Тараненко, Б.И. Бутаков РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЧЕСКОГО НАКЛЕПА.....	118
Д.К. Федирко, Б.И. Бутаков, В.А. Артюх ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ВАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ.....	123
А.М. Стецюк, Ф.М. Капелюшиний ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ВЕДУЧИХ МОСТІВ АВТОМОБІЛЯ МЕТОДОМ БАНДАЖУВАННЯ.....	132
В.М. Христюк, М.І. Черновол ЗНИЖЕННЯ ШУМНОСТІ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА ТИПУ НШ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗУБЧАСТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ ЙОГО КАЧАЮЧОГО ВУЗЛА.....	133

С.М. Рехлецький, М.І. Черновол ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ШИЙОК КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ.....	135
В.В. Русских, М.В. Красота АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТАКТНОГО НАВАРЮВАННЯ ПОРОШКІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ШЕСТЕРЕНЬ НАСОСІВ НШ.....	139
О.В. Варламов, М.В.Красота ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНТАКТНОГО НАВАРЮВАННЯ.....	140
А.Д. Кондратюк, М.В. Красота ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ.....	142
В.М. Пащенко, С.Є. Катеринич ДО ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МТА ДЛЯ СУЦІЛЬНОЇ ОБРОБКИ ҐРУНТУ НА ПРИКЛАДІ СТОВ "ЗОРЯ" ДОЛИНСЬКОГО РАЙОНУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	144
О.Л. Пахомов, Ф.М. Капелюшиний, Аль Соодані Салем ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЧАВУННИХ ГІЛЪЗ ЦИЛІНДРІВ ТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ МЕТОДОМ ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО ОБТИСНЕННЯ.....	145
В.І. Слободяник, С.Є. Катеринич ДО ПИТАННЯ ЗМІЦНЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ НАВАРЮВАННЯМ ПОКРИТТІВ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ СПОСОБОМ.....	146
О.О. Суєтінов, Є.К. Солових, А.Є. Солових УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕНЗИНОВИХ ДВЗ ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПРОЦЕСІВ ГАЗО РОЗПОДІЛЕННЯ.....	147
С.М. Чекановський, Є.К. Солових УДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ГАЛЬМВНИХ СИСТЕМ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇХ РОБОТИ.....	148
Є.В. Артеменко, О.В. Бевз ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗАЛІЗОХРОМІСТИМИ ЦЕМЕНТОВАНИМИ ГАЛЬВАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ.....	149
Р.С. Аулін, С.О. Магопець ВПЛИВ АНТИДЕТОНАЦІЙНИХ ПРИСАДОК НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ КОМПОНЕНТІВ У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗАХ.....	152
В.М. Малєєв, Т.В. Руденко ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА НП-71 РАЦІОНАЛІЗАЦІЄЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ НА ПРАТ "ГІДРОСИЛА АПМ" М. КІРОВОГРАД.....	155
С.М. Головка, Ю.В. Кулєшиков ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА З ПОХИЛИМ БЛОКОМ І РОБОЧИМ ОБ'ЄМОМ 80 СМЗ ШЛЯХОМ ЗМІЦНЕННЯ ЙОГО КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ПРАТ "ГІДРОСИЛА АПМ" М. КІРОВОГРАД.....	157
І.С. Король, В.А. Павлюк-Мороз АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЪЗ ЦИЛІНДРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ.....	161

А.К. Крамар, Т.В. Руденко ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА ТИПУ НШ ПІДВИЩЕННЯМ УМОВ УЩІЛЬНЕННЯ РАДІАЛЬНОГО ЗАЗОРУ.....	162
М.В. Суковач, Ю.В. Кулєшиков РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСУ З ПІДВИЩЕНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПЕРЕКРИТТЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ.....	163
О.В. Січинський, С.О. Магопець ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСАДОК ДО МОТОРНИХ ОЛІВ.....	167
Є.Є. Скрипницький, Ф.М. Капелюшиний ФОРМОУТВОРЕННЯ МАТОЧИН З ФЛАНЦЕМ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ОБ'ЄМНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ.....	168
В.І. Хапко, Ю.В. Кулєшиков ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЛАЗЕРНИМ НАПЛАВЛЕННЯМ.....	169
А.Ф. Крисенко, Є.К. Солових, С.Є. Катеринич ТРАНСФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В АПК ВРАХОВУЮЧИ СПЕЦИФІКУ УМОВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА.....	172
А.І. Берецький, В.В. Аулін, Д.В. Голуб АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МАРШРУТАХ МІСТА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЇХ ВИБОРУ ДЛЯ РИНКОВИХ УМОВ.....	173
К.В. Коновальчук, В.В. Аулін, Д.В. Голуб МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЯК ЗАДАЧА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ.....	176
С.В. Мищенко, В.В. Аулін, Д.В. Голуб МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ПРИМІСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ.....	179
Д.В. Голуб, В.В. Аулін ОПЕРАТИВНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА.....	183

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВИСОКОЧАСТОТНОГО ІНДУКЦІЙНОГО ПЛАЗМОВОГО РОЗПИЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ

Б.А. Кулик, ст. гр. 13В 11ім,
О.Л. Гайдамак, доц., канд. техн. наук
Вінницький національний технічний університет

Перспективним напрямом відновлення зношених робочих поверхонь деталей машин є застосування високочастотних індукційних (ВЧІ) плазмових розпилюючих пристроїв

Метою роботи є вдосконалення конструкції високочастотного індукційного плазмового розпилюючого пристрою з метою збільшення терміну служби пристрою й підвищення його теплового коефіцієнту корисної дії.

Досягнення поставленої мети забезпечується, тим, що у відомому пристрої [1] при продуві термозахистний газ уводиться через поздовжні металеві трубки в розрядну камеру ВЧІ-Плазмотрона у вигляді сформованих рівномірних коаксіальних кільцевих потоків. Через наявність між трубками в ряді поздовжніх зазорів до відстані не менш внутрішнього діаметра розрядної камери від найближчого витка індуктора й розташування трубок поза зоною індуктора вони не утворюють по периметру розрядної камери замкненого електричного контуру для високочастотного струму індуктора, що виключає їхнє індукційне нагрівання й вплив на передачу високочастотної енергії від індуктора в розряд. Різке видалення коаксіальних кільцевих рядів трубок від найближчого витка індуктора забезпечує взаємний газовий термозахист поверхні стінок трубок, звернену усередину розрядної камери, від нагрівання потоками плазми. А різна висота профільованого зазору для виходу газу поздовжніх металевих трубок дозволяє створити усередині розрядної камери пристінкову течію газу без збільшення загальної висоти його шару в зоні індуктора. При такій організації потоків газу й плазми відбуваються турбулентне змішання й нагрівання пристінкового шару газу із циркулюючими в об'ємі розрядної камери потоками плазми з відповідним збільшенням електропровідності газу, які не приводять до зменшення еквівалентного діаметра високочастотного розряду й еквівалентного електричного опору навантаження для Вч-Генератора, що є джерелом електроживлення плазмотрона. Із цієї причини проблем з передачею потужності у ВЧІ-Розряд не відбувається. У результаті додаткової газової зависі найближчий до металевих секцій ряд поздовжніх металевих трубок вдається розташувати на відстані 0,1-0,4 внутрішнього діаметра розрядної камери від найближчого витка індуктора без побоювання їх термічного руйнування. Другий ряд - на відстані 0,5-0,8 внутрішнього діаметра розрядної камери від найближчого витка індуктора.

Установка діафрагми обмежує зону прямої циркуляції потоків плазми усередині розрядної камери плазмотрона без збільшення витрати основного газу, що дозволяє зменшити лінійні розміри плазмотрона. Одночасно діафрагма виконує роль радіаційного екрана, що захищає торцеву поверхню вузла введення основного газу від впливу випромінювання ВЧІ-Розряду.

Додаткове охолодження поздовжніх металевих трубок забезпечують зварюванням або пайкою трубок по бічній поверхні із суміжними трубками й з водо-охолоджуваними секціями розрядної камери і їх розташуванням на поверхні один одного, що найбільше просто виконується при рівності кількості трубок у рядах кількості секцій.

Наявність кільцевого зазору для проходу газу між діафрагмою й найближчим рядом трубок і його висота забезпечують газовий термозахист поверхні стінок трубок цього ряду без впливу на стійкість існування розряду в розрядній камері. Цієї ж мети служить виконання форми діафрагми з боку індуктора у вигляді дифузора.

При величині зазору між поздовжніми профільованими металевими секціями й стінкою захисного діелектричного кожуха не більш 0,5x10-3м виникнення високочастотних електричних розрядів у цьому зазорі не відбувається.

Пристрій пояснюється схемою, (рис. 1) де зображений загальний вид ВЧІ-Плазмотрона в поздовжньому розрізі, стрілками показан - напрямки руху потоків газу й плазми в різних зонах розрядної камери.

ВЧІ-Плазмотрон містить розрядну камеру 1 внутрішнім діаметром D_k з поздовжніх водоохолоджуваних профільованих металевих секцій 2, установлених із зазором δ_3 у діелектричному кожусі 3, і індуктор 4. Усередині розрядної камери в її торцевій частині встановлені вузли 5 і 6 з патрубками 7 і 8 введення основного й термозахистного газів, відповідно. Вузол 6 введення термозахистного газу виконано у вигляді двох рядів основних 9 поздовжніх металевих (мідних) трубок. Бічні поверхні металевих трубок з'єднані між собою й із секціями розрядної камери пайкою або зварюванням. Металеві трубки можуть бути розташовані як на поверхні суміжних трубок або секцій так і встановлено щодо них із зазором δ_31 і δ_32 через який у розрядну камеру вдувається газ, створюючи додаткову газову завису прилягаючої поверхні.

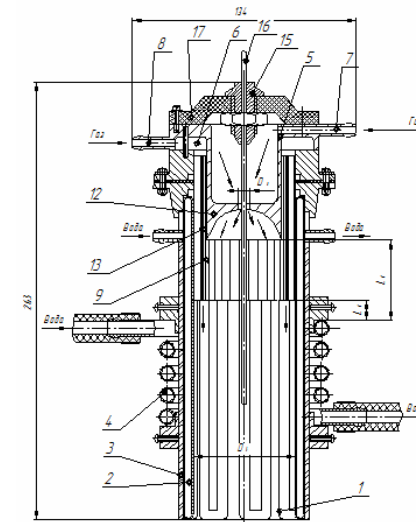


Рисунок 1 – Схема ВЧІ плазмового розпилюючого пристрою

Вузол 5 має діафрагму 12 з міді або її сплавів з отвором D_d , що утворює кільцевий зазор висотою H_d . На протилежному від індуктора 4 торці вузла 5 введення основного газу встановлений пристрій підпалу 15 ВЧІ-Розряду з електродом 16. Пристрій підпалу розташований на діелектричній кришці 17, яка герметизує торцеву частину розрядної камери й одночасно служить ізолятором при подачі, що підпалює електрод високовольтної напруги, оскільки інші конструктивні частини розрядної камери звичайно заземлені.

Торці основних і додаткових металевих трубок, а також діафрагма віддалені від найближчого витка індуктора, відповідно, на відстань $LO=(0,1-0,3)D_k$; $LD=(0,4-0,8)D_k$ і $L_d > D_k$.

Через патрубки 7 і 8 вузлів 5 і 6 введення, відповідно, основного й термозахистного газів через розрядну камеру 1 продувають газ. Відношення витрат термозахистного й

основного газу - від 1:1 до 1:4. Основний газ надходить у порожнину між кришкою 17 і діафрагмою 12. Тут відбувається вирівнювання полів тиску й швидкості газу, і на вході в розрядну камеру в перетині отвору ПРО д основний газ має профіль швидкості, близький до рівномірного. Термозахистний газ у порожнині вузла 6 розділяється на дві й більш частини відповідно до площі прохідних перетинів трубок 9, і кільцевого зазору (конструктивне виконання розподілу термозахистного газу може бути виконане й по-іншому) і на вході в розрядну камеру 1 утворює два кільцевих потоку газу, зовнішній з яких створює газову завісу секцій 2 розрядної камери, внутрішній - поверхня основних трубок 9. Довжина газової завіси прилягаючої поверхні кільцевими потоками прямо пропорційна висоті профільованої щілини. Охолодження діафрагми здійснюється за рахунок її теплового контакту по матеріалу вузла 5 з водоохолоджуваними секціями 2 розрядної камери.

Запуск плазмотрона роблять при продуві аргону. За допомогою індуктора 4 у розрядній камері створюють високочастотне електромагнітне поле. Із пристрою підпалу 15 через отвір у діафрагмі 12 у розрядну камеру вводять електрод 16, на який подана високовольтна напруга, і за допомогою попереднього підпалу допоміжного розряду в зоні індуктора збуджують основний ВЧІ-Розряд в аргоні. Причому при установці втулки діаметр її отвору $D_{ш}=(4-6) \cdot 10^{-3}$ м становить деяким більше діаметра, що підпалює електрода. При $D_0 < 0,5 \times 10^{-3}$ м плазмових розрядів у кільцевому зазорі між секціями 2 і чохлам 3 не відбувається. Після запуску аргон замінюють робочим технологічним газом, зокрема киснем.

Потоки плазми, що циркулюють у розрядній камері при горінні розряду й орієнтовані у бік вузла введення основного газу, поблизу поверхні діафрагми відтискуються струменем основного газу, що виходить з отвору б

Електродний дріт 16 подається в створену плазму де він розплавляється і у вигляді дрібнодисперсних крапель переноситься на поверхню відновлюваної деталі.

Список літератури

1. Патент РФ 2 233 56305 МПК В 7/18, Н 05 Н 1/02.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ НАПЛАВЛЕНОГО ВИСОКОВУГЛЕЦЕВОГО ПОКРИТТЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ЛЕГУВАННЯ ВУГЛЕЦЕВИХ ТКАНИН ТА МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ

В.Й. Шенфельд, асп.,

В. І. Савуляк, проф., д-р техн. наук
Вінницький національний технічний університет

В роботі проведені металографічні та дюрOMETричні дослідження сталених зразків, наплавлених із застосуванням для легування чистої вуглецевої тканини або комбінації вуглецевої тканини та порошку титану. Наплавлення здійснювалось на пластини з Ст 3 товщиною 7 мм. На перший зразок рівномірно наносились вуглецева тканина, а на другий - комбінація вуглецевої тканини та порошку титану (відношення маси вуглецевої тканини до маси титану 1 : 2). Це пояснюється тим, що стехіометричне співвідношення титану до вуглецю за масою відповідає 80 : 20 і є випадком повного зв'язування вуглецю з титаном у вигляді TiC.

Наплавлення проводилось на установці для наплавлення УД-209М дротом марки СВ -08Г2СА в середовищі CO₂.

Для визначення експлуатаційних характеристик створених покриттів був проведений мікроструктурний аналіз, визначена твердість та мікротвердість структурних складових.

Мікроструктурний аналіз проводився з використанням оптичної мікроскопії. Це дало змогу більш детально та повно проаналізувати мікроструктуру покриття. Оптична мікроскопія виконувалась на мікроскопі МИМ-8 з подальшою фіксацією зображень за допомогою цифрової фотокамери Kodak C813.

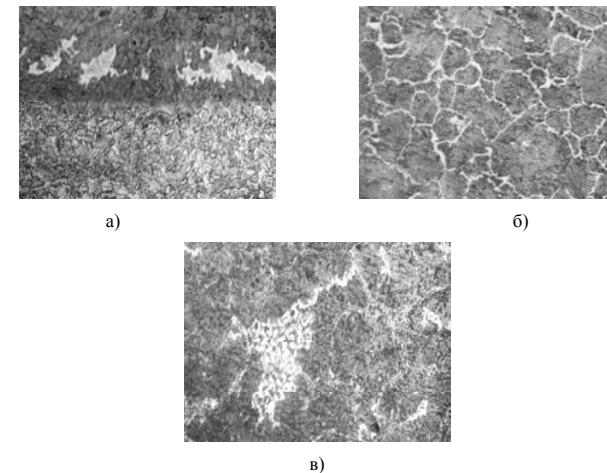
Аналіз структур наплавленого покриття по глибині першого зразка показав, що воно має шарувату будову. В глибину наплавлений шар можна розділити на три підшари.

Нижній підшар, що межує із матеріалом заготовки, має дрібнозернисту ферито-перлітну структуру із включеннями ледебуриту. Утворення ледебуритних включень можна пояснити великою швидкістю охолодження ванни розплаву внаслідок тепловідведення в метал заготовки та підвищеним вмістом вуглецю у цій зоні, що є наслідком розчинення вуглецевої нитки. Висота підшару становить 0,64 - 0,75 мм. (рис.1а).

Середній підшар має структуру відносно дрібно цементитної сітки з перлітними зернами в своїх комірках. Середній розмір перлітних зерен тут становить 20 – 30 мкм. Тобто в даній зоні вуглецева нитка встигла майже повністю розчинитися внаслідок більш повільного охолодження. Висота підшару становить 0,85-1,0 мм. (рис.1б).

Верхній підшар має схожу з середнім підшаром структуру, але із більшим середнім розміром перлітних зерен, що становлять 80-100 мкм. В даній зоні також спостерігається утворення включень ледебуриту. Утворення ледебуриту протікає за схемою, що подібна до структуроутворення в нижньому підшарі, але з прискореним охолодженням зони внаслідок відведення тепла у навколишнє середовище. Висота підшару становить 1,0-1,15 мм. (рис.1в).

Якісний аналіз покриття здійснювався шляхом проведення визначення мікротвердості його складових. Мікротвердість вимірювалась та мікротвердомірі ПМТ-3. В якості індентора використовувалась алмазна піраміда із кутом сходження граней 45°, з навантаженням на індентор 1Н. Уточнення величини мікротвердості проводилось шляхом вимірювання діагоналі відбитку та перерахунку отриманих значень за ГОСТ 9450-76. (рис.2)



а – перехідної зони x150, б – середнього підшару x500, в - верхнього підшару x300

Рисунок 1 – Мікроструктури нанесеного покриття при наплавленні на вуглецеву тканину

Порівнюючи результати вимірювання мікротвердості структурних складових покриття, ми бачимо що більш твердим є середній підшар.

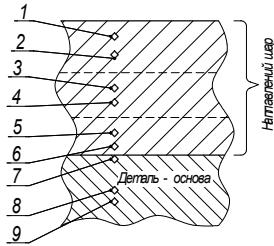


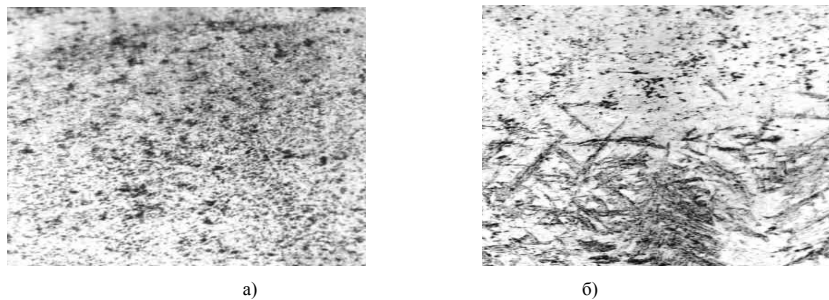
Рисунок 2 – Схема вимірювання мікротвердості структурних складових

Таблиця 1 – Результати вимірювання мікротвердості структурних складових покриття

№ лунки за рис. 2	Структурна складова	Мікротв., кгс/мм ²
1	перліт	420
2	ледебурит	1017
3	перліт	504
4	цементит	824
5	ферит	553
6	ледебурит	1080
7	ферит	274
8	перліт	206
9	ферит	170

На знімках мікроструктур другого зразка чітко видно зміцнені карбідами титану поверхневі шари, які мають дрібнозернисту структуру, що складається з дрібних карбідів титану оточених металевою матрицею. (рис.3а)

У перехідному шарі часто зустрічаються структури мартенситу, бейніту, троститу, як наслідок часткового гартування аустеніту. (рис.3б).



а – поверхневого шару x200, б – перехідного шару x200

Рисунок 3 – Мікроструктури нанесеного покриття при наплавленні на комбінацію вуглецевої тканини та порошку титану (x200)

Якісний аналіз покриття також здійснювався шляхом проведення визначення мікротвердості його складових. Результати вимірювання мікротвердості покриття по глибині проплаву зведені у таблицю 2.

Таблиця 2 – Результати вимірювання мікротвердості покриття по глибині проплаву

Глибина, мм	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75
Мікротв., кгс/мм ²	856	803	754	783	647	541	540	484	486	456	433

З отриманих результатів бачимо, що максимальну твердість наплавлений шар має на поверхні.

Висновки

1. В процесі наплавлення нанесена вуглецева тканина встигає повністю розчинитися у зварювальній ванні.
2. Внаслідок такого науглецювання поверхні вдається отримати високовуглецеве покриття з структурами чавуну.
3. Виявлена можливість шаржування вуглецевої тканини порошками легуючих елементів з метою зміцнення наплавленого шару їх карбідами.
4. Проведені металографічні та дюрOMETричні дослідження підтверджують гіпотезу о можливості протікання реакції взаємодії між вуглецем та титаном з утворенням відповідних карбідів.
5. Навіть без додаткової термообробки покриття має значну твердість та зносостійкість.

Список літератури

1. Жуков А. А. Особенности структуры и свойств белого деформированного чугуна, легированного ванадием, ниобием и титаном / А. А. Жуков, Л. И. Агапова, Т. С. Ветрова // Металловедение и термическая обработка. - 1982. №5. - С. 55-58.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ І ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ЦИЛІНДР ДОМКРАТА

М.С. Українець, ст. гр. 13В-11ім,
В.І. Савуляк, проф., д-р техн. наук
Вінницький національний технічний університет

Деталі типу циліндр домкрата, гідроциліндр, пневмоциліндр широко використовуються в С/Г техніці, вантажопідійомній техніці, шахтному та гірничому обладнанні. В залежності від середовища роботи змінюється характер зносу деталей даних вузлів. Найбільш характерним є абразивне зношування. Для кращої протидії цьому виду зношування деталі повинні мати високу твердість. В даній роботі пропонується технологічний процес відновлення і підвищення зносостійкості таких робочих поверхонь на прикладі циліндра домкрата.

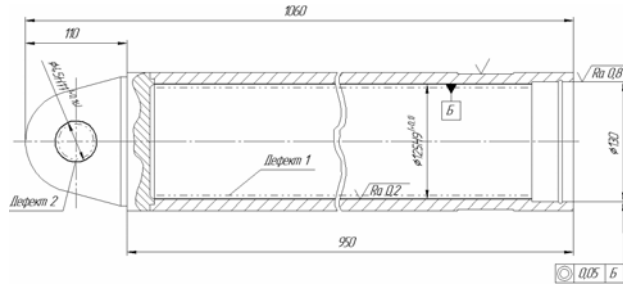


Рисунок 1 – Циліндр домкрата

На рисунку 1 наведено ремонтне креслення циліндра домкрата із позначенням найбільш характерних дефектів для даного типу деталей. Твердість поверхні отвору вушка ($\varnothing 45\text{H}11$) повинна знаходитися в межах 40-45 HRCe, а твердість внутрішньої поверхні ($\varnothing 125\text{H}9$) гільзи - 50-55HRCe. Процес відновлення внутрішньої поверхні ускладнюється тим, що це глухий отвір із довжиною в 7 разів більшою за діаметр [1]. Отже, дуже важко забезпечити жорсткість закріплення інструменту і необхідну точність при попередній та остаточній механічній обробці [2-5]. Всі ці фактори необхідно враховувати при побудові технологічного процесу відновлення і зміцнення виконавчих поверхонь циліндра домкрата.

Починається процес відновлення і зміцнення із миття циліндра в роторній миючій установці ОМ-12376 розчином «Лабомід – 101». Помиті деталі проходять процес дефектування – отвір вушка перевіряють за допомогою електронного штангенциркуля ШЦЦ-500; внутрішню поверхню циліндра – нутромір [4, 5]. Після дефектування для зменшення твердості поверхонь, які в подальшому будуть оброблятися різанням, деталі піддаються відпуску у електропечі з висуванням подом СДО-25.38.25/1250.

Для підвищення технологічності обробки внутрішньої поверхні циліндра домкрата вушко відрізають в місці зварювання таким чином, щоб залишилась центрувальна шийка. Далі технологічний процес розділяється на дві частини – технологічний процес зміцнення та відновлення робочих поверхонь вушка домкрата і технологічний процес зміцнення і відновлення гільзи домкрата.

Отвір вушка доцільно відновлювати шляхом зенкерування існуючого отвору до $\varnothing 50\text{H}9$ мм на робочому столі верстату ПРОМА В-1850FE/400 з наступним встановленням додаткової гартованої втулки із зовнішнім діаметром 50р9 мм і внутрішнім – 45H11 мм, яка зачеканюється з двох сторін.

Гільзу домкрата розточують плаваючою розточувальною головкою на вертикально-розточувальному верстаті 2733П [6]. Величина шару, що знімається при розточуванні, залежить від методу відновлення робочих поверхонь. В нашому випадку можна використати: 1) металізацію; 2) газополуменеве напилювання; 3) плазмове напилювання; 4) поверхнево-пластичне деформування; 5) розточування до наступного ремонтного розміру. Найраціональнішим буде, на мою думку, плазмове напилювання, тому що металізація є довготривалим процесом; покриття, отримані при газополуменовому напилюванні є більш пористими, ніж при плазмовому (в нашому випадку пористість має бути найменшою) [7]; поверхнево-пластичне деформування і розточування вимагає збільшення діаметру поршня та використання спеціальних манжет для забезпечення герметичності. Тому після розточування гільза домкрата встановлюється в установці для автоматизованого напилювання з ЧПК, де будуть відновлюватися робочі поверхні. Після відновлення деталей знову розточується на верстаті 2733П. Для забезпечення точності форми і профілю отвору, а також якості поверхні гільзу хонінгують на вертикально-хонінгувальному верстаті Delapena Powerhone алмазними

брусками. Для зміцнення робочих поверхонь і зменшення пористості покриття використовується поверхнево-пластичне деформування шляхом розкочування роликів головою.

Після того, як операції зміцнення завершилися, вушко і гільза зварюються на автоматичній установці в середовищі захисних газів, причому, у порожнину гільзи заливається ЗОР для зменшення впливу температурних полів. По закінченню даного комплексу робіт ми отримуємо працездатну деталь із зміцненими робочими поверхнями.

Відновлення і зміцнення робочих поверхонь циліндра домкрата за вищенаведеним технологічним процесом забезпечує значне підвищення довговічності та може бути застосоване до аналогічних деталей.

Список літератури

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 3-х томах / В.И. Анурьев. — М.: Машиностроение, 2001. — . —
2. Т.1. — 8-е изд. — 2003. — 920с.
3. Косилова А.Г., Справочник технолога машиностроителя. Том 1, - М.: Машиностроение, Р. К. Мещеряков. 2003.
4. Косилова А. Г., Справочник технолога машиностроителя. Том 2, - М.: Машиностроение, Р. К. Мещеряков. 2003.
5. Мельничук П.П. Технологія машинобудування / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков — Житомир: ЖДТУ, 2005. — 835 с.
6. Савуляк В.І. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Навчальний посібник/ В.І. Савуляк, А.Ю. Осадчук – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2004. – 180 с.
7. Отений Я. Н. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий: Монография/ Я.Н. Отений, Н.Я. Смольников, Н.В. Ольштынский – Волгоград: ВолГТУ, 2003. - 136 с.
8. Хасуи А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Моригаки. — М.: Машиностроение, 1985. — 240 с.

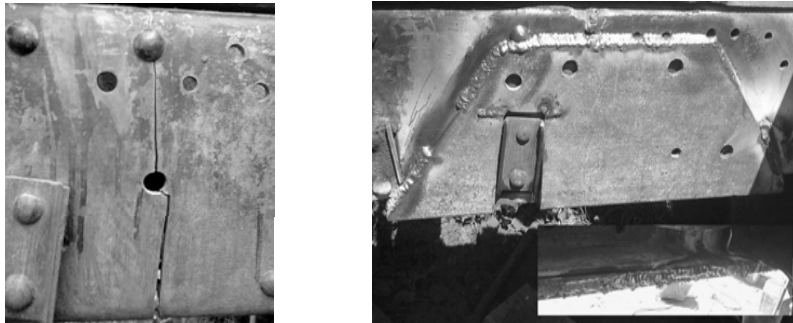
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ПРИВАРЮВАННЯМ НАКЛАДОК ДЛЯ ПІДСИЛЕННЯ

Д.В. Бакалець, асп.,

В.І. Савуляк, проф., д-р техн. наук

Вінницький національний технічний університет

Рамні конструкції транспортних та технологічних машин сприймають статичні та динамічні навантаження, внаслідок яких в процесі експлуатації на певних ділянках виникають тріщини (рис.1,а) та інші пошкодження. З метою запобігання появи цих тріщин або їх ремонту доцільно використовувати методи зварювання з встановленням спеціальних накладок (рис.1,б). Проблемою, що виникає під час їх приварювання, є структурні та фазові перетворення у зоні температурного впливу зварювальної дуги та залишкові напруження. Після проведення ремонтних робіт вони можуть призвести до повторного руйнування відновленої ділянки.



а) – з поперечною тріщиною, б – з встановленою підсилюючою накладкою

Рисунок 1 – Лонжерон рами вантажного автомобіля

Досліджувався автомобіль, оснащений гідроманіпулятором, який окрім перевезення вантажу має функцію навантажувача. Це спричиняє до виникнення додаткових навантажень в елементах рами. Для визначення небезпечних зон з найменшим запасом міцності, використано математичне моделювання на основі методу кінцевоелементного аналізу з реалізацією на ПЕОМ.

Важливим результатом такого дослідження напружено-деформованого стану конструкції стало визначення найбільш несприятливих умов, при яких небезпечні ділянки піддаються максимальним навантаженням. З цієї метою досліджено вплив статичних та динамічних навантажень, спричинених роботою маніпулятора, напруження та деформації рами як функцію положення навантаженої стріли підйомника та просторового розміщення навантаженого автомобіля (рис.2 і 3).

Моделювання показало, що рама отримує максимальні навантаження у випадку підйому вантажу з боків під прямим кутом відносно осі автомобіля з максимальним вильотом стріли підйомника.

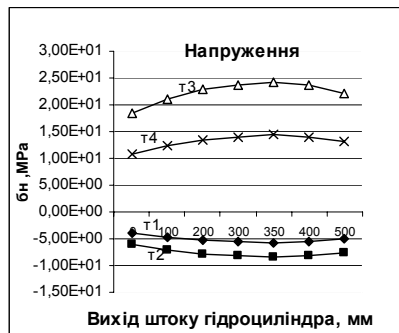


Рисунок 2 – Графік залежності напружень від виходу штоку стріли

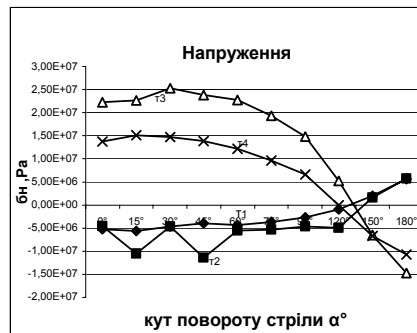


Рисунок 3 – Графік залежності напружень від кута повороту стріли

З врахуванням отриманих даних в роботі вивчено вплив таких факторів як режими зварювання, послідовність виконання зварних швів, форма та розміри накладок та їх відносне розташування на статичну та втомну міцність підсиленої ділянки рами. З цієї

метою розроблено модель для натурних випробувань та модель для реалізації на ЕОМ з використанням кінцево-елементного аналізу. Адекватність комп'ютерної моделі забезпечувалась експериментальними дослідженнями та уточненнями на натурних зразках.

Дослідження показали, що процес приварювання накладки для підсилення супроводжується виникненням температурних полів, які формують зону температурного впливу. Форма і розміри цієї зони залежать від режимів, геометрії деталей, послідовності виконання зварних швів, і навіть кута нахилу електрода в процесі зварювання. В свою чергу, аналіз експериментальних даних, з використанням розроблених моделей, дає можливість враховувати вплив вище зазначених показників для мінімізації залишкових напружень і розробляти якісні технологічні процеси ремонту деталей та конструкцій складної конфігурації без застосування складних аналітичних розрахунків.

З експериментальних зразків, зварених з дотриманням відомих рекомендацій та з дотриманням спеціально розробленого технологічного процесу, вирізалися темплети для проведення ударно-циклічних випробувань на втомну міцність. Напрацювання до виникнення мікротріщин значно збільшується (1,2 – 1,5 рази) у зразків, що зварені з дотриманням розроблених рекомендацій.

Використання розробленої технології та ряду практичних рекомендацій, щодо проведення ремонту поперечних тріщин рам транспортної техніки, шляхом їх зварювання з встановленням накладок для підсилення показало можливість експлуатації відновлених автомобілів в усіх режимах допустимих навантажень.

Список літератури

1. Зозуляк В.А. Методы и средства оценки трещиностойкости конструкционных материалов. / В.А. Зозуляк – К.: Наукова думка, 1981. – 101 с.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич— М.: Мир, 1975.
3. Саврук М.П. Механика разрушения и прочность материалов. Коэффициенты интенсивности напряжений в телах с трещинами. Справочное пособие в 4-х т./ Киев: Наук, думка, 1988, Т.2, 620 с. (ПР.ПР., 1990, № 11, с.111. дом.биб.).

ВПЛИВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТЕМПЕРАТУР ПІД ЧАС НАНЕСЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

О.В. Поступайло, ст. гр. 13В-11ім,
О.П. Шиліна, доц., канд. техн. наук
Вінницький національний технічний університет

В процесі експлуатації знос різних поверхонь відбувається з різною швидкістю, отже з метою підвищення довговічності виникає необхідність компенсації такого зносу одним з методів нанесення функціональних покриттів.

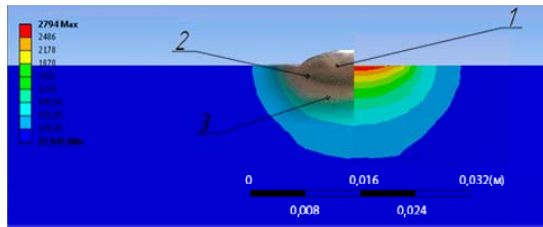
Актуальною при цьому є задача залишити структуру, твердість та інші фізико-механічні властивості поверхонь, що не зносились, без змін. Найбільше такі зміни викликають температурні поля, що виникають під час нанесення покриттів.

Як відомо, при однопрохідному наплавленні має місце простий термічний цикл, теплота не лише підводиться до виробу, але і безперервно відводиться від нього. Згідно найбільш розповсюдженій схемі, теплота безпосередньо передається виробу через ефективну пляму дуги, конвективними потоками плазми вздовж стовпа дуги та радіаційним випромінюванням. Це відбувається за рахунок природних та штучних стоків теплоти.

Дослідження проводились на зразках з листового прокату товщиною 10 мм доевтектоїдної сталі Ст.3, яка має видовжене (добре) зерно спокійної листової сталі.

Найбільша температура при наплавленні досягається в перші 5...6 с від початку процесу сплавлення основного та присадкового матеріалів (Нп -30ХГСА ГОСТ 10543-98 та АНО-21 ГОСТ 9467) і далі наступне повільне охолодження, яке і спричиняє перетворення в навколовшній зоні та зоні термічного впливу. Причому найбільша температура виникає при ручному електродуговому наплавленні.

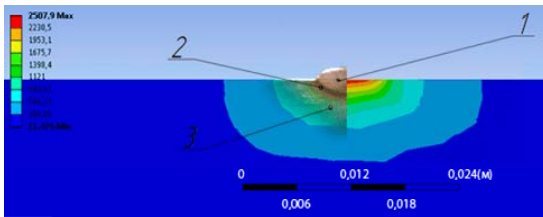
На рисунках 1, 2, 3 показано у перерізі наплавлений валик 1, перехідну зону 2 та основний метал 3. Також у кольорі показано температурні поля у момент динамічного балансу енергії, що підведена до зварювальної ванни та відводиться.



1 – наплавлений валик; 2- перехідна зона; 3 – основний метал

Рисунок 1 – Зварювальна ванна та змодельовані температурні поля при ручному електродуговому наплавленні

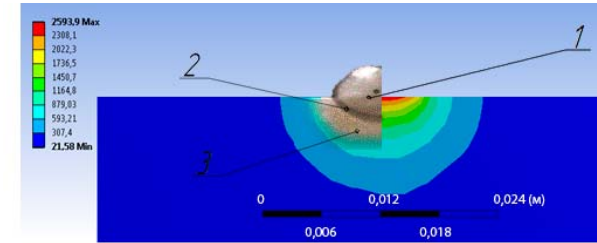
При ручному електродуговому наплавленні (рисунок 1) при геометричних розмірах валика: ширина (11,7...13,5) мм, висота 4,5 мм , зона розповсюдження температури досягає (32...34) мм на 12 мм углуб зразка. Дослідження наплавленого шару виявило зони вторинної кристалізації зі структурами цементиту та фериту.



1 – наплавлений валик; 2- перехідна зона; 3 – основний метал

Рисунок 2 – Зварювальна ванна та змодельовані температурні поля при аргонодуговому наплавленні

При аргонодуговому наплавленні (Рисунок 2) при геометричних розмірах валика: ширина (5,4...5) мм, висота 2,0 мм, зона розповсюдження температури досягає (24...26) мм на (8...10) мм углуб зразка. Дослідження наплавленого шару виявило зони вторинної кристалізації зі структурами легованого цементиту з вкрапленнями перліту, зерно подрібнене.



1 – наплавлений валик; 2- перехідна зона; 3 – основний метал

Рисунок 3 – Зварювальна ванна та змодельовані температурні поля при наплавленні в середовищі вуглекислого газу

При електродуговому наплавленні в середовище вуглекислого газу (Рисунок 3) при геометричних розмірах валика: ширина 8 мм, висота 5 мм , зона розповсюдження температури досягає (16...18) мм на (10..12) мм углуб зразка. Дослідження наплавленого шару виявило зони вторинної кристалізації зі структурами легованого цементиту з вкрапленнями перліту і є найширшою у порівнянні з іншими, де чітко спостерігається рекристалізована структура перехідної зони – являє собою перліто-цементитну суміш.

Аналіз отриманих даних для зон термічного впливу, показав, що при ручному електродуговому наплавленні спостерігається найбільший об'єм зварювальної ванни. Підвищення початкової температури цієї ванни знижує швидкість кристалізації металу і підвищує вірогідність утворення високих залишкових напружень в зоні термічного впливу. Такі негативні фактори відсутні при наплавленні в середовищі вуглекислого газу, де створюються більш сприятливі умови кристалізації та врівноваження структури в зоні термічної дії.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТОСОВАНІСТІ КОНСТРУКЦІЙ ПОСІВНИХ МАШИН ДО ОПЕРАЦІЇ ЗБЕРІГАННЯ

В.Ю. Гльченко, проф., канд. техн. наук, Н.О. Пономареко, асп.,
І.М. Смоленський, студ., Д.О. Барабаш, студ.
Дніпропетровський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Збережувальність посівних машин характеризуються можливістю їх зберігати на відкритому майданчику, під навісом, у приміщенні (сараї, ангари); кількістю складових частин, які необхідно зняти при зберіганні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Визначення показників для оцінки пристосованості посівних машин до зберігання може бути визначена на основі обліку затрат часу, праці та коштів на зберіганні.

Оперативно тривалість технічного обслуговування при зберіганні залежить від пристосованості машин до постановки на зберігання, технічного обслуговування під час зберігання і зняття із зберігання, особливо це важливо для складних машин.

Для оцінки пристосованості конструкцій посівних машин до зберігання, як показали дослідження найдоцільніше застосовувати коефіцієнт пристосованості конструкції до цих

операцій, який рекомендовано визначати як відношення основних затрат праці на виконання комплексу операцій до загальних затрат праці, безпосередньо до того, як часто операції повторюються впродовж міжремонтного періоду. При цьому пристосованість конструкції повинна визначати окремо для операцій періодичного обслуговування та зберігання.

Коефіцієнт пристосованості конструкції посівної машини до зберігання розраховується за формулою:

$$K_{збс} = 1 - \frac{T_{пзс,р}}{T_{цтпос,р} + T_{птпос,р} + T_{збс,р}} \quad (1)$$

де $T_{пзс,р}$ - сумарна річна трудомісткість робіт з ТО посівної машини при зберіганні, люд-год;

$T_{цтпос,р}$ - сумарна річна трудомісткість робіт з щозмінного ТО, люд-год;

$T_{птпос,р}$ - сумарна річна трудомісткість робіт з періодичного ТО, люд-год.

Сумарна річна трудомісткість робіт з ТО посівних машин при зберіганні

$$T_{збс,р} = (T_{пзс} + T_{тзбс} + T_{зпзбс}) \cdot n_{збс} \quad (2)$$

де $T_{пзс}$ - трудомісткість робіт з підготовки посівних машин до зберігання, люд-год;

$T_{тзбс}$ - трудомісткість робіт з ТО посівних машин під час зберігання, люд-год;

$T_{зпзбс}$ - трудомісткість робіт при зніманні посівних машин із зберігання, люд-год;

$n_{збс}$ - кількість постановок на зберігання посівних машин протягом року.

Результати досліджень

Найбільший коефіцієнт пристосованості конструкції просапної сівалки до операцій зберігання у сівалки СУПН-6 (0,91), найменший – у сівалки СПС-24 (0,76). Середнє значення коефіцієнта складає (0,80).

Найбільший коефіцієнт пристосованості конструкції стерньових сівалок до операцій зберігання у сівалки СЗС-6 (0,71), найменший – у сівалки СТС-6 (0,53). Середнє значення коефіцієнта складає – 0,65.

Найбільший коефіцієнт пристосованості конструкції зерно тукової сівалки до операцій зберігання у сівалки СЗП-8 (0,69), найменший – у сівалки СЗО-3,6 (0,47). Середнє значення коефіцієнта складає (0,59).

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ З ГІБРИДНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

О.І. Бура, проф., канд. техн. наук, О.Ю. Кузнецова, асп.,
О.Д. Деркач, доц., канд. техн. наук, О.В. Волох, ст. гр. МгМ-1-11
 Дніпропетровський державний аграрний університет

В останні десятиліття спостерігається інтенсивний розвиток виробництва полімерів і композиційних матеріалів (КМ), що застосовуються в різних галузях промисловості та техніки і здатні не тільки з успіхом замінювати традиційні конструкційні матеріали, але й працювати в умовах, що виключають використання металів [1, 2]. На сьогоднішній день актуальною є задача створення зносостійких КМ для використання у вузлах тертя машин і

механізмів. Особливо це стосується вузлів, де змащування рухомих з'єднань обмежене або взагалі повинно бути відсутнє в силу технологічних вимог.

Окремим напрямком при створенні таких КМ є застосування в якості наповнювачів вуглецевих наноструктур, введення яких у полімерну матрицю дозволяє суттєво підвищити експлуатаційні властивості отриманих композитів [3].

Враховуючи вищевикладене, мета роботи полягала у використанні наноструктурованих вуглецевих матеріалів ДЛЯ розробки нових полімерних композиційних матеріалів на основі термостійкого ароматичного поліаміду фенілон С-2.

В Дніпропетровському державному аграрному університеті на кафедрі експлуатації машинно-тракторного парку проведені лабораторні дослідження триботехнічних характеристик вказаного поліаміду, армованого гібридними наповнювачами. Після виявленого оптимуму, були виготовлені експериментальні деталі та проведені виробничі випробування.

Для поліпшення характеристик у вказаний полімер був введений гібридний наповнювач: волокно Русар-С, що є відрізкарами арамідних ниток завдовжки 5 мм і фулеренова чернь (ФЧ) – нерозчинний чорний порошок, що залишається після витягання суміші фулеренів неполярними органічними розчинниками (насіпна щільність 0,5 г/см³, вміст фулеренів не більше 0,1%).

Методика отримання композитів полягала в змішуванні компонентів прескомпозиції в обертальному електромагнітному полі, з подальшою переробкою у виробі методом компресійного пресування за температури 598-603 К і тиску 40 МПа.

Триботехнічні характеристики матеріалів в режимі тертя без змащування досліджували на машині тертя СМЦ-2 за схемою диск-колодка. Швидкість ковзання складала 1,3 м/с, шлях тертя – 2 км. В ході вимірювань реєстрували момент тертя, частоту обертання, силу притискування зразка, число напрацьованих циклів, масу зразка. Масу зразка визначали зважуванням на аналітичних терезах ВЛР-200 з точністю 0,0002 г.

В якості контртіла використовували сталь 45 з твердістю робочої поверхні після термічної обробки 50 HRC, шорсткістю поверхні Ra = 0,63 мкм. Знос зразків обчислювали за формулою:

$$I = \frac{m_1 - m_2}{S_n} \quad (1)$$

де: m_1 – маса зразка до випробувань, кг; m_2 – маса зразка після випробувань, кг; S_n – площа поверхні, що зношується, м².

Коефіцієнт тертя знаходили із співвідношення:

$$f = \frac{M}{F_n \cdot r_k} \quad (2)$$

де: M – момент тертя, Н-м; F_n – сила притиснення зразка, Н; r_k – радіус контртіла, м.

Згідно отриманих даних (табл. 1) можна бачити, що використання гібридних наповнювачів приводить до зниження коефіцієнта тертя та зносу в 1,7...3,3 і 4,3...6,2 рази відповідно у порівнянні з чистим (ненаповненим) полімером. У цілому ж оптимальний комплекс триботехнічних характеристик спостерігається при наступному складі композитів, мас. %: фулеренова чернь – 1,4...1,6; Русар-С – 9,5...11,5; фенілон С-2 – 86,9...89,1.

Таблиця 1 – Результати триботехнічних випробувань на основі термостійкого ароматичного поліаміду фенілон С-2*

Наповнювач та параметр	Вміст наповнювача, мас. %								
	0,5			1,5			3,0		
Фулеренова чернь									
Русар-С	7	11	15	7	11	15	7	11	15
Коефіцієнт тертя	0,24	0,21	0,16	0,18	0,18	0,12	0,21	0,21	0,14
Знос, мг/см ²	5,5	5,3	4,1	5,2	5,0	3,9	5,6	5,6	4,6

*коефіцієнт тертя ненаповненого фенілону С-2 за даних умов склав 0,4; знос –24,2 мг/см2.

Для виробничих досліджень були виготовлені втулки шворнів переднього мосту трактора ЮМЗ-8070. Виробничі випробування проводилися у фермерському господарстві «Костенко» Павлоградського району Дніпропетровської області. Трактор, укомплектований експериментальними деталями використовувався на технологічних операціях у рослинництві та транспортних операціях. Змашування деталей в процесі експлуатації не проводилося. Встановлено, що після наробітку трактора 422 мото-години, деталі знаходяться в працездатному стані, не потребують технічного обслуговування і випробування можуть бути продовжені.

Список літератури

1. Пилиповский Ю.Л., Грудина Т.В., Сапожникова А.В. Композиционные материалы в машиностроении. – К.: Техника, 1990. – 141 с.
2. Lewis C.F. Bigger and Better Industrial Composites // Mater. Eng. – 1990. – Vol.107. – № 3. – P.27-31.
3. Температурный предел для фуллера C₆₀ как антиоксиданта при термоокислении полимеров / Троицкий Б.Б., Хохлова Л.В., Конев А.Н, Денисова В.Н., Новикова М.А. // Пласт. массы. – 2005. – № 7. – С.26-28.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ СТАЛІ 45

Я.А. Литвин, ст., С.М. Герук, доц., канд. техн. наук, К.В. Борак, ас.
 Житомирський національний агроєкологічний університет

Для випробування зразків сталі, зміцнених електроерозійною обробкою, на зносостійкість, враховуючи технологічні обмеження, щодо можливості електроерозійної обробки та необхідності імітації реальних умов зношування, нами запропоновано удосконалити спосіб «крильчатки» (Патент на корисну модель № 59681 [4]).

У відповідності з запропонованим методом розроблена установка для дослідження матеріалів та покриттів на зносостійкість (Патент на корисну модель № 57585 [3]).

Масовий знос зразка визначався на лабораторних вагах СР 34001 S фірми «Sartorius» (Німеччина). Клас точності за ГОСТом 24104-1988 – II (високий) [2]. Лінійний знос визначався в результаті обрисовування контуру зразка після напрацювання на еталонному планшеті, кут заточки зразка – за допомогою виконання відбитків.

Шлях тертя приймали рівним 500 км. На протязі цього шляху зразок контролювався по втраті ваги 5 раз, або через кожні 100 км. Постійними були прийняті наступні фактори: швидкість переміщення, 125,28 м/хв (7,5 км/год), тиск ґрунту на зразок 1,25 кГ/см² (122,6

кПа). В якості робочого середовища застосовували кварцовий пісок розмір фракцій якого склав 80-100 мкм.

При математичній обробці результатів досліджень зносостійкості поверхні після електроерозійної обробки було описано процес, що вивчається, за допомогою математичної моделі, яка має вигляд:

$$\gamma = b + \sum b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

де γ – критерій оптимізації дослідження; b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} , - коефіцієнти регресії, по величині яких, можна з'ясувати ступінь впливу відповідних факторів; x_1, x_2, \dots, x_n – змінні фактори.

В якості критерію оптимізації при проведенні дослідження було запропоновано: σW – зносостійкість, км/г. В якості факторів вибрано: сила струму, А; напруга струму, В; температура охолоджуючого (діелектричного) середовища, °С.

Для підтвердження вірності проведеного експерименту фактори змінювались на 2 рівнях (табл. 1) [1].

Таблиця 1 – Інтервал та рівні варіювання факторів

Показники	Кодове позначення	Фактори та їх позначення		
		Сила струму, А	Напруга струму, В	Температура охолоджуючого середовища, °С.
Умовне позначення	x_i	x_1	x_2	x_3
Верхній рівень	+1	500	50	60
Основний рівень	0	350	45	35
Нижній рівень	-1	200	40	10
Інтервал варіювання	ϵ	150	5	25

Для опису математичної моделі було здійснено план проведення експерименту типу Бокса-Бенкена.

Обробка отриманих експериментальних даних проводилася за допомогою ПЕОМ та прикладних програм Microsoft Excel та Maple 14. В результаті дослідження було отримано рівняння регресії у закодованому вигляді:

$$\gamma = 49,95 + 5,74x_1 - 1,11x_2 - 1,72x_3 + 0,21x_1x_2 + 0,71x_1x_3 + 0,94x_2x_3 - 19,03x_1^2 - 3,98x_2^2 - 4,95x_3^2 \quad (4.3)$$

розкодованому вигляді:

$$\sigma W = -368,2 + 0,61I + 13,7U + 0,08t - 0,00028IU + 0,00019It + 0,0075Ut - 0,00085I^2 - 0,16U^2 - 0,0079t^2 \quad (4.6)$$

При аналізі даних рівнянь для визначення зони екстремуму дане рівняння регресії було профієренційовано за змінними факторами та отримані вирази прирівняні до нуля. Розв'язавши дані системи отримано значення факторів в точці оптимуму:

$$x_1=0,15, x_2=-0,16, x_3=-0,18.$$

$$I=372,5 \text{ A}, U=44,2 \text{ В}, t=30,5 \text{ }^\circ\text{C},$$

зносостійкість при цьому склала $\sigma W=46,01$ км/г.

Для подальшого дослідження математичної моделі використовувався метод двомірних перерізів.

Аналізуючи отримані дані можна прийти до висновку, що раціональними режимами електроерозійної обробки є: сила струму 350-450 А, напруга 45 В, температура діелектричного середовища 30-40 °С.

Список літератури

1. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия: ГОСТ 24104-88. – [введ. 01.01.89]. – М.: Издательство стандартов 1988. – 14 с.
3. Пат. 57585 Україна, МПК А01В23/00 Установа для дослідження зносостійкості матеріалів та покриттів / С.М. Герук, М.А. Савченко, К.В. Борок – заявник К.В. Борок. – u 2010 07973; заяв. 25.06.2010; опубл. 10.03.2011, юл. №5 2011 р.
4. Пат. 59681 Україна, МПК G01N3/00 Спосіб дослідження матеріалів та покриттів на зносостійкість / С.М. Герук, М.А. Савченко, К.В. Борок, заявник К.В. Борок. – u 2010 13233, заяв. 08.11.2010, опубл. 25.05.2011, Бюл. №10, 2011 р.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТОБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

О.А. Шевчик, студ.,

С.М. Герук, чл.-кор. ІАУ, доц., канд. техн. наук,

К.В. Борок, ас., С.М. Хоменко, ас.

Житомирський національний агрозоологічний університет

Обробіток ґрунту є найбільш відповідальною операцією під час вирощування будь якої сільськогосподарської культури. Так як останній час все більшу увагу почали приділяти мінімізації обробітку ґрунту то це призвело до того, що близько 40% всієї ґрунтообробної техніки складають дискові ґрунтообробні знаряддя. Причому на даний час їх ресурс занадто малий через інтенсивне абразивне зношування робочих органів, які працюють в складному технологічному середовищі – ґрунті.

Підвищення довговічності ресурсу дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь можливе лише за рахунок: вибору оптимальних конструктивних параметрів робочих органів та вибору оптимальної технології зміцнення різальних елементів, що базується на теоретичних засадах забезпечення роботоздатності деталей машин в умовах абразивного зношування [3, 4, 5], що дозволить реалізовувати ефект самозаточування.

Метою роботи є підвищення зносостійкості дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь шляхом обґрунтування параметрів ефективного способу їх зміцнення. Об'єктом досліджень є сферичний дисковий робочий орган борін і лущильників. Предмет досліджень – закономірності процесу зношування дискових робочих органів при зміцненні різними методами.

Задачі досліджень: проаналізувати існуючі конструкції дискових ґрунтообробних знарядь, способи зміцнення їх робочих поверхонь, умови роботи, характер та величину зносу робочих органів; дослідити вплив параметрів дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь на їх зносостійкість; обґрунтувати параметри ефективного процесу зміцнення дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Відомі умови самозаточування для двошарових робочих органів ґрунтообробних машин наступні:

1. Товщина твердого шару δ_t повинна відповідати $\delta_t \leq 2R_d$, де R_d – допустимий радіус затуплення.

2. Товщина несучого шару δ_n повинно бути мінімально можливою, для забезпечення необхідної міцності твердого шару.

3. Твердість зносостійкого шару H_t повинна бути в відповідному співвідношенні з твердістю несучого шару у залежності від абразивних властивостей ґрунту.

4. Зміцненню, як правило, повинна підлягати та грань леза, яка піддається найменшому зношенню. Якщо ця умова не буде виконуватись то інтенсивність зношування твердого і м'якого шару вирівнюється, що неминуче призведе до затуплення леза. В деяких випадках зміцнення проводять з іншої сторони леза для використання на супіщаних і піщаних ґрунтах.

Проведені лабораторні дослідження і польові випробування робочих органів показали, що в процесі роботи диска виготовленого зі сталі 65Г з термообробкою до твердості HRC 46...50, що має кут заточки леза 15...17°, товщина леза з 0,15...0,5 мм збільшується до 1,5...2 мм.

Згідно агротехнічних вимог, допустимою товщиною леза прийнято вважати 1,5 мм, але при цій товщині, підрізання бур'янів знижується до 75%. Тому при виборі методу зміцнення необхідно не тільки враховувати технологічні та економічні показники даного методу, а й необхідність реалізації ефекту самозаточування робочих органів.

Розроблено методику дослідження закономірностей процесу та динаміки зношування дискових робочих органів, що дозволить оцінювати вплив експлуатаційних факторів на зносостійкість та ресурс дискових робочих органів [1, 2, 6].

Встановлено, що збільшення кута заточування леза диска призводить до зростання на нього навантажень та погіршення стійкості руху, що викликає підвищені енерговитрати та зниження якості обробітку ґрунту.

Встановлено закономірності динаміки зношування дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь при застосуванні різних способів та матеріалів наплавлення, на основі чого для зміцнення дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь запропоновано використати плазмове дугове наплавлення та електроерозійну обробку, що забезпечують високу якість та стабільність зносостійкої поверхні в порівнянні з іншими існуючими методами зміцнення. При цьому двошаровість робочої поверхні після електроерозійного зміцнення сприяє реалізації ефекту самозаточування.

Умовою самозагострювання дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь, що напавлені з внутрішньої частини леза, є забезпечення значного співвідношення зносостійкості напавленого шару та матеріалу основи диска.

Спрацювання за діаметром зубів робочих органів, що були зміцнені електроерозійним методом, відбувається з інтенсивністю 0,045...0,054 мм/га, що значно менше ніж у нових дисків вітчизняної та зарубіжної техніки. При напрацюванні 30 га на один диск спостерігається ефект самозагострення при відсутності процесу викришування зубів. При напрацюванні до 60 га на один диск відбувалося різке затуплення ріжучої кромки дисків.

Список літератури

1. Герук С.М. Методика експлуатаційних досліджень зношування робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь / С.М. Герук, К.В. Борок // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КНУ, 2009. – Вип. 39. – С. 392 – 396.
2. Герук С.М. Методика лабораторних випробувань на зносостійкість зразків, зміцнених електроерозійною обробкою / С.М. Герук, К.В. Борок // Міжнародний науковий журнал «Проблеми трибології». Хмельницький: ХНУ, №4. – 2010р. – С. 60 – 65.

3. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин при абразивном изнашивании / М.М. Тененбаум. – М.: «Машиностроение», 1966. – 331с.
4. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания / В.Н. Ткачев. – М.: «Машиностроение», 1995. – 33бс.
5. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М.: Наука. 1970. – 251с.
6. Пат. 59681 Україна, МПК G01N 3/00. Спосіб дослідження матеріалів та покриттів на зносостійкість / С.М. Герук, М.А. Савченко, К.В. Борак. – № u201013233; заявл. 08.11.2010; опублік. 25.05.2011, Бюл. № 10, 2011.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ-ТЯГАЧЕЙ ЕВРОПЕЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.Е. Тенишев, студ., А.П. Кравченко, д-р техн. наук
Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля

Важное место в технической эксплуатации автомобилей занимает теория надежности, одними из характерных показателей которой являются случайные величины, имеющие свойства дрейфовать даже в стабильных условиях получения результатов. Тем более в области эксплуатации автомобилей с не постоянными потоками транспорта на дорогах, появления отказов и неисправностей, времени и трудоемкости устранения их, периодичности профилактических воздействий, наличия запасных частей и др. Изучение данных фактов и их закономерностей обеспечивает принятие квалифицированного и правильного решения для эффективного функционирования транспортного предприятия.

Анализ надежности агрегатов и узлов в условиях эксплуатации позволит на основе полученных данных разработать предложения по повышению эффективности работы транспортного предприятия, прогнозирования организации технического обслуживания, рационального управления использованием запасных частей.

Исследования [1, 2] выполненные в гарантийный период эксплуатации автомобилей-тягачей Mercedes - Benz 1844 ACTROS LS определили менее надежные элементы подвижного состава и дали возможность больше уделить им внимания. Выявление и устранение в первый год эксплуатации недостатков технологии изготовления автомобилей определили дальнейшую организацию профилактических воздействий.

На сегодняшний день исследования выполнены по оценке надежности автомобилей-тягачей выполняющих международные перевозки за период эксплуатации с 2005 г. по 2012г. со средним пробегом более 700000 км.

За весь период эксплуатации автомобилей выявлено 3486 нарушений работоспособности, что в среднем составило 21,8 на один автомобиль; определен характер распределения отказов по агрегатам и системам автомобилей (рис. 1).

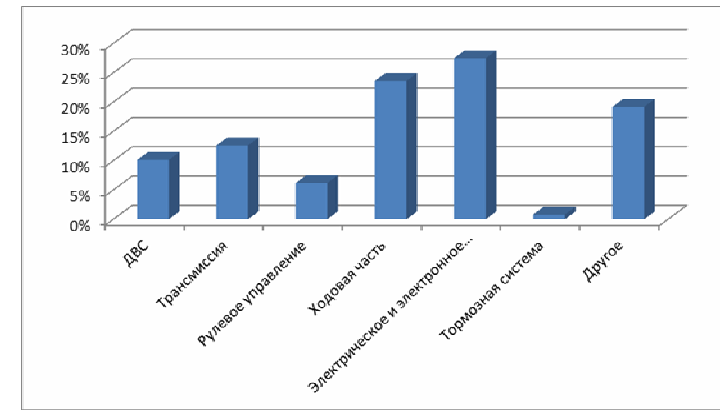


Рисунок 1 – Распределение нарушений работоспособности автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS

Установлено, что наибольшее количественное значение нарушений работоспособности (958) наблюдается в системе электрического и электронного оборудования, из которого большая часть (178) приходится на замену ролика натяжителя ремня генератора, 124 – на замену подшипника генератора, 119 – на замену ремня генератора. За все время эксплуатации автомобилей было заменено 58 генераторов – это фактически на каждом 3-м автомобиле. Также было зафиксировано 115 ремонтов тахографов, из них десять тахографам выполнена замена.

Из неисправностей ходовой части исследуемых автомобилей следует отметить замену пневморессоры (39% от общего числа отказов элементов ходовой части), втулок торсиона (34%), втулок стабилизатора (11%), амортизаторов задней оси (2%).

Неисправности трансмиссии представлены заменами подшипника выжимного (41,5% от всех отказов трансмиссии) и диска сцепления (24,1%). Выход из строя джойстика КПП составляет 9,1% к общему числу неисправностей трансмиссии. Также за все время эксплуатации было выполнено две замены редукторов заднего моста и одна коробка переключения передач в сборе. Среди прочих неисправностей трансмиссии - отказы пневмогидроусилителя сцепления -10,5%. Такие неисправности как корзина сцепления и механизм переключения передач составляют не более 4%.

Рулевое управление занимает пятое место в общем рейтинге неисправностей. На долю гидроусилителя руля и его частей приходится 32% всех неисправностей рулевого управления (были заменены шланги ГУР, сальники ГУР). Один раз заменен насос ГУР. К другим неисправностям рулевого управления относятся замены рулевых тяг (14 шт.) и рулевого вала шлицевого (12 шт.).

Неисправности двигателя среди общего потока отказов занимают десять процентов. Из них, 38,8% составляют неисправности интеркулера – 137 воздействий, меньшую долю – 32,6% из общего числа неисправностей двигателя, занимают распылители форсунок – 115 воздействий. Проблемы с системой пуска, приведшие к замене стартера в сборе, возникали 9 раз, случаев прогорания прокладок головки блока цилиндров – 11 раз, выходов из строя термостатов – 15 раз.

Одной из наиболее надежных систем автомобиля оказалась тормозная система, ее доля в общем количестве неисправностей составляет не более одного процента (в первый год эксплуатации). 41,3% от общего количества неисправностей тормозной системы приходится

на модулятор тормозов, стільки же на энергоаккумулятор. Также было выполнено две замены тормозных шлангов и установлено три ремонтных комплекта суппортов тормозов.

Неисправности остальных систем, отнесенные в группу «Другое» составляют 19% от общего количества отказов. Большая часть из них относится к элементам кабины (амортизаторы, подушки, торсионы, стабилизаторы, системы отопления и др.).

Выводы. В результате выполненной работы установлено, что наиболее слабыми звеньями автомобилей-тягачей Mercedes-Benz 1844 ACTROS LS в процессе эксплуатации являются элементы системы электрического и электронного оборудования и подвески автомобиля. Активно проведенные работы по выявлению и устранению неисправностей в гарантийный период эксплуатации автомобилей обеспечили надежную работу агрегатов автомобилей в последующее время.

Список литературы

1. Кравченко А.П. Некоторые результаты исследования надежности автомобилей – тягачей в гарантийный период эксплуатации / Материалы IV-й Международной науч.-техн. конференции “Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств”, часть 1. – Пенза: ПГУАС, 2006. – С. 46 – 51.
2. Кравченко А.П. Статистические исследования надежности автомобилей-тягачей / Материалы IV Всероссийской науч.-техн. конференции «Политранспортные системы», часть 1. – Красноярск: КГТУ, 2006. – С. 183 – 187.

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ СОБІВАРТОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВІД СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ

О.О. Дашко, студ., Т.М. Замота, доц., канд. техн. наук
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

Відомо, що собівартість перевезень є грошовим відображенням витрат на виконання одиниці транспортної роботи:

$$S_i = \frac{C_{заг.i}}{P_i}, \quad (1)$$

де S_i – собівартість одиниці i -того виду транспортної роботи, грн;

$C_{заг.i}$ – загальні витрати підприємства на виконання i -го виду транспортної роботи,

грн;

P_i – об'єм виконаної транспортної роботи i -го виду (т.км, пас-км, пл. км та ін.).

Всі витрати, пов'язані з виробництвом транспортної продукції, класифікують за економічною ознакою на елементи і по виробничому – на статті.

Основними статтями калькуляції собівартості автомобільних перевезень є:

– основна ЗПосн і додаткова ЗПдоп заробітна плата водіїв з нарахуваннями $K_{нар}$:

$$ЗП_{вод} = ЗП_{осн} + ЗП_{доп} + (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot K_{нар}, \quad (2)$$

– витрати на автомобільне паливо СА.П;

– витрати на змащувальні та інші експлуатаційні матеріали СЕМ;

– витрати на відновлення і ремонт автомобільних шин САШ;

– витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт СТО,ПР ;

– амортизаційні відрахування СА;

– накладні витрати по підприємству СНВ.

Таким чином, загальні витрати на перевезення складають:

$$C_{заг} = ЗП_{вод} + СА.П + СЕМ + САШ + СТО.ПР + СА + СНВ, \quad (3)$$

У статтю «Витрати на технічне обслуговування і ремонт рухомого складу» включають основну і додаткову заробітну плату ремонтних робочих з нарахуваннями, вартість матеріалів і запасних частин. Для розрахунку цих витрат використовують загальний пробіг автомобілів і норми витрат, що діють, по кожному виду ТО і ПР на 1000 км пробігу з розбиттям по елементах витрат (заробітна плата, запасні частини, матеріали), грн:

$$C_{ТО,ПР} = \sum \left(H_{зПРi} \cdot \frac{L_{заг}}{1000} + H_{зчi} \cdot \frac{L_{заг}}{1000} + H_{мi} \cdot \frac{L_{заг}}{1000} \right), \quad (4)$$

де $H_{зПРi}$, $H_{зчi}$, $H_{мi}$ – норма витрат відповідно по заробітній платі ремонтних робочих, запасним частинам і матеріалам по i -му виду технічних дій, грн.

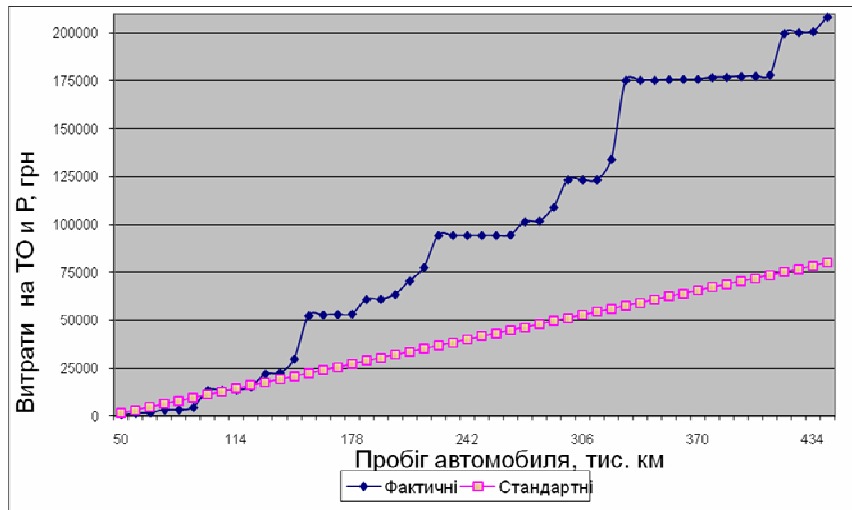
Для визначення розміру амортизаційних відрахувань використовують балансову вартість автомобілів і норми амортизаційних відрахувань, що діють. Ці норми базуються на застарілій ППС ТО і Р автомобілів і тому потребують уточнення.

Як показує досвід, додатковий обсяг робіт через низьку якість обслуговування і ремонту становить до 30% на ПР, до 5...10% на ТО-1 і до 10...15% на ТО-2. Додаткові роботи на ТО пов'язані з понаднормовими затратами ресурсів [1,2]. Виконання більшого обсягу ремонтних робіт свідчить про те, що при ППС допускається експлуатація транспортних засобів в період катастрофічного зношування, що істотно зменшує ресурс машини.

Для того, щоб зрозуміти чому при існуючій планово-попереджувальній системі ТО і Р допускаються додаткові роботи, не забезпечується високий рівень експлуатаційної надійності машин треба розглянути заходи підтримання працездатності при цій системі. Вона характеризується однаковим обсягом робіт для однотипної техніки, регламентованою періодичністю робіт, які не враховують умов експлуатації та вік техніки.

При використанні адаптивної системи ТО і Р всі роботи проводяться за результатами діагностування. Це дозволяє економити значні кошти за рахунок оптимізації обслуговуючих робіт, більш повно використовувати ресурс вузлів, агрегатів і машини в цілому. В даній роботі проведені дослідження витрат на експлуатацію автомобіля МАЗ 53366 у період з 01.01.2007 по 30.08.2011 (рис.1).

Значним резервом у справі підвищення продуктивності автомобілів і зниження собівартості перевезень є поліпшення організації обслуговування і ремонту РС автомобільного парку. Як видно з рис.1, витрати на ТО і Р при існуючій ППС є вагомими і істотно впливають на собівартість перевезень. При поганому технічному стані використання автомобілів може бути взагалі збитковим.



Рисун 1 – Витрати АТП на утримання та обслуговування автомобіля МАЗ 53366 у період з 01.01.2003 по 30.08.2011

У зв'язку з цим при ТО і Р автомобілів все більш широке застосування знаходить безперервне діагностування їх технічного стану, що дозволяє отримувати не тільки інформацію про несправності механізмів і систем автомобіля, але й прогнозувати їх працездатність. Основним джерелом підвищення продуктивності праці при ТО і Р автомобілів і агрегатів є механізація і автоматизація виробничих процесів[3]. Якщо система ТО РС є ППС, то всі роботи, передбачені для кожного обслуговування, є обов'язковими до виконання в повному обсязі.

При ППС діагностичні, кріпильні, мастильні, заправні, регулювальні, електротехнічні, збирально-мийні роботи проводяться в необхідному обсязі і терміни, передбачені ТО, дозволяють забезпечити нормальні умови праці для роботи всіх систем і механізмів автомобіля. ТО є профілактичним заходом, що проходить примусово в плановому порядку через певні пробіги або час роботи рухомого складу. ТО-1 і ТО-2 включають в себе мастильні, кріпильні та регулювальні роботи і виконуються через певні пробіги, встановлені в залежності від умов експлуатації рухомого складу автопарку.

Аналіз стану АТП виявив низку негативних тенденцій, які впливають на темпи відтворення основних фондів та рівень працездатності рухомого складу. Ці тенденції пояснюються такими причинами.

По-перше, у сфері транспортного процесу використовується РС, який тривалий час не оновлюється, внаслідок чого на його утримання витрачаються величезні ресурси, а ефективність роботи автомобільного транспорту залишається невисокою. На рис. 1 показано витрати на обслуговування та утримання автомобіля МАЗ 53366 2001 року випуску.

На ремонт підприємство витрачає до 45% від усіх витрат на утримання цього автомобіля. Різниця наявна і дуже велика, тобто оновлення рухомого складу є однією з найголовніших цілей підприємства на шляху його розвитку.

По-друге, у сфері ТО і Р автомобілів функціонує значна частина фізично і морально застарілого технологічного устаткування, недостатні масштаби якісного і кількісного оновлення засобів праці, боксів тощо.

По-третє, діючі форми організації виробництва і праці, а також методи управління виробничо-технічною базою не відповідають вимогам існуючого господарського механізму і не забезпечують фінансової самостійності ефективного розвитку виробництва при ТО і Р автомобілів.

В умовах підвищення безпеки руху, виключення відмов у роботі, забезпечення довговічності на заданому рівні і скорочення витрат на технічне утримання РС, автотранспортні підприємства можуть коригувати нормативи ТО з урахуванням умов експлуатації РС, зміни режимів ТО (тобто переліки операцій, періодичності і трудомісткості), зміни співвідношення між обсягами робіт ТО і Р в результаті включення в ТО характерних часто повторюваних операцій ПР. Коригування нормативів спрямовано на забезпечення високої експлуатаційної надійності, збільшення ролі і значення профілактичних робіт за рахунок скорочення обсягу поточного ремонту.

Висновки. Отримані результати оцінки фінансових показників утримання, ТО і Р автомобілів АТП свідчать про необхідність вдосконалення системи ТО і Р. Потребує поліпшення використання виробничої бази підприємств по ТО і Р. Слід скоротити трудомісткість і витрати на ТО і Р шляхом підвищення ролі профілактичних дій в комплексі робіт по підтримці автомобілів в технічно справному стані. При цьому необхідно застосувати раціональну технологію і наукову організацію праці і виробництва, підвищення якості ТО і ПР РС, впровадження засобів діагностики й методів діагностичного моніторингу технічного стану автомобілів.

Планово-попереджувальна система ТО і Р не забезпечує зменшення витрат на підтримання техніки тому, що не враховує дійсний стан машини і динаміку його зміни. Крім цього потребують уточнення існуючі методи розрахунку витрат на ТО і Р, які не відповідають вимогам переходу на адаптивну систему обслуговування машин.

Список літератури

1. Кравченко О.П. Наукові основи управління ефективністю експлуатації автомобільних поїздів// Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук. - Харків 2007. – 38 с.
2. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств: В 3 кн. / В.Е.Канарчук, А.А.Лудченко, И.П.Куриков, И.А.Луїк. – К.: Вища шк., 1991. – Кн 1. – 359 с., Кн. 2. – 406 с.
3. Карпенко О.А. Життєвий цикл як попереджувальний фактор негативних наслідків циклічності // Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів: 36. наук. пр. /Редкол.: М. Ф. Дмитриченко (голов. ред.) – К.: НТУ, ТАУ. – 2003. Вип. 16. – 324с. – С.274 – 279.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХРОМО-МАРГАНЦЕВЫХ НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.М. Зусин, асп., В.В. Чигарев, проф., д-р техн. наук
Государственное высшее учебное заведение
«Приазовский государственный технический университет»

Увеличение срока службы быстроизнашивающихся деталей машин является важнейшей актуальной проблемой машиностроения. Малый срок службы таких деталей снижает эффективность работы многих машин и промышленного оборудования и приводит к материальным затратам. Одним из основных способов повышения износостойкости и долговечности деталей машин является автоматическая электродуговая наплавка. Однако применяемые наплавочные материалы часто либо обеспечивают недостаточно, или содержат в своем составе дорогие легирующие элементы. В связи с этим актуальна разработка

экономлегированных наплавочных материалов, обеспечивающих высокую долговечность деталей.

Проведенные работы Богачева И.Н., Малинова Л.С., Филиппова М.А., Цыпина И.И., Тихоновича В.Н. и других показывают положительную роль метастабильного аустенита и его фазовых превращений, протекающих в поверхностных слоях под воздействием поверхностной нагрузки, в повышении износостойкости деталей. Данным требованиям удовлетворяет порошковая проволока ПП-Нп-14Х12Г12СТ. Наплавка данной порошковой проволоки производится под импортным флюсом Record SK. Также основной проблемой данной порошковой проволоки является относительно невысокая коррозионная стойкость. Поэтому было принято решение увеличить коррозионную стойкость порошковой проволоки ПП-Нп-14Х12Г12СТ путем ввода во флюс дополнительных легирующих элементов, таких как FeCr и FeMn. Были опробованы различные комбинации флюса Record SK и FeCr, FeMn. Положительный результат показала смесь 80% флюса Record SK и 10% FeCr + 10% FeMn. Как показал металлографический анализ трещины и какие либо дефекты в наплавленном металле и зоне сплавления отсутствуют, как при использовании только импортного флюса, так и смеси.

При использовании флюса Record SK и смеси близки значения твердости как в поверхности наплавленного металла (НВ 230-250), так и в средней части (НВ 270-280), а также переходной зоны (НВ 300-330). Результаты ударно-пластической деформации также показали близкие значения, как наплавленного металла под импортным флюсом так и под его смесью. Износостойкость наплавленного под различными флюсами (Record SK) и смесью металла при абразивном воздействии и сухом трении также показала близкие результаты, как после наплавки, так и после низкотемпературного при 650°C. Были получены более высокие результаты износостойкости наплавленного металла подвергнутого низкотемпературному отжигу. Это обусловлено релаксацией внутренних микронапряжений в наплавленном металле и измельчением структуры. Также наплавленный металл показал хорошие коррозионностойкие свойства, это обусловлено увеличением содержания Cr в наплавленном металле.

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ СПЕЧЕННЫМИ ПОРОШКОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ - КАК МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Е.А. Ногаш, асп., В.В. Чигарев, проф., д-р техн. наук
Государственное высшее учебное заведение
«Приазовский государственный технический университет»

В последнее время особое значение приобретают ресурсосберегающие технологии, реализуемые без существенного увеличения материальных затрат. Одним из способов реализующих ресурсосберегающие технологии является способ электроконтактной приварки. Электроконтактная наплавка характеризуется рядом положительных качеств: отсутствие нагрева детали, возможность приварки стальной ленты, проволоки и металлических порошков с заданными свойствами, уменьшение расхода металла, отсутствие выгорания легирующих элементов.

Важнейшим преимуществом способа электроконтактной приварки порошковых материалов является возможность нанесения покрытий без изменения исходных физико-механических свойств порошкового материала, так как последний не доводится до

расплавления и в следствии этого достигаются максимально возможные эксплуатационные свойства покрытий. По сравнению с наплавкой способ ЭКП повышает производительность процесса в 3 раза. Способ характеризуется также малой удельной энергоемкостью.

Важной особенностью способа является возможность получения слоев с точно заданной толщиной упрочняемого слоя. Это обстоятельство особенно важно при нанесении таких слоев в зависимости от толщины износа, так как позволяет сокращать припуски и трудоемкость последующей обработки. Для деталей, имеющих малые износы электроконтактная технология представляет лучший вариант безотходной технологии, безвредной в экологическом плане.

Основное преимущество применения порошковых материалов в качестве присадочного материала заключается в активности, позволяющей вести процесс в режиме приварки с минимальными значениями технологических параметров (тока, давления, времени сварки) без расплавления порошков и основного металла. Благодаря этому сохраняются высокие физико-механические и эксплуатационные свойства порошковых сплавов. Вместе с тем, способу присущи и недостатки, сдерживающие его широкое освоение: в необходимости применения многоциклового и многопроходной схемы приварки порошка для достижения заданной толщины упрочненного слоя, так как толщина слоя, наплавленного за один проход определяется дисперсностью частиц, формой, влажностью, внутренним трением и др. и в среднем составляет 0,25 мм; в нестабильности воспроизводства состава и свойств композиционных порошковых сплавов, вследствие сепарации составляющих компонентов по удельному весу, размерам и форме частиц порошка и особенностями уплотнения и нагрева порошка у края электрода; в сложности равномерного распределения порошка по поверхности и высоте.

В связи с этим большой практический интерес представляет применение компактных порошковых материалов, широко выпускаемых промышленностью в виде спеченных лент.

МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ДУГОВАЯ НАПЛАВКА КОМПОЗИЦИОННОГО СПЛАВА

В.С. Пикюз, Е.О. Пахомова, асп.,
В.В. Чигарев, проф., д-р техн. наук
Государственное высшее учебное заведение
«Приазовский государственный технический университет»

В последнее время для повышения износостойкости и долговечности деталей машин все большее применение находят структурно-неоднородные материалы так называемые композиционные сплавы, отличительной способностью которых является то, что упрочняющая фаза в виде износостойких и тугоплавких частиц вводится в расплав в исходном состоянии, и этих свойств они не теряют в процессе наплавки, в отличие от других применяемых наплавочных сплавов, где упрочняющая фаза образуется в сварочной ванне в результате взаимодействия легирующих элементов.

Внедрение в практику научно-обоснованной технологии изготовления порошковых электродных лент из композиционных сплавов, для механизированной электродуговой наплавки позволит повысить качество наплавочных материалов и увеличить производительность их изготовления.

Теория и практика механизированной электродуговой наплавки композиционных сплавов и технология изготовления порошковых электродных лент еще недостаточно изучены и разработаны.

В настоящее время установлены основные закономерности непрерывного дозирования многокомпонентной шихты и исследование влияния малосыпучих и легко прессующихся компонентов на технологические свойства порошкообразных смесей и их уплотнение при изготовлении порошковых лент из композиционного сплава типа релит-мельхиор.

Выбор типа наплавки композиционного сплава обуславливается переходом упрочняющих частиц в наплавленный металл в исходном состоянии.

Для нанесения композиционных сплавов нашли широкое практическое применение ряд способов: газопламенный, индукционный, плазменно-дуговой, печной, электрошлаковый, электродуговой. Эти способы позволяют наносить композиционные сплавы без существенных изменений свойств упрочняющих частиц, их объемная концентрация в наплавленном металле может достигать 70 - 85%.

Электродуговой способ нанесения композиционных сплавов с применением порошковых электродов является наиболее рациональным, так как обеспечивается универсальность и простота технологического процесса наплавки. Однако используемые составы порошковых проволок для наплавки композиционных сплавов типа карбид хрома и никелевая матрица, релит и мельхиоровая матрица не обеспечивают высокую исходную концентрацию упрочняющих частиц в составе сердечника. Кроме этого, в состав сердечника порошковой проволоки нельзя ввести частицы упрочнителя размером более 0,315 мм. Использование частиц упрочнителя более крупный фракций затрудняет изготовление порошковой проволоки и приводит к её обрывам при волочении.

Известно, что с увеличением размера частиц упрочнителя износостойкость композиционного сплава возрастает.

Из анализа рассмотренных способов наплавки композиционных сплавов можно отметить следующие особенности:

- все способы наплавки обеспечивают получение композиционного сплава в наплавленном слое;
- разработанные способы наплавки композиционных сплавов находят применение для нанесения отдельных составов композиций и упрочнения соответствующих деталей;
- наиболее рациональным способом наплавки является электродуговой с применением порошковых электродных материалов;
- при электродуговом способе наплавки композиционных сплавов необходимы качественные наплавочные материалы со стабильными и надежными технологическими свойствами, обеспечивающие достаточную концентрацию упрочняющих частиц в наплавленном металле;
- основным требованием при выборе способа наплавки является обеспечение перехода упрочняющих частиц в наплавленный слой в исходном состоянии.

Основными достоинствами механизированной электродуговой наплавки является непрерывность процесса с использованием специальных механизмов или устройств для подачи электродного материала, возможность регулировки тепловложения в процессе наплавки за счет изменения режима. Большая номенклатура электродных материалов позволяет получать практически любого химического состава наплавленный металл с соответствующими эксплуатационными свойствами.

Применение порошковых электродов для механизированной электродуговой наплавки композиционных сплавов обусловлено их конструктивными особенностями. Шихта из смеси легирующих раскисляющих, стабилизирующих и других компонентов находится внутри металлической оболочки. Такая конструкция порошкового электрода

обеспечивает раздельное плавление оболочки и сердечника. При плавлении порошковой проволоки отмечают, что электрическая дуга горит между оболочкой и наплавляемой поверхностью изделия, а сердечник в виде стержня остается нерасплавленным и может опускаться до поверхности расплавленного металла шва. Расплавление сердечника порошковой проволоки происходит в основном за счет тепла излучения электрической дуги, обеспечивается равномерность поступления компонентов в сварочную ванну, что является одним из важнейших факторов получения однородного металла и равномерного распределения упрочняющих частиц в наплавленном слое.

Поэтому к порошковой ленте для механизированной электродуговой наплавки предъявляются дополнительные требования, чтобы обеспечивались однородность распределения компонентов в шихте, стабильные сварочно-технологические свойства и требуемый коэффициент заполнения, обеспечивающий необходимую исходную концентрацию упрочняющих частиц в наплавленном металле.

Список литературы

1. Чигарев В.В. Расчетно-экспериментальная оценка особенностей процесса плавления и переноса электродного металла / В.В. Чигарев, А.Г. Белик, Ю.В. Сергиенко // Автоматическая сварка. – 2006. - №8. – С. 8-11.
2. Чигарев В.В. Порошковые ленты для наплавки / В.В. Чигарев, А.Г. Белик // Сварочное производство. – 2011. – №8. – С. 38-44.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ПЛАВЛЕНИЯ ФЛЮСА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ

Е.М. Четыркина, ст. гр. ТиОИ-08-2,

С.В. Гулаков, проф., д-р техн. наук

Государственное высшее учебное заведение

«Приазовский государственный технический университет»

На основе анализа энергетических характеристик сварочных дуг, горящих под различными флюсами, предложен новый подход к механизму их плавления.

Особенно важно оценивать и управлять характером плавления легирующих керамических флюсов, от условий взаимодействия которых с жидким металлом зависит степень легирования наплавленного металла.

Из литературных данных известно, что основной вклад в плавление флюса при дуговой сварке вносит энергия излучения столба дуги, при этом с ростом ее длины при повышении напряжения увеличивается объем расплавленного флюса. В указанной модели дуга рассматривается как совокупность двух источников нагрева – точечного и линейного.

Под действием первого источника происходит нагрев и плавление электрода и основного металла. Под действием второго источника происходит плавление флюса.

Однако, практика показывает, что на характер плавления флюса влияют и другие факторы, не зависящие от длины и мощности излучения дуги. Так при сварке листов встык на флюсовой подушке количество расплавленного флюса с обратной стороны шва значительно и может быть соизмеримо с объемом шлака, расплавленного с лицевой стороны.

Существующая теория плавления флюса, основанная на предположении о вкладе в этот процесс излучения столба дуги, базируется на том факте, что при высоких температурах (до 6000 °С) излучение преобладает над остальными способами теплопередачи. При этом считается, что вокруг дуги образуется и постоянно сохраняется сферическая оболочка из жидкого шлака, обеспечивающая надёжную защиту реакционной зоны. Однако имеются

факты, говорящие о несоответствии этой теории реальным процессам плавления флюса. В частности, отсутствует связь между температурой столба дуги и относительной массой расплавленного шлака, в то время как, известно, что теплоотдача излучением пропорциональна четвертой степени температуры излучения. Есть данные о том, что увеличение сварочного тока с 300 до 800 А (при этом температура столба дуги повышается на 750°С) приводит не к возрастанию, а к значительному уменьшению относительной массы шлака. Рост напряжения дуги, практически не влияющий на ее температуру, вызывает существенное приращение эффективности плавления флюса.

Следует отметить, что многие факторы, которые отмечены в известной гипотезе о теории плавления флюса (такие как заглублие дуги в основной металл, ее пространственное положение и др.), подтверждались рентгеновской съемкой, где длина дуги составляла порядка 8 – 10 мм. При этом следует отметить, что указанные эксперименты проводились в конце 40-х годов прошлого века на флюсах АН-1, АН-2, АН-3, АШ и др., у которых падение напряжения в приэлектродных областях было низким. В связи с этим и длины дуг были больше. Для современных флюсов падение напряжения в приэлектродных областях составляет 22 – 25 В, поэтому сварка ведется на более коротких дугах.

Тепловой баланс дуговой сварки под слоем флюса, представленный в работе, показывает, что с увеличением напряжения с 36 до 42 В при одновременном снижении тока дуги более, чем в два раза (с 1000 до 450 А) количество энергии (энергии излучения столба дуги), идущей на плавление флюса, увеличивается с 18 % до 52 %, то есть на 34 %.

Рассмотрим характер распределения мощности в дуге. Падение напряжения на дуге происходит на трех составляющих элементах дуги – аноде, катоде и столбе дуги.

$$U_d = U_A + U_K + U_{ст} = U_A + U_K + E_d L_d, \quad (1)$$

где $U_A + U_K$ – приэлектродные падения напряжения, В;

$U_{ст}$ – падение напряжения на столбе дуги, В;

E_d – градиент напряжения на столбе дуги, В/мм;

L_d – длина дуги, мм.

Зная градиент падения напряжения по длине столба дуги (E_d) и падение напряжения на нем ($U_{ст}$), можно определить длину дуги. Расчет для напряжения на дуге $U_d = 30$ В и указанных марок флюса показывает, что для флюса АН-3 длина дуги составляет 5 – 5,5 мм, для флюсов ОСЦ-45 и АН-348 – соответственно 1,5 – 2 мм. С ростом напряжения до 40 – 42 В дуга удлиняется соответственно до 8 – 8,5 и 3,5 – 4 мм. То есть дуга, горящая под флюсами АН-348 и ОСЦ-45 в 2 – 4 раза короче дуги, горящей под флюсом АН-3.

Поэтому говорить (при горении дуги под флюсами АН-348 и ОСЦ-45) о вероятности их плавления излучением столба дуги и заглублии в сварочную ванну столба или его части, когда длина дуги составляет всего лишь 1,5 – 2 мм при диаметре электрода 4 – 5 мм вряд ли корректно.

Дуга, горящая под флюсом АН-348 или ОСЦ-45, имеет длину в 2 – 4 раза меньшую, чем дуга, горящая под флюсом АН-3, а выделение мощности в приэлектродных областях и столбе дуги для флюсов АН-3 и АН-348 (а особенно для флюса ОСЦ-45) носит противоположный характер. Так для флюса АН-3 в дуговом промежутке выделяется 67 % мощности, а мощность, выделяемая в приэлектродных областях, составляет всего лишь 33 % и обратная ситуация имеет место для флюсов АН-348 и ОСЦ-45, где на столб дуги приходится всего лишь 30 % и 20 % соответственно.

При этом известно, что для флюсов АН-3 и АН-348 при одинаковых энергетических параметрах процесса сварки характер их плавления одинаков – количество расплавленного флюса (исследованных типов) не зависит от его марки, т.е. изменение энергии столба дуги более чем в два раза не влияет на характер плавления флюса.

Приращение мощности, выделяемой в столбе дуги, для флюсов АН-3, АН-348, ОСЦ-45 при увеличении напряжения с 36 до 42 В составляет около 4; 8 и 10 % соответственно. Но если обратить внимание на диаграмму теплового баланса, в которой приведен факт увеличения напряжения с 36 до 42 В при одновременном снижении тока практически в два раза, то и количество приращения энергии в столбе дуги для этих же флюсов составит 2; 4; 5 %. В то время как на диаграммах теплового баланса приращение энергии идущей на плавление флюса изменяется на 34 %.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при дальнейшем изучении особенностей плавления флюса при дуговой сварке (наплавке) с целью корректировки модели этого процесса.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ И ЧУГУНА

А.В. Лоза, ассист.,

В.В. Чигарев, проф., д-р техн. наук, Д.А. Рассохин, асп.
Приазовский государственный технический университет

В металлургии и связанной с ней отраслях промышленности применяются детали, работающие в условиях высоких температур и значениях механических нагрузок. Анализ результатов исследований микро- и макроструктуры деталей после их разрушения показывает, что разрушение детали практически всегда начинается с ее поверхности. При этом, несмотря на различные причины разрушения детали, структура и свойства поверхностных слоев в значительной степени влияют на работоспособность и общий ресурс работы всего изделия.

Одним из эффективных методов защиты металлов от окисления при высоких температурах и продления их срока службы является их легирование. Легирующий компонент образует на поверхности металла защитный плотный оксид, препятствующий протеканию процесса окисления. Наиболее доступными легирующими элементами, эффективно повышающими жаростойкость материала, являются хром, кремний и алюминий.

При изготовлении быстроизнашиваемых деталей и металлургического оборудования из нелегированного чугуна, с целью повышения долговечности, а так же улучшения показателей износостойкости, коррозионно- и термостойкости, для их производства применяют чугуны, легированные марганцем, хромом, алюминием и модифицированные титаном.

Исследовано влияние содержания различных химических элементов: кремния (1,1-1,9%) и хрома (0,0-1,4%) на структуру, твердость, микротвердость фазовых составляющих, износо-, коррозионно- и термостойкость чугуна.

При исследовании чугунов с различной степенью легирования установлено, что высокую устойчивость к резким сменам температуры показали чугуны, содержащие 1,8—1,9 % Si и 0,66—1,45 % Cr. Они выдержали 50—79 циклов (тепловосмен) без каких-либо признаков трещин. Термостойкость чугунов, содержащих 1,35—1,45 % Si и до 1,47 % Cr, была более низкой. На образцах этих чугунов после 20—45 циклов (в зависимости от содержания хрома) образовались сквозные трещины, распространяющиеся от торцов образца к центру. Наиболее чувствительными к термическим ударам оказались чугуны, содержащие 1,1 — 1,2 % Si и 0,45 % Cr, образцы из которых уже после 5—11 циклов имели сквозные трещины.

Совместное легирование алюминием (0,6—0,75 %) и хромом (0,9—1,0 %) чугуна,

содержащего 1,9—2,0 % Si, способствует значительному росту окалиностойкости. При легировании алюминием в количестве 0,6—0,7 % чугуна, содержащего 1,9—2,0% Si и 0,9% Ст, вместе с повышением окалиностойкости существенно снижается твердость (2900—2200 Н/мм²), что является важным фактором для механически обрабатываемых деталей.

Исследование литой структуры стали наиболее рационально проводить на непрерывнолитых заготовках, так как в процессе непрерывного литья можно обеспечить одинаковые (или заданные) условия кристаллизации при введении различных элементов.

Введение РЗМ в процессе непрерывной разливки стали непосредственно в кристаллизатор МНЛЗ (0,025-0,05% РЗМ) привело к уменьшению количества устойчивых окисных включений (сталь 45) в 2,27 раза. Существенно изменились размеры включений: уменьшилось в 2-3 раза количество крупных частиц сульфидов и окислов, увеличилось число мелких - размером до 3 мкм.

Использование модифицирования в период кристаллизации отливки позволяет повысить качество металла за счет изменения его структуры. В данном направлении в ПГТУ проводятся исследования по модифицированию отливок порошковыми материалами. Важной задачей при этом для получения заданных структуры и свойств на отливках из стали есть выбор оптимального соотношения основных компонентов. При этом можно обеспечить прогнозируемый фазово-структурный состав стали.

Среди возможных способов локального легирования промышленных отливок технологически наиболее удобным является применение порошковой проволоки, содержащей легирующие компоненты. Данным методом может быть обеспечено легирование заданных участков изделия, которые подвергаются максимальным нагрузкам во время эксплуатации.

Список литературы

1. Степина А.И. Увеличение срока службы футеровочных плит желобов аглофабрик / А.И. Степина, В.В. Зотов, А.Ф. Гордиенко и др. // Эксплуатационная надежность металлургического оборудования: Сб. М., 1981. С. 73-74.
2. Степина А.И. Увеличение срока службы деталей коксохимического оборудования/ А.И. Степина, В.В. Зотов, О.Ф. Сиренко и др. // Бюл. ин-та «Черметинформация». 1978. №8. С. 56-57.
3. Степина А.И. Повышение надежности оборудования металлургического, горнорудного и коксохимического производства путем внедрения экономнолегируемых износостойких и жаростойких сплавов/ А.И. Степина// БНТИ Черная металлургия. – 1990.- №3. – С.11-14

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕТАЛЛА МОДИФИЦИРОВАНИЕМ

Д.А. Рассохин, асп.,

*В.В. Чигарев, проф., д-р техн. наук, А.В. Лоза, ассист.
Приазовский государственный технический университет*

Недостаточная эксплуатационная стойкость металлургического оборудования связана с поломкой узлов и машин из-за аварий, 80% которых происходит вследствие образования трещин. В доменном и сталеплавильном производстве применяется различное оборудование, которое работает в условиях высоких температурных и механических нагрузок, например, шлаковые чаши. Эксплуатация в тяжелых температурных условиях, неравномерный нагрев их стенок, частые и резкие теплосмены, ударные нагрузки - все это приводит к деформациям стенок чаши и развитию трещин. Изменение профиля корпуса достигает своих максимальных значений, как правило, в верхней половине чаши.

Проведенные статистические исследования и экспериментальные замеры температур внешней стенки чаши, а также моделирование состояния корпуса при эксплуатационных нагрузках позволяют говорить о местном перегреве корпуса и развитии деформации ползучести материала стенки.

Повысить механические и эксплуатационные свойства, и прежде всего - трещиностойкость стали, можно путем модифицирования. При этом обеспечивается существенное измельчение литого зерна и уменьшение пористости литого металла. Эффективным методом влияния на структуру является применение РЗМ. Установлено, что РЗМ, обладая большим сродством с примесями железоуглеродистых сплавов (O, N, S), связывают их в нерастворимые оксиды, нитриды и сульфиды, уменьшая количество примесей в расплаве. Мелкодисперсные продукты взаимодействия РЗМ с кислородом, азотом и серой увеличивают количество активных зародышевых центров кристаллизации и существенно влияют на структуру затвердевающих железоуглеродистых сплавов, измельчая зерно металла. Установлено, что создание дополнительных зародышевых центров увеличивает скорость кристаллизации стали в форме в 2-2,5 раза.

При введении РЗМ непосредственно в форму в количестве 0,025-0,05% происходит уменьшение количества устойчивых окисных включений, например, на стали 45, в 2,27 раза. Существенно изменяются размеры включений: уменьшается в 2-3 раза количество крупных частиц сульфидов и окислов, увеличивается число мелких - размером до 3 мкм. Наблюдается повышение свойств литого металла: пластических на 20-30%, ударной вязкости - на 40-50%. Усвоение РЗМ может достигать 70-90%.

Проведением термообработки отливок можно обеспечить дополнительное измельчение зерна. Кроме того, режим охлаждения также позволяет достичь снижения числа неметаллических включений (НМВ). Как известно, от количества, формы и распределения неметаллических включений в отливке во многом зависит развитие процесса возникновения трещин. Являясь концентраторами напряжений, НМВ при переменной нагрузке облегчают трещинообразование. За счет применения режимов выдержки расплавленной стали в течение 15 мин., например, при температуре 1580-1600 °С, и последующем ступенчатом охлаждении с остановками на 15 минут, можно уменьшить число НМВ в 3-4 раза, по сравнению с бесступенчатым охлаждением со скоростью 70 °С/мин.

Использование модифицирования в период кристаллизации отливки позволяет повысить качество металла за счет изменения его структуры. В данном направлении в ПГТУ проводятся исследования по модифицированию отливок порошковыми материалами. Важной задачей при этом для получения заданных структуры и свойств на отливках из стали есть выбор оптимального соотношения основных компонентов. При этом можно обеспечить прогнозируемый фазово-структурный состав стали.

Для экономии легирующих элементов и дефицитных материалов предлагается проводить модифицирование с использованием порошковых электродов.

Список литературы

1. Зверев В.А.. Повышение механических свойств сталей для отливок легированием ванадием. / В.А. Зверев, И.С. Пятайкина // Литейное производство. – 1976. - №7. – С. 37
2. Бабаскин Ю.З. Упрочнение стали нитридами ванадия / Ю.З. Бабаскин, Е.Д. Таранов и др. // Литейное производство. – 1975. - № 5. – С. 17-18
3. Филиппенков А.А. Влияние ванадия, азота и марганца на механические свойства и кинетику роста зерна аустенита литой стали 35Л / А.А. Филиппенков, Г.С. Кудрявцев и др. // Литейное производство. – 1973. - № 6. – С. 19 – 20

ІНВЕРТОРНІ 3-ФАЗНІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ З АКТИВНОЮ КОРЕКЦІЄЮ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ

М.С. Зінченко, ст. гр. ТіУВ-08-2,
С.В. Гулаков, проф., д-р техн. наук
Державний вищий навчальний заклад
«Приазовський державний технічний університет»

Існуючі джерела живлення для зварювання характеризуються: великими масогабаритними показниками завдяки наявності трансформатора, який працює на частоті 50 Гц. Окрім масогабаритних показників, до недоліків слід віднести низьку динаміку джерел живлення. Поліпшення характеристик, досягнуто в інверторних джерелах живлення, де використовується перетворення на високій частоті.

У зварюванні та напавленні застосовують інверторні джерела живлення, із-за їх мобільних характеристик. Завдяки миттєвому реагуванню інвертора на коливання мережі в частку циклу, можна запобігти таким проблемам як непровар, розбрикування та коротке замикання.

Основним недоліком зварювальних джерел живлення у тому числі і інверторних є спотворення, яке вноситься цим джерелом в мережу - форма напруги в мережі стає відмінною від синусоїдальної, внаслідок чого з'являються вищі гармоніки, поява таких гармонік приводить до проблем, які виникають у споживачів електричної енергії особливо при використанні електродвигунів. Спотворення форми мережі знижує потужність електродвигуна, що означає зниження надійності роботи.

Зазвичай інверторні джерела живлення будуються за схемою подвійного перетворення. Напруга мережі випрямляється діодним випрямлячем, згладжується і поступає на силовий генератор, який навантажений високочастотним трансформатором та вихідним випрямлячем. У таких системах, досягається поліпшення масогабаритних показників трансформатора та динамічних властивостей завдяки перетворенню на високій частоті. У свою чергу до недоліків інверторних джерел живлення можна віднести пониженою надійність із-за наявності електролітичного конденсатора в ланці постійного струму, а також незадовільної якості вхідного струму і низький коефіцієнт потужності, які пояснюються наявністю некерованого випрямляча.

Тому запропонований новий підхід до створення зварювальних джерел живлення із безпосереднім перетворенням та підвищеним коефіцієнтом потужності.

За такою схемою напруга мережі подається на матрицю, яка складається із 6-ти двонаправлених ключів, до виходів яких підключений високочастотний трансформатор. Ключами є пари транзисторів із зворотними діодами. Джерело характеризується коефіцієнтом потужності, близьким к 1.

Параметри таких імпульсів вибираються системою управління так, щоб вирішити два завдання або, щоб мережа сприймала трансформатор як ідеально активне навантаження. Енергія відбирається з цих фаз так, щоб компенсувати спотворення цієї напруги, яка поступає з мережі. З цією метою з напруги мережі забирається перша гармоніка, тобто основна синусоїда, і напруга, яка залишилася, аналізується системою управління та формується сигнал, який компенсує вищі гармоніки.

Проведені дослідження дозволять поліпшити використання зварювальних джерел живлення, понизити розбрикування, енергоємність та зменшити використання матеріалів для зварювання і напавлення.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИТОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ВЫСОКОПРОЧНОМ ЧУГУНЕ

Т.С. Скобло, проф., д-р техн. наук,
С.А Бурцев, ассист., Л.А Бурцева, магистр.
Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенка

Известно [1] что центрами кристаллизации графита являются неметаллические включения. Согласно данным, в качестве возможных центров гетерогенного образования зародышей графита в расплаве чугуна могут выступать два вида находящихся в нём неметаллических включений: сульфиды и оксисиликаты в виде простых или сложных соединений, образование которых термодинамически возможно в ходе выплавки, выдержки или обработки модификаторами промышленных чугунов. Исследования показали, что способность сульфидов служить центрами образования зародышей графита может быть усилена за счет свойств основных элементов-модификаторов преобразовывать сульфиды марганца в сложные соединения $(Mn,X)S$ где $(X = Ca, Sr, Ba)$. Они, имеют сходство кристаллической решетки с решеткой графита, обладают при этом низкой склонностью к коагуляции, высокой стабильностью и благоприятным соотношением величин межфазной энергии между ними и расплавом.

Однако количество включений графита в закристаллизовавшемся материала на порядок выше, чем выявленное [1] содержание в нём сульфидов, что ставит под сомнение их роль в качестве единственно возможных центров кристаллизации графита. При рентгеноструктурном исследовании расплавов промышленного чугуна различного химического состава и его выдержке в течение длительного времени в них обнаруживаются линии графита, Г [2–3]. Можно предположить, что они также являются центрами кристаллизации Г, так как имеют одинаковую кристаллическую решётку.

Вместе с тем неизвестно, как расположены включения являющиеся центрами кристаллизации, недостаточно информации о их составе.

Поэтому является целесообразным проведение исследования графитных включений в соответствии с наличие компонентов в модификаторе графитизированных сплавах.

В этом случае целесообразно провести исследования включений графита на содержание основных компонентов Fe, Si и модифицирующих расплав добавок.

Очень важно при форме графита обеспечить необходимый уровень концентрации графитизирующего компонента Si.

Исследования графита проводили на высокопрочном чугуне и сопоставительное в графитизированной стали.

Высокопрочный чугун состав: C 2,8÷3,5%, Si 1,5÷2,5%, Si 0,4÷0,7%, Cr 0,2÷0,6%, Ni 0,8÷2,5, P до 0,12%, S до 0,08%.

Модифицирование проводили РЗМ и никель - магниевой лигатурой.

Графитизированная нелегированная сталь имела следующий состав: 1,5 % C; 1,6 % Si; 0,6 % Mn; 0,05 % S и 0,05 % P, модифицировали FeSi.

Исследования проводили с использованием микрорентгеноспектрального анализатора и эмиссионной микроскопии. В последнем случае исследовали место преимущественной повышенной концентрации Si и Fe в графите и вблизи него по отдельности, а затем осуществляли наложение.

Выявление и оценку распределения компонентов и напряжений решали путем комплексного анализа с применением различных методик: электроннооптической установки EF – 6 фирмы Karl Zeiss, Камбакс, XA – 50A. Контраст изображения получали не только за счет геометрического профиля поверхности, но и благодаря свойствам материала или

отдельных структурных составляющих, отличающихся определенной работой выхода электронов. Эти характеристики материала зависят от химического состава и физического состояния поверхности, ориентации структуры, температуры объекта. Термоэлектронную эмиссию достигали с помощью радиационного излучателя. При этом объект может нагреваться до 2000°C. Работа выхода электронов зависит от ориентации металлографических плоскостей. Тонкие пленки (моноатомный слой) кристаллографических веществ на поверхности исследуемого образца значительно изменяют эффективную работу выхода электронов. Нанесение на исследуемую поверхность с помощью вакуумного испарения слоя Ba, Sr, Cs, Rd приводит к значительному снижению работы выхода электронов, благодаря чему появляется возможность наблюдать термоэлектронную эмиссию при относительно низких температурах начиная с 700°C.

Совместив методы оптической, высокотемпературной микроскопии промозлектронной эмиссии, определяли размеры, форму и тип включений, их роль в зарождении кристаллов графита.

В результате исследований установлено, что графит в графитизированной стали выделяется на включениях с повышенной концентрацией кремния (кремнистое железо) поскольку места их преимущественного расположения совпадают.

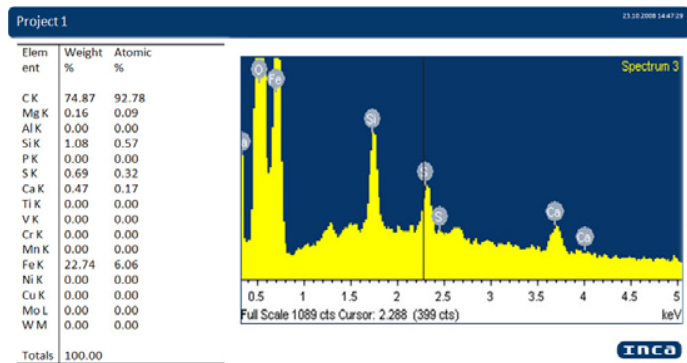


Рисунок 1 – Характерное распределения компонентов высокопрочном чугуна в зонах включений графита

Анализ отливок методом микрорентгеноспектрального анализ в высокопрочном чугуна показал что в различных зонах включений графита концентрация углерода изменяется в пределах 3,67 – 19,75 % при плавочном анализе 3,0 %. Можно предположить, что максимальная концентрация этого компонента связана с наличием карбида кремния а также частичным захватом, расположенного под анализируемым зерном графита.

В ряде участков выявлено наличие кислорода, что свидетельствует о центрах кристаллизации на оксидах – Mg, Ca и Si, а также - MgS.

Анализом установлено, что концентрация кислорода изменяется то 0 до17%, кремния до 1,08%, магния до 0,16% кальция до 0,47%, серы до 0,69%. Поскольку марганец отсутствует, то наличие соединению сульфидов может быть отнесено к соединению MgS (см. рис 1).

В результате проведенных исследований установлены качественные и количественные характеристики неметаллических включений находящиеся в графите при модифицировании высокоуглеродистых сплавов.

Список литературы

1. Скаланд, Т. Механизмы зародышеобразования в высокопрочном чугуна/ Т. Скаланд; Elkem ASA, Foundry Products.– Норвегия, 2006.–С. 5 – 24.
2. Гиршович, Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках/ Н.Г. Гиршович.– М.; Л.: Машиностроение, 1966. – 562 с.
3. Бунин, К.П. Основы металлографии чугуна/ К.П. Бунин, Я.Н. Малиночка, Ю.Н. Таран. – М.: Металлургия, 1969.– 414 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЙ

В.М. Власовец, проф., д-р техн. наук,
М.В. Марченко, доц., канд. техн. наук, **В.Н. Заец**, студ.
Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П.Василенко

Цели и задачи.

1. Исследовать перспективные направления применения неразрушающего метода магнитного контроля для повышения качества изделий.

2. Рассмотреть возможность применения метода магнитной структуроскопии для массового неразрушающего контроля качества

3. Проанализировать существующие зависимости магнитных и механических свойств.

Вступление.

Стали и чугуны являются важнейшими металлическими сплавами и основой современного машиностроения. По объему производства они превосходит производство всех других металлов вместе взятых. Но даже на хорошо организованных предприятиях методы контроля не удовлетворяют качество выпускаемой продукции, поэтому своевременная и достоверная диагностика состояния материалов является достаточно важной ресурсосберегающей задачей.

Перспективными методами для определения физико-механических свойств деталей является метод неразрушающего контроля качества. В зависимости от используемых физических явлений, в настоящее время различают девять видов неразрушающего контроля: акустический, вихретоковый, магнитный, оптический, проникающих веществ, радиационный, тепловой и электрический. Эти методы исследования широко используется при изучении природы превращения в металлических сплавах сталей и чугуна. Наиболее чаще используется именно - магнитные и электромагнитные методы. Одним из перспективных методов является анализ коэрцитивности. Для применения этого способа контроля необходимо предварительно установить связь между коэрцитивной силой и механическими характеристиками, и далее по значению коэрцитивной силы проводить автоматическую разбраковку готовых изделий. Для ряда механических характеристик такие взаимосвязи практически не изучены. Отсутствие систематизированных сведений по разработке методик оценки механических свойств и структурного состояния рабочего слоя изделий магнитными методами для конкретных условий производства привело к тому, что они используются весьма ограниченно.

Экспериментальные установления взаимосвязей между механическими и магнитными свойствами продолжаются в настоящее время.

Результаты исследований.

Обзор литературы, отечественных и зарубежных авторских свидетельств и патентов свидетельствует о том, что работы по повышению механических свойств рабочего слоя изделий с контролем качества проводятся в следующих направлениях: совершенствование существующих технологических процессов их производства; управление структурообразованием; оптимизация химического состава материалов и разработка новых с учетом их назначения; совершенствование условий эксплуатации; упрочнение рабочей поверхности деталей нанесением покрытий.

Исследованию влияния термообработки на магнитные и механические свойства сталей, с целью изучения возможности контроля их механических свойств по магнитным характеристикам, посвящено много работ. Особенно тщательно исследовано влияние температуры закалки и отпуска. Однако термообработка применяется преимущественно на машиностроительных предприятиях, а в процессе производства сталей для получения необходимого комплекса механических свойств используют либо отжиг, либо нормализацию.

Исследования влияния формы и размеров графитных включений на магнитные характеристики показали [1], что большое значение имеет форма графита: чем она компактнее, чем мягче в магнитном отношении чугуна. Поэтому высокопрочный и ковкий чугуны, имеющие соответственно шаровидную и хлопьевидную форму графита, отличаются более высокой магнитной проницаемостью, намагниченностью насыщения и меньшей коэрцитивной силой в сравнении с серым чугуном даже при одной и той же структуре матрицы.

Исследован ряд источников и было выявлено, что эти методы исследования широко используется при изучении природы превращения в металлических сплавах сталей и чугуна. Коэрцитивная сила (Hс) является одной из наиболее структурно-чувствительных характеристик ферромагнетиков и поэтому ее используют для контроля качества термической обработки и механических свойств различных стальных и чугунных изделий. Коэрцитивную силу измеряют магнитометрическими и индукционными способами, для которых характерна необходимость намагничивания детали. По значению коэрцитивной силы можно определить твердость, глубину цементованного слоя деталей, закаливаемых токами высокой частоты. На коэрцитивную силу влияют суммарная удельная поверхность зерен, остаточные механические напряжения, дефектность материала. Чем больше дефектность материала и меньше однородность структуры, тем больше Hс. Это связано с тем, что наличие в образцах примесей, дефектов кристаллической решетки, различного рода неоднородностей затрудняет движение границ магнитных доменов. На структуру материала влияют механическая и термическая обработка. Например, в материале подвергнутом закалке или холодной деформации, образуется мелкозернистая структура, которая обладает большей суммарной удельной поверхностью зерен и соответственно увеличивается Hс, а в материале, подвергнутом отжигу, образуется крупнозернистая структура с небольшой суммарной удельной поверхностью зерен - величина Hс уменьшается. Для применения этого способа контроля необходимо предварительно установить связь между Hс и механическими характеристиками, и далее по значению коэрцитивной силы проводить автоматическую разбраковку готовых изделий.

Как показано в исследованиях [3] легирование стали, содержащей 0,18%С, Cr, Ni и Mo позволяет производить закалку как в воду, так и в масло. При закалке в масло в стали содержится до 17% остаточного аустенита, а на воздухе до 20%, поэтому уровень Hс при закалке такой стали в масло выше, чем при охлаждении на воздухе на 7-10%.

Причины неоднозначного изменения магнитных характеристик с температурой отпуска можно рассмотреть на примере коэрцитивной силы.

Для оценки структурного состояния и свойств изделий необходимо предварительно

установить степень влияния различных факторов на уровень Hс, используя единый методологический подход.

Показания существующих приборов, используемых для измерения Hс и применяемые для контроля свойств, полученные из различных источников в большинстве случаев являются несопоставимыми.

Проведение сфероидизирующего отжига эвтектоидных и заэвтектоидных сталей направлено на формирование структуры зернистого перлита. В результате наблюдается расширение допустимого интервала закалочных температур, снижение склонности к растрескиванию при закалке, повышению прочности и вязкости закаленной стали [4, 5].

В процессе первой стадии графитизирующего отжига первичный цементит распадается на аустенит, феррит и графит [6-10].

Действие того или иного структурного фактора на магнитные характеристики чугунов неоднозначно и оценки различных исследователей расходятся [11-16].

Уменьшение количества частиц цементита в структуре чугуна приводит к снижению Hс.

С ростом температуры закалки до 900°C количество мартенсита и его насыщенность углеродом увеличиваются и, как следствие этого, возрастают Hс и твердость.

Однако для установления конкретной связи между магнитными и механическими свойствами требуются дальнейшие исследования.

Вывод. На основании проведенного анализа можно сделать заключение, что повышение качества контроля железоуглеродистых сплавов на основе внедрения неразрушающего контроля с определением браковочных норм позволяет нам улучшить качество выпускаемой продукции, сэкономить время и средства.

Список литературы

1. Снаговский В. М. Влияние комплексного легирования на первичную структуру белых чугунов. – Структура и свойства стали и чугуна./Снаговский В. М., Лучкин В. С., Малик П. В.//Сб. тр. Ин-та черной металлургии. – М.: Металлургия.-1970.-№ 38. - С81-84
2. Марченко М. В. Разработка технологии контроля качества втулок цилиндров внутреннего сгорания неразрушающим методом контроля. Автореферат Х.:2008, с18.
3. Ничипурук А.П. Магнитные свойства сталей после закалки и отпуска. II. Низколегированные стали / Г.В. Бида, А.П. Ничипурук, Т.П. Царькова. // Дефектоскопия. – 2001. – №2. – с. 26–42.
4. Царькова Т.П. Влияние структурных изменений при закалке и отпуске на релаксационные намагниченность и магнитную восприимчивость углеродистых и низколегированных сталей / Т.П. Царькова, Е.Ю. Сажина, Г.В. Бида // Дефектоскопия. – 1995. – №2. – с. 72–81.
5. Krauss G. Steels: processing, structure, and performance. / G. Krauss. – Cleveland: ASM International, 2005. – 613 p.
6. Дюдкин Д.А. Внепечная обработка жидкого чугуна / Д.А. Дюдкин, В.В. Кисиленко – М: Теплотехник, 2008. – 400 с.
7. Davis J.R. Cast iron. / J.R. Davis – Cleveland: ASM International, 1996. – 494 p.
8. Гиршович Н. Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. / Н. Г. Гиршович – М., Л.: Машиностроение, 1966. – 556 с.
9. Бобро Ю. Г. Легированные чугуны. / Ю.Г. Бобро – М.: Металлургия, 1976. – 286 с.
10. Тимофеева Л.А. Применение комплексной обработки деталей из высокопрочного чугуна. / Путятин Л.И., Лалазарова Н.А., Тимофеева Л.А. // Сб. трудов науч.-техн. конференции “Стратегия, качество в промышленности и образовании”, – София, 2008. – С. 100–106.
11. Апаев Б.А. Фазовый магнитный анализ сплавов. / Б.А.Апаев. – М.: Металлургия,1976.280 с.
12. Decrop M. Le magnetisme des Fontes. /Decrop M. //Fonderi. – 1993. – №9. – P.244–256.
13. Konigen E. Die magnetischen Eigenschaften von Gußeisen in Abhängigkeit von Begleitelementen, Gefügeausbildung und Temperatur. / Konigen E. // Giesserei. – 1999. – N 4. – S. 56 – 68.
14. Kryloff M. Balanse elektro – magnetique pour des propriétés des asiers te fers. / Kryloff M. //Rev. met., 1985, 2, P. 425–440.
15. Ващенко К. И. Магнитные свойства магнивого чугуна и его применение в конструкциях электромагнитных сепараторов. – Высокопрочный чугун: / Ващенко К. И., Сумцов В. Ф. // Сб. докладов на всесоюзном совещании по теории и практике пр-ва отливок из высокопроч. чугунов. – Киев: Гостехиздат, –

1994. – С. 289 – 296.
 16. Нестерова О.В. Магнитный контроль твердости чугуных прокатных валков / О.В. Нестерова, Г.В. Бида // Дефектоскопия. – 2008. – №5. – с. 3–9.
 17. <http://prom-metal.ru/marochnik/chugun/antifrakcionnii/ACHV-2>
 18. Весник ХНАДУ, вып 51, 2010. Власовец В.М. Оценка твердости отливки из стали 60X2H4ГМФ за коэрцитивной силой (С 81-84).

ВЛИЯНИЕ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ВОССТАНОВЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Т.С. Скобло, проф., д-р техн. наук, И.Н. Рибалко, асп.,
 А.В. Тихонов, канд. техн. наук, А.Э. Пономаренко, студ.
 Харьковский национальный технический университет
 сельского хозяйства имени Петра Василенка

На кафедре технологических систем ремонтного производства Харьковского национального университета сельского хозяйства имени Петра Василенка разработан способ восстановления и упрочнения деталей механизированной наплавкой, при котором подача легирующего порошка осуществляется принудительно, деформированной сварочной проволокой проходящей через бункер с порошком и калибрующий токоподводящий мунштук горелки. Установка для восстановления и упрочнения поверхности деталей позволяет дозированно подавать легирующие компоненты вместе с проволокой в зону наплавки, а также оперативно изменять состав и процент легирования наплавляемого металла. Применение данная установка может найти на малых ремонтных предприятиях и частных хозяйствах.[1].

Цель исследований: провести анализ влияния предложенного способа восстановления и упрочнения деталей микролегированием в процессе наплавки на формирование структуры в восстановленном слое.

При проведении исследований, с применением разработанного метода [1], наплавку рабочей поверхности детали проводили проволокой Нп-30ХГСА. Один образец наплавляли только этой проволокой, а второй с добавлением порошка на никелевой основе ПГ-10Н-01 по новой технологии. Их химический состав приведен в табл. 1 и 2.

Неметаллические включения не относятся к числу дефектов сварных швов, но оказывают заметное влияние на их качество и свойства.

Таблица 1 – Порошковый сплав на никелевой основе

Марка	Химический состав, %							Твердость
	Cr	B	Si	Fe	C	Al	Ni	
ПГ-10Н-01	14-20	2,8-4,2	4,0-4,5	3,0-7,0	0,6-1,0	-	ост.	55-62 HRC

Таблица 2 – Химический состав проволоки стальной наплавочной

Марка проволоки	Массовая доля элементов, %										
	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	V	Mo	S	P	Прочие элементы
Нп-30ХГСА	0,25-0,35	0,80-1,20	0,80-1,20	0,80-1,20	<0,40	-	-	-	0,025	0,025	-

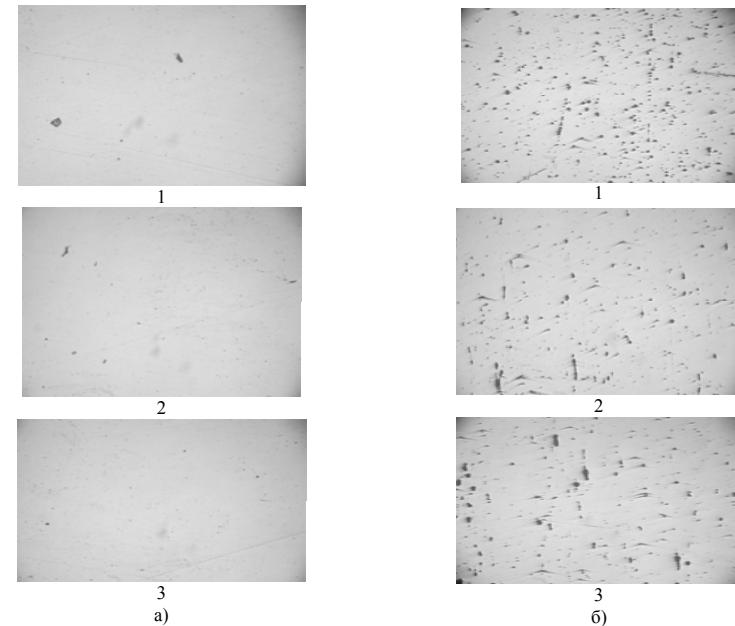
Неметаллические включения могут иметь размеры от дисперсных, неразличимых при обычно применяемых увеличениях микроскопа, до крупных, видимых невооруженным глазом. Протяженность пленочных включений может достигать несколько десятков миллиметров. Различают макровключения (размером более 1мм) и микровключения (размером менее 1мм) [2].



а – проволокой Нп-30ХГСА; б – проволокой Нп-30ХГСА с добавкой порошка ПГ-10Н-01

Рисунок 1 – Образцы, наплавленный по предложенному методу

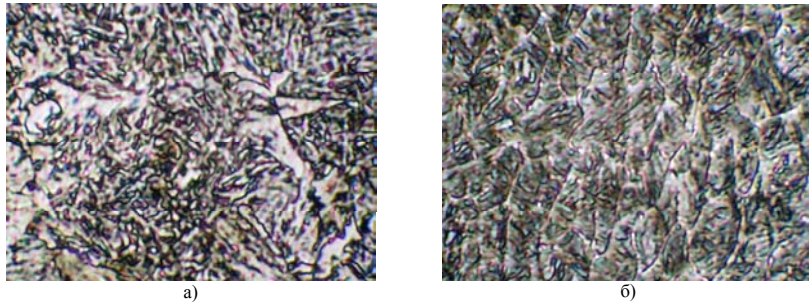
В результате проведенного анализа выявлены наиболее часто выделяемые неметаллические включения. При введении легирующих добавок новый способ не вносит существенного изменения уровня неметаллических включений в наплавленный слой (рис.1, 2). При этом следует оценить формируемую структуру металла с учетом изменения ее фазового состава [3].



а – проволокой Нп-30ХГСА; б – проволокой Нп-30ХГСА с добавкой порошка ПГ-10Н-01; 1 – поверхность наплавленного слоя; 2 – середина наплавленного слоя; 3 – переходная зона к основному металлу, X100

Рисунок 2 – Металл, наплавленный по предложенному методу

Далее шлифы были обработаны травителем и получена микроструктура наплавленного слоя (рис.3). Следует вывод, что в случае наплавки проволокой образуется игольчатая мартенситная структура, а при наплавке проволокой с добавкой порошка – феррито-перлитная структура.



а – проволокой Нп-30ХГСА; б – проволокой Нп-30ХГСА с добавкой порошка ПГ-10Н-01; X130

Рисунок 3 – Структура поверхности наплавленного слоя металла

Проведена оценка микротвердости по Викерсу [4, 5]. Образцы наплавленные по предложенному способу имеют в 2,5 раза большую микротвердость чем наплавленные только проволокой.

Для полной картины распределения легирующих компонентов в наплавленном слое необходимо провести микрорентгеноспектральный анализ полученных образцов.

Список литературы

1. Патент №48353 Україна, МПК (2009) B24B39/00 Спосіб відновлення та зміцнення деталей./ Скобло, І.М. Рибалко, О.В. Тихонов та ін., - №200910791. заяв. 26.10.09.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б.Е. Патона. М., Машиностроение, 1974
3. Рыбалко И.Н., Анализ неметаллических включений в наплавленном слое при использовании нового метода наплавки/ Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві, випуск 122, м. Харків – 2012, стр. 257-265
4. ГОСТ Р ИСО 6507-1 2007 Металлы и сплавы, ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО ВИККЕРСУ, Часть 1, Метод измерения, ISO 6507-1:2005 Metallic materials - Vickers hardness test - Part 1: Test method (IDT).
5. ГОСТ Р ИСО 6507-4 2009 Металлы и сплавы, ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО ВИККЕРСУ, Часть 4, Таблицы определения твердости, ISO 6507-4:2005 Metallic materials - Vickers hardness test - Part 1: Tables of hardness values (IDT).

ДИАГНОСТИКА ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ ТОПЛИВОПОДАЧИ ТИПА «COMMON RAIL»

И.Г. Шержуков, доц., канд. техн. наук,
А.Г. Трідуб, доц., канд. техн. наук, А.В. Пługатар'єв, асп.
 Харьковський національний технічний університет
 сільського господарства імені Петра Василенка

Постановка проблемы в общем виде. Требования к системам подачи топлива в цилиндры дизелей постоянно растут. В настоящее время наблюдается тенденция к повсеместному переходу на использование аккумуляторных систем питания с электронным управлением типа «Common Rail». Такие системы питания зарекомендовали себя с положительной стороны, поскольку позволяют создать дизельный двигатель, отличающийся высокой экономичностью, мощностью при низкой токсичности отработавших газов (удовлетворяющий нормам токсичности «Еуро 6»).

Все это реализуется путем разделения процессов создания давления и обеспечения впрыскивания (рис.1.)

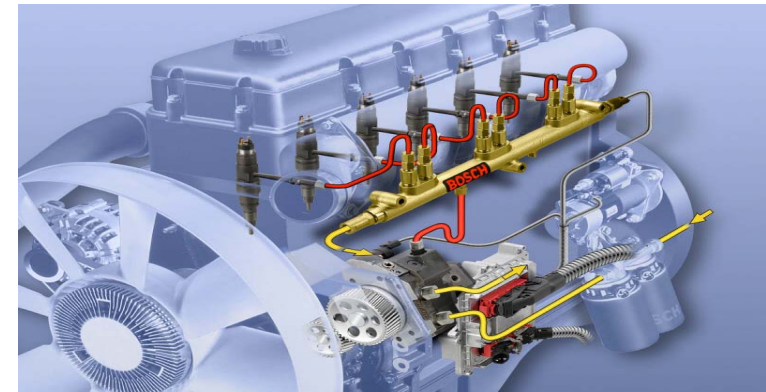


Рисунок 1 – Аккумуляторная система питания «Common Rail» с электронным управлением

Изложение основного материала исследования. Одним из основных агрегатов системы питания типа «Common Rail» является топливный насос высокого давления. Отличительной особенностью топливных насосов такого типа – подача топлива в аккумулятор давления (Rail) и, соответственно, возможность отказать от фазированной топливоподачи.

Наибольшее распространение получили трёхсекционные плунжерные топливные насосы с секциями, расположенными под 120 градусов. (рис. 2.)

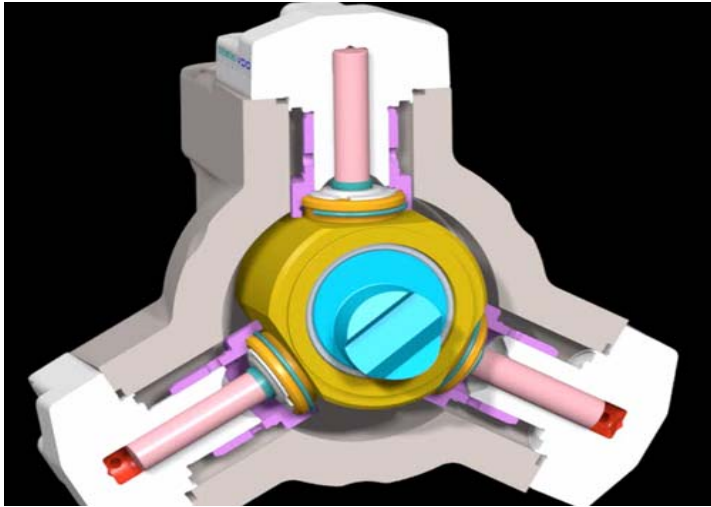


Рисунок 2 – Трёхсекционный плунжерный топливный насос

В каждой секции имеются автоматические впускной и выпускной клапаны. (рис.3.)

Наиболее распространённым дефектом таких топливных насосов является износ и, соответственно, выход из строя клапанов, а также завоздушивание топливной секции.

При таких дефектах топливный насос продолжает подавать топливо в аккумулятор давления, но на отдельных режимах не может создать в нём требуемое давление, так как не хватает производительности двух работающих секций. Ещё худшая ситуация складывается в случае выхода из строя двух секций.

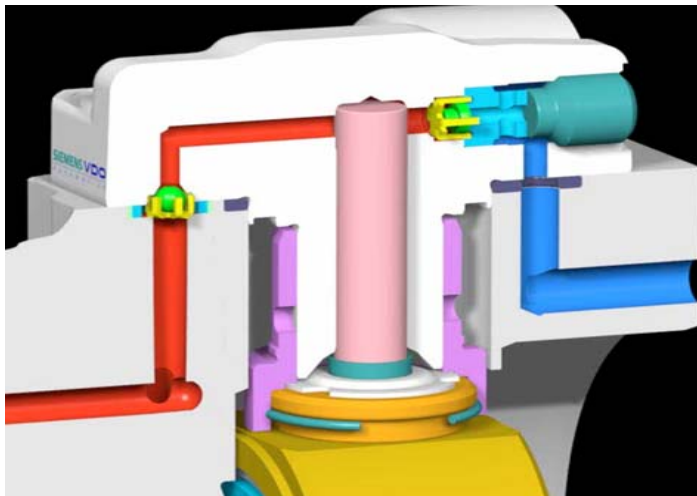


Рисунок 3 – Автоматические клапана секции топливного насоса

При эксплуатации автомобиля недостаточная производительность топливного насоса высокого давления проявляется в виде ограничения мощности двигателя, связанного с переходом блока управления в аварийный режим (на работу по запасной программе). При подключении к диагностическому разъёму сканера можно увидеть ошибку по несоответствию требуемого и действительного давления в аккумуляторе давления (Rail). Наблюдается также затруднённый пуск двигателя из-за низкой скорости нарастания давления при прокручивании коленчатого вала стартером.

При проверке топливного насоса на безмоторном стенде можно получить зависимость производительности от давления в аккумуляторе давления и сделать вывод о количестве работающих секций. Существенное снижение трудоёмкости и стоимости ремонта можно достичь путём ремонта только неисправной секции.

К сожалению, отсутствует простая и доступная методика выявления дефектной секции. Запись осциллограмм, развёрнутых по углу поворота вала топливного насоса высокого давления позволяет получить такую информацию, но такой метод подходит скорее для научных исследований, а не для практической работы в условиях ремонтного предприятия.

Выводы и перспективы дальнейших работ. При проведении испытаний топливных насосов высокого давления на различных эксплуатационных режимах было обнаружено, что рабочие и неисправные секции отличаются по температуре местного нагрева. На практике этот эффект используется как ориентировочный качественный показатель технического состояния топливных секций. По нашему мнению отмеченный эффект может быть положен в основу нового метода диагностирования при разработке технических средств для указанных целей.

Список литературы

1. Способы управления дизельными двигателями. Пер. с нем. 1-е русское издание.-М.: ЗАО "КЖИ "За рулем", 2004. – 480 с.: Илл.
2. Губертус Гюнтер. Диагностика дизельных двигателей. Серия "Автомеханика". Пер. с нем. – М.: ЗАО "КЖИ "За рулем", 2004. – 176 с.: Илл.

МЕТОДЫ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСЛЕ РЕМОНТА

И.Г. Шержуков, доц., канд. техн. наук,
П.С. Сыромятников, доц., С.С. Корх, магистр.
Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенка

Заводы и фирмы, занимающихся производством дизелей, большое внимание уделяют борьбе за снижение токсичности отработавших газов [1]. Этому способствует систематическое ужесточение требований к продаваемым автомобилям со стороны законодательства стран, в которых они продаются. Однако в процессе эксплуатации и, особенно при их ремонте, возможно существенное увеличение содержания токсичных компонентов в отработавших газах. Даже незначительное отклонение регулировочных или конструктивных параметров дизеля может приводить к существенному загрязнению окружающей среды [2]. В связи с этим, крайне важно, чтобы ремонтники понимали

механизм образования токсичных компонентов и сажи в двигателях, научились контролировать и управлять этими процессами.

При сгорании дизельного топлива образуются вещества различного типа и вида [3]. Работа непрогретого двигателя обычно сопровождается выбросами белого или сизого дыма, образуемого каплями несгоревших или частично окисленных углеводородов, и выбросами альдегидов, присутствие которых в отработавших газах легко распознается по их характерному запаху.

На выпуске дизеля присутствуют не только газообразные вещества, но и твердые образования, размеры которых соизмеримы с размерами частиц пыли. Эти образования, получившие общее название "частицы" (Partikel), считаются вредными для здоровья людей и загрязняющими среду обитания.

Проведенные концерном работы способствовали созданию малотоксичных дизелей, что свидетельствует о его ответственном отношении к защите среды обитания. В этой связи следует упомянуть разработку мощных, экономичных и малошумных дизелей типа TDI и систем впрыска с насос-форсунками. Концерн намерен также в дальнейшем уделять особое внимание работам по совершенствованию процессов сгорания с целью снижения расхода топлива и уменьшения образования вредных веществ.

Дополнительно к этому предполагается шаг за шагом оснащать автомобили сажевыми фильтрами.

В течение последних лет в ФРГ, Европе и других странах мира были разработаны различные нормативы и законы, которые должны ограничить выброс вредных веществ в атмосферу. Известны европейские нормы Евро 1-5. Они предписывают предельное содержание вредных веществ в отработавших газах автомобилей новых моделей, представляемых автомобильными фирмами для типовых испытаний.

Евро 4. Нормы Евро 4 введены в действие с 2005 года вместо норм Евро3. С их вводом произведено дальнейшее ужесточение значений предельных выбросов вредных веществ с отработанными газами. Уже сегодня этим нормам соответствуют 65 процентов всех новых автомобилей Volkswagen с дизелями, допущенных к эксплуатации в Германии.

Евро 5. Предельные значения выбросов для стандарта Евро 5 ужесточены. В том числе снижены значения предельных выбросов частиц сажи легковыми автомобилями с дизелями. Поэтому предполагается оснащать эти автомобили сажевыми фильтрами.

Интенсивность образования вредных веществ и в особенности сажи в значительной степени зависит от параметров процесса сгорания топлива в цилиндрах дизеля. На протекание процесса сгорания влияют как конструктивные параметры двигателя, его состав и атмосферные условия. На рисунке 1 приведены все исходные компоненты топливовоздушной смеси и получаемые в результате ее сгорания компоненты отработавших газов дизеля.

Отдельные компоненты отработавших газов дизеля оказывают различное действие на окружающую среду и здоровье человека. Совершенно безвредными являются только кислород, азот и вода, входящие в состав атмосферного воздуха. Естественным компонентом атмосферного воздуха является двуокись углерода (углекислый газ), однако ее концентрация в воздухе близка к предельным значениям. Углекислый газ не ядовит, но повышение его количества в атмосфере может привести к тепличному эффекту. К вредным для здоровья человека веществам относятся оксид углерода, углеводороды, двуокись серы, оксиды азота и частицы сажи.

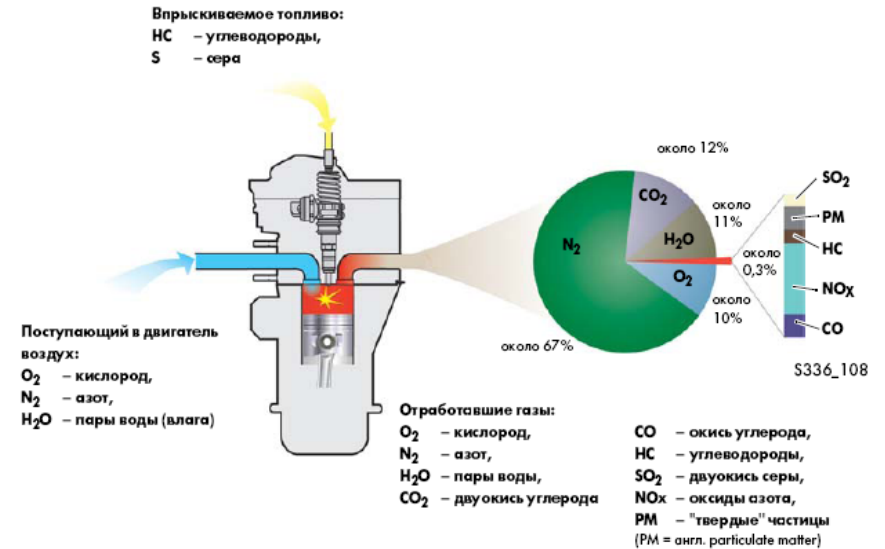


Рисунок 1 – Исходные компоненты топливовоздушной смеси и результаты ее сгорания

Оксид углерода (CO) или угарный газ возникает при неполном сгорании содержащего углерод топлива из-за недостатка кислорода. Это бесцветный газ, не имеющий запаха и вкуса.

Сажа образуется в результате неполного сгорания топлива при местном недостатке кислорода.

При сгорании топлива в дизеле образуются частицы сажи. Это микроскопические углеродистые частицы диаметром приблизительно 0,05 мкм. Ядро частицы состоит из чистого углерода, а на нем адсорбируются различные углеводородные соединения, оксиды металлов и сера. Предполагается, что некоторые углеводородные соединения опасны для здоровья человека. Конкретный состав частиц сажи зависит от применяемого в двигателе рабочего процесса, режимов его работы и состава топлива.

Образование сажи в дизеле зависит от ряда процессов, определяющих сгорание топлива. Это процессы подвода воздуха, впрыска топлива и распространения пламени. Качество сгорания топлива определяется в значительной степени процессом образования топливовоздушной смеси.

Из-за недостатка кислорода в некоторых зонах камеры сгорания образуется слишком богатая смесь, сгорание которой не может быть полным и сопровождается образованием частиц сажи.

Число и масса частиц зависят в принципе от качества протекающих в двигателе процессов смесеобразования и сгорания. Топливная система с насос-форсунками обеспечивает впрыск топлива под очень высоким давлением и с соответствующим требованиям двигателя протеканием подачи по времени. Благодаря этому создаются условия для повышения эффективности процесса сгорания и снижения образования частиц сажи.

Однако высокое давления впрыска и соответствующая им повышенная мелкость распыливания топлива не могут обеспечить достаточное измельчение частиц сажи.

Измерения размеров этих частиц показали, что их распределение по величине практически не зависит от способа смесеобразования, т. е. оно очень близко по двигателям с

вихревой камерой сгорания и у двигателей с непосредственным впрыском посредством системы Common Rail или насос-форсунок.

Снизить выброс вредных веществ можно введением мероприятий, связанных с изменением конструкции самого двигателя (рис.2). Удачная оптимизация рабочего процесса может привести к существенному снижению образования вредных веществ.

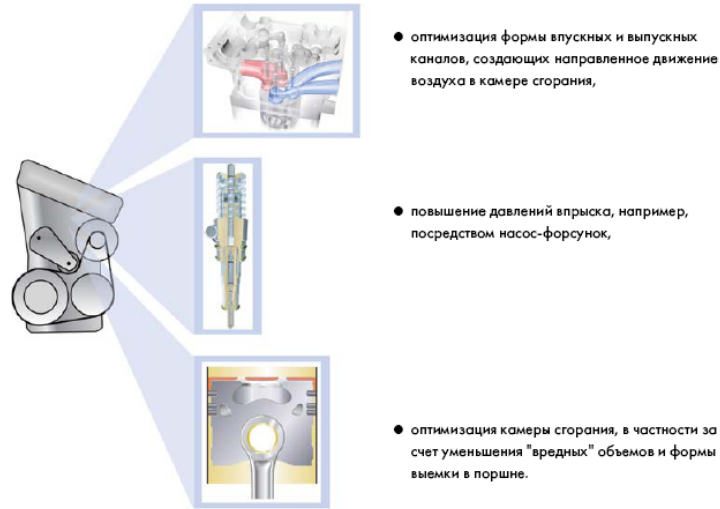


Рисунок 2 – Мероприятия по снижению выброса вредных веществ дизелем

Выбросы в атмосферу образовавшихся при сгорании топлива частиц сажи могут быть снижены проведением мероприятий по очистке отработавших газов после их выпуска из цилиндров двигателя. При этом имеется ввиду прежде всего систему фильтрации, способную задерживать частицы сажи.

Различают два вида регенерации сажевых фильтров: с применением присадок к дизельному топливу и с применением каталитического покрытия фильтрующего элемента. Ниже приведено описание устройства и принципа действия сажевого фильтра с каталитическим покрытием.

Система очистки газов с применением присадок к дизельному топливу находит применение на автомобилях, у которых сажевый фильтр находится на относительно большом расстоянии от двигателя. В этом случае температура отработавших газов на входе в фильтр недостаточна для выжигания сажи в нем, поэтому применяют присадки к топливу, которые снижают температуру воспламенения сажи до необходимого уровня.

Система очистки газов с применением присадок к дизельному топливу находит применение на автомобилях, у которых сажевый фильтр находится на относительно большом расстоянии от двигателя. В этом случае температура отработавших газов на входе в фильтр недостаточна для выжигания сажи в нем, поэтому применяют присадки к топливу, которые снижают температуру воспламенения сажи до необходимого уровня.

Система очистки газов с сажевым фильтром, имеющим каталитическое покрытие применяется на автомобилях с сажевым фильтром, расположенным близко от двигателя. В этом случае температура газов на коротком пути до фильтра остается достаточно высокой для сжигания сажи.

Как видно из приведенных выше материалов, низкая токсичность отработавших газов может быть достигнута только при строгом сохранении первоначальных конструктивных и регулировочных параметров всех компонентов и систем дизеля. Это достигается за счёт того, что они постоянно контролируются системой самодиагностики двигателя. При обнаружении какой-либо неисправности система управления двигателем переходит на запасную программу, допускающую движение транспортного средства с ограниченной скоростью в ремонтную мастерскую.

Список литературы

1. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов./С.И.Ефимов, Н.А.Ивашенко и др.; Под общ. ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова.- 3-е изд.-М.: Машиностроение, 1985. – 456с, ил.
2. Морозов К. А. Токсичность автомобильных двигателей: М.: Легион – Автодата, 2001. – 80 с.: ил.
3. Теоретические основы технологии ремонта машин. Учебник в 3-х томах / Сидашенко А.И., Науменко А.А., Скобло Т.С. и др./Под ред. А.И. Сидашенко, А.А. Науменко. (Теория и технология производственных процессов ремонта машин). Харьков: ХНТУСХ, 2005. -Т.1. – 590 с.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А.А. Гончаренко, доц., канд. техн. наук, А.В. Кулиш, студ.
Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П.Василенко

Актуальность. Увеличение срока службы современных и вновь создаваемых машин и механизмов - одно из важных звеньев общей проблемы повышения качества изделий. в этой связи становится первоочередным снижение износа и увеличение долговечности узлов трения. чем ответственнее машины и механизмы, чем сложнее условия работы узлов трения, чем выше стоимость конструкции, тем важнее назначение материала пар трения, а также анализ процессов при изнашивании деталей и выбор метода их восстановления.

Цель работы: разработка технологии восстановления шлицевых валов повышенной надежности на основе оценки температурного поля и уровня возникающих напряжений.

Все методы восстановления деталей выполняли при местном нагреве сварочными источниками тепла. От температурного состояния объемов в месте сварки и распределения температур в изделии зависят качество соединения – прочность, пластичность, ударная вязкость металла, а в ряде случаев также и другие специальные свойства металла (сопротивляемость коррозии, жаропрочность и др.) [2,3]. Не оптимальный для конкретного материала режим нагрева и охлаждения изделия в условиях сварки может привести к появлению различных дефектов в соединении – трещин, несплошностей, подрезов, а также к повышенным деформациям и напряжениям. Тепловое состояние и процессы при сварке в значительной степени определяют такие характеристики, как производительность и технико-экономическая эффективность восстановления. Таким образом, ряд основных процессов, сопровождающих процесс сварки, связаны с тепловым состоянием металла на различных стадиях получения соединений.

При эксплуатации вала одна шлицевая его часть, работающая в сопряжении с шестерней насоса, изнашивается больше чем – в сопряжении с переходной втулкой. Поэтому одним из вариантов восстановления может быть принята следующая технология ремонта. Разрезка двух валов с сохранением малоизношенных шлицевых частей. Порезка

производится таким образом, чтобы при их сварке в стык длина вала соответствовала бы размерам чертежа на данную деталь.

В связи с этим целью настоящей работы явилась разработка метода оценки уровня напряжений при восстановлении вала методом сварки в стык.

Рассчитывали температуру для области, симметричной относительно сварного шва, как показано на рис. 1. Половина самого шва приблизительно аппроксимировалась ломаной 2-3-4-5-6. Область 1-9-7-8 соответствует области вала после сварки. Линия 1-8 является осью вала. Таким образом, длины линий 1-9 и 8-7 равны радиусу вала. Длина линий 1-8 и 9-7 равнялась 199мм. При расчете температурного поля область 1-9-7-8 была разбита квадратной сеткой с размером ячеек 1мм на 1мм. Так что по высоте было 12 линий, а по ширине 200 линий. (m=12; n=200). Линия 2-3 соответствовала m=6. Линия 4-5 соответствовала m=9. Длина линий 2-3 и 4-5 равнялась 2мм. Соответственно, длина линии 9-6 равнялась 4мм. Такое решение можно назвать задачей с переменной областью. В первый момент времени область 2-3-4 становится больше по высоте на 1мм, температура металла электрода равна $T_z=1800-2000^\circ\text{C}$ (рассчитывали поле при той и другой температуре, но в работе принято первое значение, так как при нем формируются меньшие напряжения). Затем через равные промежутки времени наращиваются такие слои согласно приведенного рисунка.

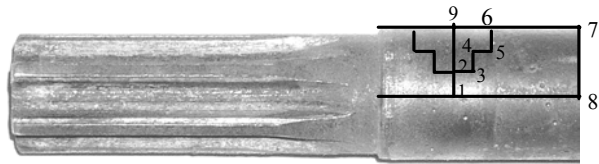


Рисунок 1 – СхемА ОБЛАСТИ СВАРКИ при расчете температурного поля

Расчет температуры при сварке двух частей вала производили с помощью решения уравнения теплопроводности [1]:

$$c \cdot \gamma \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

где:

r - расстояние от центра вала до любой точки по радиусу, м;

z - расстояние от центра сварного шва до этой же точки, м;

τ - время от начала расчета;

$T = T(r, z, \tau)$ - температура в точке с координатами r, z в момент времени τ , $^\circ\text{C}$;

γ - плотность, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

λ - теплопроводность, $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}}$;

теплопроводность зависит от температуры, и рассчитывали по приближенной формуле:

$$\lambda = 45 + 25 \cdot \frac{T - 1200}{1180}; \quad (2)$$

где: 45 – теплопроводность при температуре 1200°C

25 – теплопроводность при 20°C ;

В промежутке между 20 и 1200°C теплопроводность изменялась по линейному закону

c - коэффициент удельной теплоемкости, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$;

коэффициент удельной теплоемкости зависит от фазового состояния металла и рассчитывали согласно [1] по формуле:

$$C = \left\{ \frac{c_g + c_t}{2} + \frac{\rho}{(T_l - T_s)} \right\} \quad (3)$$

где:

T_l - температура ликвидуса;

T_s - температура солидуса;

c_g - удельная теплоемкость металла в жидкой фазе;

c_t - удельная теплоемкость металла в твердой фазе;

ρ - скрытая теплота плавления, для стали равная $65 \frac{\text{ккал}}{\text{г}}$.

При этом значение «с» определяется в пределах от жидкой до твердой фазы.

Начальное условие для области 1-2-3-4-5-6-7-8:

$$T(r, z, 0) = T_0; \quad (4)$$

где:

T_0 - температура вала до сварки.

Начальную температуру в области 2-3-4-5-6-9 изменяли послойно и в общем виде выглядит так:

$$T(r(\tau_r), z(r(\tau_r)), \tau_r) = T_z; \quad (5)$$

где:

T_z - температура металла электрода;

τ_r - время, при котором для заданного радиуса r в области шва происходит сварка;

$z(r(\tau_r))$ - ширина сварного шва, соответствующего радиусу r (см. рис. 1).

Наиболее заметное изменение температур характерно в первый момент для расстояния 34мм. Затем температура вдоль оси вала через 10 – 15мм падает до 450°C на расстоянии от места сварки до 18 – 20мм.

В результате проведенных теоретических исследований предложена методика расчета температурных полей при проведении операции по сварке в стык двух частей вала, а также оценены температурные поля во времени при такой обработке. Результаты исследований планируется использовать для оценки температурных напряжений при различных способах восстановления валов. Это позволит выбрать наиболее рациональный метод их восстановления.

Список литературы

1. А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. Уравнения математической физики. Издательство “Наука”. Главная редакция физико-математической литературы. Москва 1966г. 724страницы.
2. К. Васидзу. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. Москва, “Мир”, 1987. 542 страницы.
3. Ю. А. Амензаде. Теория упругости. Москва, “Высшая школа”, 1976. 272 страницы.

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВАРИАТОРОВ
ЗЕРНУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

С.В. Лысенко, ст. препод., А.Д. Мартыненко, доц.
Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П.Василенко

Технический прогресс требует постоянного совершенствования приводов машин, причем существенная роль при этом выпадает на простые механические передачи, которые не потеряли своей актуальности. На такие передачи, особенно клиноременные вариаторы, в настоящее время возлагаются функции касающиеся возможностей снижения габаритов, повышения нагрузочной способности и ресурса.

Функциональными характеристиками клиноременных передач является тяговая способность, к.п.д. передачи и долговечность ремня. Недостаточная тяговая способность проявляется в буксовании ремня из – за недостающего фрикционного сцепления ремня с контактирующей поверхностью шкива.

В клиноременных вариаторах зерноуборочных комбайнов натяжение ремня преимущественно создается пружиной. Передача по своим свойствам приближается к передаче с автоматическим натяжением.

Взаимодействие ремня со шкивом при работе под нагрузкой определяется характером их относительного движения.

При нагружении передачи натяжение ведущей ветви увеличивается до F1, в ведомой уменьшается до F2 (рис. 1). В процессе обегания ведущего шкива натяжение ремня падает от F1 до F2, элементы ремня укорачиваются и отстают от шкива, скользя по его поверхности. На ведомом шкиве натяжение ремня увеличивается от F2 до F1, элементы ремня удлиняются и опережают шкив.

Возникающее при этом скольжение, называемое упругим, происходит лишь на части дуги обхвата α_c — дуге скольжения α_c (рис. 1); в месте набегания на дуге покоя (сцепления) α_n ремень движется со шкивом без скольжения.

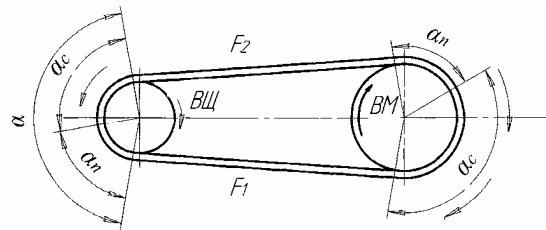


Рисунок 1 – Положение дуг покоя (сцепления) α_n и скольжения α_c

Поскольку расчет ременных передач по тяговой способности основан на использовании кривой скольжения и коэффициента тяги, то предварительно дадим пояснения сути этих терминов

Под коэффициентом тяги φ принято считать отношение силы тяги F_t , ременной передачи к удвоенному начальному натяжению F0 ветви ремня

$$\varphi = \frac{F_t}{2F_0}$$

Коэффициентом тяги можно выразить через тяговый фактор $e^{f\alpha_{ск}}$ [1]

$$\varphi = \frac{F_t}{2F_0} = \frac{e^{f\alpha_{ск}} - 1}{e^{f\alpha_{ск}} + 1} \quad (1)$$

где e – основание натурального логарифма (e=2,71828);

f – коэффициент сцепления(трения) ремня по контактирующей поверхности шкива;

$\alpha_{ск}$ - дуга(в радианах) упругого скольжения ремня по шкиву.

Оптимальное значение коэффициента тяги $\varphi = \varphi_0$ для всех типов ремней устанавливают экспериментально, где фиксируется относительное скольжение ремня ξ при нарастании силы тяги F_t до появления частичного, а затем и полного буксования.

На рис. 2 в координатах: коэффициент тяги — относительное скольжение ξ (в %) определены кривые скольжения ξ и к.п.д. η клиноременной передачи.

Из анализа кривой ξ видно, что до значения $\varphi \leq \varphi_0$ называемого критическим (оно же и оптимальное), четко прослеживается упругое скольжение ремня по линейной зависимости ξ от φ . Дальнейшее увеличение нагрузки на ведомом шкиве, т.е. рост силы тяги Ft, характеризуется интенсивным нарастанием производной $d\xi/d\varphi$, что свидетельствует о появлении сначала скольжения ремня по всей поверхности контакта с меньшим (ведущим) шкивом (аск=аобхвата), которое затем переходит в сплошное буксование - ремень и ведомый шкив останавливаются. При этом коэффициент тяги φ будет $\varphi = \varphi_{max}$. На рис. 2 пунктиром показано продолжение линейной зависимости φ (прямая линия) и при буксовании $\varphi = \varphi_{max}$.

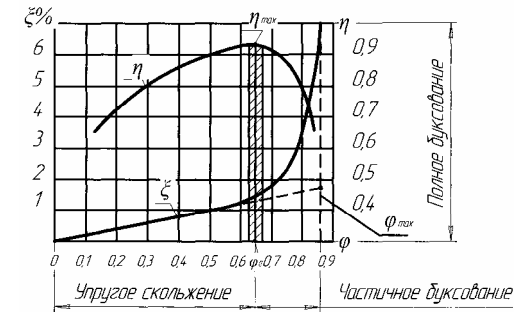


Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов относительного скольжения ξ и КПД η от коэффициента тяги φ

На этом же рисунке (рис. 2) представлена кривая η - зависимость к.п.д. от нагрузки, т.е. от коэффициента тяги φ . Для всех типов ремней к.п.д. достигает максимального значения в зоне оптимального значения φ_0 , а затем резко падает в зоне частичного буксования в связи с ростом потерь на трение и становится равным 0 ($\eta=0$) при сплошном буксовании.

Запас силы тяги ременной передачи (РП) при неизменном начальном натяжении F_0 оценивается отношением $\frac{\varphi_{max}}{\varphi_0} = \beta$. Эксплуатировать РП целесообразно в зоне оптимального значения коэффициента тяги (заштрихованная зона на рис. 2). В этом случае наибольшая часть предварительного натяжения ремня используется полезно для создания силы тяги F_t и наименьшие будут потери в передачи к.п.д. η_{max} . Работу в зоне частичного

буксования допускают только при кратковременных перегрузках (пуск, экстренное торможение).

При проектировании клиноремённых вариатор (КВ) в большинстве случаев использовались положения, свойственные нерегулируемым клиноремённым передачам. Это часто приводило к существенному расхождению теоретических и экспериментальных данных, а также к невозможности объяснить поведение, присущее вариатору под нагрузкой. Основные причины отличий поведения клиноремённой передачи и вариатора кроются в их различном конструктивном исполнении, а именно: в работе клинового ремня. На рис. 3 показаны различные положения контактного взаимодействия вариаторного ремня со шкивом при регулировании передаточного числа вариатора. В случае когда ремень находится на малом диаметре шкива, в контакте находится резиновая матрица ремня с пониженной поперечной жёсткостью, на большом - в контакте находится, в основном, несущий продольную нагрузку слой кордшнуров с повышенной поперечной жёсткостью. Хотя при натяжении ремня зоны контакта несколько расширяются, всё же равнодействующие продольных сил трения могут концентрироваться вне зоны расположения кордшнуров, т.е. может создаваться некоторый эксцентриситет действия продольных сил, вызывая сдвиговые деформации в ремне, ответственные как за искажения кинематических показателей, так и за расслоение ремня. В клиноремённых же передачах угол клина канавок шкивов, в зависимости от диаметра, выбирается таким, чтобы обеспечить контактирование ремня в зоне расположения слоя кордшнуров.

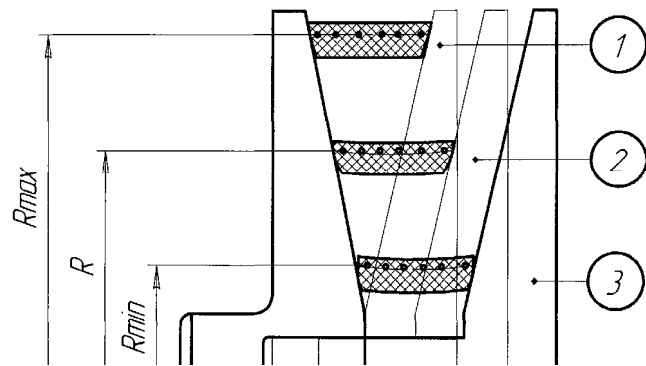


Рисунок 3 – Контакт вариаторного ремня со шкивом при регулировании передаточного числа вариатора

Принципиальное различие клиноремённой передачи и вариатора заложено в способе создания натяжения ремня. В передачах это обеспечивается за счёт изменения параметров продольного контура, например, увеличения межцентрового расстояния a , в вариаторах - за счёт изменения положения конусных дисков регулируемого шкива при постоянстве межцентрового расстояния.

Вывод. В целях выравнивания давления и повышения долговечности ремня предлагается расчет профилирования дисков.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА Д100 И Д80

Д.А. Мартиненко, асп., Т.С. Скобло, проф., д-р техн. наук
Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства им. П.Василенко

Целью исследований было оценить свойства таких изделий, изготовленных по новой технологии.

В задачу исследований входило:

- разработать ТУ на изготовление поршневых колец из высокопрочного чугуна и определить его химический состав;

- разработать технологию хромирования и обработку покрытия;
- оценить структуру и уровень свойств такого материала.

Для исследований использовали чугун, приведённый в табл. 1

Таблица 1

C	Si	Mn	Cr	Ni
3,4÷3,7	0,1÷2,5	0,85÷1,3	≤0,15	1,2÷1,5
2,8÷3,4	2,8÷3,2	0,7	-	0,3÷0,7
Mo	Cu	P	S	Mg
0,6÷0,9	0,3÷0,4	≤0,1	≤0,03	0,03÷0,08
-	0,03÷0,07	≤0,1	≤0,04	0,04÷0,07

Поршневые кольца, изготовленные из высокопрочного чугуна, обладают достаточной упругостью, сохраняют её при работе в условиях повышенных температур и напряженного состояния, обладают достаточной теплопроводностью и относительно высокой коррозионной стойкостью. Прочность по ТУ должна быть – $\sigma_{\text{в}} \geq 100 \text{ кг/мм}^2$.

Замена уплотнительных поршневых колец из серого легированного чугуна на поршневые кольца из высокопрочного чугуна с шаровым графитом и последующим электролитическим хромированием значительно повысилась износостойкость сопряжения: гильза - поршневое кольцо и практически устранила случаи их поломок в эксплуатации.

Поршневое кольцо, изготовленное из маслота высотой 310мм, Фкор =218мм, Фвк=188мм. Из одной заготовки получается 15 поршневых колец.

В течение ряда лет проводились работы по ликвидации задиров поршневых колец двигателя 10Д100 в сопряжении гильза- поршневое кольцо и повышению ресурса работы этой пары. В настоящее время задирообразования и ступенчатые выработки гильзы в районе выхлопных окон полностью ликвидированы, ресурс работы увеличен с 400 тыс. до 1÷1,2 млн. км пробега двигателя. Этому способствовали внедрение по повышению стойкости сопрягаемых деталей:

- лазерная закалка рабочей поверхности гильз цилиндров;
- хромирование всех компрессионных поршневых колец;
- технологическая притирка компрессионных колец до и после хромирования;
- введение приработочного покрытия медь - дисульфид молибдена - диоксид кремния для всех компрессионных поршневых колец;
- оптимизация режимов стеновой обкатки.

Хромирование поршневых колец производили после чистовой проточки, нарезание канавок, обработки радиусов- округлений у замков и притирку в технологической гильзе. Кольца, подвергаемые хромированию, проверяются на просвет. Перед хромированием кольца промывают раствором № 646 или уайт-спиритом и протирают х/б салфетками.

Кольца собираются на оправку. Сборку колец на оправку производят в стакане со специальной направляющей, ориентирующей замки в одну сторону. В замки вставляют свинцовую пластину и с помощью пневматического устройства кольца сжимают оправкой. Затем производят кварцевание (допускается гидропескоструйная очистка).

После кварцевания кольца протирают растворителем № 646, сухой ветошью, а затем кашицей из вискозной ветоши при помощи волосяных щёток. После тщательной промывки оправка с кольцами загружается в ванну хромирования. В ванне хромирования оправку с кольцами прогревают 3-8 мин, (включают обратный ток) и происходит анодное декапирование в течении 2-х мин. при плотности тока 32 А/дм², затем установка переключается на прямой ток и в течение 2-3 мин. подают ток 45-50 А/дм². В течение последней минуты ток постепенно снижается до величины – рабочего Дк=30-35 А/дм² и производится хромирование толщиной 200-240 мкм.

Процесс хромирования производится в электролите состава, г/л:

- хромовый ангидрид 180-250
- серная кислота 1,8-2,5
- хром трёхвалентный 2,5-5,0
- температура обработки 55-58 °С

Для улучшения механической обрабатываемости в конце процесса хромирования оправку с кольцами переключают на обратный ток Д =30-35А/дм², время анодной обработки – 1 мин. После хромирования оправку с кольцами промывают, демонтируют и кольца помещают в сушильный шкаф для обезводораживающего отпуска при 200°С в течение 2-х ч.

Твёрдость покрытия достигает HV=824-1033.

После хромирования кольца направляют на механическую обработку. Производят зашлифовку задиров, снятие наплывов хрома на торцах, расточка внутреннего диаметра, снятие фасок, калибровку замков и притирку рабочей поверхности в технологической гильзе.

Таблица 2 – Химический состав гильзы цилиндра

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cr	ΣC+Si	Σлегир.
3,0	0,82	1,8	0,10	0,032	0,4	1,18	0,51	0,36	5,03	2,43

Процесс притирки поршневых колец производят на хонинговальном станке. Кольца собирают на оправке высотой 400мм в вертикальной плоскости, совершая возвратно-поступательное и вращательное движение. Продолжительность притирки – 40мин.

Прирабочное покрытие - Cu-MoS₂-SiO₂ толщиной 20мкм. Состав электролита-суспензии, г/л:

- медь сернокислая - 160-200
- серная кислота - 45-60
- MoS₂ (ДМ-1) - 130-180
- спирт гидролизный - 40-100
- SiO₂ - 10-20
- патока меласса - 4-6

Режим обработки: – температура 18-24°С ; – плотность тока Дк=3 А/дм².

Перемешивание осуществляют механической мешалкой. Скорость осаждения составляет: 1,5 мкм/мин

Состав покрытия:

- Cu – 92.0-96.6 %
- MoS₂ – 3-7%
- SiO₂ – 0.4-1.0 мас%

Антифрикционные свойства покрытия:

- Cu-MoS₂ 0.020
- Cu-MoS₂-SiO₂ 0.013

К основным недостаткам технологии хромированных покрытий можно отнести:

- энергозатратность и длительность процесса нанесения;
- экологические проблемы;
- необходимость обеззараживания отходов производства.

Выводы:

В эксплуатации хромированные поршневые кольца хорошо сопротивляются абразивному изнашиванию. Исследования работавших колец показали наличие аморфизированных рабочих слоёв, участки карбидов хрома, которые склонны к выкрашиванию. Карбиды образуются за счёт науглероживания при разложении смазки и топлива при высоких температурах рабочего процесса. Одним из путей работы повышение качества и эксплуатационных свойств поршневых колец является предотвращение диффузии С и образования карбидов. Рекомендуемое прирабочное покрытие Cu-MoS₂-SiO₂ частично выполняет эти функции.

Список литературы

1. Асташкевич Б.М. Механизм изнашивания деталей цилиндропоршневой группы тепловозных дизелей./ Б.М. Асташкевич. В сб. «Повышение износостойкости деталей двигателей внутреннего сгорания». / - М.: Машиностроение, 1972. – С. 5-12.
2. Дудкач В.П. Тертя та зношування деталей циліндро-поршневої групи (огляд). Частина I./ Дудкач В.П., Кузьменко А.Г. Проблеми трибології, 2005, №1, - С.48-54.

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИСАДКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

О.В. Диха, проф., д-р техн. наук,
О.Ю. Биков, ст. гр. ТВМм 07-1,
Хмельницький національний університет
Р.В. Петрук, асп.
Вінницький національний технічний університет

1. Постановка задачі

Визначальну роль у виборі метода лабораторних випробувань має геометрія контактуючих елементів. Геометричні схеми систематизовані і наведені в науковій літературі і багатьох стандартах. У більшості випадків для відомих схем випробувань немає розрахункових залежностей для визначення параметрів контактування для досліджуваних зразків. Відсутність даних про такий визначальний фактор випробувань роблять результати оціночними, як наприклад, для чотирикулькової схеми за ГОСТ 9490-75. В наших роботах [1] вирішується ця проблеми для різних схем і умов випробувань. В даній роботі розвинений

метод математичного опису процесу випробувань для безрозмірної форми закономірності зношування і представлення результатів випробувань апроксимуючою степеневою функцією на базі випробувань присадок до мастильних матеріалів за чотирикульковою схемою.

2. Теоретичні співвідношення

Для оцінки встановленого зношування за чотирикульковою схемою приймемо модель у вигляді залежності інтенсивності зношування від безрозмірного параметра навантаження $W = \frac{\sigma}{HB}$.

$$I = \frac{du_w}{dS} = K_w \left(\frac{\sigma}{HB} \right)^m, \tag{1}$$

де σ – тиск у контактї, МПа;
 HB – твердість за Брінеллем, МПа;
 u_w – лінійне зношування нижніх куль, м;
 S – шлях тертя для нижніх кульок, м;
 K_w, m – параметри закономірності зношування.

Прийнявши припущення про рівномірний розподіл контактних тисків за площадкою контакту, умову рівноваги в контактї сполучених кульок можна представити у вигляді:

$$\sigma = \frac{Q_1}{\pi a^2}, \tag{2}$$

де Q_1 – сила, що діє по нормалі до кожної нижньої кульки;
 a – радіус кругової площадки контакту сполучених кульок.
 Сила Q_1 виражається через загальну силу, яка діє на верхню кульку:

$$Q_1 = 0,4082Q. \tag{3}$$

Зв'язок зносу u_w і розміру площадки контакту a при зношуванні нижніх кульок визначається залежно від радіуса площадки контакту a та шляхи тертя:

$$u_w(S) = \frac{a(S)^2}{2R}. \tag{4}$$

Нехай експериментальна залежність радіуса кругової площадки контакту від шляху тертя представлена у вигляді степеневої апроксимації:

$$a(S) = cS^\beta, \tag{5}$$

де c, β – параметри апроксимації за результатами випробувань.

Інтегруючи вираз (1), отримаємо інтегральну форму моделі зношування кульок:

$$u_w(S) = K_w \int_0^S \left(\frac{\sigma}{HB} \right)^m (S) dS. \tag{6}$$

Підставляючи в ліву частину рівняння (6) вираз для зносу через радіус площадки контакту, а в праву - вираз (2) для контактного тиску, отримаємо:

$$\frac{a^2(S)}{2R} = K_w \int_0^S \left[\left(\frac{Q_1}{\pi a^2(S)} \right) \frac{1}{HB} \right]^m dS, \tag{7}$$

або з урахуванням виразу (5) після інтегрування по шляху тертя маємо:

$$\frac{c^2 S^{2\beta}}{2R} = K_w \left(\frac{Q_1}{c^2 \pi HB} \right)^m \frac{S^{1-2\beta m}}{1-2\beta m}. \tag{8}$$

З умови здійсненності рівняння (8) при будь-яких S слідує:

$$2\beta = 1 - 2\beta m, \tag{9}$$

звідки

$$m = \frac{1-2\beta}{2\beta}. \tag{10}$$

Для знаходження коефіцієнта K_w скористаємося рівнянням (8).

$$K_w = \frac{\beta c^{2m+2}}{R} \left(\frac{\pi HB}{Q_1} \right)^m. \tag{11}$$

3. Результати випробувань

Вихідні дані: $R_1 = R_2 = 6,35$ мм; $Q = 3,120$ кг; $n = 950$ об/хв; тривалість випробувань $t = 120$ хв; $HB = 190$ Н/мм².

Результати випробувань представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати випробувань

t , хв	15	30	60	90	120
Тип присадки	a , мм				
Чисте I-40A	0,275	0,3625	0,4	0,4125	0,4335
ДФ – 11 (0,1%)	0,21	0,262	0,295	0,308	0,315
ДФ – 11 (0,5%)	0,187	0,238	0,27	0,282	0,3
ДФ – 11 (1%)	0,138	0,18	0,22	0,229	0,24
ДФ – 11 (2,2%)	0,168	0,216	0,245	0,253	0,265

Визначаємо шлях тертя в моменти t_1, t_2, t_n за формулою:

Таблиця 2 – Результати розрахунків шляхів тертя

t , хв	15	30	60	90	120
S , мм	$3,2828 \times 10^5$	$6,5656 \times 10^5$	$1,3131 \times 10^6$	$1,9697 \times 10^6$	$2,6262 \times 10^6$

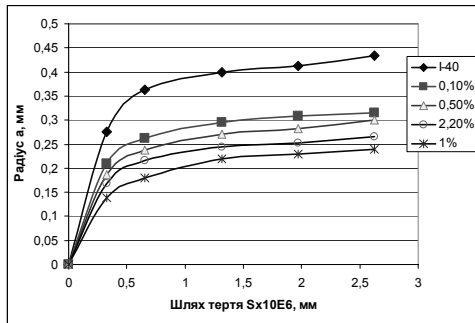


Рисунок 1 – Графічна інтерпретація результатів випробувань

Нехай експериментальна залежність радіуса круглої площадки контакту від шляху тертя представлена у вигляді (5).

Визначаємо параметри апроксимуючої залежності c і β з графіка за програмою Excel і заносимо значення до таблицю 3.

Таблиця 3 – Параметри апроксимуючої залежності

Тип мастила	I-40	ДФ – 11 (0,1 %)	ДФ – 11 (0,5%)	ДФ – 11 (1 %)	ДФ – 11 (2,2 %)
β	0,1956	0,1596	0,1749	0,1623	0,1623
c	0,0246	0,03	0,0222	0,0208	0,0216

Визначаємо навантаження Q_1 , що діє на кожную кульку: $Q_1 = 0,4082 \cdot Q = 0,4082 \cdot 3,120 = 1,274$ кг.

Визначаємо параметри моделі зношування для матеріалу кульки за формулами (10-11).

Визначаємо інтенсивність зношування при однаковому значенні контактного тиску $\sigma = 50$ Н/мм² за формулою (1) і результати заносимо в таблицю 4.

Таблиця 7 – Результати розрахунків параметрів моделі і інтенсивності зношування

Тип мастила	I-40	ДФ – 11 (0,1 %)	ДФ – 11 (0,5%)	ДФ – 11 (1%)	ДФ – 11 (2,2 %)
m	3,11	4,26	3,72	4,16	3,91
K_w	$5,6978 \cdot 10^{-10}$	$6,1766 \cdot 10^{-11}$	$2,2402 \cdot 10^{-11}$	$1,9926 \cdot 10^{-12}$	$7,9028 \cdot 10^{-12}$
I	$8,936 \cdot 10^{-12}$	$2,0777 \cdot 10^{-13}$	$1,5664 \cdot 10^{-13}$	$7,7034 \cdot 10^{-15}$	$4,2531 \cdot 10^{-14}$

Висновок

Представлена розрахунково-експериментальна методика дозволила кількісно оцінити ефективність присадкових матеріалів за критерієм зношування. Зокрема, в даному випадку для присадки ДФ-11 найвищу зносостійкість показало мастило з концентрацією присадки 1%.

Список літератури

1. Кузьменко А. Г Контакт, трение и износ смазанных поверхностей. Монография / А.Г.Кузьменко, А.В. Дыха. – Хмельницький: ХНУ, 2007. – 344 с.

КОНТАКТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАСЛОУТРИМУВАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ ДЛЯ ПЛОСКИХ НАПРЯМНИХ КОВЗАННЯ

О.В. Дыха, проф., д-р техн. наук, А.А. Вичавка, асп. Хмельницький національний університет

Для підвищення довговічності деталей машин при терті і зношуванні на їх поверхню додатково наносять різні маслоутримувальні мікро- і макрорельєфи. Чим надійніше утримується мастильний матеріал між контактуючими деталями, тим менше вони зношуються. Профіль поверхні відіграє тут головну роль. Створені при обробці канавки на поверхні виконують функцію резервуарів для утримання і розподілу масла. За допомогою теоретичних досліджень, лабораторних і експлуатаційних випробувань визначається який тип, форма і глибина профілю є найприйнятнішими.

В даній роботі розглядається вплив геометрії маслоутримувальних канавок круглого профілю на контактні параметри в плоских стиках, а також можливість їх врахування при зношуванні.

Розглянемо залежність геометричних параметрів несучого шару плоскої поверхні для випадку прямих поперечних канавок (напрямок канавок перпендикулярний напрямку переміщення спряженої поверхні) без урахування впливу початкової шорсткості.

Визначимо несучу довжину профілю l_p на заданому рівні h . Під несучою довжиною профілю l_p прийемо суму довжин відрізків, що відсікаються в матеріалі профілю лінією, паралельною поверхнею на рівні h в межах заданої довжини l . Для цього скористаємось розрахунковою схемою круглого профілю, наведеного на рис. 1. Спочатку визначимо ширину однієї канавки на рівні h , що дорівнює $2A_1B_1$.

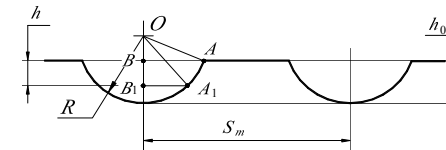


Рисунок 1 – Розрахункова схема для канавок круглої форми

З геометрії отримаємо:

$$2A_1B_1 = 2\sqrt{R^2 - (R - h_0 + h)^2} = 2\sqrt{(h_0 - h)(2R - h_0 + h)}, \quad (1)$$

де R – радіус закруглення канавки;

h_0 – глибина канавки.

Тоді після деяких перетворень отримаємо:

$$2A_1B_1 = 2(2R - h_0 + h)^{\frac{1}{2}}(h_0 - h)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

Несуча довжина профілю визначається як різниця між базовою довжиною l та загальною сумарною довжиною всіх канавок в межах цієї довжини, що в свою чергу, дорівнює довжині однієї канавки $2A_1B_1$, помноженої на число канавок $n = l / S_m$.

Відповідно, для круглої форми профілю маслоутримувальних канавок несуча довжина l_p на рівні h буде дорівнювати:

$$l_p = l \left[1 - \frac{2}{S_m} (2R - h_0 + h)^{\frac{1}{2}} (h_0 - h)^{\frac{1}{2}} \right], \quad (3)$$

де S_m – крок канавок.

Для нульового рівня ($h=0$) вираз (3) приймає вигляд:

$$l_p = l \left(1 - \frac{2}{S_m} \sqrt{(2R - h_0)h_0} \right). \quad (4)$$

При $h = h_0$: $l_p = l$.

На основі отриманих геометричних співвідношень проведемо визначення контактного тиску.

При виведенні розрахункових співвідношень зробимо наступні припущення.

1. Розглядається контакт гладкої і шорсткої поверхонь.
2. Шорсткий шар утворений в результаті нанесення профільних маслоутримувальних канавок.

3. Зближення двох тіл визначається лише деформаціями шорсткого шару.
4. Контактний тиск розподілений рівномірно по площадці контакту.

Після прикладання навантаження Q тіла R та S будуть зближуватися на величину h (рис. 2). При цьому величина контактної тиску визначиться як відношення зовнішнього навантаження Q до розмірів фактичної площі контакту A_r :

$$\sigma_h = \frac{Q}{\alpha A_h}, \quad (5)$$

де A_h – площа зрізу профілю при перетині площиною на відстані h (рис. 6.4); β - коефіцієнт, який залежить від виду контакту (пружний, пластичний). Для пружного контакту можна прийняти $\alpha = 0,5$.

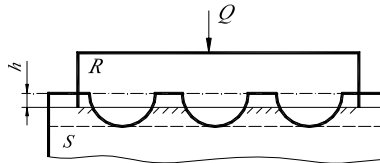


Рисунок 1 – Розрахункова схема контакту гладкої поверхні з профільними канавками

Площа контакту при зближенні контактуючих тіл на величину h дорівнює:

$$A_h = l_p(h)b, \quad (6)$$

де $l_p(h)$ – несуча довжина профілю на рівні h ;

b – ширина контакту поверхонь.

Отже, з урахуванням формул (3) - (5) залежність для визначення контактної тиску можна представити у вигляді:

– для круглого профілю:

$$\sigma_h = \left[\frac{1/\beta}{1 - \frac{2}{S_m} (2R - h_0 + h)^{\frac{1}{2}} (h_0 - h)^{\frac{1}{2}}} \right] \sigma_0; \quad (7)$$

де σ_0 – контактний тиск на номінальній площі контакту $A_0 = lb$, рівний $\sigma_0 = \frac{Q}{A_0}$.

Залежність між зближенням розглянутих тіл h (мкм) та номінальним тиском $\sigma_0 = \frac{Q}{A_0}$ (МПа), задовільно може бути описана рівнянням:

$$h = c\sigma_0^m, \quad (8)$$

де c і m – параметри, отримані з експериментальних даних.

Для визначення параметрів c і m можна використати результати експериментального дослідження контактної жорсткості плоских стиків, отримані в роботі [1]. В цій роботі проводилися випробування зразків з чавуну СЧ21 (195...210 НВ), сталі 20Х (54...60 HRC), сталі 40Х (30... 2 HRC), сталі 12ХН3А (60...64 HRC), тобто для матеріалів, які отримали найбільше розповсюдження при виготовленні деталей з несучими плоскими поверхнями (напрямні верстатів, робочі поверхні пристосувань і т. п.), що працюють в умовах нормальних навантажень. Досліджувані зразки оброблялися шліфуванням до шорсткості в діапазоні Ra 0,16...2,5. Після обробки результатів вимірювань було отримано по 32 значення параметрів контактної жорсткості (у тому числі c і m при різних значеннях параметрів шорсткості [1] для перерахованих матеріалів. Потім отримані результати використовувалися для визначення кореляційної залежності з параметрами шорсткості. Проведений статистичний аналіз значень c і m (табл. 1) вказує на порівняно невеликий діапазон варіювання значень цих параметрів при зміні значень параметрів шорсткості в десятки разів (Ra = 0,16...2,5).

Таблиця 1 – Статистичний аналіз значень c і m

Матеріал	СЧ21	20Х	40Х	12ХН3А
Середні значення параметрів в рівнянні (8)				
\bar{c}	1,27	1,09	1,15	1,12
\bar{m}	0,849	0,644	0,612	0,629
Коефіцієнти варіації параметрів c і m				
v_c	0,28	0,29	0,18	0,16
v_m	0,075	0,12	0,065	0,11

Отже, отримані середні значення параметрів c і m рівняння (8) з достатньою для інженерних розрахунків точністю можуть бути використані для опису деформаційних властивостей плоских поверхонь деталей з вказаних матеріалів.

Висновок

Проведені розрахунки контактних параметрів маслоутримувального профілю змодельованого канавками круглої форми для рішення задач аналізу зносостійкості плоских напрямних елементів маши.

Список літератури

1. Суслов А. Г. Технологическое обеспечение контактной жесткости соединений / А. Г. Суслов. – М.: Наука, 1977. – 104 с

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СОПРЯЖЕНИЯ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ
ПОГРЕШНОСТЯМИ ФОРМЫ**

М.А. Дыха, асп.

Хмельницький національний університет

Одним из важных этапов моделирования процессов изнашивания является анализ механизма изнашивания и определение критериев разрушения, соответствующих этому механизму. Анализ работоспособности подшипников скольжения должен учитывать конструктивные особенности машиностроительных конструкций. Одной из особенностей, которая может существенно повлиять на долговечность подшипника скольжения – взаимное расположение осей вала и втулки подшипника. Анализу НДС подшипников скольжения посвящено достаточно много работ [1-3], в которых рассматриваются НДС элементов пары трения в учетом различных схем нагружения и особенностей функционирования. Однако в этих работах недостаточно уделено внимания анализу механизма изнашивания подшипника скольжения, в условиях, когда оси вала и втулки расположены с перекосом.

Целью данной работы является анализ механизма изнашивания и формирования поверхности контакта путем оценки напряженно-деформированного состояния элементов подшипника скольжения при перекосе осей вала и втулки.

Расчетная схема и модель. Рассматривается контакт жесткого вала радиуса R_1 и цилиндрического упругого антифрикционного слоя толщиной ε , сцепленного с жесткой втулкой. Вал наклонен под углом θ к втулке. Ось z направлена вдоль оси подшипника. Износ подшипника и контактные давления зависят от положения точек области контакта. Принимается, что изнашивается только антифрикционный слой. Для решения задачи об изнашивании подшипника скольжения работающего при взаимном перекосе осей вала и втулки использовался метод трибоэлементов [4]. Исходя из приведенной расчетной модели, в препроцессоре ANSYS построена параметризованная расчетная модель.

При построении модели, учитывая условия задачи, контактное взаимодействие элементов трибосопряжения моделировалось жестко-податливым контактом. Вал, как жесткий, принят в качестве целевой поверхности. Антифрикционный элемент – в качестве контактной поверхности. На контактной поверхности антифрикционного слоя определено геометрическое положение трибоэлементов. В качестве алгоритма для решения контактной задачи выбран модифицированный метод Лагранжа.

Изнашивание, согласно методу трибоэлементов, рассматривалось как случайный процесс марковского типа с дискретным временем и состояниями. В момент времени $t=1$ вероятности нахождения ТЭ в том или ином состоянии определялись как произведение вектора начальных состояний $[p_j]$ на матрицу переходных вероятностей (МПВ) $[W_{ij}]$:

$$[p_j(t=1)] = [p_j(t=0)][W_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, K_C, \quad (1)$$

где $[p_j(t=0)]$ – вектор начальных состояний; $[p_j(t=1)]$ – вектор безусловных вероятностей нахождения ТЭ в j -х состояниях $i = 1, \dots, K_C$ в момент времени $t=1$; $[W_{ij}]$ – матрица переходных вероятностей.

Компоненты вектора начальных состояний $[p_j(t=0)]$ определялись из допущения, что в начальный момент времени ТЭ находился в первом состоянии:

$$[p_j(t=0)] = [1, 0, 0, \dots, 0] \quad (2)$$

Вероятности состояний ТЭ в момент времени $t > 1$ определялись как произведение $[p_j(t-1)]$ вектора безусловных вероятностей в момент $t-1$ на МПВ, задающую поведение ТЭ в момент времени t :

$$[p_j(t)] = [p_j(t-1)][W_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, K_C \quad (3)$$

Для описания поведения ТЭ используются МПВ с единичными скачками вверх и наличием поглощающего состояния:

$$[W_{ij}] = \begin{bmatrix} w_{11}(t) & w_{12}(t) & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & w_{22}(t) & w_{23}(t) & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Под поглощающим состоянием понимается состояние полного износа антифрикционного слоя.

Компоненты $w_{ij}(t)$, определяются следующим образом:

$$w_{ij}(t) \equiv \lambda_j(t) \Delta t, \quad (5)$$

где $\lambda_j(t) = V_j(t)/h$; – интенсивность потока изнашивания; Δt – временной шаг нагружения; h – величина, определяемая из условия ординарности потока изнашивания; $V_j(t)$ – скорость изнашивания в момент времени t .

Значение величины износа определяется через математическое ожидание \bar{m}_i :

$$z_i = (\bar{m}_i - 1)h, \quad (6)$$

где $\bar{m}_i = \sum_{i=1}^{K_C} i p_i(t)$, $i = 1, 2, \dots, K_C$; $p_i(t)$ – безусловные вероятности состояний ТЭ;

$h = \varepsilon / (K_C - 1)$ – величина изнашивания, которая определяет состояние трибоэлементов.

В качестве функции скорости изнашивания от контактных давлений и скорости скольжения использовалась степенная зависимость вида:

$$V_i = K_w V p(\varphi, \varphi_0(t))^\gamma, \quad (7)$$

где V_i – скорость изнашивания; K_w – коэффициент интенсивности изнашивания; V – скорость скольжения вала по антифрикционному слою; $p(\varphi, \varphi_0(t))$ – контактные давления; γ – показатель степени.

Численная реализация и анализ полученных результатов. Для анализа механизма изнашивания в качестве критерия разрушения и накопления трибоповреждений для материала втулки подшипника в соответствии с рекомендациями [5], принята гипотеза удельной энергии формоизменения Губера-Мизеса-Генки, в соответствии с которой, эквивалентные напряжения определялись по выражению:

$$\sigma_e = \left(\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \right)^{1/2} \quad (8)$$

Результаты расчетного анализа показали, что в начальный момент времени, когда происходит формирование площадки контакта, в окрестностях контактирующего с валом

торца втулки возникают существенные эквивалентные напряжения. Анализ формы и характера изменения изоповерхностей эквивалентных напряжений с учетом месторасположения зоны максимальных эквивалентных напряжений показывает, что в начальный момент времени в зависимости от соотношения действующих и предельных значений напряжений может возникнуть расслоение (скол) торца втулки, контактирующего с валом. По мере удаления в осевом направлении от контактирующего торца втулки, как свидетельствуют изолинии распределения эквивалентных напряжений по глубине втулки наиболее вероятные направления развития микротрещин будут располагаться концентрично с деформированной внутренней поверхностью втулки, при этом максимальные значения функции накопления повреждений будут находиться на поверхности.

В процессе функционирования подшипника скольжения, вследствие износа, происходит увеличения площадки контактного взаимодействия, что приводит к существенному уменьшения абсолютных значений, как контактных давлений, так и эквивалентных напряжений. Направление изолиний распределений эквивалентных напряжений по глубине втулки в различных сечениях свидетельствует о том, что в осевом направлении вдоль внутренней контактирующей с валом поверхности втулки формируется зона квазиравномерного поверхностного износа. Наиболее вероятные направления развития микротрещин и накопления трибоповреждений будут располагаться концентрично с деформированной внутренней поверхностью втулки, при этом максимальные значения функции накопления трибоповреждений будут находиться на поверхности и определять поверхностный характер изнашивания.

Вывод

В работе, путем оценки напряженно-деформированного состояния элементов подшипника скольжения при перекосе осей вала и втулки, представлены результаты анализа механизма изнашивания. В период установившегося изнашивания наиболее вероятные направления развития микротрещин и накопления трибоповреждений будут располагаться концентрично с деформированной внутренней поверхностью втулки.

Список литературы

1. Александров В. М. Контактные задачи в машиностроении / В. М. Александров, Б. Л. Ромалис. — М. : Машиностроение, 1986. — 176 с.
2. Проников А. С. Контактная задача для сопряженных поверхностей деталей машин. В сб.: Трение и износ в машинах / А. С. Проников. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — С. 375—391.
3. Галахов М. А. Дифференциальные и интегральные уравнения математической теории трения / М. А. Галахов, П. П. Усов. — М.: Наука, 1990. — 280 с.
4. Сорокатый Р. В. Метод трибоэлементов. Монография. / Р. В. Сорокатый. — Хмельницкий: ХНУ, 2009. — 242 с.
5. Коллинз Дж. Повреждения материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение / Дж. Коллинз; пер. с англ. — М. : Мир, 1984. — 624 с.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ НИЗЬКО ВУГЛЕЦЕВИХ СТАЛЕЙ

С.Ф. Посонський, асп.
Хмельницький Національний університет

Пошук нових високоефективних рішень підвищення зносостійкості та зміцнення деталей повинен бути направлений на різке скорочення використання матеріалів і

покращення якості, праці, устаткування та виробничих площ. Існуючі методи цементациї поки не відповідають цим вимогам. Так, наприклад, використання і розхід вуглецево-містких матеріалів (природного газу при газовій цементациї) невимірно високий, якщо порівняти його з тою кількістю вуглецю, яким фактично насичується поверхня сталних деталей. Крім того, цементация сталі являється довготривалим процесом, протяжністю декілька годин. При цьому використовується достатньо потужне обладнання та великі промислові площі.

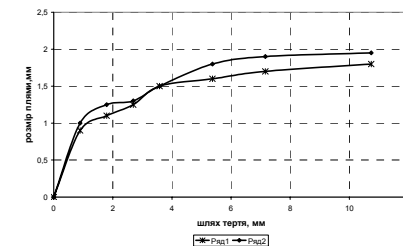
Останнім часом розробляються нові методи зміцнення, коли ефективно використання вуглецевих матеріалів для науглецювання сталі перевищує 50 % і наближається до 100 %. Тривалість технологічних процесів, що відповідають сучасним вимогам високої продуктивності, здатності піддаватися механізації, скорочено до хвилин та секунд [1]. До таких методів відносять електроконтактну цементацию.

Сутність способу електроконтактної цементациї полягає в поєднанні механічного впливу електрода з електричним із застосуванням вуглецю у вигляді тканини з вуглецевих волокон (ТГН-2М). Таким чином, під дією великого термічного впливу і механічного тиску відбувається процес дифузійного насичення поверхневого шару в зоні контакту вуглецем. Розмір цементованої зони безпосередньо залежить від форми і розмірів електрода.

Застосовуючи вищеописаний спосіб та спеціальне обладнання [2] на поверхні деталей з низько вуглецевої сталі нами було отримано поверхню з твердими (що утворюються внаслідок науглецювання) та м'якими (що не піддавались науглецюванню) зонами. Така структура забезпечує підвищення зносостійкості завдяки наявності науглецюваних ділянок та покращує змащування поверхні за рахунок не зміцнених ділянок, в яких під час тертя затримуються і мастило і продукти зношування [3].

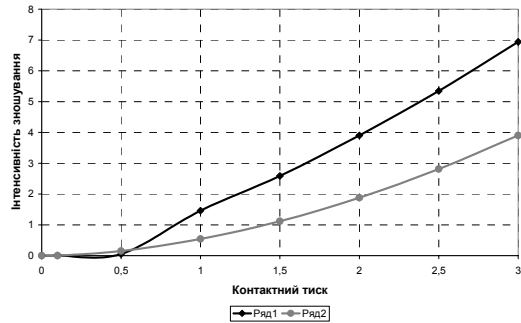
Для перевірки ефективності електроконтактної цементациї низько вуглецевої сталі обрана методика випробувань на зношування за схемою "обертвовий циліндр - площина", з припущенням, що циліндр не зношується (контр-тіло) [4]. Метою випробувань є визначення параметрів закономірності зношування (k_w, m), що надає можливість розрахунку зносу вузла тертя і прогнозування його ресурсу за критерієм зношування. Випробування проводяться при постійних навантаженні та швидкості обертання, а також при незмінних умовах змащування и тепло відведення. Зразки виготовлені з низько вуглецевої сталі Ст3 з послідовною електроконтактною цементациєю. По результатам випробувань пари тертя сталь 40X – сталь Ст3 (рис. 1) було отримано параметри моделі зношування для зразка з низько вуглецевої сталі $I_1 = k_{w1} \sigma^{m1}$, та зразка, що піддавався електроконтактній цементациї $I_2 = k_{w2} \sigma^{m2}$. Враховуючи отримані залежності та зміну контактного тиску σ визначимо графіки залежності інтенсивності зношування від контактного тиску (рис. 2).

Аналізуючи отримані дані приходимо до висновку, що електроконтактна цементация низько вуглецевої сталі підвищує її зносостійкість в 1, 78 рази.



ряд 1 – з електроконтактною цементациєю, ряд 2 – без обробки

Рисунок 1 – Графіки залежності плями зносу зразка з низько вуглецевої сталі Ст3 від шляху тертя



ряд 1 – без обробки, ряд 2 – з електроконтактною цементациєю

Рисунок 2 – Графіки залежності інтенсивності зношування зразка з низько вуглецевої сталі Ст3 від контактного тиску

Список літератури

1. Дробот О.С. Структура поверхні після електроконтактного науглецювання / О.С. Дробот, С.Ф. Посонський / Вісник Хмельницького національного університету. №2, 2011. с.11-13.
2. Вельбой В.П. Конструктивне забезпечення поверхневого дискретного зміцнення електроконтактною цементациєю / Вельбой В.П., Посонський С.Ф., Диха О.В. / Проблеми трибології. №2, 2010. с. 83-85.
3. Диха О.В. Вимірювання тривалості контактної взаємодії при створенні дискретних зносостійких поверхонь / О.В. Диха, С.Ф. Посонський, Н.К. Медведчук / Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. №2, 2009. с.143-146.
4. Кузьменко А.Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 151 с.

ЕКСПРЕС-МЕТОДИКА ДІАГНОСТИКИ СИСТЕМИ МАЩЕННЯ ДИЗЕЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОНДИЦІОНЕРУ SMT-2

В.В. Слонь, асп., В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук
 Кіровоградський національний технічний університет

Подовжити ресурс деталей дизеля та зменшити температуру в його трибосполученнях можна додавши в систему мащення моторної оливи кондиціонери поверхні. Найбільш поширеним є синтетичний кондиціонер металевих поверхонь другого покоління SMT-2, який за триботехнічними властивостями кращий своїх попередників, а по стійкості до термічного і механічного впливу, характерному для умов роботи дизелів, поза конкуренцією.

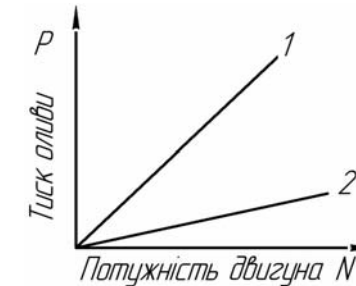
Активний компонент кондиціонера металічних поверхонь SMT-2 хімічно зв'язаний і не діє до тих пір, поки температура і тиск у зоні контакту змащуваних деталей не досягнуть критичного рівня. При його досягненні, в дію вступає активний компонент кондиціонера, який і забезпечує комплексне зниження тертя, зносу й малу ймовірність задиру на робочих поверхнях трибосполучень, що працюють в режимі граничного тертя.

Доцільність використання кондиціонеру металічних поверхонь SMT-2 розглядали на основі діагностики показників стану системи мащення та її оцінки при встановленні терміну служби в двигунах, що експлуатуються на гранітних родовищах України.

Діагностування системи мащення дизелів, до якого в попередньо промиту систему мащення заправляють оливу з кондиціонером поверхні SMT-2 і показники якої відповідають технічним умовам, здійснюється наступним чином:

- прогрівають двигун до заданого значення температури;
- встановлюють частоту обертання колінчастого вала, відповідну режиму номінальної потужності двигуна;
- вимірюють тиск оливи в головній магістралі;
- начення якого порівнюють з нормативом;
- вимірюють тиск оливи при наданні двигуну потужності.

Характер зміни тиску від потужності в процесі діагностування системи мащення, наведено на рис. 1.



1 – справцьована; 2 – роботоздатна

Рисунок 1 – Характер залежності тиску від потужності для системи мащення (сполучення ЦПГ)

Діагностика проводилась при справному масляному насосі.

Технічний стан системи мащення характеризували залежністю тиску оливи від потужності двигуна: якщо при збільшенні потужності двигуна різко зростає тиск (рис. 1, крива 1) в системі мащення, то це свідчить про її справність; якщо тиск в системі мащення зі збільшенням потужності повільно зростає (рис. 1, крива 2), або не зростає – система мащення справцьована або не справна.

Розглянутий метод можна рекомендувати як експрес-методику діагностики системи мащення дизелів з використанням кондиціонеру SMT-2.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОІЛЬНИХ АПАРАТІВ

О.В. Дмитренко, ст. гр. АТ-10, С.І. Маркович, доц.
 Кіровоградський національний технічний університет

Зростання санітарних вимог до якості молока і молочних продуктів вимагає використання в виробничому процесі доїльного обладнання, основною частиною якого є вакуумний насос. Принцип роботи вакуумного насосу будується на зміні об'єму вакуумної камери. Головними діючими елементами є спеціальні текстолітові пластини, які рухаються в пазах ротору під дією центробіжної сили притискаються до стінок циліндричної камери

Стінки циліндричної камери при цьому піддаються абразивному та фретінг-зношуванню. Корпус вакуумного насоса складає значну частину від загальної вартості доільного обладнання тому його відновлення є досить актуальною задачею.

Вибір оптимального технологічного методу для відновлення ускладнюється матеріалом деталі (чавун СЧ-21) та значною величиною зношення (більше 2 мм.). При цьому застосування різноманітних методів наплавлення неможливе через складність механічної обробки внутрішніх поверхонь. Обробка відновлених внутрішніх поверхонь корпусних деталей шліфуванням пов'язана з значними технологічними труднощами, через необхідністю застосування спеціалізованого обладнання та ріжучого інструменту.

При застосування найбільш продуктивного методу відновлення – електродугового наплення покриття характеризуються високою твердістю, пористістю, схильністю до тріщини утворення, наявністю включень карбідів та боридів, що також створює значні труднощі при механічній обробці лезовим інструментом

Для одержання покриття з необхідними властивостями були розроблені порошкові дрого на основі дешевих феросплавів двох груп: при розпиленні порошкових дротів першої групи у покритті реалізується карбідне зміцнення, а при розпиленні дротів другої групи у покриттях реалізується зміцнення за рахунок мартенситного перетворення.

Для визначення фазового складу ЕДП застосовували методику визначення складу зварювального шва згідно діаграми Шефлера.

Провівши дослідження придатності до лезової обробки отриманих покриттів по ваговому методу визначення зносу різця, було встановлено оптимальний склад шихти порошкових дротів. Встановлено, що в покриттях з карбідним зміцненням алюміній та кремній розширюють область існування α -Fe та обмежують область γ -Fe, а також не дозволяють проходити мартенситному перетворенню у покритті при його кристалізації на поверхні напилуваної деталі.

При плавленні порошкового дроту алюміній взаємодіє у розплаві краплини з проходженням алюмотермічної реакції з виділенням великої кількості тепла

Додаток алюмінію у шихту порошкового дроту сприяє збільшенню контактної температури при ударі краплини об поверхню зразка і, як наслідок, утворення ділянок мікроприварювання напиленого покриття. При цьому суттєво зростає міцність зчеплення покриття із основою.

В покриттях з мартенситним зміцненням вміст алюмінію у шихті порошкового дроту не має перевищувати 2%. При збільшенні вмісту алюмінію понад 2% при наявності 2% Si унеможливується мартенситне перетворення у покритті.

Властивості покриттів та зносостійкість лезового інструменту при їх обробці. При зростанні вмісту ферохрому у покритті від 20 до 60% вміст вуглецю у порошковому дроті зростає від 0,32 до 0,96, тобто у 3 рази, проте, як показують результати збільшення вмісту вуглецю, несуттєво збільшує твердість покриття.

Для покриттів мартенситного типу є властивий низький рівень залишкових напружень розтягу $\sigma_{кр.мах}$. Це зумовлено тим, що при проходженні мартенситного перетворення у покритті під час його кристалізації на поверхні сталльної основи, об'єм покриття зростає. Зменшений рівень залишкових напружень розтягу, а також наявність 2% алюмінію у покритті забезпечує високу міцність зчеплення покриття з основою.

На відміну від покриттів з карбідним зміцненням, твердість покриттів з мартенситним зміцненням суттєво залежить від вмісту вуглецю у покритті. Так, при збільшенні вмісту вуглецю із 0,48 до 0,64 твердість зростає із 330 HV до 450 HV. В той же час для покриттів з карбідним зміцненням зростання вмісту вуглецю із 0,32 до 0,96 приводять до зростання твердості від 280 HV до 340 HV.

При точінні покриття з карбідним зміцненням знос різця пропорційний твердості покриття або вмісту ферохрому у ньому.

Для покриттів з мартенситним зміцненням немає кореляції зносу різця із твердістю покриття. Найменший знос різця зумовлює покриття, яке містить у своєму складі додатково 1% Мо. Збільшення вмісту вуглецю у покритті понад 0,40% приводять до катастрофічного зносу різця або сколу ріжучої кромки.

Проведені дослідження покриттів показали високу зносостійкість отриманих покриттів.

Для нанесення покриттів на внутрішню поверхню вакуумного насоса застосовувався вертикально-розточний верстат. Апарат електродугового наплення закріплювався на супорті верстата, а деталь закріплювалась на поворотному столі. Обертання поворотного стола забезпечував електродвигун постійного струму.

Експлуатаційні випробування вакуумних насосів показали, що зносостійкість внутрішньої поверхні насоса підвищилась 1,3 рази, що дозволяє прогнозувати підвищення довговічності агрегату.

Робота виконувалась в рамках держбюджетної теми «Розробка технологічних методів зміцнення та відновлення внутрішніх поверхонь корпусних деталей з дослідженням трибологічних характеристик поверхонь тертя».

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СПОЛУЧЕНЬ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЯ МОДИФІКУВАННЯМ МОТОРНОЇ ОЛИВИ ПРИСАДКОЮ ТА ОБРОБКОЮ МАГНІТНИМ ПОЛЕМ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ

**О.В. Кузик, асп., В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук
Кіровоградський національний технічний університет**

Проблема підвищення надійності транспортної та мобільної сільськогосподарської техніки подовженням ресурсу їх сполучень деталей дизелів з часом не тільки не знижується, а навпаки неухильно зростає.

При експлуатації ДВЗ змінюється стан і склад моторної оливи, прискорюються процеси окиснення, погіршуються її фізико-хімічні показники, підвищується температура оливи, збільшується знос деталей, підвищується витрата палива, зростає чад оливи. Зміна експлуатаційних і фізико-хімічних показників моторної оливи взаємозв'язані з технічним станом і ресурсом двигунів.

На зміну показників якості моторної оливи впливає ряд чинників: початкові властивості оливи, конструктивні особливості двигуна, його технічний стан і режим роботи, властивості оливи, що використовуються для доливання та функціональні присадки, технологія технічного обслуговування і умови роботи МСГТ і АТТ.

Зміна характеристик змащувального середовища модифікуванням речовиною (присадками) та обробкою фізичних полів (електричного, магнітного, електромагнітного), дає можливість подовжити ресурс та підвищити надійність трибосполучень і в деяких випадках відновити зношені робочі поверхні деталей формуванням антифрикційних покриттів.

Не дивлячись на глибокі і ґрунтовні дослідження в області тертя і зношування різних трибосполучень дизелів існує необхідність в розробці підходів керованої зміни властивостей базової моторної оливи модифікуванням присадкою та обробкою магнітним полем з визначенням оптимальних режимів тертя в основних його сполученнях та розробкою триботехнологій відновлення робочих поверхонь деталей двигуна, що є безумовно актуальним.

Серед методів модифікування можна зазначити наступні:

- додавання функціональних присадок;
- використання композиційних олиव з металоорганічними присадками та врахуванням трибохімічних процесів, що відбуваються в зонах тертя;
- вплив електричного поля на базову та композиційну оливу;
- вплив магнітного поля на базову та композиційну оливу;
- вплив електромагнітного поля на базову та композиційну оливу.

Авторами проведені дослідження впливу модифікування моторної оливи додаванням мідьвмісної присадки та обробкою магнітним полем електричного струму (МПЕС) на її властивості та триботехнічні характеристики поверхонь тертя зразків і деталей.

В процесі модифікування базової моторної оливи обробку проводили як поперечним, так і поздовжнім магнітним полем. Виявлено, що модифікуюча дія поздовжнього магнітного поля більш ефективна. Отримані результати можна пояснити структуруючою дією магнітного поля на оливу як рідинний діелектрик, диполі в якому здебільшого орієнтуються в площинах перпендикулярних напрямку поздовжнього магнітного поля.

Більш відчутний вплив магнітного поля на зміну кінематичної в'язкості моторної оливи при додаванні в неї металоплакуючої присадки, оскільки її частинки будуть мати додаткові дипольні моменти, а отже можливість структуризації в базовій оливі.

При додаванні в оливу металоплакуючої присадки і наступної обробки магнітним полем кінематична в'язкість композиційної оливи ($\nu = 4\%$) відповідно збільшується на 2,6% та 5,8%. Зафіксована деяка зміна лужного числа у порівнянні з базовою та композиційною оливами, тобто спостерігається тенденція до його збільшення. Ступінь збільшення різний для базових олив М10-Г2к і М10-ДМ.

Обробка магнітним полем базової і композиційної оливи має тенденцію до зменшення коефіцієнта поверхневого натягу. Причому при додаванні присадки спостерігається більший ступінь зменшення. Дослідження також показують, що існує певний рівень концентрації присадки ($\nu = 3,5...4,5\%$) та напруженості магнітного поля ($H = (2,3...2,8) \cdot 10^4$ А/м), після яких практично досліджувана величина не змінюється.

Виміряні діелектрична і магнітна проникності показали, що магнітна обробка базової оливи знижує значення діелектричної проникності на 0,5...1,0%, при додаванні присадки – на 1,0...4,5% в залежності від концентрації присадки, а обробка композиційної оливи магнітним полем ще на 0,3...0,5% знижує її діелектричну проникність. Виявлено, що магнітна проникність композиційної оливи, обробленої магнітним полем, збільшується від свого початкового показника до 8...10 разів в залежності від концентрації присадки і збільшенні величини напруженості магнітного поля до 6...10 разів. Процеси зміни діелектричної та магнітної проникності базової і композиційної моторної оливи при їх обробці МПЕС свідчать про високий ступінь структуривання модифікуючим впливом.

Період припрацювання зразків на машині тертя СМЦ-2, 77МТ-1 при подачі в зону тертя базової оливи, обробленої МПЕС, зменшується на 10...18%, при подачі композиційної оливи – у 1,1...1,7, а при її обробці МПЕС – у 1,5...2,0 разів швидше. Виявлення також зменшення витрат потужності при тертя на машині тертя 77МТ-1 на композиційній оливі ($\nu = 4,0\%$) при обробці МПЕС ($H = 2,5 \cdot 10^4$ А/м).

Виявлено зміна властивостей поверхонь деталей при комплексному фізико-хімічному модифікуванні оливи в компресорі Forte FL-24. Зокрема додавання мідьвмісної присадки в модифіковану оливу позитивно впливає на характер і темп зносу кілець: в 1,2...1,8 рази знижується темп зносу компресійних кілець; в 1,5...1,6 рази – оливоз'ємних кілець. Знижується темп зносу поршня в 1,16 рази, а поршневого пальця – 1,32 рази, тобто встановлений позитивний вплив комплексного модифікування на зниження зношування деталей компресора. Однією з можливих причин зниження зношування деталей компресора є поліпшення реологічних характеристик їх поверхонь та зміна режимів тертя в сполученнях,

що підтверджується дослідженнями зміни амплітуди акустичного сигналу від тривалості припрацювання.

При дослідженні залежності потужності споживання компресором від питомого навантаження, а також її зміна в часі при навантаженні та розвантаженні виявлено зменшення рівня потужності при комплексному фізико-хімічному модифікуванні присадкою та фізичним полем (7...12%).

Таким чином, модифікування моторної оливи додаванням мідьвмісної присадки та обробкою магнітним полем електричного струму істотно впливає на триботехнічні характеристики поверхонь тертя зразків і сполучень деталей, підвищуючи їх зносостійкість, а отже надійність дизеля і транспортної та мобільної сільськогосподарської техніки в цілому.

ВРАХУВАННЯ ФАЗОВОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ ПРИ УПРАВЛІННІ ЗНОСОСТІЙКІСТЮ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТОБРОБНИХ МАШИН

В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук, А.А.Тихий, ас.
Кіровоградський національний технічний університет

Одним з головних шляхів підвищення надійності робочих органів ґрунтообробних машин (РОГМ) є підвищення зносостійкості елементів трибосистем "РОГМ - ґрунт". При цілеспрямованій зміні зносостійкості трибоелементів враховують їх стан і властивості. Трибосистема "РОГМ - ґрунт" є специфічною в якій РОГМ - безпосередньо працюють в середовищі ґрунту. Ґрунт - це складна поліфункціональна, полідисперсна, чотирифазна, гетерогенна, відкрита структурна підсистема, яка знаходиться в стані постійного обміну речовиною й енергією з навколишнім середовищем.

На сьогодні розрізняють наступні фазові компоненти ґрунтового середовища: тверда, рідка (ґрунтовий розчин), газова (ґрунтове повітря) та жива фаза, що представлена організмами, які беруть безпосередню участь у процесі ґрунтоутворення. Оскільки РОГМ при русі в ґрунті можуть взаємодіяти одночасно з різними компонентами ґрунту, то величина і характер їх зносу не можуть бути визначені тільки якою-небудь фазою, а є результатом дії всього гетерофазного комплексу на робочу поверхню. У зв'язку з цим інтерес викликає вплив кожної фази ґрунту, в їх комплексній дії на зношувальні характеристики та їх можливий внесок в розвиток різних типів процесів зношування.

Встановлення закономірностей зношування РОГМ, ефективна їх експлуатація неможлива без урахування фазового складу та основних характеристик ґрунту, як елементу трибосистеми "РОГМ – ґрунт".

Вплив твердої фази ґрунту на його зношувальна здатність передусім визначається розміром, формою, твердістю та вмістом в ґрунтовій масі абразивних частинок. Міцність та деформація ґрунту залежать від міцності компонентів його складових (кристалів мінералів, зерен та фракцій порід, мінеральних частинок та ін.), а також характеру зв'язку між ними. Міцність найтвердіших компонентів визначається міцністю і характером їх внутрішніх зв'язків.

Невід'ємною складовою частиною ґрунту є його органічна речовина, яка складається з гумусу і напіврозкладених залишків. Вплив гумусу є суттєвим при формуванні зношувальних властивостей поверхонь РОГМ. Гумус - це гетерогенна динамічна полідисперсна система високомолекулярних азотистих ароматичних сполук кислотної природи. Його вміст в поверхневих горизонтах ґрунтів коливається від 0,5...4,0%, різко або поступово зменшуючись з глибиною. Зі збільшенням вмісту гумусу, зношувальні

властивості ґрунту суттєво зменшуються. Інтенсивність зношування РЕ РОГМ в орному горизонті важкосуглинного, супіщаного та середньосуглинного чорнозему, зі збільшенням вмісту гумусу, значно зменшується.

Одним з важливих чинників, що впливають на зношування РОГМ є вологість і склад ґрунтів. Із збільшенням вологості піщаних ґрунтів знос РОГМ зростає. На глинистих і суглинних ґрунтах спостерігається зворотнє явище.

Вологість впливає не тільки на інтенсивність зношування, але і на характер зношування. Вода здійснює істотний вплив як на стан ґрунтових частинок, так і на властивості поверхневих шарів металу. Встановлено, що в супіщаному ґрунті вологістю 10...14% питомий тиск на робочій поверхні РОГМ розподіляється нерівномірно.

Газу в ґрунтах можуть бути природного та антропогенного (техногенного) походження, склад яких істотно різний. Виділяють три групи газів: геологічного, атмосферного і біологічного походження. Ці газу розташовуються в приповерхневих умовах і найбільш активну участь беруть в газообміні. Їх склад близький до атмосферного повітря (табл.1).

Таблиця 1 – Хімічний склад сухого атмосферного повітря в приґрунтовому просторі

Газ	Вміст,%		Газ	Вміст,%	
	по масі	по об'єму		по масі	по об'єму
N ₂	75,52	78,09	NO	0,0025	0,00025
O ₂	23,15	20,94	Kr	3,3·10 ⁻⁴	0,0001
			CH ₄	0,8·10 ⁻⁴	0,00015
Ar	1,28	0,93	He	7,2·10 ⁻⁵	0,00052
CO ₂	0,046	0,033	Xe	3,9·10 ⁻⁵	8·10 ⁻⁶
Ne	0,0012	0,0018	H ₂	3,5·10 ⁻⁶	5·10 ⁻⁵

Найбільший тиск зазнає носова частина РОГМ. Середній тиск в зоні носку в 4,6...12,8 разу більше середнього тиску в його центральній різальній частині.

Максимальний тиск в нижній частині зони носку при швидкості 1,4 м/с на глибині 22 см досягає 1,6...1,8 МПа. Найбільш чутлива до зміни режиму обробітку ґрунту зона носку РОГМ.

Тому мінливість властивостей ґрунту в часі і територіально навіть в межах одного поля слід враховувати при оцінці зносу робочих поверхонь РОГМ, умов експлуатації та тягового опору. Зазначене дає можливість оперативного керування зносом РОГМ при виконанні технологічної операції відповідно до закономірностей взаємодії РОГМ з ґрунтом, властивостей ґрунту та властивостей робочих поверхонь РОГМ. Всі види дії на ґрунт впливають на зміну її об'ємної маси. НДС ґрунту повністю залежить від величини його об'ємної маси і ступеня ущільнення. Процес взаємодії РОГМ під час обробітку ґрунту в основному повинен бути направлений на регулювання об'ємної маси. Знання фізико-механічних та трибологічних властивостей ґрунту дозволяє намітити шляхи і розробити методи підвищення зносостійкості РОГМ з урахуванням властивостей гетерофазного абразивного середовища.

Знаючи вплив кожної фазової складової ґрунту на знос робочої поверхні РОГМ можна прогнозувати їх зносні характеристики, а також і управляти ними при зміні властивостей ґрунтів, або переході від одного типу ґрунту від іншого.

ЗАСТОСУВАННЯ ТОНКОШАРОВИХ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛІВ

О.П. Бруцький, здобувач, В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Надійність автомобілів передусім залежить від стану деталей та їх сполучень і визначається зносостійкістю, твердістю і загальною міцністю вузлів тертя, працездатність яких обмежується певною комбінацією навантаження, швидкості і температури.

За даними В.І. Казарцева сполучення типу „вал-підшипник” ковзання становлять основну частину обсягу відновлених деталей автомобілів. Методика розроблена А.І. Селівановим, дозволяє установити, що близько 63 % підшипників ковзання від загальної кількості мають коефіцієнти рівномірності менше загального коефіцієнта рівномірності автомобіля в цілому. Тому розв'язок проблеми підвищення надійності автомобілів неминуче пов'язане із внесенням істотних та принципових змін в організацію виробництва й ремонту підшипників ковзання. Реальною основою при цьому є застосування пластичних мас.

Як відомо, вузли тертя повинні являти собою комбінацію таких матеріалів, які забезпечували б найменші втрати потужності на роботу сил тертя і меншу величину зношування. У зв'язку з цим дослідники як у нашій країні, так і за кордоном приділяють належну увагу вивченню антифрикційних властивостей пластмас, методів їх переробки й можливості застосування в різних вузлах тертя автомобілів і інших машин і механізмів. Причому встановлено, що кращі антифрикційні властивості мають поліаміди (полікапролоктам, капролон, смола АК-7 фенілон і т.д.)

Густина їх коливається в межах 1,12...1,17 г/см³, що в 2,2 рази менше густини алюмінію, в 2,4 рази менше густини сплаву АСМ, в 7,5 разів менше густини міді і латуні й в 8,7...9 рази менше густини бабітів. Температура плавлення – 210...300 °С. При нагрівання не відбувається поступового розм'якшення, а переходять із твердого в рідкий стан у вузькому інтервалі температур (5...8°С).

Відносно висока теплоємність (0,5...0,7 Дж/г °С, що в 2,5 рази більше, ніж в алюмінію і в 10 разів більше, ніж в олова) вигідно відрізняють поліаміди від металевих антифрикційних матеріалів. Поліаміди стійкі до дії асфатичних і ароматичних вуглеводнів, альдегідів, спиртів, жирів, масел і концентрованих лугів, не виявляють великої дії на метали. Їх механічна міцність характеризується межею міцності на розрив у межах 60...90 МПа, а на стиск – 70...110 МПа. Твердість лежить у межах 100...350 МПа. Цінним показником поліамідів є їхня висока питома в'язкість, у середньому рівна 150...170 кг/см².

Коефіцієнт тертя поліамідів, у порівнянні з металами, більш низький як в режимі рідинного так і сухого тертя (коефіцієнт тертя становить 0,10...0,13). У якості мащення при більших навантаженнях і швидкостях рекомендуються звичайні мастила.

Зносостійкість поліамідів у різних умовах експлуатації значно вище ніж у металів. Поліаміди майже однаково зношуються в контакті з поліамідами і зі сталлю, але їх не слід застосовувати при роботі з алюмінієм, тому що оксидна поверхня алюмінію відіграє роль абразивного матеріалу.

Використання поліамідів значно знижує зношування сполучених з ними поверхонь металевих деталей. Це є особливо цінним при відновленні підшипника (без вала) і при цьому номінальний розмір сполучення залишається попереднім. Підшипники з поліамідів на відміну від металевих швидко припрацьовуються не за рахунок інтенсивного зношування, а за рахунок пружних властивостей поліамідів.

Поряд з цінними властивостями поліаміди мають і ряд недоліків, що обмежують область їх застосування. Теплопровідність поліамідів в 230 раз менше ніж у сталі і в 830 раз менше ніж алюмінію. Вони мають значну величину лінійного розширення, що необхідно

враховувати при роботі деталей з них, особливо в умовах тертя, де відбувається нагрівання металу, що викликає зміна лінійних розмірів. Поліаміди відрізняються значної гідроскопічністю, що має немаловажне значення при використанні антифрикційного матеріалу. Відлиті деталі поглинають вологу доти поки не встановиться рівновага по вологості з навколишнім середовищем. Максимальний відсоток вологості – 12 %. Поглинання вологи приводить до збільшення об'єму й до зміни початкових розмірів на 0,3 %. Поліаміди як і інші пластмаси, піддаються процесу старіння.

Значення свідчить проте, що застосування пластичних мас можливе при ремонті автомобілів з урахуванням їх позитивних і негативних властивостей. При цьому розробляються технологічні процеси виготовлення деталей та нанесення на їх робочі поверхні поліамідів та їх композицій.

На практиці розширення діапазону застосування поліамідів для підшипників ковзання йде двома основними шляхами: по-перше, застосуванням різних наповнювачів (графіт, чавун, алюміній і т.д.), що поліпшують фізико-механічні і антифрикційні полімери, при виготовленні підшипників цілком з поліаміду, і по-друге, нанесенням тонкошарових пластмасових покриттів на робочу поверхню деталей з металевих матеріалів.

Нанесення поліамідів на деталі дозволяє одержати поєднання властивостей металу й пластмаси, при цьому через металеву основу забезпечуються міцнісні властивості, а пластмасове покриття обумовлює високу зносостійкість.

Такий спосіб зміцнення і відновлення деталей різко підвищує строк їх служби й вносить цінні зміни в умови роботи сполучених деталей. Тонкошарові покриття дозволяють: підвищити рівень допустимих навантажень на підшипник за рахунок підтримуючого впливу металевої основи й значного зменшення пружних і пластичних деформацій; повністю усунути дію корозійного зношування; поліпшити процес тепловідводу із зони тертя; знизити вплив вологовбирання. Деталі в цьому випадку мають більш стабільні розміри. Крім цього, зменшення товщини покриття обумовлює тенденцію зменшення процесу зношування, що, поліпшує тепловідвод.

Нанесення тонкошарових пластмасових покриттів, крім усіх згаданих вище переваг, дає можливість швидко, ефектно й дешево відновлювати зношені металеві підшипники, компенсуючи величину зносу нанесеним пластмасовим шаром.

Широке застосування антифрикційних пластмас для підшипників ковзання в нас і за кордоном підтверджує не тільки можливість, але й необхідність переходу на облицювання підшипників ковзання пластичними масами (особливо поліамідами) при ремонті деталей автотракторної та сільськогосподарської техніки.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Д.С. Губа, маг. гр. ЗМб,

*Н.С. Грипачевский, доц., канд. техн. наук
Николаевский государственный аграрный университет*

Повышение надежности и долговечности машин и механизмов непосредственно связано с качеством смазочных материалов, которые используются в настоящее время. Для повышения эксплуатационных свойств масел широко используется технология по введению в них специальных легирующих присадок, которые по функциональным свойствам бывают разного назначения.

Вместе с тем один из недостатков современных масел с присадками - невысокая их стойкость к выпадению в осадок.

Как выявлено производственной эксплуатацией тракторов, часть присадки, которая введена в масло, фильтруется центробежными маслофильтрами двигателя, а также выпадает в осадок во время транспортировки и хранения. Это в свою очередь снижает эксплуатационные свойства масла, создавая негативное влияние как на долговечность двигателя внутреннего сгорания так и на время работы самого масла [1 - 4].

Это в некоторой степени возможно компенсировать за счет добавления в масло присадок, которые изготавливаются как на органических так и на металлической основе, что применять в условиях эксплуатации невозможно из-за неизвестного их состава.

Нами предлагается разработка технологии ультразвуковой обработки товарного моторного масла, при которой происходит ряд позитивных эффектов: звуковой ветер, звуковое давление и кавитация. Звуковой ветер приводит к более интенсивному перемешиванию и распределению присадки среди молекул масла, а звуковое давление повышают температуру масла, что также способствует более равномерному распределению присадки в масле, приближая раствор присадки в масле к монодисперсному состоянию.

В соответствии с этим было проведено озвучивание моторного масла, используемого в двигателях Д-240 трактора МТЗ-80 с помощью ультразвукового генератора УЗГ-4А, установленного в мастерской пункта технического обслуживания тракторов. Масло перед заливкой в поддон озвучивалось в течение одного часа.

Для проведения эксплуатационных испытаний были выбраны новые трактора МТЗ-80. Количество отработанных моточасов колебалось в пределах 200-280 моточасов. Трактора были разбиты на три группы, в зависимости от сорта применяемого масла. Первая группа тракторов (в количестве из трех тракторов) работала на масле обработанном ультразвуком. Вторая группа, (в количестве из 7 тракторов), использовали летнее масло, и третья группа, (в количестве из 3 трактора), с использованием зимнего масла. Все 13 тракторов выполняли исключительно транспортные работы [5, 6].

Во время выбора тракторов для проведения эксплуатационных испытаний главное внимание уделялось их техническому состоянию, и особенно, угар масла, затрата топлива и прорывание газов из сапуна двигателя. Для этого каждый трактор проверялся по выше перечисленным показателям в течение двух рабочих смен. Затрата топлива проверяли непосредственно по показателям мерной лейки, угар масла соответственно долитого из мерного цилиндра емкостью 0,5 л.; а количество газов что прорывалось из сапуна - посредством газового счетчика КИ-8940.

Сопоставление результатов наблюдений за тракторами дало основания для возможности их использования для проведения эксплуатационных испытаний [7, 8].

Перед началом проведения испытания всем тракторам было проведено 2-ое техническое обслуживание согласно инструкции. При этом поддон картера был снят и тщательным образом промыт дизельным топливом. После сборки двигателя заливалось свежее масло. При работе двигателя контролировалось давление масла, которое было в допустимых границах. Точность работы показателя температуры воды проверялось посредством ртутного термометра. Работа центрифуги проверялась согласно инструкции после остановки прогретого двигателя. В главную масляную магистраль был вмонтирован специальный штуцер для отбора проб масла в период испытания.

За весь период проведения эксплуатационных испытаний масло в картере двигателя не заменяли ввиду того, что количество отработанных моточасов не превышало 240-340 моточасов.

Количество отложений в центрифуге определяли путем взвешивания ротора на весах, через 60 моточасов работы двигателя; промывание центрифуги происходила через 120 часов работы двигателя. Отбор проб масла в количестве 300 мл проводили каждые 60 моточасов

работы двигателя. Долив масла на компенсацию угара проводили посредством мерных цилиндров емкостью 0,5 л с ценой деления 1 мл.

Помимо общеизвестных методик определения физико-химических и эксплуатационных показателей, содержания в масле и отложениях с центрифуги нерастворимых в бензине продуктов определяли методом центрифугирования по ГОСТ 6370-52 с некоторыми изменениями, суть которых состоит в том, что определение количества механических примесей в отработанных маслах производят методом центрифугирования на центрифуге LSZ-49 при 3500 об/мин. с фактором разделения 1500g, а в качестве растворителя используется вместо бензина низкокипящий петролейный эфир. При этом используется термостойкие (перекисные) пробирки, что даёт возможность определять суммарное количество нерастворимых продуктов, а также содержания в них сгораемых и не сгораемых компонентов.

После определения суммарного количества механических примесей, пробирки помещают в муфельную печь и выдерживались в течение часа при температуре 600+30оС.

По разности весов пробирки до и после озоления определяют несгораемый остаток и количество сгораемых компонентов

Содержания твердых элементов в масле определяют с помощью спектрального анализа по методике ВНИИИП с некоторыми усовершенствованиями, предложенными сотрудниками кафедры «Эксплуатации МТП» Кишинёвского сельскохозяйственного института.

Износ деталей двигателя определяли тремя методами:

- количество железа в масле, отложениях с центрифуги и в нагарах;
- взвешиванием поршневых колец и шатунных вкладышей;
- износ гильз цилиндров методом искусственных баз в зоне остановки первого компрессионного кольца.

Для рассматривания форм и размеров продуктов старения масла, а также присадки, применяли электронный микроскоп УЭМВ-100А при ускоряющем напряжении 100 кВ. При этом масла растворялись в петролейном эфире в соотношении 1:20. Приготовленные таким образом растворы наносились пипеткой на коллоидную пленку, которая затем укладывалась на металлическую сетку объектодержателя и высушивалась при температуре 100оС в течении 24 часов.

Микрофотографии структур масел при эксплуатационных испытаниях ($\times 20000$) позволяют отчетливо просматривать мицеллы присадок методом секущих. Так у свежих масел размер их составляет 0,04...0,5 мк, тогда как к концу эксплуатационных испытаний они составляют 1...1,5 мк. Эти конгломераты являются продуктами строения масла. У масел с меньшим индексом вязкости, они лучше фильтруются, образуя крупные конгломераты, легко удерживаются центрифугой. Поэтому рекомендуется применять загущенные масла и в процессе эксплуатации поддерживать температурный режим близким к оптимальному в особенности в осенне-зимний период.

Следовательно, при определении сорта масел для различных двигателей необходимо провести соответствующие стендовые и эксплуатационные испытания с последующей оценкой всех физико-химических показателей масла и износа деталей.

Производственные испытания показали, что моторесурс двигателей, работающих на озвученном масле увеличился на 15%.

На основании изложенного материала необходимо сделать вывод, что для увеличения моторесурса двигателей необходимо совершенствовать конструкцию двигателей, использовать соответствующие сорта моторных масел и способы улучшения их эксплуатационных показателей.

Список литературы

1. Виноградов В.И. Эксплуатация дизельных тракторов в зимних условиях / В.И. Виноградов. – Челябинск, 1980. – 257 с.
2. Смирнов М.С. Влияние температуры охлаждающей жидкости и природы топлива на износ деталей цилиндра-поршневой группы / М.С. Смирнов, И.Т. Очеретяный. – Иркутск, 1990. – 160 с.
3. Лышко Г.П. К методике определения содержания механических примесей в отработанных маслах / Г.П. Лышко, А.А. Жосан // Труды КСХИ. – Кишинев, 1967. – том 53. – С. 31–45 с.
4. Аронов Д.М. Влияние эксплуатационных режимов работы автомобиля на изменение физико-химических свойств моторных масел / Д.М. Аронов, К.М. Максимов // Сборник статей. Эксплуатационно-технические свойства и применение автомобильных топлив, смазочных материалов и спецжидкости. – М. : Транспорт, 1968. – выпуск 5. – С. 194.
5. Арабян С.Г. Исследование и подбор картерных масел в соответствии с требованиями и условиями эксплуатации дизелей: кандидатская диссертация / С.Г. Арабян. – 1959. – 253 с.
6. Лосавио Г.С. Пусковые износы автомобильных двигателей при низких температурах / Г.С. Лосавио // НИИАТ. – 1967. – С. 56–87.
7. Никулин Ю.В. Роль топлива в смазке и износе деталей ЦПГ в период пуска-прогрева дизельного двигателя. / Ю.В. Никулин и др. // Научно-техническое совещание по повышению износа деталей ЦПГ двигателей внутреннего сгорания. – Госниимаш, 1968. – С. 35–90.
8. Абрамов О.В. "Ультразвуковая обработка материалов / О.В. Абрамов, Ш.Т. Хорбенко, И.Г. Швевла. – М. : Машиностроение, Братислава : "Альфа", – 1984. – 280 с.

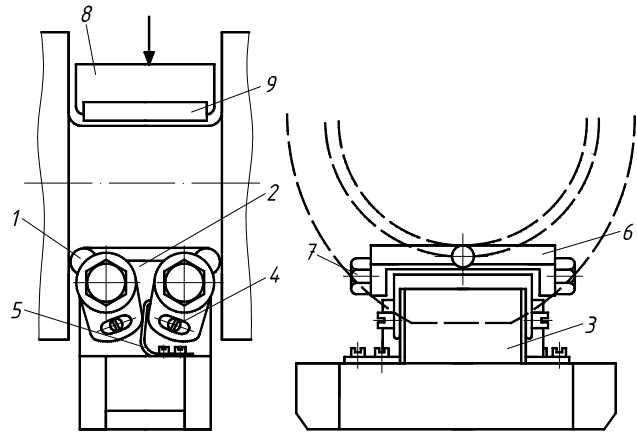
ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ СМД С ПОМОЩЬЮ ВИБРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ЧЕКАНКИ

П.Н. Гувеский, маг. гр. ЗМб,
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук
Николаевский государственный аграрный университет

В лаборатории по двигателям была исследована эффективность применения ППД для повышения усталостной прочности коленчатых валов двигателей СМД [1]. Такие валы изготавливают из стали 45, шейки подвергают закалке т.в.ч. до HRC 52 - 62 на глубину 2,5 - 4,5 мм. В настоящее время валы некоторых двигателей изготавливают из высокопрочного чугуна.

Разработан метод виброгидравлической чеканки галтельных зон коленчатых валов, основанный на методе гидроимпульсной чеканки.

Упрочнения галтелей шеек вала двигателей СМД-14, СМД-15К, СМД-18к, СМД-60 производят на станке модели ВГУКВ-1. Рабочий узел станка (рис. 1) состоит из упрочняющих головок, в которых помещен ударный инструмент. Деформирующие шарики размещены в гнезде сферического держателя, вмонтированного в корпус. Держатель может перемещаться на угол до 30°, при этом он фиксируется штифтом, установленным в прорези держателя, и пружиной. Шарики удерживаются в держателе двумя планками, укрепленными винтами. Для исключения одностороннего нагружения упрочняющая головка имеет крышку с сегментом, в котором установлены игольчатые ролики, передающие нагрузку на всю длину шейки вала. Для определения влияния режимов упрочнения на выносливость коленчатых валов варьировали усилие упрочнения от 12 до 24 кН и число проходов от 1 до 6.



1 - деформирующие шарики; 2 - держатель; 3 - корпус; 4 - штифт; 5 - пружина; 6 - планка; 7 - винт; 8 - крышка; 9 - игольчатые ролики

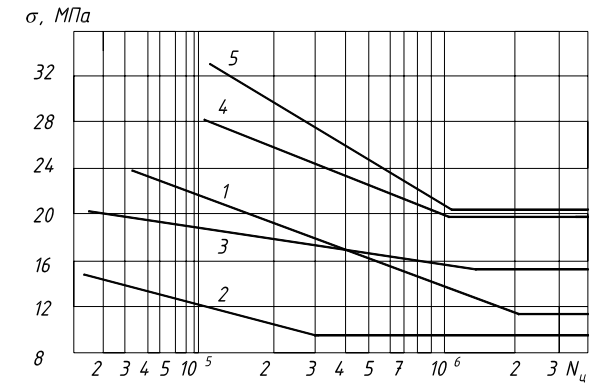
Рисунок 1 – Рабочий узел станка ВГУКВ-1

Оптимальным усилием для упрочнения валов принято усилие в 19 кН, число проходов - 2. Эксперименты показали, что при усилии на упрочнитель более 21 кН на поверхности галтели начинается шелушение металла; число проходов больше двух практически не влияет на эффективность чеканки; при шаге чеканки, равном 0,1 - 0,12 мм, шероховатость исходной поверхности повышается на 2 - 3 класса и после виброгидравлической чеканки соответствует 8 - 9-му классам; глубина наклепа по изменению твердости составляет 2,5 - 4 мм.

Исследования сопротивления усталости при симметричном изгибе коленчатых валов, подвергнутых виброгидравлическому наклепу, производили на резонансной машине УМ-4. На рис. 2 приведены кривые усталости коленчатых валов двигателей СМД [2].

Упрочнение чеканкой увеличивает предел выносливости стальных валов примерно на 77%, а чугунных на 67%. Следует отметить, что виброгидравлическая чеканка вызывает значительно меньшую деформацию вала, чем обкатывания.

Для проведения массового упрочнения предварительно была разработана его технология. Для выявления рационального режима упрочнения были определены глубина упрочненного слоя, а также остаточные напряжения до и после упрочнения галтелей вала.



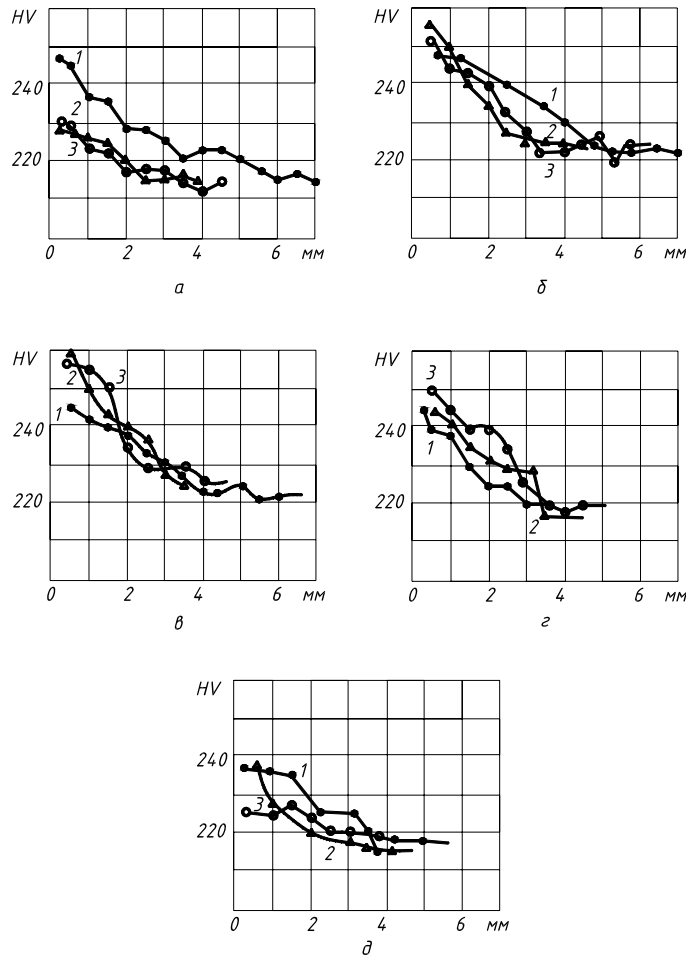
1 - стального вала без упрочнения; 2 - чугунного вала без упрочнения; 3, 4, 5 - упрочненных валов при усилии на упрочнитель, равном 19 кН, соответственно чугунного СМД-14, стальных СМД-14 и СМД-15к, стального СМД-60

Рисунок 2 – Кривые усталости коленчатых валов двигателей СМД

Для определения глубины упрочнения по изменению твердости металла из коленчатых валов, наклепанных при различных режимах, вырезались участки вала и изготовлялись шлифы. Глубина упрочненного слоя определялась на приборе ТП типа Виккерс при нагрузке на алмазную пирамиду $P = 0,10$ кН. Замеры производились по трем направлениям: посередине галтели и в местах перехода галтели к шейке вала и щеке.

Определение глубины упрочненного слоя производилось на валах, упрочненных по пяти режимам. Результаты определения твердости и глубины упрочненного слоя приведены в табл. 1. По результатам исследования построены кривые изменения твердости (рис. 3). Как видно из приведенных кривых и табличных данных, твердость упрочненных галтелей увеличивается от 5 до 17% по сравнению с исходной твердостью.

Наибольшая глубина упрочненного слоя достигнута при нагрузке упрочнения $P = 20$ кН и составила 6 мм. При дальнейшем увеличении нагрузки на упрочняемой поверхности наблюдается шелушение металла.



а - 20 кН; б - 16 кН; в - 12 кН; г - 8 кН; д - 12 кН;
кривые 1 - изменение твердости в средней части галтели; кривые 2 - изменение твердости со стороны шейки;
кривые 3 - изменение твердости со стороны щеки

Рисунок 3 – Кривые изменения твердости галтелей коленчатых валов, упрочненных по разным режимам при нагрузке P

Часть валов упрочнялась после предварительного шлифования. После упрочнения такие валы подвергались дальнейшей механической обработке. Так, в данном случае валы №3 и 5 (табл. 1) упрочнялись при одном и том же режиме, но вал №5 после упрочнения проходил последующие операции шлифования, правки и суперфиниширования, в результате чего снимался слой упрочненного металла толщиной 0,3; 0,4 мм и искажалась форма и изменялись величины радиусов галтелей.

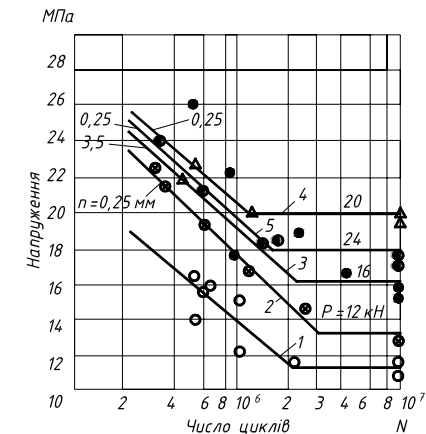
Глубина упрочненного слоя вала №5 значительно меньше (3,5 мм) и составляет около 82% от глубины слоя вала №3, упрочненного после окончания всей механической обработки. Следовательно, целесообразно упрочнять валы, полностью законченные механической обработкой, что дает значительно большую глубину наклепанного слоя и стабильность радиусов всех галтелей.

Таблица 1 – Характеристики упрочненного слоя коленчатых валов

№ вала	Нагрузка на шарик в кН	Твердость HV		Глубина упрочненного слоя в мм со стороны			Изменение твердости в %
		исходная	упрочненного слоя	шейки	галтели	щеки	
1	20	215	230 - 248	2,5	6,0	3,5	107,0 - 115,5
2	16	223	248 - 257	3,5	4,8	3,0	111,2 - 115,3
3	12	223	245 - 260	3,5	4,3	4,0	110,0 - 116,6
4	8	218	245 - 250	3,5	3,7	3,0	112,4 - 114,7
5	12	215	225 - 237	3,0	3,5	2,5	104,6 - 110,3

Примечание. Валы №1, 2, 3, 4 упрочнены после полной механической обработки; вал № 5 упрочнен после предварительного шлифования.

При проведении упрочнения необходимо соблюдать требование, чтобы радиус шарика-упрочнителя был несколько меньше радиуса упрочняемой галтели, так как при этом условии достигается максимальный эффект упрочнения. Исходя из этого требования радиус R шарика-упрочнителя взят равным 5,75 мм, а валы подбирались с большими радиусами, хотя выполнить это требование в массовом производстве валов удастся не всегда, так как допуск на радиусе галтели равен $-0,6$ мм ($6-0,6$ мм). В случае соблюдения вышеуказанного условия галтель упрочнялась по всей поверхности с максимальной глубиной по всей зоне галтели, в противном случае повышенная глубина наблюдалась в зонах непосредственного перехода галтели к шейке и щеке вала.



1 - валы без упрочнения; 2, 3, 4 и 5 - валы, упрочненные виброгидравлическим способом при нагрузке $P = 12 - 24$ кН и продольном шаге чеканки n , равном 0,25 и 3,5 мм

Рисунок 4 – Кривые усталости коленчатых валов двигателя СМД при переменном изгибе по симметричному циклу

Для оценки эффективности упрочнения были проведены усталостные испытания на натуральных образцах, вырезанных из коленчатого вала в виде отдельных кривошипов. Из каждого вала вырезалось по два образца. Испытания производились на резонансной машине УМ-4 конструкции института механики АН УССР при симметричном цикле нагружения изгибом. Работа машины в резонансном режиме обеспечивается настройкой колебательной системы, включающей в себя испытываемый образец, на частоту возбуждения 25 Гц.

Тарирование динамометра производится по проволочным датчикам, наклеенным в исследуемом сечении образца; в данном случае в сечении щеки, по которому разрушается вал. База испытаний была принята равной 107 циклов как для неупрочненных, так и упрочненных валов.

Из приведенных на рис. 4 усталостных кривых следует, что упрочнение валов виброгидравлической чеканкой увеличивает предел выносливости при симметричном цикле нагружения с $\sigma_{-1} = 11,2$ МПа до $\sigma_{-1} = 19,9$ МПа, т. е. на 77 %. Достижимый упрочняющий эффект позволяет полностью компенсировать неблагоприятное влияние технологических и эксплуатационных факторов, снижающих надежность коленчатого вала в условиях длительной работы в двигателе.

Список литературы

1. Петушков Г.Е. Повышение усталостной прочности коленчатых валов двигателей СМД виброгидравлической чеканкой / Г.Е. Петушков // Вестник машиностроения. – 1972. – № 1. – С. 51 – 53.
2. Кудрявцев И.В. Экспериментальные исследования конструкционной прочности машиностроительных материалов и деталей машин / И.В. Кудрявцев. – М.: Машиностроение, 1967. – 259 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

С.В. Маркиган, маг. гр. ЗМб,

Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук

Николаевский государственный аграрный университет

Наплавленные и напыленные покрытия являются неоднородными по своим геометрическим и физико-механическим параметрам, что приводит к появлению значительных радиальных, осевых и тангенциальных колебаний режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности. Поэтому необходимо исследовать разброс параметров микрогеометрии поверхности после удаления слоя металла покрытия с неравномерной толщиной, а также после чистовой окончательной обработки.

Для проверки однородности микрогеометрии поверхности по R_a изготавливали образцы, наплавленные проволокой ПП-25Х5ФМС. Известно, что широкополосная наплавка и напыление с оплавлением позволяют получить поверхностный слой с меньшим разбросом параметров макрогеометрии и механических свойств, чем у винтовой наплавки. Поэтому представляет большой интерес рассмотреть диапазон изменения высотных параметров шероховатости поверхности после точения поверхностей, наплавленных винтовой наплавкой.

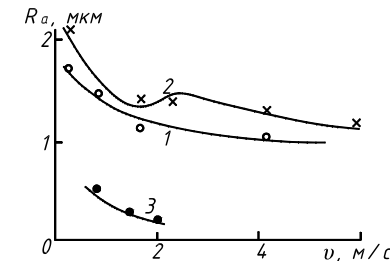
Эксперименты показали, что совокупность значений R_a поверхности после первого рабочего хода инструмента и окончательной обработки подчиняется нормальному распределению. При этом для случая первого рабочего хода инструмента выборка R_a

неоднородна. Проверка по правилу Томпсона показала, что с вероятностью 99,5 % резко выделяются некоторые значения R_a . После окончательного чистового рабочего хода все выборки получены из одной и той же генеральной совокупности. Таким образом, значения параметров шероховатости поверхности, полученные после удаления дефектного поверхностного слоя покрытия, должны проверяться на однородность.

Шероховатость поверхности покрытий после точения исследовали на профилометре-профилографе «Талисерф-5М120» и профилометре «Сартроник-3» с приставкой «Сарграфик» фирмы «Рэнк Тейлор Хобсон» (Великобритания) [1].

Поскольку пластическое деформирование в зонах стружкообразования и вторичного деформирования зависит от скорости резания, последняя оказывает влияние на высоту микронеровностей поверхности. На рис. 1 показаны зависимости параметра шероховатости R_a от скорости резания. Возрастание скорости резания в исследованном диапазоне вызывает монотонное снижение параметра шероховатости поверхности R_a .

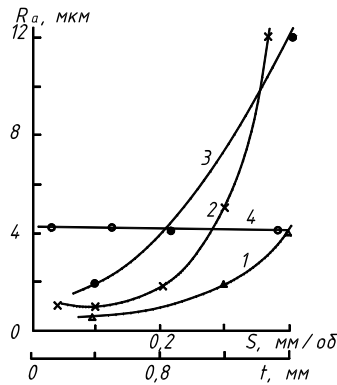
Граничная скорость резания, начиная с которой высота неровностей перестает быть зависимой от нее и определяется геометрическими параметрами инструмента и значением подачи, зависит от твердости обрабатываемого покрытия. Для наплавленной проволоки ПП-25Х5ФМС (42...46 HRC) граничная скорость резания составляет 2,6 м/с, а для наплавленной проволоки ПП-АН128 (52...58 HRCэ) - 1,25 м/с. Для напыленного покрытия типа СНГН при точении резами из эльбора-Р граничная скорость резания составляет 1,0 - 1,01 м/с. Такое различие определяется снижением уровня пластического и упругого деформирования в зоне резания более твердых материалов покрытий [1].



1 - ПП-АН128, $S = 0,15$ мм/об; 2 - ПП-25Х5ФМС, $S = 0,15$ мм/об; 3 - СНГН-55; $S = 0,04$ мм/об

Рисунок 1 – Зависимость шероховатости поверхности от скорости резания

При обработке наплавленных и напыленных металлических покрытий подача оказывает наибольшее влияние на параметр шероховатости поверхности (рис. 2). При малой подаче ($S < 0,05$ мм/об) существенно сказывается трение на задней поверхности инструмента, что несколько повышает R_a . А.Д. Макаров ввел понятие критической подачи, начиная с которой она практически не влияет на высоту микронеровностей, определяемой радиусом при вершине резца. Для резца из киборита с радиусом при вершине 1 мм при точении наплавленных проволок ПП-АН128 и ПП-25Х5ФМС критическая подача составляет соответственно 0,11 и 0,15 мм/об. При точении более твердого покрытия наблюдаются более низкие критические подачи. С ростом радиуса при вершине резца критическая подача возрастает.



1 - $R = 2,5$ мм, ПП-25Х5ФМС; 2 - $R = 1,0$ мм, ПП-АН128; 3 - $R = 1,0$ мм, ПП-25Х5ФМС; 4 - $R = 2,5$ мм, ПП-АН128

Рисунок 2 – Зависимость шероховатости поверхности от подачи, S (1 - 3), глубины резания, t (4) и радиуса при вершине резца, R

Глубина резания практически не оказывает влияния на параметр шероховатости поверхности наплавов, что связано с малым влиянием глубины резания на пластическое деформирование при резании. Такие же результаты получены при точении резцом из эльбора-Р напыления типа СНГН.

Наряду с подачей радиус при вершине инструмента оказывает определяющее влияние на высоту и форму остаточных микронеровностей на обработанной поверхности.

А.И. Исаев показал, что любая причина, влияющая на протекание пластического деформирования металла в зоне резания, сказывается на высоте остаточных микронеровностей. Таким образом, износ инструмента также оказывает влияние на параметры шероховатости поверхности. Проведенные исследования подтвердили эту закономерность и для обработки покрытий. Зависимость параметра шероховатости поверхности R_a при точении наплавленной спеченной электродной ленты ЛС-5Х4В3МФС инструментом из киборита от ширины фаски износа по задней поверхности резца и времени резания показало, что такой вид зависимости объясняется совместным действием сглаживающего эффекта от фаски на задней поверхности инструмента и возрастания сил на задней поверхности, приводящего к появлению вибраций. Как показано ранее, износ инструмента сопровождается увеличением радиуса при его вершине. Так, для исследованного случая при точении наплавленной ленты ЛС-5Х4В3МФС радиус при вершине резца изменяется от 0,02 мм у остро заточенного до 0,09 мм у изношенного инструмента, что способствует снижению параметра шероховатости поверхности. В то же время радиус скругления режущей кромки изменялся в пределах 0,022...0,032 мм. Увеличение радиуса скругления режущей кромки приводит к повышению параметра шероховатости. Это связано с возрастанием доли составляющей высоты микронеровности вследствие упругого и пластического деформирования обрабатываемого материала в зоне стружкообразования.

Вероятно, такое малое увеличение радиуса скругления режущей кромки незначительно повышает высоту микронеровностей, а снижается она в более сильной степени вследствие увеличения радиуса при вершине резца. При достижении ширины фаски износа по задней поверхности $h_z = 0,2$ мм высота неровностей поверхности начинает возрастать.

На параметр шероховатости поверхности существенное влияние оказывает инструментальный материал. Так, при точении наплавов ПП-АН128 и ПП-25Х5ФМС инструментом из киборита достигается параметр шероховатости поверхности R_a на 40 % ниже, чем при точении резцами из поликристаллов композита 10. Объясняется это различным фрикционным взаимодействием инструментальных материалов с покрытиями.

Физико-механическое состояние и свойства поверхностного слоя определяются упрочнением, остаточными напряжениями, структурой материала и их однородностью.

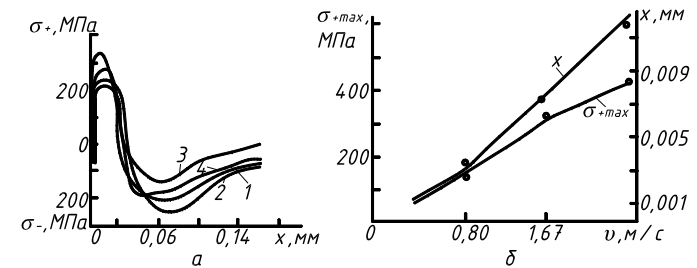
Образование остаточных напряжений после точения наплавленных деталей имеет сложный характер. Результирующее значение остаточных напряжений определяется влиянием всего технологического процесса изготовления детали, включая создание покрытия и механическую обработку.

В зависимости от наплавленного материала и условий наплавки в поверхностном слое покрытия могут образовываться как растягивающие, так и сжимающие напряжения. Поэтому, даже зная, какими должны формироваться остаточные напряжения после точения, практически невозможно предсказать окончательное значение и распределение напряжений в поверхностном слое наплавленной детали.

Рекомендуют проводить механическую обработку через 12..24 ч после нанесения покрытия. За этот период происходит некоторая релаксация напряжений в покрытии.

Тангенциальные остаточные напряжения σ_1 первого рода исследовались по методу Давиденкова. В связи с тем, что принятый метод и аппаратура для определения остаточных напряжений позволяли получить достоверную информацию, начиная со слоя материала, расположенного на глубине 2...3 мкм, значение напряжений на поверхности образца и глубина залегания первого участка эпюры распределения определяются неточно, причем степень точности уменьшается с приближением к поверхности образца. Поэтому остаточные напряжения оценивали по максимальным растягивающим напряжениям и глубине залегания растягивающих напряжений.

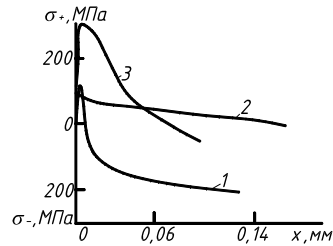
Из приведенных на рис. 3 эпюр видно, что повышение скорости резания в зависимости от площади срезаемого слоя может оказывать различное влияние на формирование остаточных напряжений. При увеличении площади срезаемого слоя скорость резания оказывает существенное влияние на рост максимальных растягивающих остаточных напряжений σ_{max}^+ и расширение зоны залегания растягивающих напряжений x . В то же время само увеличение сечения среза приводит к некоторому росту максимальных растягивающих напряжений.



a - ПП-АН128; 1 - $v = 3,3$ м/с, $S = 0,2$ мм/об, $t = 2,0$ мм; 2 - $v = 1,67$ м/с, $S = 0,11$ мм/об, $t = 1,0$ мм; 3 - $v = 3,3$ м/с, $S = 0,11$ мм/об, $t = 1,0$ мм; 4 - $v = 1,67$ м/с, $S = 0,2$ мм/об, $t = 2,0$ мм; b - ПП-25Х5ФМС, $S = 0,15$ мм/об, $t = 0,5$ мм; x - глубина распространения максимальных напряжений

Рисунок 3 – Влияние скорости резания, v на остаточные напряжения

Увеличение подачи приводит к росту максимальных растягивающих остаточных напряжений. Влияние подачи на остаточные напряжения целесообразно рассматривать в совокупности с влиянием радиуса при вершине резца. Так, при точении наплавки ПП-25Х5ФМС при скорости резания $v = 1,0$ м/с и радиусе при вершине резца $R = 3,5$ мм, изменение подачи в пределах $0,11 \dots 0,26$ мм/об вызывает увеличение максимальных растягивающих напряжений от 80 до 140 МПа, а при $R = 0,5$ мм соответственно от 300 до 340 МПа (рис. 4). Очевидно, что увеличение радиуса при вершине резца приводит к снижению максимальных растягивающих напряжений на втором участке эюры.

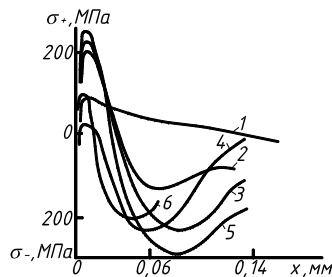


1 - $S = 0,26$ мм/об, $R = 3,5$ мм; 2 - $S = 0,11$ мм/об, $R = 3,5$ мм; 3 - $S = 0,11$ мм/об, $R = 0,5$ мм

Рисунок 4 – Влияние подачи и радиуса, R при вершине резца на остаточные напряжения в наплавке ПП-25Х5ФМС

На рис. 5 показаны эюры остаточных напряжений в наплавленном поверхностном слое после точения резцами из киборита с различными скоростями и глубинами резания.

Сравнение инструмента из безвольфрамового твердого сплава СТИМ-3Б и киборита при точении наплавленной проволоки ПП-25Х5ФМС показывает, что при использовании сплава СТИМ-3Б характерны увеличение максимальных растягивающих напряжений и расширение зоны растягивающих напряжений. Кроме того, в тонком поверхностном слое наблюдается более существенный перепад напряжений, чем при использовании инструмента из киборита. Причиной этому может быть больший коэффициент трения между твердым сплавом СТИМ-3Б и обрабатываемым материалом и в результате более высокая температура в зоне резания, чем при точении киборитом. Кроме того, может сказываться наличие в твердом сплаве карбида титана, а в обрабатываемом материале - титана и железа, что способствует адгезионному взаимодействию инструментального и обрабатываемого материалов.



1 - $v = 1,33$ м/с, $t = 0,5$ мм; 2 - $v = 0,33$ м/с, $t = 0,5$ мм; 3 - $v = 1,67$ м/с, $t = 0,55$ мм; 4 - $v = 1,33$ м/с, $t = 1,0$ мм; 5 - $v = 3,33$ м/с, $t = 1,0$ мм; 6 - $v = 1,33$ м/с, $t = 1,0$ мм

Рисунок 5 – Влияние скорости и глубины резания на остаточные напряжения в наплавках ПП-АН128 (1, 6) и ПП-25Х5ФМС (2 - 5)

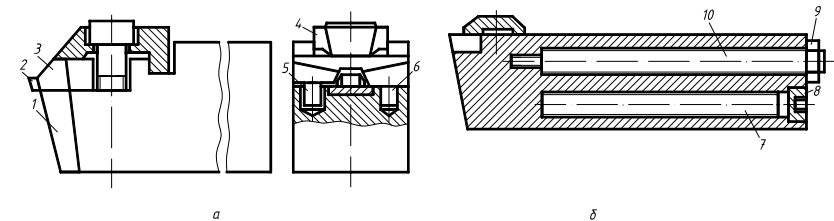
Влияние скорости резания на формирование остаточных напряжений объясняется изменением коэффициента трения между стружкой и передней поверхностью инструмента с увеличением скорости резания. Последнее приводит к уменьшению коэффициента трения, а также повышению температуры в зоне обработки. Это способствует снижению напряжений в зоне стружкообразования, облегчает обтекание материалом поверхностного слоя режущих элементов резца, в результате чего формируются большие растягивающие напряжения. При обработке наплавленной проволоки ПП-25Х5ФМС со скоростью резания $v = 2,5$ м/с наблюдается увеличение размеров области растягивающих напряжений, что связано с наличием в тонком поверхностном слое вторичной закалки.

Влияние глубины резания на формирование остаточных напряжений менее значительно, чем подачи и скорости резания. Ее увеличение затрудняет обтекание обрабатываемым материалом режущих элементов инструмента, что способствует снижению максимальных остаточных напряжений растяжения. Однако с ростом скорости резания выделяется дополнительное количество теплоты, снижаются усилия резания и трения, что приводит к увеличению растягивающих напряжений. В связи с тем что глубина резания влияет на формирование напряжений в меньшей степени, чем скорость, их суммарное действие проявляется в некотором увеличении максимальных растягивающих напряжений.

Увеличение радиуса при вершине резца способствует уменьшению отношения толщины стружки к ее ширине и приводит к снижению растягивающих напряжений. В то же время ширина зоны залегания растягивающих напряжений по глубине поверхностного слоя возрастает.

Увеличение жесткости инструмента из сверхтвердых материалов может быть реализовано путем надежного закрепления режущей пластины в державке. В качестве возможного решения на рис. 6, а приведена конструкция резца, в которой надежно крепления режущей пластины достигается использованием упруго-деформируемого прихвата инструмента. Вторая конструкция (рис. 6, б) предусматривает возможность создания в державке инструмента предварительных напряжений противоположных по знаку напряжениям, возникающим в ней в процессе резания. При этом величина создаваемых напряжений выбирается из соотношения $1,1\sigma_d < \sigma_r < 1,2\sigma_d$, где σ_r и σ_d - напряжения, формируемые при резании и создаваемые в державке. Такая конструкция особенно эффективна при значительном вылете инструмента из резцедержателя.

При обработке изделий с покрытиями общим обязательным условием обеспечения повышенной виброустойчивости инструмента является установка его на станке с минимальным вылетом.



1 - державка; 2 - режущий элемент; 3 - сепаратор; 4 - прихват; 5 - подвижный штифт; 6 - штифт; 7 - сжимающий стержень; 8, 9 - гайка; 10 - растягивающий стержень

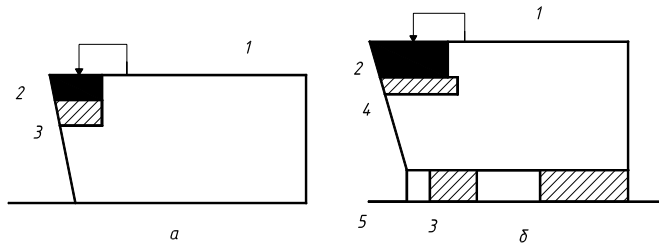
Рисунок 6 – Виброустойчивые конструкции инструмента с упругим зажимом (а) и с напряженной державкой (б)

В последнее время появились сообщения об использовании режущего инструмента с чугунными державками, а также о применении в режущем инструменте специальных

вибросящих пластин "Авибрит" (рис. 7). Такие инструменты обладают повышенной демпфирующей способностью. В зависимости от частоты колебаний в зоне резания, пластины изготавливаются с различными демпфирующими свойствами. Таким образом, обеспечивается максимальное снижение динамичности процесса обработки и повышение работоспособности инструмента.

Рассмотренное выше особенно актуально для инструмента из сверхтвердых материалов, учитывая их высокую стоимость. Снижение уровня вибраций обеспечивает уменьшение интенсивности образования трещин на передней и задней поверхностях инструмента, повышая его период стойкости [2].

Известно, что такие характеристики материала покрытий, как плотность, пористость, дефектность и др., имеют различные значения по его толщине. В связи с этим распределение механических свойств по слою покрытия имеет экстремальный вид. Например, для газотермических покрытий системы Ni-Cr-B-Si толщиной 1,2 мм максимальная микротвердость наблюдается на глубине 0,5 – 0,7 мм.



1 - державка; 2 - режущая пластина; 3 - демпфирующая пластина; 4 - подложка из твердого сплава; 5 - сепаратор

Рисунок 7 – Схема установки демпфирующих пластин в режущем инструменте (а - под режущим элементом; б - под державкой)

По этой причине процесс точения должен вестись так, чтобы с изделия удалялись более дефектные слои покрытия, а к обработанной поверхности прилегали наиболее твердые, прочные и однородные участки материала. Следствием этого является повышение работоспособности инструмента, определяемое снижением динамических нагрузок на режущее лезвие, получение меньшей шероховатости обработанной поверхности и возрастание эксплуатационных характеристик изделий с покрытиями.

Список литературы

1. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями / Э.В. Рыжов, С.А. Клименко, О.Г. Гуцаленко. – К.: Наукова думка, 1994. – 181 с.
2. Клименко С.А. Точение износостойких защитных покрытий / С.А. Клименко, Ю.А. Муковоз, Л.Г. Полонский, П.П. Мельничук. – К.: Техніка, 1997. – 146 с.

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ

О.С. Мельник, маг. гр. ЗМб,
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук
Николаевский государственный аграрный университет

Попытки очистить нежесткие пластины теплообменников фирмы «Альфа-Лаваль» участка декомпозиции глиноземного производства ООО «НГЗ» от технологических алюмосиликатных и железистых отложений традиционным путем на ЭГУ 36121А с энергией разряда 5 кДж не привели к желаемым результатам. На пластинах при очистке возникали нежелательные остаточные деформации. Очистка пластин травлением их в 10% соляной или серной кислоте с последующей доочисткой металлическими щетками была узким местом в ремонте.

Для очистки на ЭГУ нежестких пластинчатых деталей типа пластин теплообменников фирмы «Альфа-Лаваль» и секторов дисковых фильтров оборудования глиноземного производства в результате модернизации разработаны оригинальные способы и устройства (патенты России № 2162491 и № 2181634, патенты Украины № 30508А, 34020А), а также высоковольтный электрод для ЭГУ (патент Украины № 36362А). Очистка изделий производится импульсами, следующими с частотами, соответствующими резонансным частотам изгибных колебаний очищаемых деталей. Энергия высоковольтного разряда принята равной 0,5 кДж.

По первому способу (патент № 2181634) очищаемые нежесткие пластинчатые детали 1, толщиной h , укладываются в виде пакета на жесткий контейнер 2 между штифтами 3 (см. рис. 1). Сверху пакета обрабатываемых деталей 1 устанавливают технологическую пластину 4, выполненную с профилем конгруэнтным профилю деталей 1. Контейнер 2 установлен на платформу 5, которую опускают в бак 6 с жидкостью (водой) 7, имеющей электрическое сопротивление не менее $12,0 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. В состав высоковольтного генератора 8 импульсных токов (ГИТ) входят: высоковольтная блокировка для защиты от остаточного напряжения на емкостном накопителе 9, система вентиляции разрядника 10, положительный токовод с электродом 11 и отрицательный токовод 12. Положительный электрод 11 поперек бака 6 перемещается на каретке 13 по траверсе 14, которая может перемещаться в продольном направлении бака. Продукты очистки деталей располагаются в шламособорнике 15. Малое падение напряжения в разъемном соединении гибкого токовода 1 (см. рис.2., патент Украины № 36362А) и иницирующего стержня 2 обеспечивается плотным соединением их с помощью сжатия пластин 3 и 4 болтовыми соединениями 5 и 6 [1, 2].

Это приводит также к снижению предпробивных потерь высоковольтного разряда и обеспечивает эффективную работу электрода и его высокую надежность. Применение тонкой проволоки в качестве иницирующего стержня 2, что особенно важно при работе с малой энергией разряда (0,5 – 1 кДж), уменьшает поверхность выступающей из наконечника 7 части стержня электрода и позволяет при этом увеличивать расстояние \log между торцами наконечника 7 и иницирующего стержня 2, что приводит к увеличению долговечности наконечника и повышению надежности электрода [2]. При уменьшении, в результате электроэрозии, длины \log иницирующего стержня 2 на величину более допустимой (это может привести к разрушению наконечника 7) стержень 2 выдвигают путем перемещения гибкого токопровода 1 с эластичной изоляцией 8. Для этого откручивают колпак 9, удаляют кольцо 10 смагиванием клейкой ленты, перемещают в изоляторе 11 гибкий токопровод 1 вместе с пластинами 3 и 4 и иницирующим стержнем 2 на величину электроэрозии и

устанавливают необходимую длину лог выступающей части стержня, затем образуют кольцо 10 из клейкой ленты вплотную к торцу втулки 12 и закручивают колпак 9.

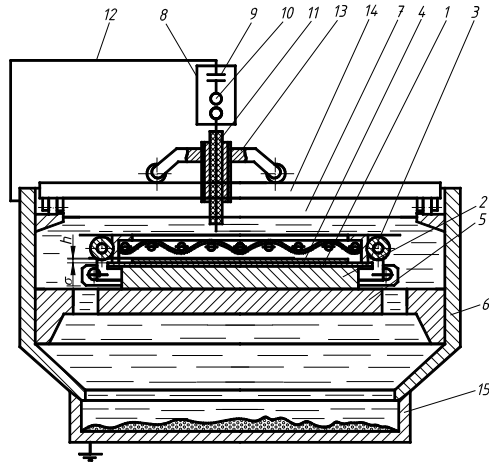


Рисунок 1 – Электрогидравлическая установка для очистки нежестких пластин

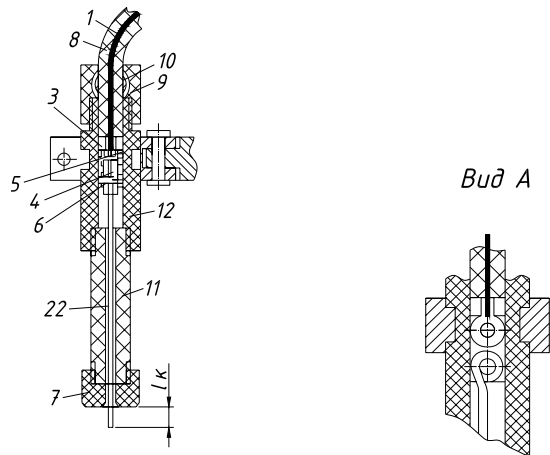


Рисунок 2 – Высоковольтный электрод

По второму способу (патент № 2162491) нежесткая пластина, подвергаемая очистке, укладывается в контейнер с использованием упругой прокладки. Сверху очищаемой пластины устанавливается стальная сетка с определенным размером ячейки. Высоковольтные разряды производятся на сетку, что исключает появление на очищаемой детали прижогов от разрядов. Упругая прокладка между контейнером и деталью позволяет увеличить прогиб детали при наложении на нее ударного импульса, что увеличивает эффективность очистки детали. При этом полностью удаётся удалить технологические

отложения без остаточных деформаций очищаемой детали, а поскольку высоковольтный разряд на обрабатываемое изделие исключен, в результате этого на поверхности отсутствуют повреждения поверхностного слоя. Второй способ очистки применяется в том случае, когда технологические отложения наиболее прочно соединены с поверхностью очищаемой детали. В результате электрогидравлической очистки отпала необходимость в предварительной очистке их каустической содой, 10% соляной кислотой, исключена механическая очистка щетками, абразивными кругами. Всего очищено около 12 тысяч дорогостоящих пластин теплообменников фирмы «Альфа-Лаваль», половина из них возвращена в эксплуатацию, вторая половина забракована из-за трещин, образовавшихся в процессе эксплуатации. Без очистки обнаружить трещины было затруднительно. С использованием модернизированной электрогидравлической установки модели 36121А, то есть с энергией разряда $W = 0,5$ кДж, очищено перед ремонтом более 1500 секторов фильтров. При этом предварительная очистка их каустиком не производится. Улучшены санитарно-гигиенические условия работы сварщиков-ремонтников, так как внутри секторов накапливались технологические отложения и происходило их возгорание в процессе сварки при ремонте, а во время эксплуатации эти отложения затрудняли фильтрацию раствора. Остаточной деформации перфорированных сторон сектора фильтра во время очистки не наблюдалось.

Разработана прогрессивная технология электрогидравлической очистки от технологических отложений дренажей, камфлексов, вентилях, заслонок ТЭЦ и другой запорной арматуры. Ежемесячно очищается несколько сотен дренажей, несколько десятков единиц запорной арматуры. При этом часто во время очистки очищаемые изделия разбираются самопроизвольно из-за снижения сил трения в контактах деталей, находящихся в вибрационном поле. Причем без электрогидравлической очистки многие вентиля, камфлексы, заслонки ТЭЦ, клапаны которых полностью забиты технологическими отложениями, разобрать обычными методами не представлялось возможным. Поворотные их части разрезались газовыми горелками, а после разборки изготавливались заново. Дрены при очистке укладывались на плоской стальной пластине с использованием резиновой прокладки для предотвращения их поломки. При этом использовались специальные кассеты, которые после укладки в них дренажей накрывались сеткой. Высоковольтный разряд, с целью исключения поломки дренажей, производился на сетку.

Список литературы

1. Поздеев В.А. Электроразрядные генераторы упругих колебаний / В.А. Поздеев, П.И. Царенко, Б.И. Бутаков и др. – Киев: Наукова думка, 1985. – 176 с.
2. Бутаков Б.И. Организация ремонтов на ОАО «НГЗ» / Б.И. Бутаков, Ю.Г. Овчинников, А.Т. Удодов, С.И. Довганюк и др. // Материалы 9 международной науч.-практич. конф. «Организация и технологии ремонта машин, механизмов, оборудования», 1 - 5 октября 2001 г, г. Киев. – Киев, 2001. – С. 10 – 13.

РАЗРАБОТКА АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Т.Н. Наумова, маг. гр. ЗМб,
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук
Николаевский государственный аграрный университет

Алмазное выглаживание применяют в различных отраслях машиностроения благодаря следующим технико-экономическим показателям: возможности обработки широкого круга материалов и использования процесса для деталей различной формы; увеличению надежности и долговечности за счет улучшения качества и несущей способности поверхностей, высокой производительности и отсутствию шаржирования. Выглаживание успешно применяют при отделке и упрочнении деталей из различных материалов (цветных металлов и сплавов, закаленных сталей, жаропрочных сплавов). Выглаживанию не поддаются детали из сплавов циркония, ниобия и титана, если на их поверхностях отсутствуют твердые изолирующие прослойки.

Этот способ обработки дает возможность получить высокое качество наружных и внутренних поверхностей тел вращения, фасонных и плоских поверхностей, в том числе поверхностей тонкостенных и нежестких деталей. При этом обеспечивается уменьшение шероховатости поверхности в 2 - 6 раз, увеличение несущей способности поверхности в 2 - 10 раз, упрочнение (повышение твердости) поверхностного слоя на 20 - 200 %, образование наклепанного слоя, формирование остаточных напряжений сжатия, изменение фазового состава металла в поверхностном слое.

Основными факторами, обуславливающими применение алмазного инструмента для выглаживания покрытий, являются низкий коэффициент трения и малая шероховатость рабочей поверхности алмаза, высокие показатели по износостойкости, твердости, теплопроводности и модулю упругости. Выглаживание алмазом с шероховатостью рабочей поверхности $Ra = 0,02$ мкм характеризуется малыми значениями адгезионной составляющей силы трения, что позволяет эффективно обрабатывать покрытия с повышенной твердостью и вязкостью. Для выглаживания изготавливают наконечники из природного или синтетического алмаза с рабочей поверхностью сферической, цилиндрической или конической формы. Наибольшее применение получили наконечники со сферической формой алмаза. Их применяют для обработки наружных и внутренних поверхностей. Цилиндрические и конические алмазные наконечники обеспечивают большую стабильность выполнения процесса и увеличенный период стойкости, но для их изготовления требуются крупные алмазы, и ими можно обрабатывать только наружные поверхности. Рабочая поверхность наконечников из природных алмазов имеет шероховатость $Ra \approx 0,03$ мкм, а синтетических алмазов – $Ra = 0,09$ мкм. Вершины алмазных наконечников рекомендуется восстанавливать шлифованием и доводкой или только доводкой (в зависимости от степени износа). Целесообразно восстанавливать наконечники на специальных ограночных станках ВАС-1, ВАС-2. При отсутствии специальных ограночных станков выглаживатели можно восстанавливать на станках с доводочными дисками типа настольного станка ЗАР-67 (габаритные размеры 640x400x240 мм).

Шлифование и доводка карбонадо осуществляются алмазными кругами формы АЧК. Шлифование можно производить кругами АЧК на связке ТО2 зернистостью 63/50 - 100/80 100%-ной концентрации. Доводку осуществляют кругами на бакелитовой связке зернистостью 3/2 50%-ной концентрации. Режимы обработки: $v = 25 - 30$ м/с, давление на алмаз $(100 - 150) \cdot 10^7$ Па при заточке и $(60 - 80) \cdot 10^7$ Па при доводке, СОЖ - концентрированный раствор KNO_3 . Доводку природных алмазов ведут на чугунной планшайбе алмазным порошком АМ3/2.

Оптимальная толщина слоя у большинства применяемых металлопокрытий невелика – 5 - 60 мкм, кроме того, некоторые из них имеют низкую прочность сцепления с материалом-основой. В этих условиях незначительное превышение силы выглаживания P_y или ее нестабильность могут привести к отслаиванию покрытия либо к незначительному эффекту его обработки. Поэтому при выглаживании металлопокрытий необходимо уделять большое внимание не только назначению режимов ППД, но и выбору конструкции державок.

При выглаживании металлопокрытий весьма эффективны державки с упругим закреплением алмазного индентора. Преимущества таких державок способствуют их широкому практическому применению. Вместе с тем в некоторых случаях наличие одного упругого элемента в державке и погрешности ее установки могут явиться причиной возникновения недопустимых тангенциальных перемещений индентора в зоне его контакта с деталью. Для устранения этих перемещений, дестабилизирующих процесс выглаживания, следует применять специальные державки, одна из них показана на рис. 1. Наличие здесь двух упругих элементов, симметрично расположенных относительно алмаза, позволяет полностью устранить его тангенциальные перемещения. При этом стабильность полученных параметров качества поверхности и устойчивости процесса ППД повышаются, что позволяет повысить скорость обработки, т. е. увеличить производительность, осуществить ППД металлопокрытий малой толщины (6 - 8 мкм) и выглаживать высокопрочные труднообрабатываемые металлопокрытия. Применение болта-ограничителя осевых перемещений алмаза позволяет выглаживать прецизионные детали типа плунжеров, золотников, распределителей и других деталей, у которых в процессе ППД не должны скругляться их отсечные кромки [1].

При выглаживании отверстий малого диаметра возникает задача уменьшения габаритных размеров инструмента и консольной части державки при сохранении требуемой жесткости.

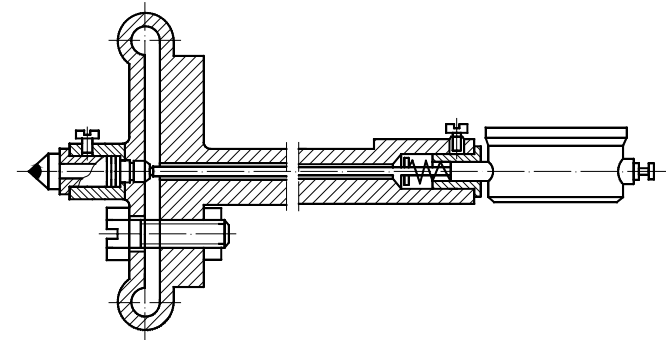


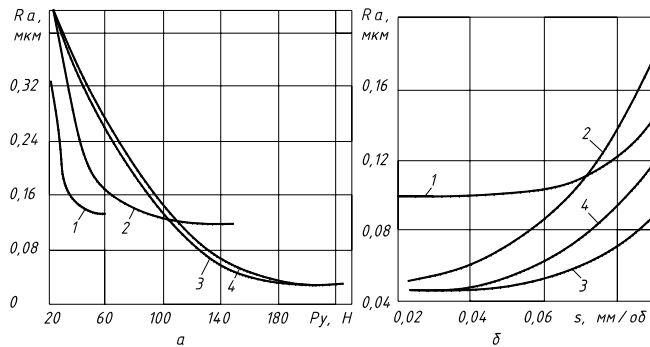
Рисунок 1 – Упругая державка для выглаживания цилиндрических наружных поверхностей

Опорная способность поверхностей определяется совокупностью их геометрических характеристик (т. е. шероховатостью и волнистостью), а также геометрической и размерной точностью (т. е. отклонениями геометрической формы, точностью взаимного расположения поверхностей и точностью выполнения размера детали) [2].

Алмазное выглаживание значительно уменьшает шероховатость поверхности. В результате обработки выглаживанием происходит упругопластическая деформация исходных неровностей и получается поверхность с новым рельефом, форма и величина неровностей которого зависят от технологических параметров обработки. К основным технологическим параметрам выглаживания, определяющим качество поверхности,

относится сила выглаживания P_y , радиус рабочей части алмаза $R_{сф}$ и его подача s . Кроме того, на качество поверхности, обработанной выглаживанием, оказывают большое влияние физико-механические свойства обрабатываемого покрытия и основного металла и размеры неровностей исходной поверхности $R_{исх}$. Одним из наиболее важных факторов, в значительной степени определяющих степень сглаживания неровностей, является сила выглаживания. При увеличении силы выглаживания P_y до некоторой определенной величины P_{y1} происходит уменьшение шероховатости. Дальнейшее увеличение P_y не изменяет шероховатость поверхности. Следует отметить, что степень сглаживания неровностей изменяется неравномерно в зависимости от силы выглаживания: при нагрузке $P_y < P_{y1}$ интенсивность сглаживания неровностей значительно уменьшается. Это вызвано тем, что в результате обработки с силой P_{y1} происходят деформации неровностей и упрочнение поверхностного слоя. При нагрузке P_{y2} происходит отслаивание покрытия. Величина P_{y2} зависит от прочности сцепления покрытия с основой. Если прочность сцепления покрытия с основным металлом меньше контактного напряжения, возникающего при алмазном выглаживании с оптимальной силой, то отслаивание покрытия происходит при силе $P_{y2} < P_{y1}$.

Зависимости R_a от P_y (рис. 2, а) для различных покрытий получены при подаче выглаживателя $s = 0,05$ мм/об.



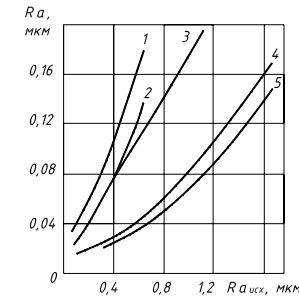
1 - кадмиевое; 2 - хромовое и никельфосфорное термообработанное; 3 - серебряное; 4 - никелевое гальваническое (для 1, 3, 4 - $R_{сф} = 4$ мм, для 2 - $R_{сф} = 1,5$ мм)

Рисунок 2 – Зависимость шероховатости R_a поверхности от силы выглаживания P_y и подачи s алмазного инструмента при обработке различных покрытий

Увеличение подачи алмазного инструмента ведет к увеличению шероховатости выглаженной поверхности (рис. 2, б). Но если изменение подачи в пределах от 0,02 до 0,05 мм/об оказывает незначительное влияние на шероховатость поверхности покрытий, то увеличение подачи более 0,05 мм/об вызывает заметное увеличение неровностей. Твердые покрытия ($H_p > 300 \cdot 107$ Па), для обработки которых применяют небольшие радиусы рабочей части алмаза, более чувствительны к изменению подачи, чем мягкие. Так, при изменении подачи от 0,05 до 0,09 мм/об шероховатость хромированной поверхности увеличивается от $R_a = 0,07$ мкм до $R_a = 0,17$ мкм, а шероховатость поверхности, покрытой серебром, увеличивается от $R_a = 0,05$ мкм до $R_a = 0,085$ мкм. При выглаживании алмазом с большим радиусом рабочей части влияние подачи на шероховатость поверхности проявляется в меньшей степени.

С увеличением неровностей исходной поверхности шероховатость поверхности, обработанной выглаживанием, возрастает (рис. 3). При изменении шероховатости исходной

поверхности $R_{a_{исх}}$ от 1,6 до 0,2 мкм происходит уменьшение неровностей серебряного и никельфосфорного покрытий в 10 раз. Если величина $R_{a_{исх}}$ находится вне пределов указанного диапазона, то шероховатость поверхности при выглаживании уменьшается незначительно. Для хромового и никельфосфорного покрытий шероховатость исходной поверхности в диапазоне $R_a - 1,2 - 0,1$ мкм уменьшается в 4 раза, а неровности исходной поверхности $R_a = 2,5 \dots 1,3$ мкм уменьшаются не более чем в 2 раза. При этом, чем больше радиус рабочей части алмаза, тем меньше шероховатость выглаженной поверхности.



1, 2 – никельфосфорное и хромовое покрытие; 3 - 5 - серебряное покрытие; (1 - $R_{сф} = 1,5$ мм; 2, 3 - $R_{сф} = 2,5$ мм; 4 - $R_{сф} = 4$ мм; 5 - $R_{сф} = 5$ мм)

Рисунок 3 – Зависимость шероховатости R_a выглаженной поверхности от исходной шероховатости $R_{a_{исх}}$

С увеличением неровностей исходной поверхности требуется увеличение силы выглаживания (рис. 4). Применение повторных рабочих ходов при выглаживании с оптимальными режимами несколько уменьшает шероховатость поверхности. Уменьшение шероховатости при втором рабочем ходе происходит вследствие упрочнения поверхностного слоя выглаженного покрытия и соответственно уменьшения глубины внедрения алмаза и высоты волны перед ним (микрорельеф изменяется незначительно).

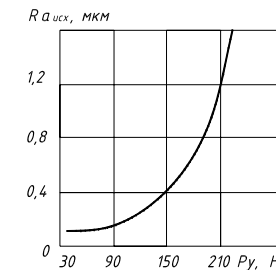


Рисунок 4 – Изменение силы выглаживания P_y в зависимости от шероховатости исходной поверхности $R_{a_{исх}}$ (покрытие серебром, $R_{сф} = 4$ мм, $s = 0,05$ мм/об)

Третий рабочий ход при выглаживании может, привести к отслаиванию покрытия. Учитывая что при осуществлении второго рабочего хода снижается в 2 раза производительность обработки при незначительном уменьшении шероховатости поверхности, следует в большинстве случаев рекомендовать применение однократного алмазного выглаживания.

Второй рабочий ход при выглаживании может быть рекомендован лишь в случае необходимости получения наименьшей шероховатости поверхности маложестких и

тонкостенных деталей, для которых требуются малые силы выглаживания. Так, обработка за два рабочих хода при выглаживании поверхности хромового покрытия с силой 90 Н позволяет получить ту же шероховатость поверхности, что и выглаживание с силой 140 Н.

Как показали эксперименты, с увеличением скорости обработки выглаживанием от 10 до 100 м/мин происходит незначительное изменение шероховатости поверхности, которое практически можно не учитывать. Для выполнения указанных расчетов необходимо располагать данными о механических свойствах материалов, опорной площади поверхностей и форме отдельных неровностей. Оценку несущей способности поверхности можно производить по опорной длине или опорной кривой профиля.

Список литературы

1. Хворостухин Л.А. Обработка металлопокрытий выглаживанием / Л.А. Хворостухин, В.Н. Машков, В.А. Торпачев, Н.Н. Ильин. – М.: Машиностроение, 1980. – 63 с.
2. Одинцов Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: Справочник / Л.Г. Одинцов. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ШКИВОВ КЛИНОРЕМЕННЫХ ПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ

**Р.В. Резниченко, маг. гр. ЗМб,
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук, Д.Д. Марченко, ас.
Николаевский государственный аграрный университет**

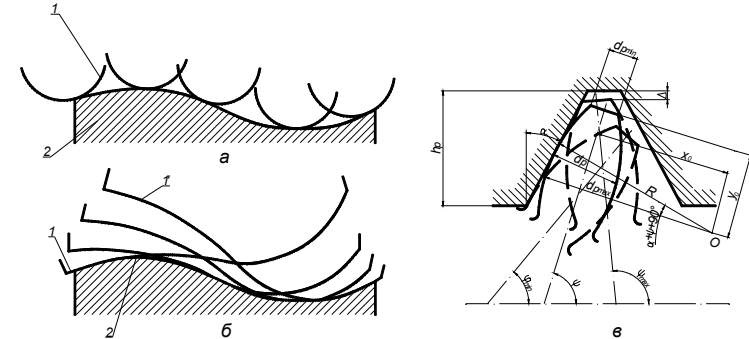
Наиболее ответственными узлами механизмов являются клиноременные передачи. В настоящее время проблема повышения долговечности клиноременных передач оборудования, работающего в условиях большой запыленности остается весьма острой. В значительной степени эту проблему можно решить за счет повышения качества рабочих поверхностей клиноременных шкивов.

Большая глубина впадины профиля шкива при незначительной ширине впадины создает трудности при чистовом нарезании ее по всей глубине профиля. Низкая виброустойчивость системы станок–резец–деталь не позволяет получить требуемую шероховатость поверхности, соответствующую $R_a = 0,16...1,25$ мкм (ГОСТ 2789 – 73). Чаще всего достигается шероховатость $R_z = 10...40$ мкм. Для получения требуемой шероховатости конусной поверхности шкивы подвергаются поверхностному пластическому деформированию с помощью обкатывания роликами.

С целью обеспечения интенсивной деформации металла поверхностного слоя при сравнительно небольших усилиях обкатывания (5 – 6 кН), допустимых на средних металлорежущих станках, применен способ обкатывания огибанием коническим консольным роликом.

Кинематика известного способа обкатывания детали роликом заключается во вращении ролика вокруг своей оси и в поступательной подаче его вдоль профиля обкатываемой поверхности из положения 1 в положение 1' (рис. 1, а). При переменной кривизне профиля детали по мере подачи ролика изменяется приведенная кривизна в точке контакта: $1/R_{np} = 1/R_o + 1/r_p$, а это приводит к снижению качества обкатанной поверхности, так как нарушается условие оптимизации усилия обкатывания. Радиус кривизны ролика при

известном способе обкатывания должен быть заведомо меньше наименьшего радиуса вогнутого участка профиля детали, что ограничивает допустимую подачу и снижает тем самым производительность процесса. Способ обкатывания огибанием заключается в том, что точка контакта ролика (рис. 1, б) с деталью по мере его перехода в положение 1' перемещается по детали в процессе взаимного огибания их профилей. Обкатывание, таким образом, происходит как в плоскости качения – поперечного сечения ролика, – так и в плоскости подачи его осевого сечения. Профиль ролика при обкатывании огибанием [1] может иметь в общем случае переменную кривизну, согласованную с кривизной детали так, что в каждой точке обеспечиваются оптимальные условия их контакта. В частности, при этом способе может обеспечиваться одинаковая приведенная кривизна профилей ($R_{np} = const$), что позволяет использовать постоянное рабочее усилие, достаточно большие подачи и гарантирует при этом качество поверхности и высокую производительность процесса. Кроме того, обкатывание огибанием позволяет более равномерно загрузить рабочую поверхность роликов за счет постепенного смещения точки их контакта с деталью вдоль профиля осевого сечения, причем смещение обеспечивается и при обкатывании деталей с прямолинейной образующей, например профиль впадины шкива клиноременной передачи.



1 – ролик; 2 – деталь

Рисунок 1 – Схемы обкатывания деталей роликами с подачами продольной (а) и огибанием (б), а также схема расчета приведенного диаметра ролика и угла огибания (в)

Значение этого факта особенно велико для увеличения стойкости роликов малого диаметра. Схема обкатывания огибанием конической поверхности концевым роликом показана на рис. 1, в. Ролик подается поворотом его оси в плоскости осевого сечения детали. Форму ролика – радиус кривизны профиля, положение оси и торца ролика (x_o, y_o) относительно центра кривизны О – определяют исходя из режима обкатывания, прочности и размещения ролика во впадине обкатываемой резьбы. Угол огибания, необходимый для деформации кольцевого витка по всей высоте его образующей в случае огибания без проскальзывания [1], составляет

$$\varphi = \frac{h_p - \Delta - 2[r_p \sin(\alpha + \psi_{max}) - x_o] \cos \psi_{max}}{r_p \cos \alpha}$$

где Δ – гарантированный зазор между роликом и деталью; ψ_{max} – конечный угол контакта ролика с деталью:

$$\psi_{max} = \pi - [\alpha + \arccos(y_o / r_p)] \tag{1}$$

В процессе обкатывания изменяется диаметр ролика, контактирующий с витком. Его величина определяется в связи с координатным углом ψ :

$$d_p = 2[r_p \sin(\alpha + \psi) - x_o] \quad (2)$$

и достигает максимума при $\psi = 90^\circ - \alpha$; $d_{p\max} = 2(r_p - x_o)$. Радиус кривизны ролика в сечении, проведенном нормально к образующей витка, учитывают при определении усилия обкатывания, полагая расчетный диаметр ролика

$$d_p = 2[r_p - x_o / \sin(\psi + \alpha)]. \quad (3)$$

Устройство для обкатывания рабочих поверхностей клиноременных шкивов приведено на рис. 2 [2].

Консольный ролик 1 установлен в подшипник рычага 2, поворачивающегося на оси 3 относительно корпуса 4. Нижний конец рычага 2 с помощью зубчатого зацепления соединен с сектором 5, к которому с помощью шлицевого валика присоединен кулачок 6, крайнее положение последнего определяется упорными винтами 7. С одним из концов сектор 5 шарнирно связан с поршнем 8, установленным в расточке цилиндра 9. Усилие на поршне 8 создается пружиной 10 и регулируется гайкой 11. В теле поршня 8 имеются клапан 12 и калибровочное отверстие 13, площадь сечения которого регулируется запорным штоком 14. Устройство устанавливают в резцедержатель токарного станка.

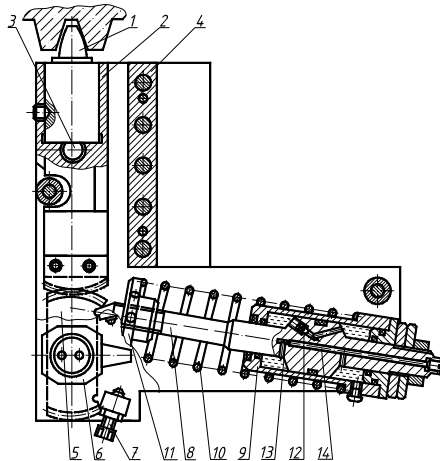


Рисунок 2 – Устройство для обкатывания роликами клиноременных шкивов

Устройство работает следующим образом.

Ролик 1 подводится к обкатываемой поверхности детали и поджимается к ней под действием пружины 10 через поршень 8, сектор 5 и рычаг 2. При вращении детали корпусу 4 устройства вместе с суппортом станка задается движение подачи вдоль оси детали справа налево при обкатывании правой стороны ручья, и слева направо – при обкатывании левой стороны. За счет поворота рычага 2 образующая ролика 1 огибает профиль обкатываемой детали, осуществляется подача обкатывания. При повороте рычага 2, сектор 5, который находится в зацеплении с рычагом 2, вращается и, постепенно сжимая пружину 10, перемещает поршень 8 относительно цилиндра 9. Жидкость, залитая в цилиндр 9, переливается через клапан 12 справа налево и позволяет рычагу 2 свободно отклоняться в

процессе обкатывания, а при отводе ролика 1 от детали предотвращает быстрое возвращение рычага 2 в исходное положение. Рычаг 2 медленно поворачивается по мере перетекания жидкости из левой полости в правую через калибровочное отверстие 13.

Для обкатывания левой стороны профиля ручья поршень 8 перебрасывается в нижнюю выемку сектору 4.

Таким образом, предлагаемая технология и устройство, уменьшит шероховатость, повысит точность и осуществит интенсивную пластическую деформацию металла поверхностного слоя боковых стенок ручьев на шкивах, что повысит их износостойкость и долговечность ремней клиноременных передач.

Список литературы

1. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев. – Киев: Наук. думка, 1995. – 256 с.
2. Патент України на корисну модель UA 65181, МПК В24В 39/04 (2006.01) Пристрій для обкатування роликами бокових поверхонь шківів клиноременних передач / Б.І. Бутаков, Д.Д. Марченко, В.В. Мамарін – Опубліковано 25.11.2011, Бюл. №22.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ТОРСИОНОВ С ПОМОЩЬЮ ОБКАТЫВАНИЯ ИХ РОЛИКАМИ

Л.Г. Самко, маг. гр. ЗМб,

Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук, Д.Д. Марченко, ас.
Николаевский государственный аграрный университет

Рабочее усилие при обкатывании валов ограничено не только возможностями станка, но также и жесткостью детали. По мере увеличения длины вала возрастает опасность недопустимого прогиба его под действием радиальной силы.

На рис. 1 приведена номограмма допускаемых сил при обкатывании валов в центрах одним роликом. Если отношение длины валов к диаметру равно или более 10, предусмотрена установка лонетов. Но лонеты сокращают технологические возможности обработки, увеличивают вспомогательное время. Более рационально для обкатывания длинных валов применение многороликовых устройств охватывающего типа.

Характерным примером обработки валов малой жесткости является обкатывание шеек трансмиссионных валов рольгангов прокатных станов. Эти валы имеют длину 6 – 8 м при диаметре – 130 мм.

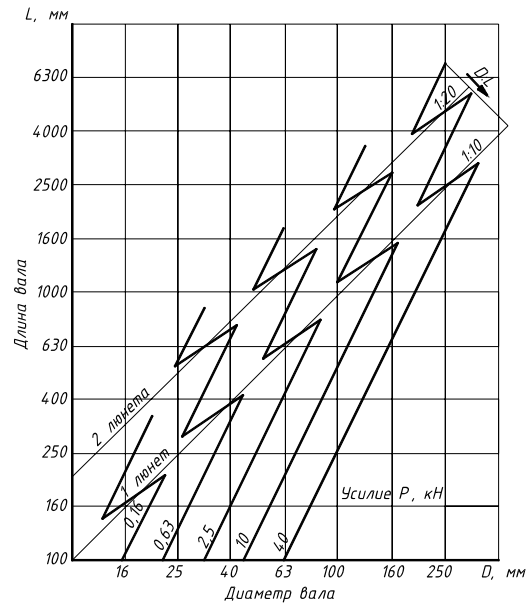


Рисунок 1 – Допускаемые усилия обкатывания длинных валов одним роликом

На рис. 2 показано приспособление для обкатывания трансмиссионных валов. Разъемная обойма 2 с роликами 1 располагается в вилке 3, которая устанавливается в резцедержателе станка [1].

Вилка жестко крепит обойму в направлении оси вала и предоставляет ей свободу установки в радиальной плоскости. Благодаря этому при биении вала обойма плавает в вилке, не передавая поперечную нагрузку на суппорт станка. Необходимое усилие обкатывания создается и регулируется гайкой 4, сжимающей пружину 5.

Обкатывание повышает производительность чистовой обработки валов на токарных станках в 2 – 4 раза в зависимости от размеров вала.

При использовании пневматических или гидравлических устройств обкатывание может выполняться при постоянном рабочем усилии.

Обкатывание галтелей с подачей ролика вдоль оси вала выполняется при упрочнении торсионов исчезающих упоров прокатных станов.

Торсионные валы представляют собой нежесткие детали диаметром 115 или 140 мм и длиной соответственно 2 или 3,8 м. Цилиндрическое тело торсиона сопрягается с утолщенными головками галтелями радиусом 300 мм. Галтели таких размеров не создают в торсионных валах сколько-нибудь опасной концентрации напряжений, но технологически именно обкатывание таких криволинейных участков наиболее сложно.

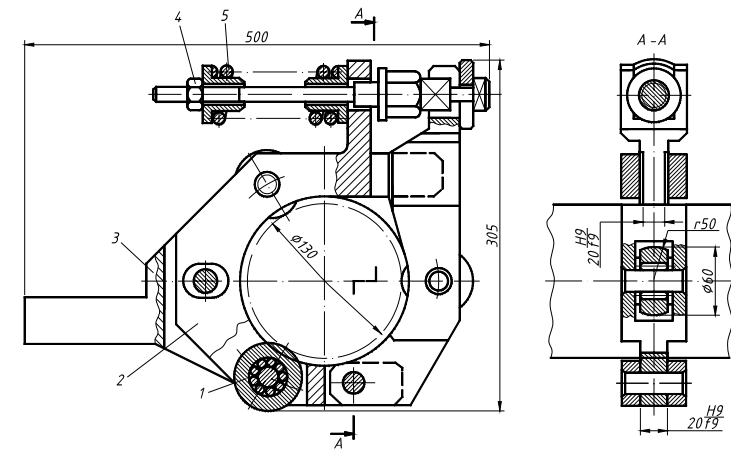


Рисунок 2 – Приспособление для обкатывания длинных валов малой жесткости

Для обкатывания торсионов разработано специальное трехроликовое пневматическое приспособление (см. рис. 3).

Пневматические цилиндры 6 этого приспособления с диаметром поршней 200 мм установлены на общей плите 4. Рабочие ролики 7 вращаются на игольчатых радиальных и упорных шариковых подшипниках. Штоки поршней располагаются в чугунных направляющих втулках и предохраняются от поворота вокруг своей оси планками 5.

Приспособление устанавливается на поперечных салазках суппорта токарного станка. Во время обкатывания по мере продольной подачи суппорта поршни сходятся или расходятся в зависимости от диаметра обкатываемого сечения, а ролики прижимаются к поверхности вала с постоянным усилием. Давление воздуха в цилиндрах регулируется редукционным клапаном 1 и контролируется по манометру 2. Цилиндры включаются в сеть краном 3.

Торсионные валы изготавливаются из стали 45ХНМФА и имеют после термической обработки твердость HRC 40 – 48. Ввиду высокой твердости материала обкатываемых деталей ролики для обкатывания интенсивно изнашиваются. Несмотря на их высокую твердость HRC 62 – 64 одним комплектом роликов можно обкатать лишь пять валов, после чего ролики рекомендуется перешлифовать для восстановления исходного профильного радиуса, обеспечивающего эффективную деформацию поверхностного слоя.

Режим обкатывания торсионных валов: профильный радиус роликов 10 мм; рабочее усилие 15 кН, подача 0,36 мм/об, скорость 30 м/мин.

Во время термической обработки, предшествующей обкатыванию, некоторые торсионы получают значительную поводку, допускаемую техническими условиями чертежа. В результате поводки биение поверхности валов при установке в центрах достигает 6 – 8 мм. Для обкатывания валов с таким биением на токарном станке удаляется винт поперечной подачи суппорта. После этого приспособление вместе с верхней плотовиной суппорта можно свободно установить на поперечных направляющих; во время обкатывания оно плавает в поперечном направлении, центрируясь по детали.

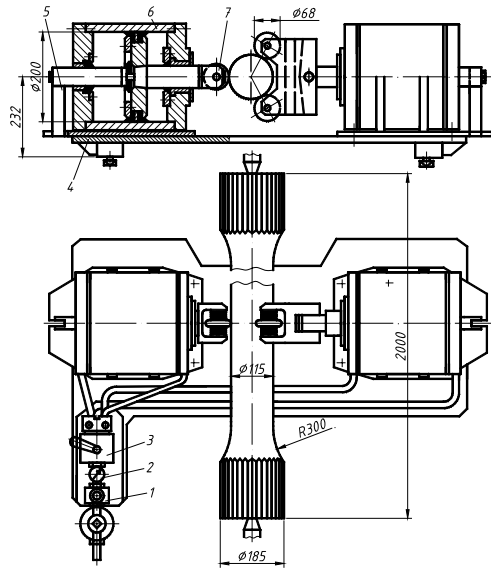


Рисунок 3 – Приспособление для обкатывания торсионных исчезающих упоров прокатных станов

Для обкатывания торсионных после установки вала в центрах ролики продольным перемещением суппорта подводят к началу одной из головок и устанавливают на расстоянии 5 – 8 мм от края шлиц. Включается механизм продольной подачи суппорта. Редукционным клапаном давление воздуха, контролируемое по манометру, снижают до 200 кПа и поворотом крана воздух подают в цилиндры. Ролики входят в контакт с деталью; их можно сводить только при включенном механизме подачи суппорта, в противном случае суппорт сместится от скольжения роликов по галтели вала.

Поверхность вала смазывают машинным маслом и включают шпиндель станка. По мере подачи приспособления в течение первых 20 – 30 оборотов детали давление в цилиндрах плавно повышают с помощью редукционного клапана до 500 кПа.

По окончании прохода при выходе роликов на галтель у второй головки торсионного давления вновь снижают до 200 кПа, а затем переключением воздуха в передние полости цилиндров разводят поршни и обкатанный вал можно снять.

Следующий вал обкатывают с подачей в противоположном направлении. Это не только удобно, так как не приходится перегонять суппорт в исходное положение, но и полезно для более равномерного износа роликов.

Торсионные валы поступают на операцию обкатывания после пескоструйной очистки поверхности от окалины. Шероховатость их поверхности по Ra 5 – 10 мкм. После обкатывания шероховатость поверхности составляет Ra 0,63 – 1,25 мкм. Однако на поверхности, как правило, бывает заметна волнистость, возникающая из-за больших углов вдавливания роликов.

Обкатывание торсионных валов – широко распространенная в машиностроении упрочняющая операция, в результате которой предел выносливости таких валов, работающих на кручение, повышается на 40 – 80% [2].

Представляется логичным, что с увеличением диаметра вала должна возрастать эффективная толщина наклепанного слоя.

Важен факт однакового относительного упрочнения, несмотря на явное проявление масштабного эффекта, заключающегося в снижении предела выносливости по мере увеличения диаметра образцов. Можно полагать, что и при дальнейшем увеличении диаметра обкатываемых валов может быть достигнута та же степень упрочнения при соответствующих режимах обкатывания.

Высокая эффективность обкатывания сохраняется в довольно широком диапазоне рабочих усилий. Кроме того, с ростом диаметров упрочняемых валов нет необходимости пропорционально увеличивать размеры роликов.

Увеличение относительной кривизны ролика в осевом и радиальном сечениях позволяет повысить степень наклепа поверхностного слоя и тем самым компенсировать до некоторой степени относительное уменьшение рабочего усилия.

Учитывая, что при упрочнении крупных деталей интерес представляет именно область относительно малых усилий, следует считать увеличение кривизны ролика важным резервом повышения эффективности обкатывания.

В работе [3] было показано, что в тех случаях, когда разрушение гладких образцов начинается с поверхности, толщина наклепанного слоя может не оказывать решающего влияния на эффективность обкатывания.

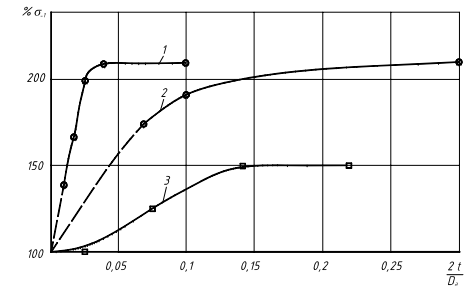
Детали с конструктивными концентраторами напряжений разрушаются, как правило, с поверхности. Для таких деталей степень наклепа имеет особенно большое значение.

На рис. 4 приведены графики зависимости эффекта обкатывания подступичных частей валов от относительной толщины наклепанного слоя, построенные по данным трех различных работ. Графики показывают, что при высокой степени наклепа высокая эффективность упрочнения достигается при относительно малой толщине наклепанного слоя (кривые 1 и 2).

Как видно из данных рис. 4 эффект повышения предела выносливости стабилизируется при $2t/D_0 \geq 0,1$. Глубину наклепа t можно рассчитать по формуле С.Г. Хейфеца [4] $t = \sqrt{P/2\sigma_T}$, где P – усилие обкатывания; σ_T – предел текучести обкатываемого металла.

Сравнительно малая эффективность в опытах Н.П. Зобнина [6] (кривая 3) объясняется уменьшенной степенью деформации из-за большого (75 мм) радиуса кривизны ролика (ролик сферической формы).

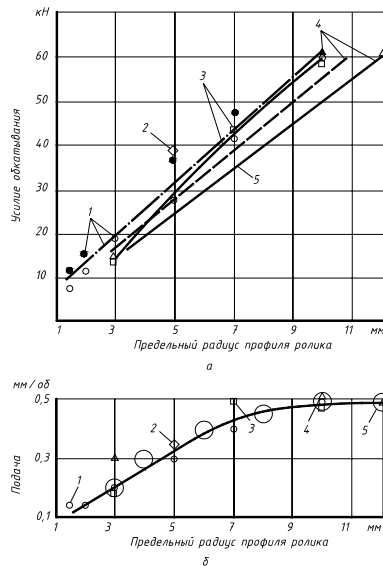
Однако повышение степени наклепа за счет уменьшения радиуса профиля имеет предел, ниже которого поверхность детали разрушается.



1 – А.М. Усова [5], 2 – О.О. Куликова [3], 3 – Н.П. Зобнина [6]

Рисунок 4 – Повышение предела выносливости в зависимости от относительной толщины наклепанного слоя по данным

О.О. Куликов [3] ввел понятие предельно допустимого радиуса ($r_{пред}$) и предложил характеризовать профильный радиус ролика отношением к предельному радиусу $r:r_{пред}$. Он показал, что с приближением этого отношения к единице предел выносливости образцов с напесованными втулками растет.



1 – 34ХН1М, 2 – 18ХНВА, 3 – 35ХНВ, 4 – 50, 5 – рекомендуемые значения

Рисунок 5 – Зависимость предельного радиуса профиля ролика от усилия обкатывания (а) и подачи от профильного радиуса ролика (б) для сталей

На рис. 5, а приведены графики зависимости предельного радиуса профиля ролика от усилия обкатывания валов диаметром от 200 до 500 мм, изготовленных из разных сталей. Для построения этих графиков валы обкатывались роликами с различными профильными радиусами, причем применялись подачи, составляющие 0,1 ширины контактной канавки. Точки, помеченные залитыми значками, соответствуют режиму, вызвавшему разрушение металла, светлыми квадратиками – предельному режиму, незалитыми – режиму, близкому к предельному.

Учитывая близость полученных значений предельных радиусов для различных сталей, можно заменить на рис. 5, а частные зависимости 1 – 4 обобщенной зависимостью 5. Рекомендуемые согласно этой зависимости профильные радиусы при усилиях обкатывания от 10 до 60 кН приведены в табл. 1. Эти профильные радиусы превышают предельные значения на 20 – 60%, что предохраняет обкатываемую поверхность от разрушения при колебаниях свойств материала или подачи.

Подачи, при которых получены указанные значения профильных радиусов, приведены на рис. 5, б. Этот график показывает, что подача практически не зависит от свойств обрабатываемого материала. Объясняется это тем, что, несмотря на различие в ширине контактных канавок, расчетные подачи, составляющие 0,1 этой величины, различаются сотыми долями миллиметра. Так как при обкатывании всегда приходится округлять расчетную величину подачи до ближайшего значения, имеющегося на станке,

представляется возможным задать подачу величинами, однозначно связанными с усилием и профильным радиусом ролика.

По данным ЦНИИТМАШ [2] с увеличением подачи обкатывания существенно снижается поверхностная твердость металла, особенно при больших степенях наклепа. Учитывая, что рост поверхностной твердости способствует увеличению упрочняющего эффекта обкатывания при относительно небольших усилиях, рекомендуется применять подачи не больше 0,1 – 0,12 ширины следа ролика на обкатываемой поверхности.

Таблица 1 – Профильный радиус ролика и подачи в зависимости от рабочего усилия обкатывания

Усилие обкатывания, кН	Профильный радиус ролика, мм	Подача, мм/об
10	3	0,2
20	4	0,3
30	6	0,4
40	8	0,45
50	10	0,5
60	12	0,5

Данных о влиянии скорости обкатывания на упрочняющий эффект очень мало. И.В. Кудрявцев [7] проверял влияние скорости на гладких образцах диаметром 18 мм. Он показал, что увеличение скорости до 35 м/мин не влияет на предел выносливости, по крайней мере для некрупных образцов. В случае обкатывания крупных образцов, когда требуется значительная глубина наклепа и возможен разогрев поверхности, следует выбирать пониженную скорость.

Скорость обкатывания при упрочнении крупных деталей ограничивается величиной 50 – 80 м/мин.

По данным работы [8] количество проходов не оказывает существенного влияния на усталостную прочность обкатанных образцов. Несмотря на заметный рост поверхностной твердости с увеличением количества проходов до 10, предел выносливости образцов с охватывающими втулками остается таким же, как после первого прохода. Эти данные получены на образцах, у которых толщина наклепанного слоя составляла 0,14 радиуса, а степень наклепа достигала 30%. Возможно, что при других условиях рост поверхностной твердости мог бы оказаться полезным, но в случае применения роликов с малым профильным радиусом и при малых подачах увеличение проходов свыше одного надо считать нецелесообразным.

Рекомендуемые режимы упрочняющего обкатывания предполагают последующую механическую обработку деталей для получения необходимой точности и требуемого класса шероховатости поверхности. Упрочняющий эффект при этом снижается незначительно, если удаляется относительно малая часть наклепанного слоя [8].

Список литературы

- Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. – М. : Машиностроение, 1975. – 160 с.
- Кудрявцев И.В. Внутренние напряжения как резерв прочности в машиностроении / И.В. Кудрявцев. – М.: Машгиз, 1951. – 278 с.
- Куликов О.О. Исследование связи между увеличением предела выносливости и характеристиками наклепанного слоя гладких валов при обкатке их роликами / О.О. Куликов // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1955. – кн. 74. – С. 15–21.

4. Хейфец С.Г. Влияние абсолютных размеров на усталостную прочность при поверхностном упрочнении стали / С.Г. Хейфец // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1951. – кн. 43. – С. 9–13.
5. Попов Г.П. Исследование усталостной прочности стали / Г.П. Попов, А.М. Усов. – М. : Трансжелдориздат, 1958. – С. 22–26.
6. Зобнин Н.П. Механическая обработка деталей колесных пар / Н.П. Зобнин. – М. : Трансжелдориздат, 1956. – С. 24–29.
7. Кудрявцев И.В. Повышение прочности стальных деталей обкаткой роликами / И.В. Кудрявцев. – М. : ИТЭИН, – 1948. – С. 41–47.
8. Кудрявцев И.В. Поверхностный наклеп как средство повышения усталостной прочности валов с неподвижными посадками / Кудрявцев И.В., Савина Н.М. // Сборник ЦНИИТМАШ. – М. : Машгиз, 1957. – кн. 85. – С. 14–16.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЯЮЩЕГО ОБКАТЫВАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Р.В. Сокуренько, *маг. гр. ЗМб,*
Б.И. Бутаков, *проф., д-р техн. наук*
 Николаевский государственный аграрный университет

Радиусы переходных кривых у основания зубьев зубчатых колес существенно влияют на предел выносливости зубьев при изгибе. Это объясняется тем, что опасное сечение зубьев располагается в зоне переходной кривой и от ее кривизны зависит величина опасного сечения основания зуба. Кроме того, радиус переходной кривой вызывает концентрацию напряжений у основания зубьев. В работе [1] показано, насколько может изменяться коэффициент концентрации напряжений в зависимости от радиусов переходных кривых для зубчатых колес различных геометрических параметров и даны рекомендации по расчету теоретических коэффициентов концентрации напряжений $k = 1 + 0,15S_0 / \rho_f$, где S_0 — толщина зуба в опасном сечении; ρ_f - радиус кривизны переходной кривой. Максимальное значение k при нагрузке на вершине зуба может достигать 2 - 2,2 [2]. Поэтому усталостная поломка зубьев шестерен - одна из основных причин преждевременного выхода из строя зубчатых колес различных машин. Дополнительная концентрация напряжений возникает от грубой шероховатости или зарезов на поверхности впадин или переходной кривой, где дефекты механической обработки встречаются наиболее часто. Кроме того, в тех случаях, когда закалка зубьев не захватывает дна впадины и остаточные растягивающие напряжения выходят на поверхность в опасных сечениях зубьев, дополнительно снижается их прочность на изгиб. По данным [3], применение термической и термохимической обработки для повышения контактной прочности зубьев часто приводит к снижению прочности на изгиб на 30 - 80 %.

На рис. 1 показаны три формы профилей прикорневых частей ножек зубьев с модулем 26 мм [4] и указаны соответствующие этим профилям коэффициенты концентрации напряжений, полученные поляризационно-оптическим методом на моделях натуральной величины. Первый круговой профиль сопряжения применяется в цилиндрических зубчатых колесах, изготавливаемых методами огибания на зубофрезерных и зубодолбежных станках. Две другие формы профилей характерны для конических зубчатых колес, нарезаемых на зубострогальных станках по копирам.

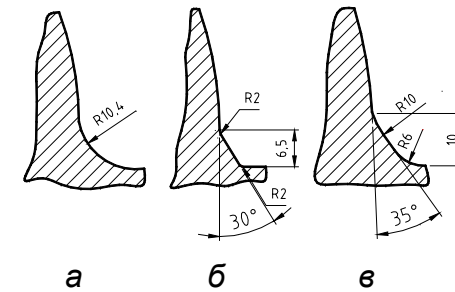


Рисунок 1 – Формы прикорневой части зубьев крупномодульных зубчатых колес с коэффициентами концентрации напряжений 1,4 (а), 1,65 (б) и 1,52 (в)

Мелкомодульные зубчатые колеса в массовом и крупносерийном производствах накатывают объемным холодным пластическим деформированием [5]. Для средних модулей (7 – 10 мм) применяют специальные станки, на которых обкатывают впадину и переходную кривую в ножке зуба [1, 2]. ППД переходной кривой у ножки зубьев крупномодульных шестерен ($m = 26$ мм; $Z_{ш} = 32$) бортовых передач карьерных экскаваторов осуществлено с помощью устройства с поперечным обкатыванием колеса (рис. 2).

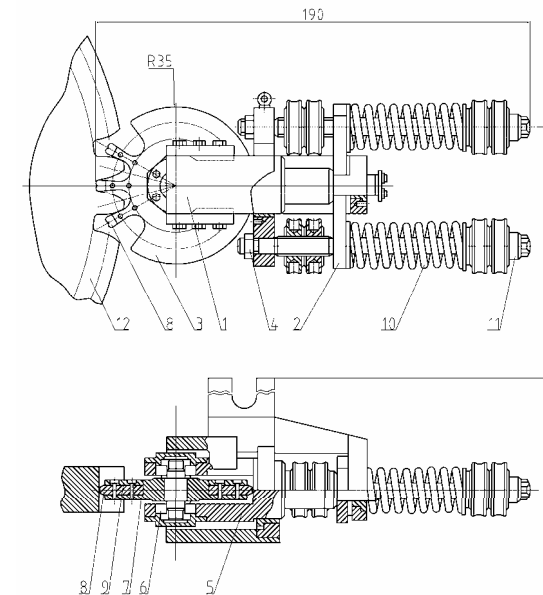
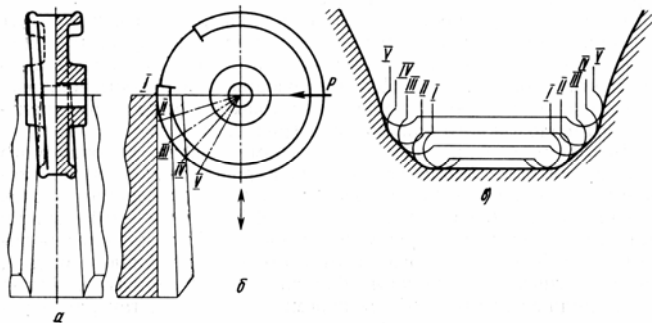


Рисунок 2 – Устройство для поперечного обкатывания зубчатого колеса бортовой передачи экскаватора на токарном станке

Устройство состоит из корпуса 1, нагружающего узла и рабочего ролика. Ролик сборной конструкции состоит из дисков 7 и 9, между которыми закреплены зубья-пуансоны 8. Ролик установлен на радиально-упорных подшипниках 6 в головке 5, расположенной в

направляющих корпуса. Нагружающий узел имеет две пружины 3, усилие сжатия которых регулируют гайками 4 и передают на ролик через планку 2. Зубья-пуансоны являются деформирующими элементами ролика. При обкатывании упрочняемое колесо вращает зубчатый ролик, элементный силовым механизмом. Зубья-пуансоны соприкасаются с упрочняемым колесом только по впадинам между зубьями. Эвольвентный участок зубьев колеса в работе не участвует. Поэтому межцентровое расстояние в паре упрочняемое колесо-ролик изменяется от максимума, в момент, когда зуб ролика пересекает линию цилиндров, до минимума, когда эту линию пересекает зуб колеса. Такой характер работы приводит к динамическому приложению нагрузки, усиливающей деформацию металла, а следовательно, и упрочняющий эффект обкатывания. Высокая степень наклона металла достигается за счет малого профильного радиуса кривизны зубьев-пуансонов в осевом сечении. Для упрочнения зубчатых колес бортовой передачи карьерных экскаваторов создан специальный станок-полуавтомат [4]. На станке можно реализовать следующие режимы упрочнения: частота вращения упрочняемого колеса 2 - 5 мин⁻¹; подача ролика вдоль зуба упрочняемого колеса 0,6; 1,04; 1,32; 1,6 мм/об; рабочее усилие 10 - 30 кН.

Основная трудность обкатывания роликами конических колес связана с переменной шириной впадин между зубьями. Для упрочнения конических колес разработан способ обкатывания впадин винтовыми роликами и полуавтомат для реализации этого способа [4]. Деформирующие поверхности винтового ролика расположены по двум винтовым линиям взаимно противоположного направления (рис. 3, а).



а - форма ролика в осевой плоскости; б - форма ролика, вид в направлении оси ролика; в - подача ролика по поверхности впадины

Рисунок 3 – Схема продольного обкатывания конических зубчатых колес

Во время качения ролика в осевом сечении упрочняемого колеса винтовые линии профилей ролика развертываются по сторонам трапеций, представляющим собой образующие ножек упрочняемых зубьев. Однако для эффективной деформации металла во впадинах крупномодульных зубчатых колес роликом, профиль которого соответствует профилю впадин, потребовались бы слишком большие усилия обкатывания. Такой ролик должен иметь профиль переменной формы, так как переходная кривая у корня зубьев конических колес изменяет свою форму по длине зуба соответственно изменению модуля.

Эти трудности можно обойти, если придать ролику постоянную увеличенную относительно профиля впадины кривизну, а для того, чтобы вся опасная зона у корня зубьев была деформирована, после каждого прохода по впадине необходимо сообщать ролику круговую подачу. Поворот на небольшой угол разводит винтовые линии рабочих профилей ролика в рассматриваемом сечении (рис. 3, б) и перемещает точки контакта ролика с колесом по ширине обкатываемой впадины. Показанные на рис. 3, в пять положений профиля ролика

во впадине (I—V) соответствуют пяти отмеченным осевым сечениям ролика. Шаг винтовой линии профиля ролика зависит от размеров упрочняемого зубчатого колеса: $P_e = \pi D_p a_o / L$, где a_o - половина ширины впадины на расчетном диаметре у наружного торца зубчатого колеса; L - длина образующей делительного конуса упрочняемого зубчатого колеса. Выбрав в качестве расчетного диаметр основной окружности, получим

$$P_e = \frac{\pi D_p m Z_u \cos \alpha}{2L \cos \varphi} \sin \left[\frac{\pi \cos \varphi}{Z_u} - \text{inv} \alpha \right],$$

где φ - угол начального конуса упрочняемого зубчатого колеса.

Станок-полуавтомат для осуществления описанного процесса обкатывания конических шестерен винтовым роликом обеспечивает определенное угловое положение ролика относительно обкатываемого колеса и заданную круговую подачу ролика на каждый его двойной ход. Кроме поперечного обкатывания цилиндрических зубчатых колес разработаны способ и станок-полуавтомат для продольного обкатывания колес торообразными консольными роликами с подачей их по профилю переходной поверхности у ножек зуба [6].

Список литературы

1. Генкин М.Д. Повышение надежности тяжело нагруженных зубчатых передач / М.Д. Генкин, М.А. Рыжов, Н.М. Рыжов. — М.: Машиностроение, 1981. — 232 с.
2. Устиненко В. Л. Напряженное состояние зубьев цилиндрических прямозубых колес / В.Л. Устиненко. — М.: Машиностроение, 1972. — 92 с.
3. Применение поверхностного наклепа для упрочнения зубчатых колес станков. — М.: ОНТИ ЭНИМС, 1968. — 27 с.
4. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский.— М.: Машиностроение, 1975. — 160 с.
5. Писаревский М.И. Современная технология и оборудование для накатывания резьб, червяков и зубьев. Обзор / М.И. Писаревский, М.Т. Семин, В.В. Лапин. — М.: НИИМАШ, 1980. — 76 с.
6. Браславский В.М. Деформационное упрочнение деталей машин / В.М. Браславский, А.А. Бараз // Вестник машиностроения. — 1983. — № 7. — С. 61 — 63.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА С ПОМОЩЬЮ МЕХАНИЧЕСКОГО НАКЛЕПА

А.Ю. Тараненко, маг. гр. ЗМб,
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук

Николаевский государственный аграрный университет

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) сталей с мартенситной структурой вызывает увеличение твердости, образование в деформированном слое остаточных сжимающих напряжений, повышение структурной однородности и снижение шероховатости обработанных поверхностей. Эти изменения приводят к повышению усталостной прочности, контактной выносливости и износостойкости деталей машин.

Многие режущие инструменты изготавливают в настоящее время из быстрорежущей стали, которая после термической обработки (заковки и отпуска) приобретает структуру мартенсита, содержащую остаточный аустенит. Можно предположить, что поверхностный наклеп таких сталей повысит стойкость режущих инструментов.

В лаборатории были проведены исследования влияния ППД на эксплуатационные характеристики инструментальных сталей.

Исследовали образцы диаметром 40 мм из стали P18. После термической обработки их шлифовали, а затем подвергали упрочнению при помощи обкатывания стандартным шариком с усилием от 0,5 до 2 кН, что соответствовало изменению среднего давления в контакте от 210 до 310 МПа. Подача во всех случаях составляла 0,07 мм/об, скорость обкатывания 15 м/мин.

Часть образцов упрочняли обкатыванием шариком с применением высокочастотных колебаний, при этом нормальное статическое усилие изменялось от 0,05 до 0,3 кН.

Изучение поверхностной твердости HV и шероховатости R_z образцов показало, что при обкатывании с ростом контактного давления твердость увеличивается, а шероховатость снижается (рис. 1). Максимальная твердость и наименьшая шероховатость были получены при давлении 290 МПа, которое, по-видимому, является оптимальным. Одной из причин повышения твердости является превращение остаточного аустенита в мартенсит, происходящее в процессе пластической деформации. Исследование твердости образцов показало, что глубина деформированного слоя составляет 0,4 - 0,9 мм.

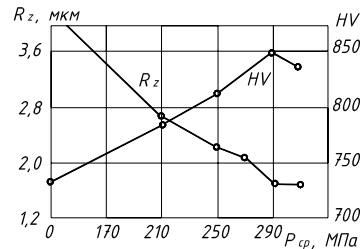


Рисунок 1 – Влияние давления на изменение твердости и высоты шероховатости при обкатывании образцов из стали P18

В образцах, упрочненных обкатыванием с применением высокочастотных колебаний, прирост твердости оказался выше, а глубина наклепа меньше по сравнению с обычным обкатыванием. Объясняется это, по-видимому, тем, что при ударах индентора вследствие высокой скорости деформации напряжения локализируются в меньшем объеме, вызывая большую интенсивность деформаций [1].

Остаточные напряжения исследовали на плоских образцах (3x5x60 мм) последовательным снятием слоев по методу Н.Н. Давиденкова. Образцы вырезали электроискровым способом непосредственно из упрочненных и неупрочненных отрезных резцов из стали P18. Деформацию образцов фиксировали при помощи специальной аппаратуры.

Результаты исследования (рис. 2) показывают, что при шлифовании в поверхностном слое образуются остаточные напряжения растяжения: в процессе обкатывания растягивающие напряжения снимаются, и формируются остаточные напряжения сжатия со значительной глубиной залегания. С ростом давления обкатывания растет величина остаточных напряжений сжатия и глубина их залегания. Обкатывание с применением высокочастотных колебаний также приводит к формированию остаточных сжимающих напряжений. При интенсивных режимах упрочнения их максимум оказывается сдвинутым в глубину слоя.

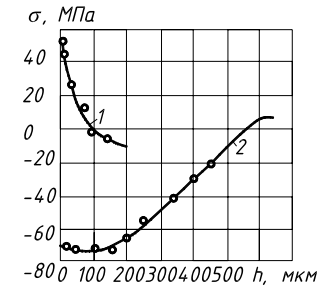


Рисунок 2 – Эпюры остаточных напряжений в шлифованных (кривая 1) и обкатанных при давлении 250 МПа (кривая 2) образцах из стали P18 по их глубине h

Эффективность упрочнения инструмента определяли при испытаниях отрезных резцов из стали P18 с твердостью HRC 61 и 63. Резцы упрочняли обоими методами либо по передней и задней граням, либо только по одной из них. Упрочнение обкатыванием производили со средним контактным давлением, равным 250 МПа. После обкатывания поверхностная твердость резцов повышалась до HRC 63 и до HRC 64,4.

Стойкостные испытания резцов (неупрочненных и упрочненных обкатыванием) проводили при свободном резании прутков из стали ШХ15 (HB 320) и стали 45 (HB 180). Для этого на прутках нарезали прямоугольную резьбу с шагом 8 мм, которую затем срезали по всей ширине. Износ резцов по задней и передней граням исследовали на инструментальном микроскопе. Во всех случаях наиболее интенсивно изнашивались задние грани резцов.

При резании стали ШХ15 со скоростью 13 м/мин и глубиной срезаемого слоя 0,2 мм износ резцов (HRC 61), упрочненных по обоим граням, оказался ниже в 2,5 раза, упрочненных только по задней грани - в 2,1 раза и упрочненных только по передней грани - в 1,4 раза по сравнению с неупрочненными резцами. При увеличении глубины срезаемого слоя до 0,4 мм и скорости резания без охлаждения до 20 м/мин эффект упрочнения снижается. Однако во всех случаях стойкость упрочненных резцов оказалась в 1,4 - 1,7 раза выше обычных. Снижение эффекта упрочнения следует объяснить частичным разупрочнением режущих элементов при их высоком нагреве.

При резании стали 45 со скоростью 18 и 12 м/мин стойкость резцов, упрочненных только по задней грани, увеличилась соответственно в 1,7 - 2,0 раза по сравнению с неупрочненными.

Упрочнение резцов с применением высокочастотных колебаний проводили при нормальном статическом усилии 0,25 кН. При этом поверхностная твердость возросла с HRC 63 до HRC 66. Стойкость резцов определяли при свободном резании стали ШХ15 твердостью HB 280: износ упрочненных резцов оказался в 2 раза ниже износа неупрочненных. Увеличение скорости резания и глубины срезаемого слоя и в этом случае приводит к некоторому снижению эффекта упрочнения.

Представляют интерес результаты испытаний на износ упрочненных обкатыванием и неупрочненных резцов с одинаковой твердостью. Из рис. 3 видно, что износ неупрочненных резцов с той же исходной твердостью в 2,2 - 2,5 раза больше, чем упрочненных, причем интенсивность износа возрастает более резко у неупрочненных резцов. Это свидетельствует о том, что износ режущего инструмента зависит не только от его твердости, но и от физико-механического состояния поверхностного слоя режущих элементов.

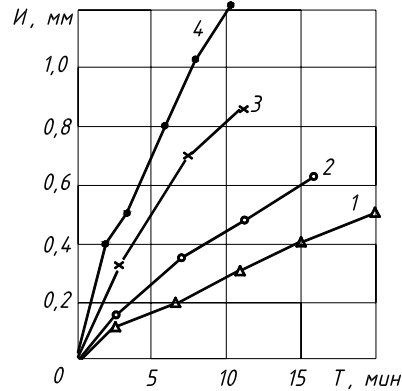


Рисунок 3 – Зависимость износа упрочненных (кривые 1 и 2, HRC 63 и HRC 61 соответственно) и неупрочненных (кривые 3 и 4, HRC 63 и HRC 61 соответственно) резцов от их твердости при резании стали ШХ15 (HB 320) со скоростью 13 м/мин

Пластическая деформация и созданный ею высокий уровень остаточных сжимающих напряжений в сочетании с более благоприятной структурой затрудняют образование и развитие микротрещин, приводящих к выкрашиванию частиц металла резца, т. е. повышают сопротивляемость износу инструмента в процессе резания.

С помощью универсального динамометра УДМ конструкции ВНИИ были измеренные составные усилия P обкатывание торообразным шариком эвольвентных шлицевых протяжек с помощью устройства, показанного на рис. 4.

Шарик 17 опирается на опорный ролик 1 установленный через подшипники 8 на оси 9. Усилие пружины 3 через тягу 4, ось 7 и рычаг 2 передается на ролик 1 и прикладывается к детали. Рычаг 2 установленный на оси 11 с помощью игольчатого 6 и упорных 5 подшипников и легко вращается относительно корпуса 10. В устройстве вместо подшипников качения 5 и 6 могут быть установлены подшипники скольжения. Устройство шариком 17 вводят во впадину круглой протяжки профильного резания 18 и начинают прокатывать продольный профиль калибрующих и рабочих зубьев.

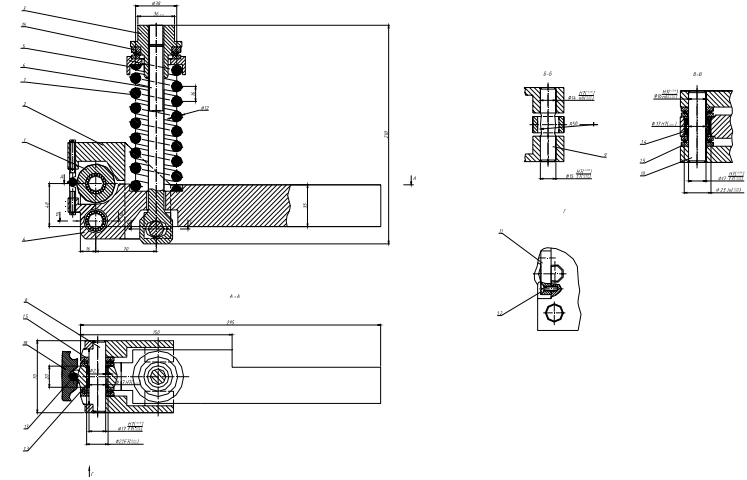


Рисунок 4 – Устройство для обкатывания круглых протяжек профильного резания

Силы трения в опорах, складываясь с рабочим усилием упругого элемента обкатного устройства, влияют на величину усилия P обкатывания; при наличии же радиального биения ролика силы трения в процессе обкатывания становятся переменными по величине и направлению [2].

Это позволило предположить, что основной причиной появления волнистости есть наличие колебания усилия P обкатывания при каждом обороте опорного ролика в результате его радиального биения.

На рис. 5 приведена конструкция круглой протяжки профильного резания для отверстий с точностью 0,02 – 0,04 мм.

Устройство для обкатывания круглых протяжек профильного резания возможно использовать для разных типов (круглой прогрессивного резания и круглой с винтовым зубом) и размеров протяжек с помощью смены самого обкатывающего шарика [3].

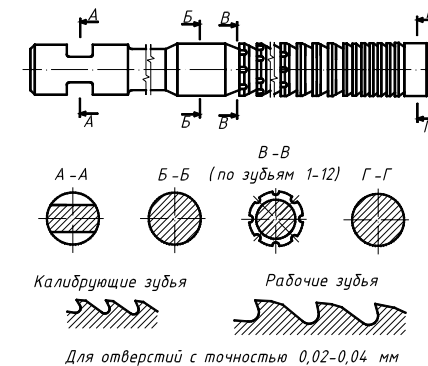


Рисунок 5 – Конструкция эвольвентной шлицевой протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем боковых сторон шлица

После обкатывания устройством протяжек стойкость повысилась в 3 – 4 раза.

Обкатывание быстрорежущей стали P18 приводит к образованию упрочненного слоя глубиной 0,4 - 0,9 мм. При этом поверхностная твердость повышается на 2 - 4 единицы HRC. Обкатывание с применением высокочастотных колебаний дает меньшую глубину упрочненного слоя при большем увеличении поверхностной твердости.

Применение быстрорежущих отрезных резцов с упрочнениями рабочих элементов (по передней и задней граням) в условиях свободного резания сталей ШХ15 и 45 повышает их стойкость в 2,0 - 2,5 раза.

Результаты экспериментов дают основания рекомендовать метод обкатывания для упрочнения режущего инструмента при его изготовлении.

Список литературы

1. Папшев Н.Д. Повышение стойкости инструмента механическим наклепом / Н.Д. Папшев, М.С. Нерубай, Д.Д. Папшев // Вестник машиностроения. – 1972. - № 1. – С. 62 – 63.
2. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев. – К.: Наукова думка, 1995. – 253 с.
3. Кован В.М. Справочник технолога машиностроителя в 2 т. / В.М. Кован. – М.: МАШГИЗ, 1963. – Т II. – 912 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ВАЛОВ С ПОМОЩЬЮ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Д.К. Федирко, маг. гр. ЗМб,
Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук, В.А. Артюх, ас.
Николаевский государственный аграрный университет

Для упрочнения поверхностного слоя металлических деталей ответственного назначения находит применение поверхностное пластическое деформирование (ППД) обкатыванием роликами или чеканкой бойками. Для улучшения внешнего товарного вида и повышения износостойкости поверхностного слоя применяется чистовое ППД, а с целью повышения износостойкости деталей – упрочняющая обработка.

Современная техника для упрочнения поверхностных слоев, которые в большинстве случаев определяют служебные характеристики деталей машин, включает целый ряд методов: химико-термическую обработку, закалку ТВЧ, лазерную обработку и т. д. Для массового производства широкое применение для упрочнения поверхностных слоев деталей машин нашло обкатывание роликом.

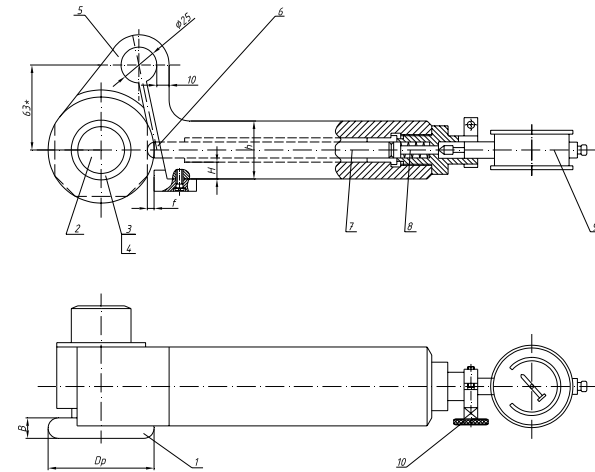
При осуществлении технологического процесса обкатывания наиболее широко применяются сферические или торообразные ролики и при больших углах вдавливания ролика в направлении его подачи на обкатанной поверхности детали появляется волнистость с шагом, отличным от величины подачи [1, 2].

При изготовлении и эксплуатации деталей машин на их поверхностях образуются неровности и микронеровности, а слой металла, который непосредственно прилегает к поверхности, имеет нередко новую структуру, фазовый и химический состав по сравнению с сердцевиной, в нем возникают остаточные напряжения. В условиях эксплуатации этот слой подвергается наиболее сильному физико-химическому влиянию: механическому, тепловому,

магнитоэлектрическому, световому, химическому и др. Частое разрушение деталей начинается с поверхности, например при изнашивании, эрозии, кавитации, усталости, контактной усталости и многих других случаях. Поэтому к поверхностному слою предъявляются более высокие требования, чем к глубинным слоям детали.

Обкатывание валов производится на токарном станке с помощью устройства с упругим корпусом и индикатором для измерения усилия обкатывания и максимальным усилием на ролике 500 Н (см. рис. 1).

Ролик 1 установлен на оси 2, смонтированной на конических подшипниках 3 и 4. Корпусом 5 устройство устанавливается в резцедержатель металлорежущего станка. Перемещением поперечного суппорта станка ролик 1 упирается в обрабатываемую деталь, при этом деформируется упругая часть корпуса 5. Величина упругой деформации корпуса 5 воспринимается стрелом 6 и через толкатель 7 передается индикатору 9, который крепится к корпусу 5 винтом 10. Шток 8 возвращает толкатель 7 в исходное положение при снятии нагрузки на ролике 1 при отводе его от детали. Максимальная деформация упругого корпуса равняется 2,5 мм, при этом усилие на ролике составляет 500 Н. С помощью устройства произведено обкатывание вала из стали 40 диаметром 50 мм.



1 – ролик; 2 – ось; 3, 4 – подшипники; 5 – корпус; 6 – стрел; 7 – толкатель; 8 – шток; 9 – индикатор; 10 – винт;

$$B = 15 \text{ мм}; D_p = 80 \text{ мм}; r_p = 7, 5 \text{ мм}; b = 60 \text{ мм}; H = 20 \text{ мм}; h = 40 \text{ мм}$$

Рисунок 1 – Устройство для упрочнения валов обкатыванием роликами

Вал был установлен в центрах и поводковом патроне, а устройство было закреплено в резцедержатель станка. Обкатывание производилось по двум режимам, чистовом - с усилием обкатывания 0,75 кН и упрочняющем - с усилием 3 кН. Усилие было подобрано по номограмме [3] и осуществлялось с помощью сжатия пружины устройства. Обкатывание выполнялось с частотой вращения детали 315 об/мин и подачей 0,07 мм/об. Перед обкатыванием вал смазывался индустриальным маслом И-20. После обкатывания вал был разрезан на образцы шириной 11 мм. По периметру образец, перед тем как его полировать, заливался самотвердеющей пластмассой “ПРОТАКРИЛ-М”, во избежание завалки торцов при полировке (рис. 2).

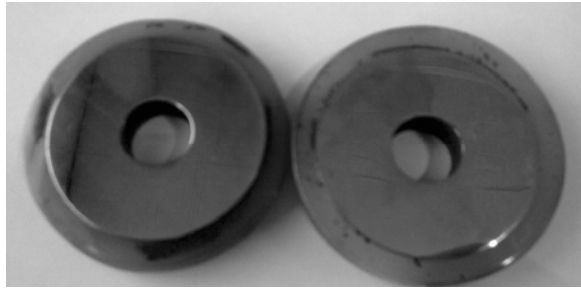
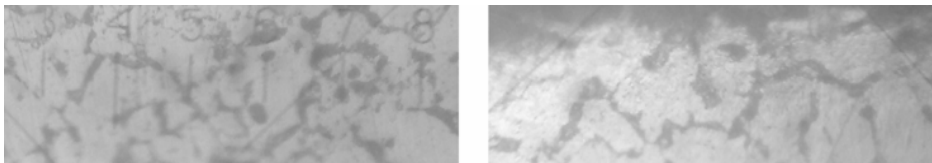


Рисунок 2 – Образці для дослідження мікротвердості

Мікроструктура обкатаного зразка приведена на рис. 3. Перед вимірюванням мікротвердості сталь травилася 3% розчином азотної кислоти для виявлення мікроструктури.



a – до обкатування; *б* – після обкатування з силою 3 кН

Рисунок 3 – Мікроструктура поверхнового шару вала з сталі 40 (×500)

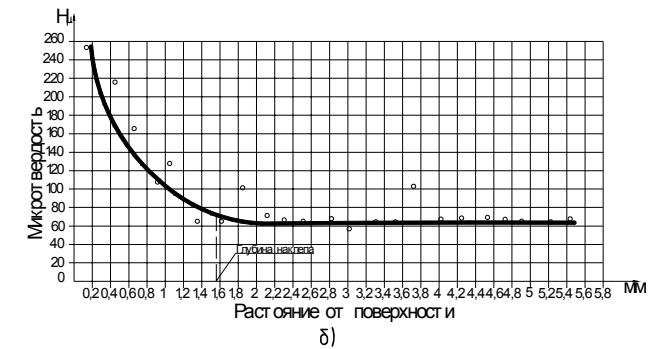
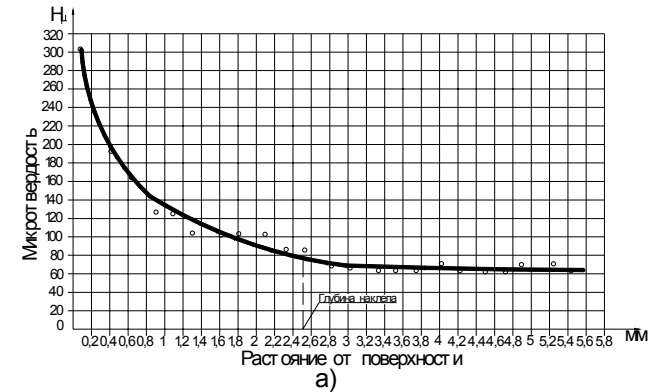
Після обкатування вала з сталі 40, як видно з рис. 3, спостерігається витягування ферритних і перлітних зерен в напрямку подачі ролика.

Вимірювання мікротвердості виконувалося на приладі ПМТ-3 по глибині через 0,2 мм. Зображення отпечатків мікротвердості приведено на рис. 4. На екрані монітора можна збільшувати зображення, змінювати яскравість і різкість. Це дуже важливо для матеріалів, які мають неоднорідну мікроструктуру.



Рисунок 4 – Вимірювання отпечатків мікротвердості на приладі ПМТ-3 (×500)

За результатами вимірювання мікротвердості були побудовані графіки зміни мікротвердості по глибині (рис. 5).



a – у зразка, обкатаного з упрочнюючим режимом при силі 3 кН;
б – у зразка, обкатаного з чистовим режимом при силі 0,75 кН

Рисунок 5 – Зміна мікротвердості по глибині

Глибина упрочненого шару, обкатаного при силі 3 кН, становить 2...2,6 мм, а вала, обкатаного при силі 0,75 кН, становить 1...1,6 мм.

Глибина наклепа визначається за формулою Хейфеца

$$t = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_m}}$$

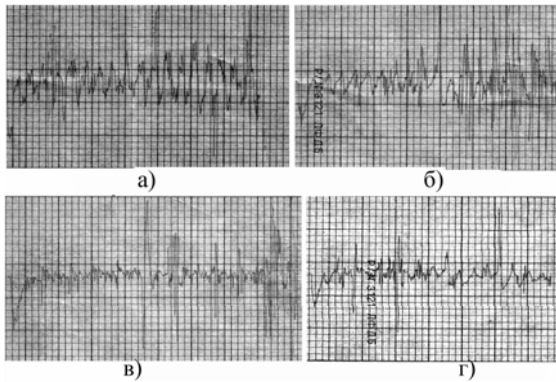
де P – сила обкатування;

σ_m – межа текучості сталі.

Твердість на глибині достатньо різко починає зменшуватися, що свідчить про невелику ширину перехідної зони.

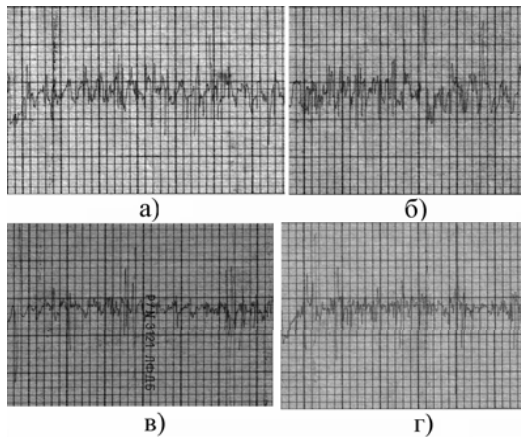
На рис. 6 - 9 представлені профілограми поверхні зразків, які зняті після шляху тертя 20000 і 40000 м.

Вимірювання шорсткості і зняття профілограмми поверхні вироблялося на профілографі-профілометрі заводу «Калибр».



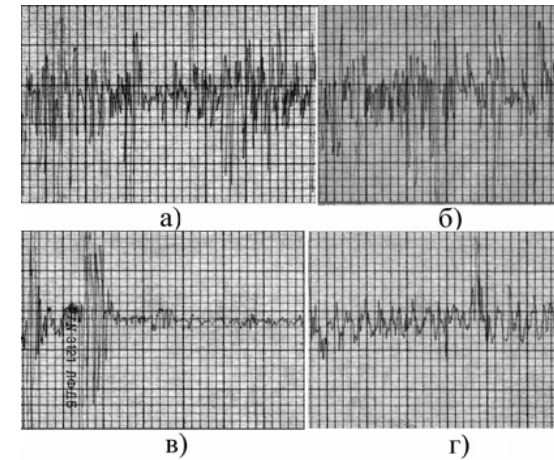
a – образец, обкатанный с усилием 3 кН после шлифования; *б* – шлифованный образец;
в – образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения;
г – образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения

Рисунок 6 – Профилограммы поверхности стальных образцов, снятые после пути трения 20000 м (по вертикали $\times 1000$, по горизонтали $\times 10$)



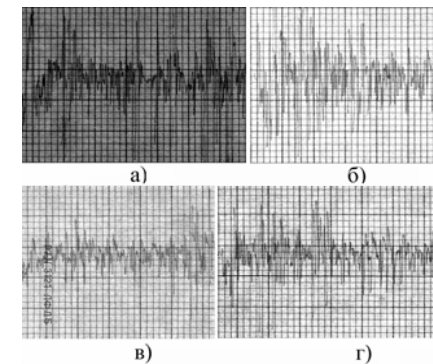
a – образец, обкатанный с усилием 3 кН после шлифования;
б – шлифованный образец;
в – образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения;
г – образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения

Рисунок 7 – Профилограммы поверхности стальных образцов, снятые после пути трения 40000 м (по вертикали $\times 1000$, по горизонтали $\times 10$)



a – образец, работающий в паре с валом, обкатанный с усилием 3 кН после шлифования;
б – образец, работающий в паре со шлифованным валом;
в – образец, работающий в паре с валом, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения;
г – образец, работающий в паре с валом, обкатанный с усилием 3 кН после точения

Рисунок 8 – Профилограммы поверхности бронзовых образцов, снятые после пути трения 20000 м (по вертикали $\times 1000$, по горизонтали $\times 10$)



a – образец, работающий в паре с валом, обкатанный с усилием 3 кН после шлифования;
б – образец, работающий в паре со шлифованным валом;
в – образец, работающий в паре с валом, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения;
г – образец, работающий в паре с валом, обкатанный с усилием 3 кН после точения

Рисунок 9 – Профилограммы поверхности бронзовых образцов, снятые после пути трения 40000 м (по вертикали $\times 1000$, по горизонтали $\times 10$)

Как видно из профилограмм, шероховатость поверхности обкатанного вала меньше, чем шероховатость шлифованной поверхности, это ускоряет приработку деталей.

Во всех случаях на поверхности вкладышей формируется новый рельеф. В табл. 1 представлены параметры шероховатостей стальных и бронзовых образцов, указанных выше на рисунках после пути трения 20000 и 40000 м.

Таблиця 1 – Параметри шероховатости поверхности экспериментальных образцов

Образец	R_a , мкм	n^*	H_{max} , мкм	H_{min} , мкм	t_p , %
1	2	3	4	5	6
Стальные образцы					
После пути трения 20000м					
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после шлифовки	0,28 – 0,29	5 - 7	5,3	6,79	91,1
Шлифованный образец	0,44 – 0,45	6 - 8	7,4	8,1	55
Образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,16 – 0,20	3 - 4	4,8	3,2	95
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,18 – 0,25	5 - 6	4,7	2,5	97
После пути трения 40000м					
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после шлифования	0,20 – 0,21	5 - 7	5,3	1,9	94
Шлифованный образец	0,27 – 0,28	10 – 11	7,9	4,85	54
Образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,16 – 0,21	1 – 3	2,3	8,1	96
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,17 – 0,22	3 – 4	2,8	1,3	97,5
Бронзовые образцы					
После пути трения 20000м					
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 3 кН после шлифования	0,50 – 0,51	11 – 13	4,96	6,78	82
Вкладыш, работающий со шлифованным образцом	0,61 – 0,62	12 – 16	6,76	7,73	51
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,39 – 0,51	9	4,81	2,46	95
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,35 – 0,36	9	4,85	2,10	95
После пути трения 40000м					
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 3 кН после шлифования	0,30 – 0,31	8	5,48	1,64	82
Вкладыш, работающий со шлифованным образцом	0,58 – 0,60	11	6,85	4,65	51,6
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,18 – 0,19	9	1,14	7,62	95
Вкладыш работающий с образцом обкатанным с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,26 – 0,27	9	1,04	0,88	95,4

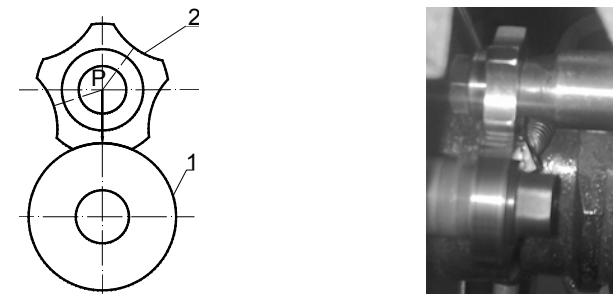
*n – Число шагов неровностей в пределах длины трассы;
 *Hmax – Высота наибольшего выступа профиля;
 *Hmin – Глубина наибольшей впадины профиля;
 *tp – Относительная опорная длина профиля.

Как видно из таблицы у обкатанных образцов возрастает опорная поверхность t_p за счет снижения шероховатости поверхности и увеличения радиусов закругления выступов шероховатости, которая в процессе приработки с бронзовым вкладышем формируется в виде нового рельефа.

Для испытания на износ образцов на машине трения СМЦ – 2 применялся образец 1 из стали 40 диаметром 50 мм в паре с образцом 2 из оловянистой бронзы Бр. ОЦС 8-21 (рис. 10).

Стальные образцы были обработаны по четырем вариантам: шлифованные (шероховатость поверхности $R_a = 0,25$ мкм); обкатанные роликом с чистовым режимом при усилии $P = 0,75$ кН после точения, (шероховатость поверхности $R_a = 0,15$ мкм); обкатанные роликом с упрочняющим режимом при $P = 3$ кН после шлифования (шероховатость поверхности $R_a = 0,12$ мкм) и обкатанные роликом с упрочняющим режимом при $P = 3$ кН после точения (шероховатость поверхности $R_a = 0,17$ мкм). Поверхность вкладышей (втулок) после растачивания имела шероховатость $R_a = 0,36$ мкм.

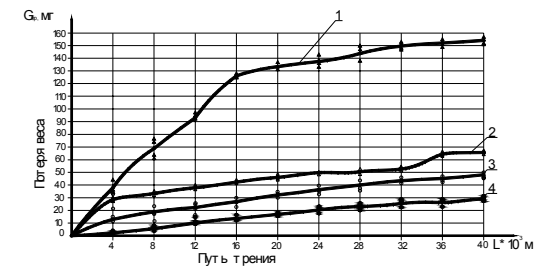
Испытания пары трения выполнялись при номинальной удельной нагрузке 5 МПа и окружной скоростью 79 м/мин; образцы обильно смазывались моторным маслом фирмы “Castrol Magnatec” 10W – 40.



1 – образец из стали 40; 2 – образец из оловянистой бронзы Бр. ОЦС 8-21

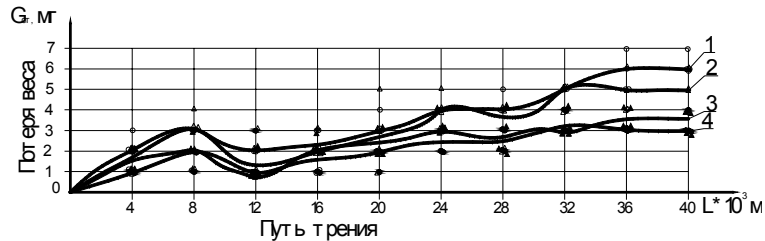
Рисунок 10 – Схема нагружения экспериментальных образцов

На рис. 11 и 12 приведены графики зависимостей износа бронзовых и стальных образцов от пути трения. При проведении испытаний образцы взвешивались через каждые 1000 м пути трения на аналитических весах ВЛР – 200, испытывали 16 пар образцов, а в дальнейшем – по четыре пары для каждого варианта обработки.



1 - бронзовый вкладыш в паре со шлифованным валом; 2 - бронзовый вкладыш в паре с валом, обкатанным при усилии 0,75 кН после точения; 3 - бронзовый вкладыш в паре с валом, обкатанным при усилии 3 кН после шлифования; 4 - бронзовый вкладыш в паре с валом, обкатанным при усилии 3 кН после точения

Рисунок 11 – График износа бронзовых вкладышей



1 - стальной шлифованный образец; 2 - образец, обкатанный при усилии 0,75 кН после точения; 3 - образец, обкатанный при усилии 3 кН после шлифования; 4 - образец, обкатанный при усилии 3 кН после точения

Рисунок 12 – График износа образцов из стали 40

Как видно из графиков, в момент интенсивной притирки $L = 20000$ м наблюдается значительное повышение износа вкладыша, работающего в паре со шлифованным валом, приводящее к значительному повышению температуры экспериментальных образцов по сравнению с вкладышами, работающими с валом, обкатанным при усилии 0,75 и 3 кН после точения и шлифования. Коэффициент трения f в начале испытаний составлял для шлифованных образцов 0,127, а для образцов, обкатанных при $P = 0,75$ кН и $P = 3$ кН после точения и шлифования, соответственно 0,047 и 0,12. В дальнейшем, коэффициент трения достиг минимума ($f = 0,016$) для образцов, обкатанных при $P = 3$ кН после точения.

Как видно на рис. 11, 12, приработка бронзовых вкладышей в паре с обкатанными стальными образцами происходит в несколько раз быстрее, чем шлифованных; при этом износ шлифованных образцов за значительный период работы в 3 – 3,5 раза больше, чем обкатанных.

Минимальный износ имели образцы, обкатанные роликом при $P = 3$ кН после точения; это обусловлено не только упрочняющим эффектом и увеличением твердости, но и обеспечением оптимальной шероховатости при данном методе обработки. Опорная площадь поверхности обкатанных образцов в верхних слоях в 1,5 – 2, а в нижних слоях – в 1,1 – 1,2 раза больше, чем шлифованных, высота неровностей обкатанной поверхности уменьшилась в 1,5 – 1,8 раза, а шлифованной – в 1,2 раза. На обкатанных поверхностях возникающая при их износе шероховатость образуется в основном за счет сглаживания вершин выступов без существенного изменения шероховатости в нижних ее сечениях. Благодаря этому различие в величине опорной площади между шлифованной и обкатанной поверхностями в процессе их изнашивания возрастает еще больше.

Способ обкатывания деталей роликами позволяет получать упрочненный слой различной толщины с достаточно высокой и однородной твердостью, а также повышенной износостойкостью.

Список литературы

- Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами / В.М. Браславский. – М.: Машиностроение, 1975. – 160 с.
- Бутаков Б.И. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б.И. Бутаков // Вестник машиностроения. - 1984. - № 7. - С. 50 – 53.
- Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов. / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев. – К.: Наукова думка, 1995. – 255 с.

ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ВЕДУЧИХ МОСТІВ АВТОМОБІЛЯ МЕТОДОМ БАНДАЖУВАННЯ

А.М. Стецюк, ст. гр. АТ-11М,
Ф.М. Капелюшний, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

На підставі аналізу умов роботи корпусних деталей заднього мосту автомобіля а також існуючих видів відновлення подібних деталей, сформовані основні положення робочої гіпотези:

– Характеристики і конструктивне виконання корпусних деталей вудучих мостів, а також особливості їх роботи і дефектний стан виключають застосування інших видів відновлення.

– В якості ремонтного матеріалу пропонується використати сталеву стрічку у вигляді багатострічкового бандажа, що забезпечує відновлення початкового профілю і розмірів посадочних отворів під підшипники з одночасним підвищенням початкового рівня міцності деталей.

– Вдосконалення якісних і кількісних характеристик, відновлених корпусних деталей ведучих мостів можливо за рахунок оптимізації режимів зміцнюючих операцій технологічного процесу ремонту.

Після проведених розрахунків на міцність балки (ЗіЛ-130) ведучого мосту з'ясувалося, що самими навантаженими є місця встановлення підшипників в рукаві півосі автомобіля і кожусі диференціалу автомобіля. Для зміцнення посадочних місць під підшипники пропонується використати багатострічковий стрічковий бандаж, що добре зарекомендував себе у виробництві пресового устанкування і верстатобудування.

Бандажне кільце пропонується виготовляти і встановлювати двома методами:

1. Фігурним фрезеруванням контура з листа маловуглецевої сталі з подальшою напресовкою в нагрітому стані на зовнішню поверхню зношеної деталі.

2. Намотуванням з натягом в декілька витків сталевий стрічки з розрахунковою довжиною і розмірами поперечного перерізу на зовнішню поверхню з фіксацією бандажних кілець між собою точковим зварюванням.

Проведені теоретичні розрахунки показали, що з урахуванням вже наявного запасу міцності деталі установка бандажного кільця дозволить досягти майже 3-х кратного запасу міцності. Встановлення більшої кількості бандажів (3...4) є не доцільно, так як не дозволяє підвищити величину граничного допустимого робочого тиску.

Список літератури

- “Технологія та обладнання для відновлення автомобільних деталей” В.С. Канарчук, А.Д. Чигиринець, О.Л. Голяк, П. М. Шоцький . Київ 1993р.
- “Технологія автодорожнього машинобудування і ремонт машин” В.М. Токаренко. Київ “Вища школа” 1992р.

ЗНИЖЕННЯ ШУМНОСТІ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА ТИПУ НШ ШЛЯХОМ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗУБЧАСТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ ЙОГО КАЧАЮЧОГО ВУЗЛА

В.М. Христук, магістр. гр. ГМ ПМ,
М.І. Черновол, проф., д-р техн. наук
 Кіровоградський національний технічний університет

Як показує аналіз багатьох досліджень, що основним джерелом шуму в гідравлічних приводах є насос. Насамперед основним джерелом шуму при роботі шестеренного насосу є його зубчате зачеплення.

Виходячи з цього були зроблені теоретичні дослідження, спрямовані на зниження шуму в зубчатому зачепленні в шестеренному насосі.

У процесі теоретичних досліджень було встановлено, що в ЗЗ, проєктованому за відомими методиками в момент вступу в зачеплення нової пари зубів існує різниця тангенціальних складових швидкостей точок ведучої і веденої швидкості, яка вступає в ЗЗ. Це дало можливість висловити припущення про те, що спроектувавши ЗЗ, в якому відсутня вказане явище, можливо суттєво знизити шум, що виникає в процесі роботи НШ. Була розроблена методика проєктування ЗЗ качаючого вузла НШ, в якому в момент вступу в зачеплення нової пари зубів тангенціальні склали швидкості руху точок контакту ведучої і веденої шестерень рівні, що має суттєво знизити шум виникаючий в процесі роботи НШ.

Для постановки задачі, висловимо гіпотезу, що складається з двох наступних положень:

В момент вступу в зачеплення нової пари зубів через різницю швидкостей сполучаються точки, ведучої та веденої шестерні, відбувається удар евольвентних профілів зубів шестерень, що і є основною причиною шуму, випромінюваного НШ в процесі роботи.

Шум, випромінюваний зубчастим зачепленням шестерень, вдається істотно зменшити, якщо спроекувати таке ЗЗ, у якого в момент зачеплення нової пари зубів швидкості точок евольвентних профілів, що вступають в зачеплення будуть рівні або, принаймні, різниця швидкостей буде мінімальна для даних умов.

Виникає питання про те, чи може поставлена задача мати рішення в принципі. З теорії евольвентного зачеплення, відомо, що в процесі зачеплення евольвентні профілі зубів шестерень ковзають один відносно іншого. І тільки в полюсі зачеплення рух ковзання змінюється рухом кочення. Іншими словами існує, принаймні одна точка, в якій швидкості руху точок T1 і T2 збігаються. Таким чином, необхідно підібрати параметри зубчастого зачеплення так, щоб початок зачеплення відбувалося в полюсі зачеплення.

Необхідно визначити умови, за яких дотримується рівність тангенціальних складових швидкостей точок сполучених евольвентних профілів зубів шестерень. Цей момент представлений на схемі ЗЗ на рис.1. Коментуючи схему ЗЗ, представлену на рис.1 бачимо, що в момент ЗЗ шестерень в полюсі виконується умова, але крім цього виконуються наступні закономірності:

$$\vec{V}_1 = \vec{V}_2 \quad (1)$$

При цьому нормальна і тангенціальна складові цих швидкостей:

$$V_{n1} = V_{n2} = V_1 \cos \alpha = V_2 \cos \alpha \quad (2)$$

$$V_{t1} = V_{t2} = V_1 \sin \alpha = V_2 \sin \alpha \quad (3)$$

Прирівнявши праві частини рівностей отримаємо рівняння виду:

$$\omega_1 r_{01} (\operatorname{tg} \alpha - \omega_1 t) = \omega_1 \frac{r_1}{r_2} r_{02} \left(\operatorname{tg} \alpha + \omega_1 t \frac{r_1}{r_2} \right) \quad (4)$$

Або замінивши змінну, за умови $\varphi_1 = \omega_1 t$, що, отримаємо:

$$r_{01} (\operatorname{tg} \alpha - \varphi_1) = \frac{r_1}{r_2} r_{02} \left(\operatorname{tg} \alpha + \varphi_1 \frac{r_1}{r_2} \right) \quad (5)$$

Оскільки відомо, що:

$$r_{01} = 0.5 m z_1 \cos \alpha_0 \quad \text{і} \quad r_{02} = 0.5 m z_2 \cos \alpha_0$$

$$r_1 = \frac{0.5 m z_1 \cos \alpha_0}{\cos \alpha} \quad \text{і} \quad r_2 = \frac{0.5 m z_2 \cos \alpha_0}{\cos \alpha}$$

то залежність можна записати у вигляді:

$$z_1 (\operatorname{tg} \alpha - \varphi_1) = \frac{z_1}{z_2} z_2 \left(\operatorname{tg} \alpha + \varphi_1 \frac{r_1}{r_2} \right) \quad (6)$$

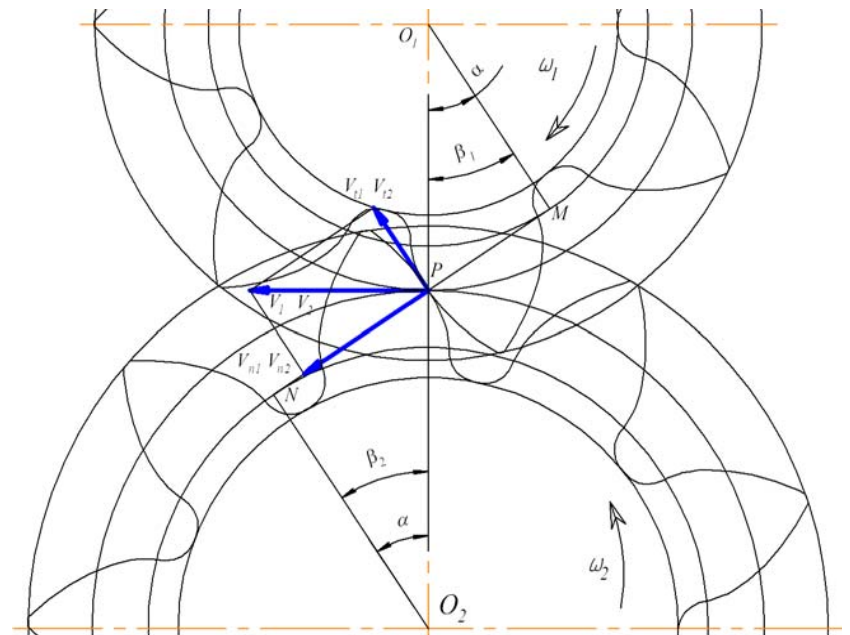


Рисунок 1 – Схема плану швидкостей руху точок T1 і T2, що знаходяться в полюсі зубчастого зачеплення

Після відповідних перетворень виразу, отримаємо рівняння виду:

$$\varphi_1 \left(\frac{r_1}{r_2} + 1 \right) = 0 \quad (7)$$

Рівняння має єдине очевидне рішення, отримане нами в попередньому розділі при дослідженні графіків тангенціальних складових швидкостей

$$\varphi = 0 \quad (8)$$

Рішення говорить, що єдиною точкою на лінії зачеплення, в якій тангенціальні складові швидкостей $V1$ і $V2$ точок T_1 і T_2 будуть рівні є полюс зачеплення P . Саме рівність тангенціальних складових $\vec{V}_{01r} = \vec{V}_{02r}$ в момент початку зачеплення, відповідно до висловленої гіпотезою, має суттєво знизити рівень шуму.

З рис. 1 можна побачити, що початок зачеплення нової пари зубів відбудеться в полюсі зачеплення, якщо буде виконуватися умова:

$$D_{e2} = d_2 \quad (9)$$

Список літератури

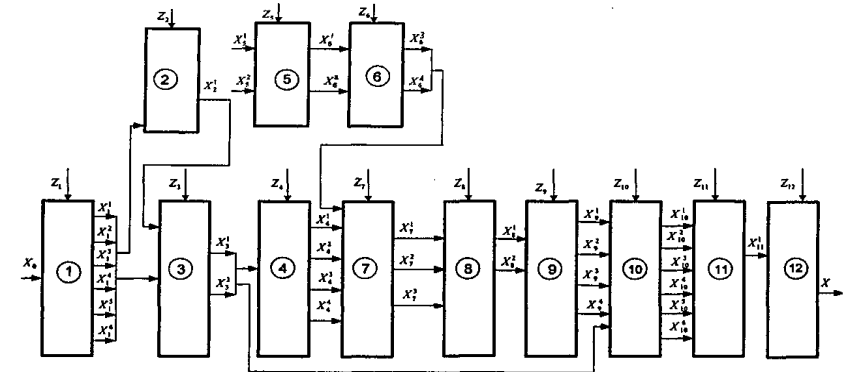
1. Математичне моделювання гідравлічних машин при проектуванні. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проектів «Проектування аксіально-поршневих насосів». - Кіровоград, КНТУ, 2011 р.
2. Передатки зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии: ГОСТ 16532-70. - [Введен с 01.01.1972. Переиздан в августе 1983]. - М.: Издательство стандартов, 1983. - 19 с.
3. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. Основные параметры и их расчет/ Юдин Е.М. - [2-е изд. перераб. и доп.]. - М.: Машиностроение, 1964. - 236 с.
4. Ю.В. Кулешков, Т.В. Руденко Анализ существующих конструктивных решений шестеренных насосов с регулируемой подачей Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск № 35 Кіровоград КДТУ 2005 с. 127 – 135
5. Гавриленко В.А. Основы теории эвольвентной зубчатой передачи. М., «Машиностроение», 1969.- 431 с.

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ШИЙОК КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ

Є.М. Рехлецький, ст. гр.ЗВ 11-М,
М.І. Черновол, проф., д-р техн. наук
 Кіровоградський національний технічний університет

У даній роботі поставлена мета розробки нового технологічного методу відновлення шийок колінчастого валу ДВЗ, при цьому у формі технічного завдання встановлюються показники якості відновленої деталі, які мають бути забезпечені відповідним технологічним процесом.

На основі аналізу сучасних технологій відновлення шийок колінчастих валів автотракторних двигунів був запропонований і досліджений удосконалений технологічний процес (рис. 1), що містить у своїй основі приварювання загартованої розрізної ремонтної втулки на відновлювану шийку. Відновлюваний колінчастий вал розглядали як "заготовку" на всіх стадіях технологічного процесу.



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 – відповідно технологічні операції: дефектувальна, термічна, слюсарна, шліфувальна (попередня); 5 а, б – слюсарна, термічна; 5 – слюсарна; 6 – зварювальна; 7 – термічна; 8 – шліфувальна (остаточна), полірувальна; 9 – контрольна; 10 – шліфувальна; 11 – слюсарна; 12 – контрольна

Рисунок 1 – Структурна схема технологічного процесу відновлення шийок колінчастих валів

При розробці технологічного процесу відновлення шийок колінчастого валу для виконання жорстких технічних вимог креслення по точності геометричних параметрів шийок, за якістю їх поверхні, точності розташування і радіального биття важливе значення має визначення мінімально необхідних як міжопераційних припусків і допусків на всіх стадіях технологічного маршруту відновлення, так і загальний припуск і допуск металопокриття, що наноситься. Професором О.О. Зуєвим запропоновані поняття ремонтно-технологічного припуску і ремонтного припуску, які зважають на специфіку відновлення зношених деталей.

На рисунку 2 приведена схема розташування полів припусків і допусків на обробку різанням відновлюваних шийок колінчастого валу в номінальний розмір нового (заводського валу) $d1$.

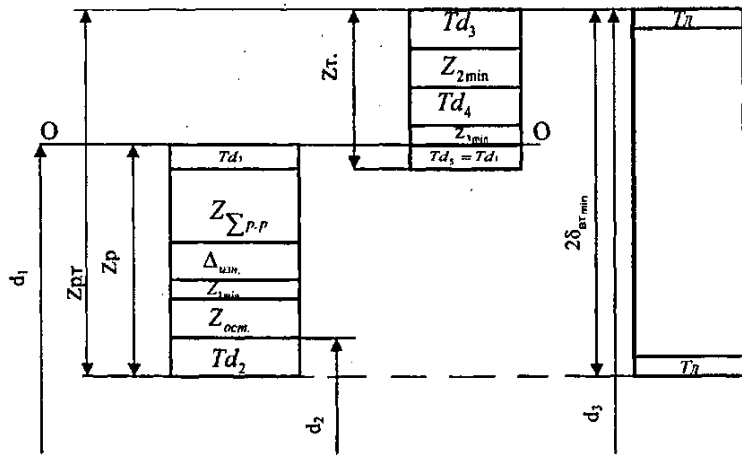


Рисунок 2 – Схема полів припусків і допусків на обробку різанням відновлених шийок колінчастого валу

В схемі прийнята система відліку припусків і допусків від номінального значення діаметру \$D1 \rightarrow 0-0\$. Основними параметрами в схемі є номінальний діаметр \$D1\$, номінальний діаметр відновленої шийки \$D4=D1\$ і номінальний розмір нарощеної шийки \$D3\$. Запропонована схема полів припусків і допусків на обробку різанням відновлених шийок колінчастого валу дозволяє вивести розрахункову формулу для визначення мінімальної товщини сталеві стрічки, що використовується для виготовлення розрізних ремонтних втулок, що приварюються до відновлених шийок колінчастих валів в номінальний розмір. Вона буде дорівнювати:

$$\delta_{амин} = 0,5(Z_p + Z_r + T_{d1}) = 0,5Z_{p,r} \quad (1)$$

Викладена методика визначення міжопераційних припусків і допусків на відновлювані шийки колінчастого валу дозволяє виявити технологічні чинники, враховуючи які, можна забезпечити високу якість його відновлення на рівні нового з мінімальними витратами на обробку різанням і високою продуктивністю.

Після виконання стикового зварного шва в сполученні «ремонтна втулка – шийка» в результаті пружних деформацій стрічки при охолодженні зварного шва утворюється натяг. Оскільки сполучення знаходиться в рівноважному стані, то можна уявити, що поверхня шийки валу впливатиме на внутрішню поверхню встановленої ремонтної втулки із зусиллям \$P_{вт}\$. Під дією цих сил в стінках ремонтної втулки створюється напружений стан.

Тиск \$P_{вт}\$ на внутрішню поверхню втулки дорівнюватиме:

$$P_{ам} = \frac{N \cdot 10^{-3}}{D_{ам} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)} \quad (2)$$

де \$N\$ – натяг в сполученні, в мкм.
\$C_1\$ і \$C_2\$ – коефіцієнти, рівні:

$$C_1 = 1 - m; \quad C_2 = \frac{D'_{ам^2} + d_{e^2}}{D'_{ам^2} - d_{e^2}} + \mu_2 \quad (3)$$

\$E_1\$ і \$E_2\$, \$m\$ і \$m_2\$ – відповідно модулі пружності (кг/мм²) і коефіцієнти Пуассона матеріалів валу і втулки; \$d_2\$ – діаметр шийки валу; \$D_{вт}\$ – діаметр ремонтної втулки.

Розглянемо приклад розрахунку технологічний напруження в ремонтній втулці після її приварювання до тіла шийки валу стиковим зварним швом.

Приймемо: \$d_2=70\$ мм; матеріал ремонтної втулки сталь 65Г після загартування і відпускання – HRC 55. Натяг в сполученні шийка-ремонтна втулка \$N=0,02\$ мм, товщина стінок ремонтної втулки – 1,6 мм.

Тиск шийки валу на ремонтну втулку \$P_{вт}\$ визначимо по формулі (2)

Приймемо \$D_{вт}=73,2\$ мм; \$m=0,3\$; \$E=2,1 \cdot 10^5\$ МПа

Розрахуємо значення \$C_1\$ і \$C_2\$ по формулах (3).

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{70}{73,2} \right)^2}{1 - \left(\frac{70}{73,2} \right)^2} + 0,3 = 25,7 \quad C_2 = 1 - 0,3 = 0,7$$

Тиск шийки валу на стінки ремонтної втулки:

$$P_{ам} = \frac{20}{70 \left(\frac{25,4}{2,1 \cdot 10^4} + \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^4} \right) \cdot 10^3} = 0,193 \text{ кг/мм}^2. P_{вт}=1,93 \text{ МПа}$$

Тоді використовуючи рівняння Лапласа, отримаємо

$$\delta_x = \frac{1,93 \cdot 35}{2 \cdot 1,6} = 21,1 \text{ МПа}, \quad \delta_y = \frac{1,93 \cdot 35}{1,6} = 42,2 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на розтягування загартованої сталі 65Г складає \$[\sigma]_{р}=1500\$ МПа.

Таким чином при натязі \$N=0,02\$ мм технологічне напруження в ремонтній втулці незначне (для способу фіксації ремонтної втулки одним стиковим зварним швом).

Список літератури

- Кузнецов С.А. Технология ремонта автотранспортных средств. - Кемерово: Куз ГТУ. 2006. - 186 с.
- Восстановление деталей машин / Ф.И.Пантелеев, В.П.Лялякин, В.П.Иванов и др.: под ред. В.П.Иванова. - М.: Машиностроение, 2003. - 672 с.
- Черновол М.И. и др. Повышение качества восстановления деталей машин. -К. 1989.

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТАКТНОГО НАВАРЮВАННЯ ПОРОШКІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ШЕСТЕРЕНЬ НАСОСІВ НШ

**В.В. Русских, доц., канд. техн. наук,
М.В. Красота, доц., канд. техн. наук**

Кіровоградський національний технічний університет

Для успішної протидії абразивному зношуванню, що має місце в шестеренних насосах, необхідно досягти твердості поверхонь, що зношуються, яка була б не меншою твердості абразиву.

Традиційні методи хіміко-термічної обробки не забезпечують підвищені вимоги щодо зносостійкості поверхонь шестерень насосів. Зміцнення шестерень із сталі 18ХГТ цементацією дозволяє досягти практично граничної твердості робочих поверхонь - НРС 58...62. Однак цементована поверхня не є перешкодою для абразивного і гідроабразивного зношування.

Перспективним напрямком є нанесення композиційних покриттів, що володіють високим рівнем зносостійкості, міцності, твердості та корозійної стійкості.

Одним з перспективних напрямків вирішення проблеми підвищення довговічності швидкозношуваних деталей є спосіб нанесення зносостійких порошкових покриттів в режимі спікання і наварювання, заснований на принципах порошкової металургії та контактної зварювання.

Перспективним є об'єднання методів порошкової металургії і контактної зварювання для створення високопродуктивних технологічних процесів отримання біметалевих виробів в режимі спікання і наварювання порошків. Зазначений метод носить назву контактної наварювання порошків.

Даний спосіб рекомендують застосовувати для відновлення і зміцнення деталей з невеликою поверхнею зміцнення і отримання шарів товщиною до 1,5 мм

В якості порошкових матеріалів використовуються однокомпонентні порошки металів і легованих сплавів, а також порошкові суміші. В сумішах твердим зміцнюючим компонентом може служити одне або декілька з'єднань типу карбідів, боридів, силіцидів, нітридів і окислів металокераміки і кераміки. Нанесення таких матеріалів при відновленні та зміцненні деталей, що працюють при абразивному зношуванні, методами контактної наварювання, дозволяє підвищити зносостійкість поверхонь в 1,5... 8 разів.

При контактному наварюванні не погіршуються вихідні властивості матеріалу деталі і компонентів композиційного матеріалу, тому що зварювання відбувається в твердій фазі, а отримані порошкові покриття володіють високими фізико-механічними властивостями, при цьому досягається висока міцність зчеплення шару з основним металом - 150...300 МПа при пористості не більше 10 %.

Подальший розвиток способу передбачає створення технологічними методами композиційних покриттів з наперед заданими властивостями шляхом складання необхідних порошкових композицій і спікання та наварювання їх з використанням різних активуючих чинників: силового, температурного, хімічного, структурного і дисперсійного.

До недоліків методу слід віднести недостатню стабільність процесу контактної наварювання порошків з високим вмістом вуглецю і карбідотворюючих елементів на вершини цементованих зубів шестерень та крихкість нанесеного покриття.

Матеріали, що традиційно використовуються при контактному наварюванні, не задовольняють в повній мірі вимоги, що висуваються до них, зокрема, по зносостійкості. Для роботи в умовах інтенсивного абразивного зношування, як раніше було відмічено, покриття повинні мати високу твердість, що перевершує твердість абразиву.

Одним з шляхів підвищення зносостійкості є контактне наварювання порошкових матеріалів, в яких в'язка матриця зміцнюється високозносостійкими компонентами. Металокерамічні матеріали (карбіди, бориди, нітриди або оксиди) володіючи високою зносостійкістю, мають наступні недоліки: значна крихкість, високий питомий електроопір, погану зварюваність з основою і т. ін. Для зменшення крихкості зміцнюючої складової зносостійких композиційних матеріалів раціонально використовувати більш м'яку і в'язку матрицю.

Для підвищення електропровідності високозносостійких компонентів пропонується використовувати частинки порошку, плаковані металом з високою електропровідністю.

Для підвищення міцності зчеплення пропонується використовувати термоциклічну обробку, яка вписується в технологію контактної наварювання зносостійкого композиційного матеріалу.

Термоциклічна обробка дозволяє отримати необхідну мікроструктуру навареного покриття і зняти напруги в зоні термічного впливу. Крім того термоциклічна обробка дозволяє значно підвищити ударну в'язкість, як самого покриття, так і перехідної зони, істотно зменшити негативний термічний вплив, що виникає при контактному наварюванні, зменшити зернистість, як матриці навареного покриття, так і перехідної зони. Термоциклічна обробка технологічно узгоджується з методом контактної наварювання.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОНТАКТНОГО НАВАРЮВАННЯ

О.В. Варламов, ст. гр. ЗВ 07, М.В. Красота, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Електроконтактне наварювання передбачає електронагрів металевого порошку, що засипається між деталлю і електродом, за рахунок теплової енергії, яка виділяється електричним струмом на активному опорі.

Енергія, необхідна для спікання порошку і наварювання його до поверхні деталі при електроконтактному наварюванні, виділяється електричним струмом у вигляді тепла безпосередньо в порошковому шарі в основному на контактах між частинками порошку, поверхнею деталі і електрода. Процес наварювання забезпечується сумісною дією на порошок шар високої температури (0,9...0,95 температури плавлення порошку) і тиску (до 100 МПа), при цьому в кінетиці утворення металевого покриття приймають участь як бездифузійні явища схоплення, так і дифузійні процеси спікання і зварювання в твердій фазі.

Процес спікання порошку в компактне тіло і його наварювання на заготовку з використанням методу електроконтактної наварювання характеризується трьома етапами.

На першому етапі холодного пресування шихта підготовляється до послідуочого пропускання через неї електричного струму і відбувається стабілізація її електроопору. Ця стадія низьких тисків (до 100 МПа) практично закінчується через 0,6...1,0 с від початку пресування порошку. Подальше збільшення часу витримки під постійним тиском в межах 1...240 с не впливає на щільність і електроопір шихти. До моменту закінчення холодного пресування порошку питомий електроопір його повинен бути не вище (10...15)·10⁻⁴ Ом·см в іншому випадку ускладнюється електричне пробивання і знижується стабільність процесу.

На першому етапі процесу утворюється пористе порошокове тіло - пресовка. Воно володіє порівняно високим електроопором, значення якого визначає кінетику процесу і якість отриманого шару. Тому необхідно розглянути основи теорії холодного контакту з

позицій механіки деформуємого тіла, металофізики, теорії тертя, пластичного і в'язкого деформування і інших суміжних наук.

З теорії холодного пресування металевих порошків відомо, що електроопір і інші фізико-механічні властивості пресованого матеріалу в значній мірі визначаються контактними явищами між частинками порошкового тіла. При вільному насипанні порошкового матеріалу має малу щільність, так як утворює так звані містки або арки при хаотичному розташуванні контактних ділянок частинок. У такого тіла великий електроопір через малу густину і абсолютну площину струмопровідних контактів.

Вже при вільному насипанні порошку, коли відсутній зовнішній тиск на нього, дійсні тиски в окремих контактах частинок можуть досягати значень граничної напруги стану матеріалу і викликати місцеві руйнування частинок. При цьому матеріал характеризується значною пористістю, малою контактною поверхнею і високим питомим електроопором.

Змінання, зсув і руйнування частинок відбувається за рахунок комбінацій нормального і тангенціального навантажень. При збільшенні тиску пресування росте кількість плям контактування, оголюються ювенільні поверхні і можлива молекулярна їх взаємодія.

При ковзанні частинок відбуваються деякі руйнування мікронерівностей і їх мікрорельєф безперервно змінюється.

В результаті холодного пресування при відносно малих тисках (13...100 МПа), характерних для електроконтактного наварювання, зростає щільність пресовки і знижується її питомий опір.

В холодному контакті при малих тисках електричний опір окремого контакту складається з опору стягнення лінії струму, який проходить через контактну площину, і послідовного з ним опору поверхневих плівок [8].

Другий етап характеризується протіканням імпульсів електричного струму через порошок, який знаходиться під тиском. При цьому струмопровідні контакти частинок і їх приконтактні об'єми швидко нагріваються. Нагрів може досягати температур плавлення і навіть перегріву металу, можливе виникнення мікродугових розрядів, випаровування металу, зварювання і розрив контактів частинок. Електроопір порошку швидко знижується, так як в мікроконтактах частинок матеріал досягає пластичного стану, а прикладений тиск стискання приводить до збільшення щільності матеріалу. Ростуть кількість і площа контактів в струмопровідних поверхнях частинок, збільшуються діючі значення струму і температури нагріву всього об'єму порошкового матеріалу. При цьому активно протікають процеси рекристалізації, схоплювання, спікання, зварювання в мікроконтактах в твердій і рідкій фазах. В залежності від вибраного режиму можливо довести легкоплавкий компонент шихти до часткового, або повного розплавлення, тоді формуванню щільного матеріалу сприяє рідка фаза.

Імпульсний режим необхідний для стабілізації процесу і попередження перегріву, особливо при нагріві до 670...720 °С.

Третій етап - час від моменту вимкнення струму до повного охолодження матеріалу.

Електроконтактний спосіб дозволяє отримувати покриття з перемінними фізико-механічними властивостями по глибині шару [35], що досягається сумісним нанесенням порошкової шихти і паст-лігатур. Дослідженнями встановлено можливість одержання двох, трьох і більше послідовних зон по глибині покриття, виконаного із зносостійких порошків.

Проведений аналіз показав, що електроконтактне наварювання порошків являється одним з перспективних способів нанесення покриття на деталі машин, що швидко зношуються. Відсутність рідкої фази в зоні зміцнення при нанесенні покриття значно розширює технологічні можливості процесу зміцнення.

Процеси електроконтактного зміцнення мають наступні основні переваги: високу продуктивність і низьку енергоємність, мінімальну зону термічного впливу струму на деталь

внаслідок малої тривалості імпульсу нагріву, відсутність необхідності у використанні захисної атмосфери через короткочасний термічний вплив на матеріал покриття і відсутність світлового випромінювання і газовиділення.

Процес електроконтактного нанесення покриття характеризується використанням електричного струму силою 1,5...30 кА, вторинною напругою 1...6 В. тиском до 100 МПа. Відмічається висока швидкість нагріву зони, що зміцнюється. Швидкість нагріву порошку методом електроопору при густині струму 0,9...1,2 кА/мм² перевищує 50000 К/с.

Встановлено, що покриття, які наносяться методом електроконтактного наварювання володіють високими фізико-механічними властивостями (міцність зчеплення 150...300 МПа, пористість не більше 10%). Слід відзначити, що при електроконтактному наварюванні наявність окисних плівок практично не знижує міцності з'єднання, так як плівка володіє високим електроопором і найбільш інтенсивно розігрівається імпульсом струму з подальшим видаленням з зони з'єднання.

Зносостійкість покриття знаходиться на рівні сплавів одержаних електродуговим наплавленням високохромистого чавуну, істотно переважаючи термічно оброблені вуглецеві і низьколеговані сталі.

Для більш детального вивчення процесу, слід приділити увагу основним технологічним параметрам, якими є тиск і температура, а також фізико-механічним властивостям порошкової формовки і кінетиці утворення порошкового шару.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

А.Д. Кондратюк, ст. гр. АВ 07,
М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

В двигунах внутрішнього згорання знос деталей, як і їх тертя, зв'язаний з взаємодією системи метал - змащувальна рідина – метал. Успішна робота такої системи залежить від властивостей обох третьових поверхонь і мастила. Сутність самого процесу тертя й зношування основана на складних взаємодіях між поверхнями тертя і мастилом, які визначаються впливом багатьох факторів: фізичної, хімічної, механічної, геометричної і кінематичної властивостей.

При експлуатації поверхні деталі в процесі тертя і зношування можуть перетерплювати значні зміни мікрогеометрії і мікроструктури. В результаті припрацювання шорсткість зазвичай зменшується, нерівності, які виникли при оброблюванні, замінюються нерівностями, викликаними процесом зношування: внаслідок інтенсивних теплових і механічних впливів з'являються нові структури металу як більш, так і менш благотворні в порівнянні з вихідною структурою.

За рахунок поверхневих атомів, які мають односторонні зв'язки, вільна некомпенсована енергія викликає електромагнітне силове поле поверхні, яке обумовлює явище адсорбції і притягання металів при терті. Тісне зближення ювенільних частинок, не захищених плівками металічних поверхонь тертя, призводить до адгезії, обумовлюючи хапання на ділянці фактичного контакту.

В результаті взаємодії з рідинними і газовими середовищами на металічних поверхнях з'являються тонкі граничні плівки різних видів, в більшості, окисли. Температура плавлення і твердість окислів значно вище, ніж у основного металу.

Високі температури, виникаючи на поверхні тертя, стимулюють виникнення окисних плівок, а руйнування їх викликається механічними причинами – дії сил тертя і в результаті пластичної деформації підшарку. Плівка, яка має високу твердість при м'якому підшарку, швидко руйнується.

В результаті взаємодії металевих поверхонь зі змащувальною рідиною на окисній плівці формуються вторинні адсорбційні граничні плівки з компонентів мастила.

Із всіх видів тертя найбільш сприйнятним є гідродинамічне (рідинне). Більшість видів зносу при такому змащуванні взагалі може не вимикати, за виключенням втомлюваного викришування внаслідок пластичної деформації і корозійного зносу, не потребуючих безпосереднього контакту поверхонь.

Дослідження характеру змащення між поршневым кільцем і циліндром двигуна показали, що в в.м.т. і н.м.т. має місце граничне змащення, в середині циліндру змащення близьке до гідродинамічного. Однак при цьому між кільцем і стінкою циліндра весь час помічається порушення масляного шару. При підвищенні швидкості поршня руйнування масляної плівки зменшується, зменшення в'язкості мастила призводить до збільшення контактів кільця з циліндром. При підвищенні температури спостерігається помітне руйнування змащувального шару, що можна пояснити зниження в'язкості мастила, а також десорбцією помірно-активних молекул на поверхнях тертя. Так, при температурі мастила 200С і в'язкості гарячого мастила, якість змащення дзеркала циліндру гарячим мастилом значно гірше змащення холодним мастилом тієї ж в'язкості.

Викладені якісні залежності процесів тертя і зношування не дають можливості розрахунковим шляхом оцінити очікувані зноси для визначених умов експлуатації деталей двигуна. Тому питання отримання необхідної зносостійкості вирішують зазвичай шляхом експериментального підбору матеріалів, мастил і інших параметрів, які впливають на знос деталей, використовуючи при цьому ряд рішень, виправдовуючи себе раніше. Звичайно, що такий емпіричний шлях підвищення зносостійкості потребує витрат часу і засобів і не завжди призводить до позитиву.

В зв'язку з цим різними школами вчених з різних позицій ведеться інтенсивна розробка загальної теорії тертя і зносу твердих тіл, покликаних полегшити і прискорити вирішення проблеми підвищення зносостійкості деталей машин і механізмів. Широке розповсюдження отримала молекулярно-механічна теорія тертя і зносу І.В. Крагельського, адгезійна теорія Ф.П. Боудена і Д. Тейбора, теорія окислювального зносу Б.І. Костецького.

Зношування деяких видів можуть виникати і розвиватися одночасно, змінюючи один одного, що ускладнює практичний аналіз процесу зношування. В тому випадку, коли на одній і тій ділянці деталі одночасно протікають два різних процеси зношування, один з них часто являється домінуючим, хоч його дія може бути посилена чи послаблена впливом іншого тому не можна формально підходити до класифікації зношування, пам'ятаючи, що можливий перепліт різних форм цього складного процесу.

В експлуатації зношування всіх деталей тертя двигуна є природним і невідворотним процесом. При цьому основний інтерес являють собою зноси деталей, лімітуючи моторесурс двигунів. До таких деталей в першу чергу відносяться базові деталі: колінчатий вал, блок циліндрів, а також деталі, зноси яких особливо впливають на експлуатаційні показники двигуна, а їх заміна пов'язана зі значною трудомісткістю (вкладиші колінчастого валу, гільзи циліндрів, поршні і поршневі кільця). Зноси деталей газорозподільного механізму можуть значно погіршити роботу двигуна, однак вони не являються браковочною ознакою для відправки двигуна на капітальний ремонт у зв'язку з можливістю швидкої заміни. Нарешті, зноси деталей навісних агрегатів, які хоч і часто призводять до повної відмови двигуна, не лімітують їх моторесурс.

Розглянемо величину і характер зносу базових деталей, визначних пробіг двигунів до капітального ремонту, які мають декілька специфічних особливостей.

Розсіювання величин зносів однойменних деталей і спряжень в двигуні обумовлено, по-перше, різною якістю їх виготовлення (металургійні властивості, мікро- і макрогеометрія деталей спряження) і зборки; по-друге, різними умовами роботи в двигуні по тепловому і механічному навантаженню, режимами змащення, кількості поступаючих абразивних частинок забруднень і т.д.

Велика різниця в зносі однойменних деталей і спряжень в різних двигунах в значній мірі поглиблюється неоднаковими умовами їх експлуатації і якості технічного обслуговування.

ДО ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МТА ДЛЯ СУЩІЛЬНОЇ ОБРОБКИ ҐРУНТУ НА ПРИКЛАДІ СТОВ “ЗОРЯ” ДОЛИНСЬКОГО РАЙОНУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**В.М. Пащенко, маг. гр. МС-11 МБ,
С.С. Катеринич, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет**

З метою захисту поверхневого шару від випаровування вологи, знищення бур'янів, створення сприятливих умов для високоякісної сівби і загортання насіння у вологий ґрунт виконується передпосівний обробіток ґрунту.

Технологічні процеси передпосівного обробітку ґрунту залежать від місцевих ґрунт-кліматичних умов, вимог агротехніки, вирощуваної культури і стану поля перед обробітком.

У систему передпосівного обробітку ґрунту входить культивация. Культивация застосовується для поверхневого і передпосівного обробітку ґрунту, знищення бур'янів.

Існуючі поля розрізняються за розмірами конфігурацією, фізико-механічними властивостями ґрунту тощо.

При культивации використовуються різні, за складом, машинно-тракторні агрегати. Крім того в залежності від природно - кліматичних умов культивацию приходиться проводити в різні терміни. Все це приводить до того, що собівартість сільськогосподарської продукції (однієї і тієї ж) буде різною. Тому питання вибору для кожного поля, кожної природно - кліматичної зони найбільш економічний високо продуктивний МТА є актуальним.

В роботі узагальнені відмінності конструкцій культиваторів, запропоновано методуку та визначено оптимальний склад МТА.

Список літератури

1. Сльченко В.Ю. Машинвикористання в землеробстві: / В.Ю. Сльченко, Ю.П.Нагірний, П.А. Долос та ін.; За ред. В.Ю. Сльченко, і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай 1996. – 384 с.
2. Аллилуев В.А. и др. Техническая эксплуатация машинно-тракторного парка/ В.А.Аллилуев, А.ДЛ. Ананьин, В.М.Михлин. – М.: Агропромиздат, 1991. 367 с.
3. Звіт з наукової практики у СТОВ „Зоря” с.Братолюбівка Долинського району Кіровоградської області, Кіровоград, - КНТУ, каф.ЕРМ – 27 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ЧАВУННИХ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ МЕТОДОМ ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО ОБТИСНЕННЯ

О.Л. Пахомов, *маг. гр. МС-11 МБ,*
Ф.М. Капелюшний, *доц., канд. техн. наук,*
Аль Соодані Салем, *доц., канд. техн. наук*
Кіровоградський національний технічний університет

Розробка моделі і дослідження процесів відновлення деталей має дві основні цілі. Перша - науково-методологічна, полягає в дослідженні загальних закономірностей і механізмів направленої формоизменення деталей. Друга - практична, полягає у визначенні оптимальних параметрів технологічного процесу. Під оптимальними значеннями параметрів розуміються значення, які забезпечують найбільші корисні зміни розмірів при виконанні ряду обмежень.

Ці обмеження розділяються на теплові і механічні. Теплові обмеження відображають специфіку даного класу процесів, що полягає у відсутності структурних перетворень. Ця умова виконується якщо максимальна температура точок деталі не перевищує значення A_{cl} температури критичної крапки почала утворення аустеніта, визначеної з урахуванням швидкості нагріву. Механічне обмеження має зміцнювальний характер і виражається критерієм руйнування.

В роботі розраховано оптимальні параметри процесу ТПД при відновленні гільз циліндрів. Аналіз мікроструктури показав, що зерно в структурі чавуну і включення графіту дробляться, витягуються і набувають орієнтації уперек стінки гільзи циліндра. Пластинчастий графіт змінює форму, а в деяких випадках на пластівчастий і навіть кулястий. Особливе це помітно в структурі чавуну після двох термоциклів ТПД. Подібні зміни в структурі чавуну відновлюваних гільз циліндрів підвищують його фізико-механічні властивості.

Теоретичні дослідження добре узгоджуються з експериментальними, указуючи, що істотно впливають на величину залишкової деформації внутрішнього діаметру гільзи параметри, що керуються: швидкість нагріву гільзи; температура нагріву; швидкість охолодження; частота обертання гільзи; швидкість переміщення гільзи щодо індуктора. В роботі також визначено оптимальну температуру нагріву що відпрацьовується в інтервалі температур при яких матеріал стає пластичним 400...900 °С. Оптимальне значення швидкості охолодження гільз циліндрів при деформації визначали експериментально.

Список літератури

1. А.с. СССР 1468932 Способ восстановления внутренних цилиндрических чугуных деталей /Гурмаза А.А., Матвиенко О.И., Савченко В.И., Удод С.И., Зайцев Д.К. опубл.Б.И. №12, 1989.
2. Л.П. Клименко "Повышение долговечности цилиндров ДВС на основе ринципов переменной износостойкости / Под ред. В.В. Запорожца. -Николаев: Изд-во ИФ НАУКМА, 2001. - 294 с.

ДО ПИТАННЯ ЗМІЦНЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ВАЛІВ НАВАРЮВАННЯМ ПОКРИТТІВ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНИМ СПОСОБОМ

В.І. Слободяник, *маг. гр. МС-11 МБ,*
С.Є. Катеринич, *доц., канд. техн. наук*
Кіровоградський національний технічний університет

Підвищення довговічності циліндричних поверхонь валів в основному проходить трьома шляхами.

Перш за все – це вдосконалення конструкції, другий шлях пов'язаний з пошуком і використанням більш зносостійких матеріалів, третій, поєднуючи переваги першого та другого, був направлений на створення зміцнюючих шарів на циліндричних поверхнях валів.

Традиційні конструктивні і технологічні методи відновлення циліндричних поверхонь вже не відповідають сучасним вимогам до надійності і довговічності сільськогосподарської техніки. Збільшення геометричних параметрів і використання дорогих конструкційних матеріалів для їх виготовлення призводять до подороження машин.

Одним із шляхів відновлення циліндричних поверхонь валів є використання зносостійких матеріалів у вигляді покриттів отриманих електроконтактним способом.

У свою чергу зносостійкість порошкових матеріалів характеризується не тільки складом та твердістю металевої матриці, а й у значній мірі об'єктивним вмістом керамічного наповнювача, так, як при недостатній його кількості інтенсивному зношуванню буде піддаватися матриця аж до втрати її суцільності і, як результат, до викришування наповнювача, і навпаки, при надлишковому вмісті наповнювача також матиме місце порушення суцільності матриці через підвищену пористість, що також може викликати його викришування при контакті з абразивом. Таким чином, об'єкт зносостійкої фази повинен бути таким, щоб в КП відстань між її частинками не перевищувала безпосереднього діаметру часток абразивної суміші в середовищі якої працює КП, що запобігало б заклинюванню абразиву між керамічними частинками, активному зношуванню матричного матеріалу.

На основі експериментальних досліджень, сучасної теорії тертя і зношування, теоретичних розрахунків і аналізу факторів, що визначають зносостійкість КМ в умовах абразивного зношування сформульовано основні структурні, міцнісні та трибологічні принципи проектування зносостійких матеріалів, а також зпроектовано склад композиційного кераміко-металевого зносостійкого покриття, що реалізовується контактним наварюванням стрічки на циліндричні поверхні валів.

Список літератури

1. Мачок Ю.В., Солових С.К. Визначення максимального розміру керамічного наповнювача в композиційному покритті. //Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. /-Вип.5. – Кіровоград: КДТУ, 1999. – с.131-134.
2. Черновол М.И., Златопольский Ф.И., Лопата Л.А. Современные материалы для восстановления и упрочнения деталей машин: Учебн. пособие. – Кировоград, 1994. – 83 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕНЗИНОВИХ ДВЗ ОПТИМІЗАЦІЄЮ ПРОЦЕСІВ ГАЗО РОЗПОДІЛЕННЯ

О.О. Сустінов, маг. гр. АВ-11 МБ,
Є.К. Солових, проф., канд. техн. наук,
А.Є. Солових, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Процес роботи двигунів внутрішнього згорання передбачає циклічне виділення та перетворення енергії палива в механічну роботу. Разом з тим, на жаль, існуючі конструкції двигунів забезпечують ККД лише у межах до 38% - тобто саме така кількість виділеної енергії перетворюється в корисну роботу. Вся інша енергія витрачається у певних напрямках, які описуються складовими величинами теплового балансу двигуна та визначає його теплову напруженість.

Остання в свою чергу характеризується рівнем температури основних деталей та визначається величиною і характером протікання теплових потоків. Конструктивна складність деталей, відмінність в умовах охолодження по їх поверхням, неоднорідність термодинамічних параметрів робочого тіла по об'єму камери згорання приводить до того, що умови теплопередачі по деталям, які утворюють в першу чергу внутрішньо циліндровий об'єм – неоднозначні.

До того ж їх матеріали досить різні за фізичними властивостями. Для прикладу: у двигунів ВАЗ головка циліндрів і поршні виготовлені з алюмінієвих сплавів, розподільчий вал - чавунний, клапани - сталеві, при цьому температура останніх (якщо говорити про випускні) у зоні тарілки досягає 500...600 °С, а в навколишніх деталях вона в три-чотири разів нижче. Знов-таки і ця картина - спрощена, тому що самі деталі в різних точках також нагріті неоднаково.

Отже, для забезпечення надійності роботи технічної системи під назвою "механізм газорозподілення" потрібною умовою є присутність теплових зазорів між деталями, що контактують. Так, нагрітий двигун повинен бути забезпечений мінімальними величинами зазорів в контактні деталі механізму газорозподілення, інакше клапани мають недостатню величину ходу відкривання та обмежують потужність двигуна, та й шум при роботі останнього зростає. В такому випадку виникають підвищені навантаження, які, впливаючи на деталі механізму газорозподілення, знижують їх ресурс. Крім того, погіршується наповнення циліндрів свіжим зарядом, а це призводить до зниження крутного моменту та потужності двигуна.

В роботі побудовано зовнішню швидкісну характеристику двигуна ВАЗ 2105 та знайдено шляхи її покращення. Досліджено та оптимізовано процеси впуску випуску на основі чого обрано оптимальний випускний тракт для даної моделі авто.

Список літератури

1. Нефедов А.Ф., Высогин А.Н. Планирование эксперимента и моделирование при исследовании эксплуатационных свойств автомобилей. - Львов: Вища школа, 1976. - 256 с.
2. Вершигора В.А. и др. Автомобили «Жигули» ВАЗ - 2104, ВАЗ - 2105, ВАЗ - 2107: Устройство, ремонт. -М.: Транспорт, 1992. - 256 с.
3. Переверзов Е.С. Надежность и испытание технических систем / АН УССР. Ин-т техн. механики. - К.: Наукова думка, 1990. - 326 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІЇ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЇХ РОБОТИ

С.М. Чекановський, маг. гр. АВ-11 МБ,
Є.К. Солових, проф., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Надійні й ефективні гальма дозволяють водієві упевнено вести автомобіль з великою швидкістю і разом з тим забезпечують необхідну безпеку руху. В процесі гальмування кінетична енергія автомобіля переходить у роботу тертя між фрикційними накладками колодок і гальмівними дисками (барабанами), а також між шинами і дорогою.

Величина гальмівного моменту, що розвивається гальмівним механізмом, залежить від його конструкції і тиску в приводі. Для найбільш розповсюджених типів гальмівних приводів, гідравлічна і пневматичного, сила натискання на колодку прямо пропорційна тискові, що розвивається в приводі при гальмуванні. Гальма сучасних автомобілів можуть розвивати момент, що значно перевищує момент сили зчеплення шини з дорогою. Тому досить часто в практиці спостерігається юз, коли при інтенсивному гальмуванні колеса автомобіля блокуються і сковзають по дорозі, не обертаючись. До блокування колеса між гальмівними накладками і дисками (барабанами) діє сила тертя ковзання, а в зоні контакту шини з дорогою — сила тертя спокою. Після блокування, навпаки, між поверхнями тертя гальма діє сила тертя спокою, а в зоні контакту шини з дорогою — сила тертя ковзання. При блокуванні колеса витрати енергії на тертя в гальмі і на кочення припиняються і майже все тепло, еквівалентне кінетичній енергії автомобіля, що поглинається, виділяється в місці контакту шини з дорогою. Підвищення температури шини приводить до розм'якшення гуми і зменшенню коефіцієнта зчеплення. Тому найбільша ефективність гальмування досягається у випадку кочення колеса на межі блокування. При одночасному гальмуванні двигуном і гальмами досягнення величини сили зчеплення на ведучих колесах відбувається при меншій силі натискання на педаль, чим при гальмуванні тільки гальмами. Тривале гальмування (наприклад, під час руху на затяжних спусках) в результаті нагрівання гальмових барабанів різко зменшує коефіцієнт тертя фрикційних накладок, а отже, і гальмовий момент. Таким чином, гальмування з невідокремленим двигуном, застосовуване як додатковий спосіб зменшення швидкості, дозволяє збільшити термін служби гальм. Крім того, при гальмуванні з невідокремленим двигуном збільшується поперечна стійкість автомобіля.

При гальмуванні автомобіля під дією сили інерції створюється момент, який збільшує навантаження на передні колеса автомобіля й зменшуючи навантаження на задні, тобто відбувається так названий перерозподіл динамічної ваги між осями. В цьому випадку передня частина автомобіля навантажується і притискається до дороги, а задня, навпаки, розвантажується і піднімається. Це явище виявляється тим помітніше, ніж інтенсивніше гальмування. В результаті розвантаження, що відбувається, задні колеса більш схильні до загальмування «на юз», особливо в автомобілів, які мають у статичному стані приблизно рівне навантаження на осі. Під час гальмування автомобіля величини гальмівних сил на колесах правої і лівої сторони можуть бути неоднакові. В результаті цього створюється момент, який повертає автомобіль навколо вертикальної осі, що беззаперечно погіршує керування гальмівною системою, призводить до зниження ефективності гальмування й втрати курсової стійкості автомобіля. Все це є однією з найбільш розповсюджених причин дорожньо-транспортних пригод на дорогах. Стабільність же величин моментів, створених гальмівними механізмами, позитивно впливає на величину шляху гальмування та на стійкість автомобіля.

Причинами подібного явища можуть бути різний стан накладок і барабанів, розрегулювання і збільшення зазору між накладками і барабаном, різний стан шин і т.д. Погіршення гальмівної динамічності може також наступити внаслідок проникнення в гальма масла, води або бруду, що зменшують гальмівний момент.

Саме тому, дослідження спрямовані на розробку ефективних заходів по підвищенню ефективності роботи гальмівних систем легкових автомобілів під час гальмування є актуальними та своєчасними.

З вище розглянутого видно, що сьогодні в Україні велика кількість легкові автомобілів ВАЗ мають гальмівні системи, що не в повній мірі відповідають нормативним вимогам, з яких у 95 % несправний регулятор тиску задніх гальм. На сучасних легкових автомобілях моделей ВАЗ 2108 — 21099 застосовується двоконтурна робоча гальмівна система з діагональним розташуванням контурів регулятора тиску, що значно підвищує безпеку руху автомобіля, особливо в екстремальних умовах (мокра дорога, ожеледиця, сніжні накати). Крім того регулятор тиску регулює тиск в гідравлічному приводі гальмівних механізмів задніх коліс залежно від навантаження на задню вісь автомобіля, а при відмові одного з контурів — як обмежувач тиску на робочі гальмівні циліндри коліс. Але під впливом зовнішнього середовища (волога, бруд), регулятор тиску швидко виходить з ладу. У зв'язку з цим в роботі розроблено рекомендації для довговічної і надійної роботи регулятора тиску.

Список літератури

1. Автомобили ВАЗ-2110, ВАЗ-21102, ВАЗ-21103, ВАЗ-2111, ВАЗ-2112. Руководство по ремонту, эксплуатации и техническому обслуживанию. Каталог запасных частей / С.Н. Косарев, С.Н. Волгин, П.Л. Козлов, В.А. Яметов. - М.: Колесо, 2003.- 416 с.
2. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / За заг. ред. А.М. Редзюка, - К.: ДП "ДержавтотрансНДПроект", 2005. - 400 с.
3. Безпека руху автомобільного транспорту: Довідник / Д.В. Зеркалов, П.Р. Левковець, О.І. Мельниченко, О.М. Дмитрієв, - К.: Основа, 2002. - 360 с.

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗАЛІЗОХРОМИСТИМИ ЦЕМЕНТОВАНИМИ ГАЛЬВАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ

С.В. Артеменко, ст. гр. ЗВ-11М, О.В. Бевз, доц.
Кіровоградський національний технічний університет

Аналіз деталей автомобілів, що надходять в капітальний ремонт, показує, що їх знос в переважній більшості не перевищують 0,1...0,3 мм і лише в деяких досягають 0,5 мм. Більша частина деталей автомобілів виготовлена з дорогих матеріалів, тому, вартість їх відновлення у декілька разів нижче вартості виготовлення.

Багато деталей, відновлені сучасними способами, по працездатності і довговічності не тільки не поступаються відповідним новим деталям, але і перевершують їх в 1,5 ... 2 рази, а іноді і більше

Серед відомих процесів нанесення захисних покриттів особливе місце займає електролітичне залізнення, так як відрізняється високою продуктивністю, технологічною простотою і відносною дешевизною.

Електролітичне залізнення - дуже гнучкий процес, що дозволяє отримувати покриття товщиною від сотих часток міліметра до декількох міліметрів, що надає дуже широкі

можливості варіювання властивостей осаджених покриттів і дозволяє простими прийомами осаджувати не тільки чисте залізо, а й сплави на його основі.

1. Особливості електроосадження залізохромистих покриттів з сірчаноокислого електроліту на струмі змінної полярності

Хром в чистому вигляді, досить легко осідає на поверхні та має високу твердість (5000...10000МПа), низький коефіцієнт тертя, досить високу теплостійкість і корозійну стійкість. Однак, процес електроосадження чистого хрому відрізняється низькою продуктивністю, а в хромових осадах виникають значні розтягуючі напруги (вище, ніж в залізних осадах), значно знижуючи межу витривалості хромованих виробів.

Нами висловлено припущення, що якщо осаджувати не чистий хром, а хром спільно з залізом, то можна отримати залізохромисті осади з підвищеними фізико-механічними властивостями, що поєднують позитивні якості хрому і заліза (високу твердість у поєднанні з низькими розтягуючими напругами). Однак самий головний ефект від введення хрому в залізні електролітичні покриття слід очікувати після проведення їх зміцнюючої обробки (цементації або нітроцементації).

В даній роботі була зроблена спроба використання для отримання залізохромистих покриттів електроліт на основі сірчаноокислого заліза FeSO₄, оскільки відомо, що сірчаноокислі електроліти дозволяють одержувати покриття з більш високою якістю, ніж хлоридні. Недоліком сірчаноокислих електролітів є невисока швидкість осадження металу, але для компенсації цього недоліку в даній роботі замість постійного струму використаний змінний асиметричний струм.

Асиметричний струм випробуваний при осадженні залізних покриттів показав гарні результати - збільшилася швидкість осадження та підвищилася якість покриття.

При використанні для електроосадження залізохромистих покриттів асиметричного струму на продуктивність процесу і якість осадів значний вплив робить не тільки щільність струму, а й т.зв. коефіцієнт асиметрії. Цей коефіцієнт (або показник) показує співвідношення катодного і анодного напівперіодів асиметричного струму.

$$\beta = \frac{I_k}{I_a} \quad (1)$$

де β – показники асиметрії;

I_k — струм катодного напівперіода;

I_a — струм анодного напівперіода.

При $\beta=1$ катодний і анодний струми однакові ($I_k=I_a$) та між електродами у ванні протікає змінний струм, а електроосадження не відбувається. При $\beta>1$ струм стає асиметричним ($I_k>I_a$) і на катоді осаджується більше металу, ніж розчиняється. При правильному виборі співвідношення кількості електрики катодного і анодного напівперіодів (при правильному виборі коефіцієнта асиметрії β) швидкість осадження металевого покриття може бути отримана значно вище, ніж при стаціонарному (на постійному струмі) режимі.

Проведенні експерименти, що до впливу коефіцієнта асиметрії електролізного струму на продуктивність процесу електроосадження залізохромистого покриття показали, що при значеннях коефіцієнта асиметрії до $\beta\sim 3$ вихід по струму незначний. З ростом показника асиметрії $\beta = 5...6$ вихід по струму досягає значень, характерних для постійного струму, після чого залишається постійним і вельми високим (85...88%). Асиметричний струм при проходженні через електроліт викликає його значний нагрів (до 60...70°C). Це призводить до деякого зниження виходу за струмом залізохромистого покриття (на 5...8%) і до зменшення жорсткості умов електролізу.

2. Хіміко-термічна обробка електролітичних залізохромистих покриттів

Хіміко-термічну обробку зразків (цементацию) з залізохромистими гальванічними покриттями проводили в пастоподібних високоактивних карбюраторах на основі дрібнодисперсної газової сажі з різними прискорюючими добавками.

Для цементації зразків використовували лабораторну вертикальну (шахтну) електропіч. В процесі цементації в піч подавали рідкий карбюратор (синтин), який розкладаючись при високій температурі забезпечував всередині реторти вуглецевмісну атмосферу, що посилювало насичуючу вуглецем дію сажової обмазки.

Охолодження зразків після цементації проводили в контейнерах до температури ~ 400°C, після чого зразки висипалися на решітку (сепаратор), на якій охолоджувалися до кімнатної температури. При цьому наповнювач і частина обмазки сипались через ґрати в ащик для збору відпрацьованого карбюратора.

Загартування цементованих зразків проводили після їх очищення від слідів цементуючої пасти з нагріванням в муфельній печі ТП-2 в повітряній атмосфері. Для охолодження при гартуванні використовували мінеральне масло або воду (в залежності від мети експерименту). Відпуск загартованих зразків проводили в тій же печі, що і гартування.

3. Методи визначення складу, структури і фізико-механічних властивостей гальванічних покриттів

Щодо визначення складу, структури та властивостей покриття були проведенні такі досліді: - хімічний аналіз; - випробування на твердість; - мікроструктурний аналіз; - рентгеноструктурний аналіз; - випробування на міцність зчеплення; - досліді на визначення внутрішніх напружень (метод тонких кілець); - досліді на зносостійкість та ударну в'язкість.

Випробування на міцність зчеплення визначалося по зусиллю відриву торця штифта від покриття, нанесеного на спеціальне пристосування.

Міцність зчеплення електролітичного покриття з торцем штифта розраховувалася за формулою:

$$\sigma = \frac{4P}{\pi D^2} \quad (2)$$

де P- зусилля відриву;

D - діаметр штифта.

Залишкові внутрішні напруження в гальванічних покриттях визначали за методом тонких кілець. На тонкостінну трубу наносилося залізохромисте покриття різної товщини.

Труба з покриттям розрізалась на тонкі (~5 мм) зразки - кільця. На боковій поверхні кільцеподібного зразка, тонким кернером наносили дві точки на відстані приблизно 10 мм одна від одної. Відстань між точками вимірювали на інструментальному вимірювальному мікроскопі БІМ або індикаторним пристроєм з точністю до 0,001 мм. Потім зразок розрізали тонким абразивним кругом між наміченими точками і знову вимірювали відстань між ними.

Якщо відстань між базовими точками після розрізання кільця збільшується, то в поверхневому шарі кільця (в гальванічному покритті) є напруги розтягнення, якщо відстань між точками зменшується - то напруги стиснення.

В завершення хотілося б сказати що в кінцевому результаті ми маємо поверхню твердістю 66...68 HRC, та підвищені показники теплостійкості та корозійної стійкості. Розроблені технологічні рекомендації з нанесення і зміцнення залізохромистих покриттів припускають використання дешевих і доступних матеріалів і типового обладнання. Пропонувана технологія відрізняється високою продуктивністю, можливістю механізації та автоматизації всіх процесів і екологічною чистотою. Ця технологія може дати високий економічний ефект при відновленні зношених деталей, а також при виготовленні нових за рахунок значного підвищення зносостійкості.

Список літератури

1. Черновол М.И. и др. Повышение качества восстановления деталей машин. –К. 1989.
2. Колмыков, Д. В, Ткаченко Ю.С., Мищенко М.В. и др. Анализ абразивной износостойкости цементованных сталей с карбидными включениями в металлической матрице // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 3. - №11. - 2007. - С. 135-137.
3. Бельский М.А., Иванов А.Ф. Электроосаждение гальванических покрытий. - М.: Металлургия, 1985. - 288 с.
4. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1985. - 427 с.

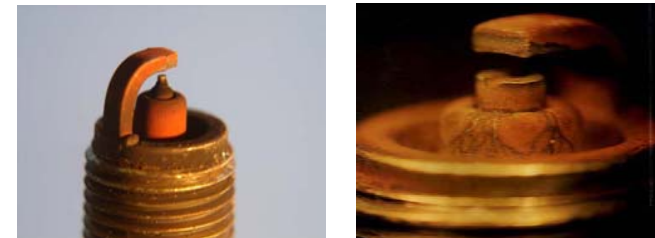
ВПЛИВ АНТИДЕТОНАЦІЙНИХ ПРИСАДОК НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ КОМПОНЕНТІВ У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗАХ

Р.С. Аулін, ст. гр. АТ 11М,
С.О. Магопєць, доц., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Антидетонаційні присадки. Будь-яка речовина в правильній дозі стає ліками, в неправильній - отрутою. Ця аксіома вірна і відносно автохімії. Як і ліки, різноманітні присадки для палива і моторного мастила, засоби для очищення систем і механізмів автомобіля потрібно застосовувати грамотно, вчасно і строго відповідно до інструкції.

1. Тетраетилсвинець (C₂H₅)₄. Історично першою антидетонаційною присадкою була етилова рідина на основі тетраетилсвинця. У міру розвитку автомобільного транспорту вплив отруйних властивостей ТЭС на довкілля і здоров'я людини став катастрофічним. На початку 70 - их років, періоду максимального виробництва і використання ТЭС, в атмосферу Землі щорічно викидалося до 260 тисяч тонн свинцю. Токсичність свинцю полягає в здатності накопичуватися в організмі і знижувати зміст гемоглобіну в крові. Окрім цього, свинцевий антидетонатор миттєво губить каталітичні нейтралізатори відпрацьованих газів. Тому вже в 70-і роки в США стали обмежувати застосування ТЭС і в 1986 році повністю припинили виробництво етилірованих бензинів. У Радянському Союзі етилірований бензин був заборонений до застосування у великих містах. Як "спадкоємці" тетраетилсвинця стали застосовуватися з'єднання марганцю (ЦТМ і МЦТМ), і з'єднання заліза (фероцен).

2. Залізовмісні присадки. Застосування октановопідвищуючих присадок до бензину на основі заліза, більше чим в дозволений консентрації, має ряд побічних дій одне з яких вже добре відомо - це "червоні" свічки(рис.1).



а) Червоний нагар на свічках; б) червоний нагар з утворення «доріжок пробую»

Рисунок 1

В процесі згорання присадка розкладається і утворює відкладення. Наліт з оксидів заліза шунтує іскровий проміжок свічки. Порушується процес іскроутворення. Поступово на поверхні ізолятора можуть утворитися "доріжки". Це призводить до пропусків займання робочої суміші. Пропуски займання або надходження іншим способом парів незгорілого бензину в каталізатор призводять до його перегрівання, оплавлення і виходу його з ладу. Тут зупинимось на впливі відкладень які виникають у тому числі і в каталізаторі при застосуванні бензину з присадкою на основі заліза.

Застосування високих концентрацій фероцену і залізовмісних антидетонаторів призводить до підвищеного зносу деталей двигуна, зниження працездатності свічок запалення.

Картридж наскрізь "просочений" відкладеннями червоно-цегляного кольору - в бензині була позамежна концентрація залізовмісної присадки. Частина сотів вирвана вибухом. На останній стадії руйнування в каталізатор поступила велика порція незгорілого в циліндрах двигуна палива. Це могло бути наслідком відмови іскрових свічок із-за шунтуючого нальоту на ізоляторі і утворення "доріжок пробою". Іскроутворення було порушене і при ускладненому запуску автомобіля в каталізатор поступав бензин, який після запуску двигуна згорів в каталізаторі вибухоподібно. Це і послужило вириву частини сотів картриджа.

3. Ароматичні аміни мають високий антидетонаційний ефект, але до застосування допущений тільки монометиланілін або N-анілін (C₆H₅NHCH₃). Це масляниста прозора рідина жовтого кольору з щільністю 980 кг/м³; розв'язлива в бензинах, спиртах, ефірах. Має високі антидетонаційні, антиокислительні, стабілізуючі і антикорозійні властивості. Октанове число по дослідницькому методу - 280.

Недоліком ароматичних амінів є підвищена схильність до смолоутворення і збільшення зносу деталей циліндро-поршневої групи.

4. Марганцевмісні присадки.

Серед досліджених речовин найбільш ефективними виявилися з'єднання марганца-циклопентадиєнилтрикарбонилмарганец (ЦТМ) і метилциклопентадиєнилтрикарбонилмарганец (МЦТМ). Усі основні дослідження проведені з метилциклопентадиєнилтрикарбонилмарганцем СН₃С₅Н₄Мп(СО)₃. Це з'єднання представляє собою прозору малов'язку рідину ясно-бурштинового кольору з трав'янистим запахом, температурою кипіння 233° З, щільністю 1,3884 г/см³ і температурою застигання 1,5 °С. МЦТМ добре розчинимо в бензині і практично нерозчинний у воді (при 25° З - 0, 007 вага. %).

Відома присадка, що покращує антидетонаційні властивості бензину, є алифатичний кетонциклопентадиєнил марганцем трикарбонил, наприклад ацетилтрифторциклопентадиєнилмарганецтрикарбонил (АТФЦТМ). Недоліком АТФЦТМ є недостатня стабільність палив що її містять, підвищена токсичність відпрацьованих газів і невисокі антидетонаційні характеристики.

Недоліком є підвищений знос і нагароутворення на свічках запалення і в камері згорання.

Екологічні нанокаталізатори - присадки до палив, що містять модифіковані наночастки діоксидів церію й цирконію. Виконання постійно зростаючих екологічних вимог до автомобіля (Євро-4 і Євро-5) вимагає значного зниження змісту оксидів азоту й твердих часток у вихлопі.

Нанокаталізатори (nanocatalysts) володіють високими каталітичною активністю, селективністю, стабільністю. Висока ефективність нанокаталізаторів обумовлена унікальністю процесів перенесення і розподілу полів (зарядів), енергії, маси і інформації, що відбуваються при наноструктуризації і хімічних реакціях в наносистемах, а також особливостями морфології і енергетики развитих поверхонь наночасток. Вживання нових

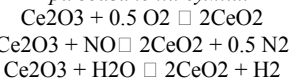
високоєфективних нанокаталізаторів сприяє поліпшенню екологічних характеристик процесів і технологій в промисловості, енергетиці і на транспорті, зниженню шкідливих викидів в атмосферу, дозволяє створювати екологічно чисті види альтернативних енергоресурсів, нові продукти і матеріали.

Розгляд церію. Матеріали на базі церію продовжують досліджувати щодо вивчення їх структурних і хімічних властивостей, поведінку зниження і нестехометрію, місткість кисневого зберігання і взаємодії металу з церієм. Ці матеріали показують багатообіцяючі застосування в екологічному каталізі, окислювально-відновний каталіз і мокре каталітичне окислення органічних забрудників. Роль церію була розпізнана в трикомпонентному каталізі, каталітичному мокрому окисленні, окислювальному/горючому каталізі і твердих окисних паливних осередках.

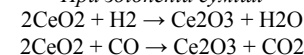
Церій в трикомпонентному каталізаторі (ТКК). Найбільш важливе застосування церію у каталізі вихлопних газів, який був розглянутий докладніше. Трикомпонентні каталізатори проєктуються, одночасного перетворення автомобільного вихлопу забруднюючих речовин (вуглеводні (НС), що не догорають, чадний газ (СО) і оксиди азоту (NO_x)) на екологічно відповідну продукцію як наприклад СО₂, вода і азот.

Стехіометричне значення 0,9-1, каталізатор перетворює усі забрудники на СО₂, газу Н₂О і N₂ з високоєфективним. Відхилення від стехіометричного значення впливає на роботу триколіїного каталізатора, що призводить до неповного знешкодження забрудників. При збагаченні суміші краще проходить знешкодження NO, тоді як при збідненні суміші СО і SnHm. Роль церію і матеріалів на основі діоксиду церію в ТКК- допомогти підтримувати ефективність знешкодження каталізатора. Церій має здатність зберігати додатковий кисень при збагаченні суміші і звільняти при збідненні для окислення СО і SnHm. Це відбувається через його здатність перемикатися між Ce⁴⁺ і Ce³⁺ + окислення в залежності від парціального тиску кисню у відпрацьованих газах. Церій може пройти цілий ряд реакцій обміну кисню з молекулами газу у середовищі відпрацьованих речовин.

При збагаченні суміші



При збідненні суміші



Крім того, церій також допомагає підтримці дисперсії благородних металів і забезпечує теплову стабільність.

Проводились дослідження певних марок антидетонаційних присадок найкращими з них виявилися CD - 2 OFF - STREET LEGAL OCTANE BOOST та MARLY Power Booster. Присадки показали хороші результати як при впливі на динамічні показники так і на показники токсичності у відпрацьованих газах.

Список літератури

1. Гнатченко І.І. и др. Автомобильные масла, смазки, присадки: Справочное пособие. – М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: ООО «Издательство «Полигон»», 2000. – 360.: ил.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА НІП-71 РАЦІОНАЛІЗАЦІЄЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ НА ПРАТ «ГІДРОСИЛА АПМ» М. КІРОВОГРАД

В.М. Малєєв, магістр. гр. ГМ ПМ,
Т.В. Руденко, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Аксіально-поршневі регульовані насоси з похилою шайбою призначені для об'ємних гідроприводів (ГСТ), що складаються з насоса і гідромотора, що працюють за закритою схемою. Використовуються в гідроприводах ходу мобільних машин - зернозбиральні та інші комбайни, гідроприводах технологічного обладнання шляхово-будівельних машин - автобетонозмішувачі, дорожні ущільнювачі та інші машини.

Підвищення технічних характеристик аксіально-поршневих машин є однією з основних задач для виробників АПМ в світі.

Основні ведучі виробники АПМ в світі, такі як Sauer Danfoss, Rexroth, Eaton та ін., збільшують типорозмірний ряд своїх виробів за рахунок модернізації існуючих АПМ шляхом збільшення робочого об'єму та використання уже існуючих корпусних деталей. Тобто такі АПМ мають більш компактний вигляд за рахунок менших габаритних розмірів у порівнянні з аналогічним типорозміром та не поступаються за технічними параметрами.

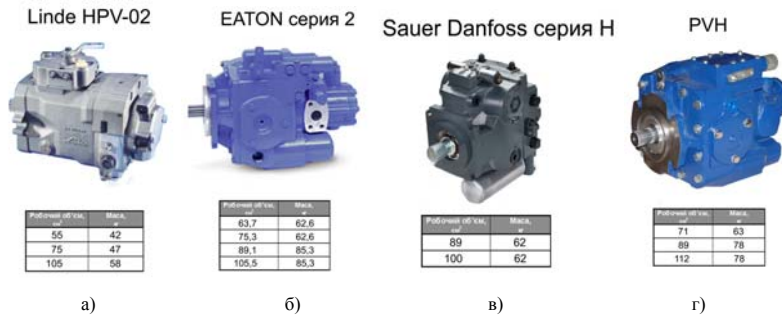


Рисунок 1 – Насоси світових виробників гідравліки

Робочий об'єм насоса обчислюється за формулою

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot D_{\text{розм.}} \cdot \text{tg}\alpha \cdot z \quad (1)$$

де D - діаметр плунжера;

$D_{\text{розм.}}$ - діаметр розміщення плунжерів;

α - кут нахилу похилої шайби;

z - кількість плунжерів.

З формули видно, що об'єм насоса можливо змінити за рахунок збільшення таких складових як діаметр плунжерів, діаметру розміщення плунжерів, за рахунок збільшення кута нахилу похилої шайби або загальної кількості самих плунжерів.

Ось наприклад в насосах фірми LINDE (рис.1а) компактність та порівняно з іншими насосами незначна вага досягнута за рахунок збільшення кута нахилу плунжера з п'ятою до 21° (в інших цей кут становить 18°).

В насосах фірм EATON та Sauer Danfoss (рис.1б та рис.1в) - це досягнуто шляхом збільшення діаметрів плунжерів та зовнішніх діаметрів блоків циліндрів без збільшення габаритних розмірів самих насосів.

В насосі PVH виробництва ПрАТ «Гідросила АПМ» (рис.1г) збільшення робочого об'єму також досягнуто за рахунок збільшення діаметру плунжерів без збільшення зовнішнього діаметру самого блоку але змінено піджим п'ят в порівнянні з серійним насосом НІП90 за рахунок введення трьох коліків та зменшення кількості робочих шліців на валу насоса.

Оскільки розвиток систем гідроприводу загалом та аксіально-поршневих машин в цілому має важливе значення для сільського господарства, шляхово-будівельного машинобудування, ремонтного виробництва та інших галузей, можна судити про актуальність даної теми.

Під час виконання магістерської роботи збільшення робочого об'єму насосу НІП-71 до 90см³ досягнуто шляхом модернізації деталей ротора НІП-71, а саме збільшення діаметрів плунжерів, збільшення робочих камер блоку циліндрів, та заміною 6-ти пружин для піджиму п'ят на шість коліків але без зменшення кількості робочих шліців на валу насоса.

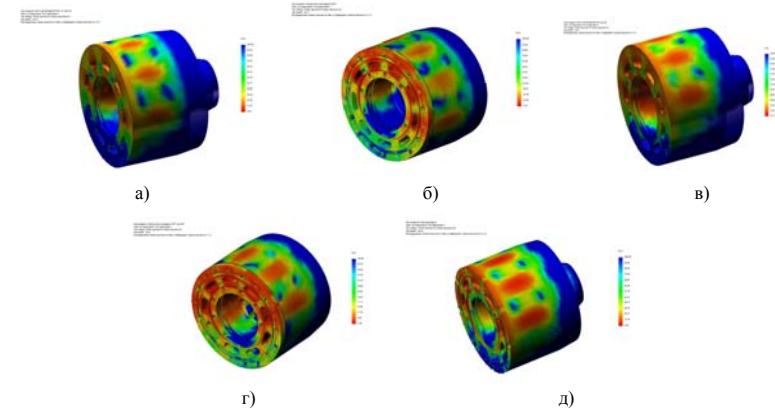


Рисунок 2 – Епюри результатів навантаження качаючих вузлів

Аналізуючи епюри результатів навантаження качаючих вузлів, за допомогою графічної програми Solid Works, максимальним тиском 35МПа можна відмітити наступне: - серійний блок циліндрів насоса НІП-71 при заданому тиску має мінімальний коефіцієнт запасу міцності 4,3 (рис.2а) але він працює в парі з латунним дном приставним і при заданому навантаженні мінімальний коефіцієнт запасу міцності вже становить 2,1 (рис.2б). Це задовольняє вимогам до жорсткості конструкції в цілому.

Якщо робочий об'єм збільшити тільки за рахунок збільшення діаметрів плунжерів та камер блоку циліндрів без зміни конструкції серійного качаючого вузла та навантажити, за допомогою графічної програми Solid Works, максимальним тиском 35МПа то ми бачимо, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності блоку циліндрів становить 2,2 (рис.2в), а разом із латунним дном приставним вже тільки 1,3 (рис.2г). Це не задовольняє вимогам до жорсткості конструкції тому, що він повинен складати не менше ніж 2.

Тому в конструкції качаючого вузла НП-71 (90см3) пропонується збільшити жорсткість качаючого вузла за рахунок наплавлення бронзового шару на поверхню блоку циліндрів, введенням ребер жорсткості зі сторони шийки блока циліндрів, зменшенням центрального отвору Ø57,8мм до Ø50мм (збільшується товщина стінки з 2,875мм до 5,385мм) та заміною піджиму п'ят при допомозі 6-ти коликів (діаметр 6-ти отворів під пружини становить Ø8,56мм, а діаметр отворів під шість коликів – Ø2,8мм). Збільшення робочих камер блоку циліндрів спричиняє зменшенню стінок між собою з 8,2мм до 5,42мм, але після проведених розрахунків на жорсткість та навантаження даної конструкції, за допомогою графічної програми Solid Works, максимальним тиском 35МПа ми бачимо, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності блоку циліндрів становить 4,2 (рис.2д), а це майже в 2 рази більше ніж мінімальний коефіцієнт запасу міцності серійного качаючого вузла (рис.2б).

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСА З ПОХИЛИМ БЛОКОМ І РОБОЧИМ ОБ'ЄМОМ 80 СМ3 ШЛЯХОМ ЗМІЦНЕННЯ ЙОГО КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ПРАТ "ГІДРОСИЛА АПМ" М. КІРОВОГРАД

С.М. Головка, магістр. гр. ГМ ПМ,
Ю.В. Кулешков, проф., д-р техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

З підвищенням технічних характеристик АПМ, в першу чергу робочого тиску і частоти обертання, вимоги до конструкцій і матеріалів деталей КВ підвищуються, так як потрібно одночасно забезпечити високу міцності та жорсткість, зносостійкість і теплопровідність.

На протязі останнього десятиліття почали застосовувати технологічно більш складні конструкції, в яких вибір матеріалів для різних частин АПМ робиться виходячи із забезпечення необхідних вимог до них, а також технологічних можливостей виробництва.

По типу АПМ, сили які діють на корпус в гідромашинах з похилим блоком дають змогу проектувати корпус згідно загальних умов корпусних деталей, але сам розрахунок міцності корпусних деталей скрутний і виконується по елементно з великим числом спрощень і допущень, що знижує їх точність і викликає необхідність модельних і натурних випробувань корпусів з подальшим коректуванням документації.

У процесі теоретичних досліджень було встановлено, литво алюмінієвого сплаву у вигляді примусовим охолодженням який містить в цьому способі характерну рису утворювати захисну плівку, дає литву властивості як:

- вища міцність верхнього шару порівняно з основним матеріалом литва;
- щільність плівки за рахунок примусового охолодження (відбувається подріблення структури матеріалу у верхньому шарі сплаву);

От же це дасть нам перевагу в отриманні кращих показників насоса в порівнянні з аналогами.

Найбільш досконалі сучасні методи розрахунку конструкцій складної просторової конфігурації передбачають використання:

- МКЕ (метод кінцевих елементів), методів обчислювального експерименту і імітаційного моделювання напруженості;

- статистичної оцінки характеристик опору втомі натурних деталей;
- формування програм прискорених випробувань на втому, відтворюючих типові випадкові режими навантаження;

Оцінка напруженої-деформованого стану (НДС) деталей - один з основних розрахунків на квазістатичну міцність МКЕ.

Метод кінцевих елементів – метод тривимірного розрахунку, тому прості критерії, засновані на порівнянні окремих компонент тензорів напруги/деформації, мають обмежене вживання. Виходячи з цього, як критерій міцності в методиці прийнятий критерій Мізеса.

Критерій Мізеса (von Mises – критерій енергії формозменення) визначає момент вичерпання здатності, що несе, порівнянням величини еквівалентного на-пруження з межею текучості матеріалу.

Еквівалентна напруга von Mises в деякій точці тіла розраховують по формулі:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (1)$$

де $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні напруги.

Таким чином для корпусу насоса використаємо високо міцний алюмінієвий сплав АЛ9М механічні властивості якого дивись (Рис.1)

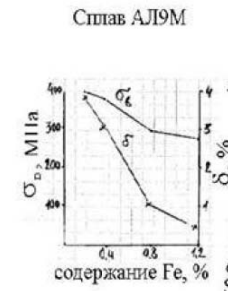


Рисунок1 – Залежність мех. властивостей сплаву АЛ9М від домішок

Для покращення вище вказаних властивостей сплаву АЛ9М використаємо при литві у вигляді примусового охолодження ($v= 15,6 \dots 83$ град/хв.), що дає отримати збільшення межі міцності у верхньому шарі з $\sigma=340$ МПа до $\sigma=415$ МПа [15], ці ж властивості зберігаються і при високих температурах в експлуатації.

Також при примусовому охолодженні зменшується газова та газова усадочна щільність, що дає герметичність тіла корпусу.

3Д моделі виконані за допомогою програми "SolidWorks" як складальна одиниця (рис.2), що складається з трьох деталей, двох оболонки і серцевини тіла корпусу по варіантам:

- варіант 1, зовнішній зміцнючий шар + тіло корпусу;
- варіант 2, зовнішній шар + тіло корпусу + внутрішній зміцнючий шар.

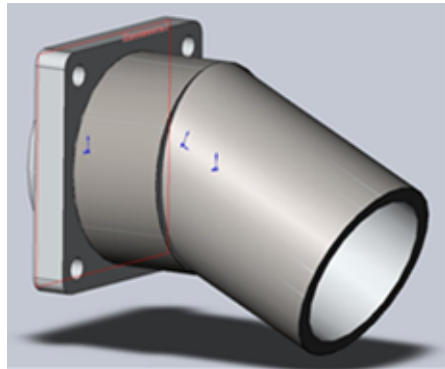


Рисунок 2 – 3Д модель аналогу корпусу насоса

Та навантажена за схемою (Рис.3)

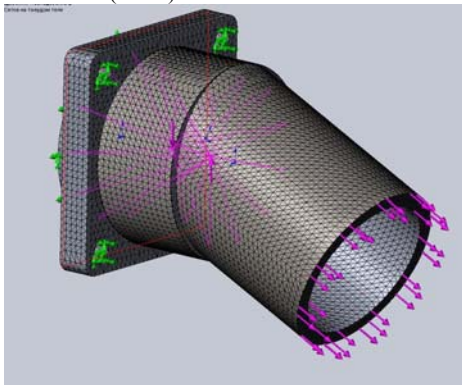
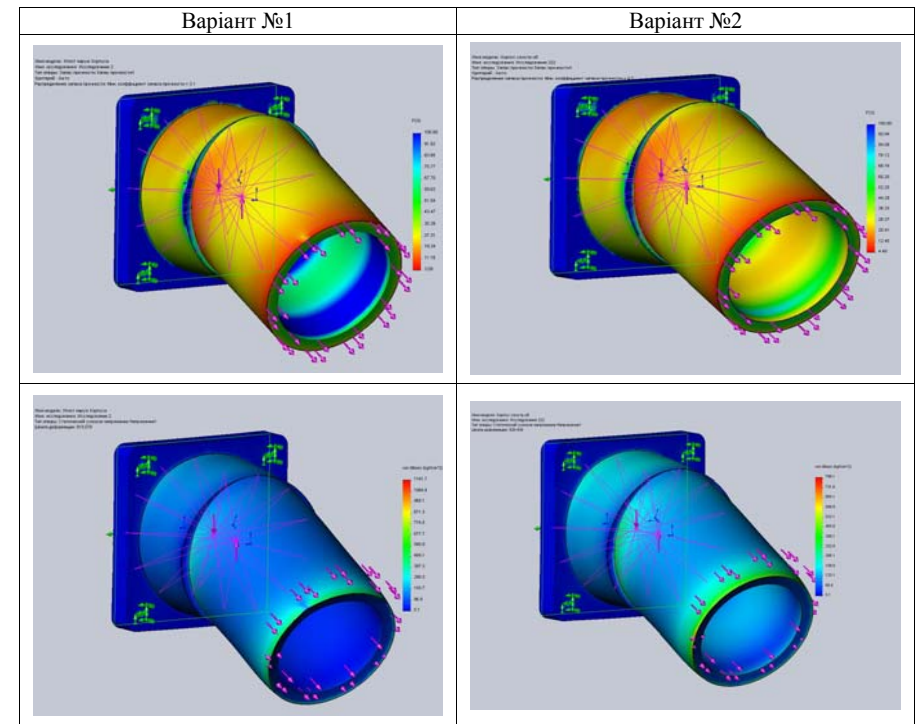


Рисунок 3 – Навантаження силами 3Д моделі аналогу корпусу насоса

Порівняльною таблицею 1 по варіантам №1 та №2 отримали оцінку рівнів НДС конструкцій корпусу насоса.

Таблиця 1 – Оцінка рівнів НДС конструкцій корпусу насоса



Розроблена конструкція корпусу по варіанту №2 дозволяє підвищувати ККД, робочий тиск, довговічність АПГ, яка характеризується міцністю і жорсткістю корпусу, при збереженні його ваги. Конструкція с розробленого корпусу може бути використана при розробці нових або модернізації існуючих конструкцій АПГ.

Представлені розрахункові залежності дозволяють, виконати оцінку підвищення міцності і жорсткості корпусу. Це дає можливість виконати аналіз міцності корпусу в гідромашині, а також оптимізувати його розміри по умові максимальної міцності.

Список літератури

1. Математичне моделювання гідравлічних машин при проектуванні. Методичні вказівки до виконання курсових та дипломних проектів «Проектування аксіально-поршневих насосів». - Кіровоград, КНТУ, 2011 р.
2. Литъё в кокиль под ред. чл.-кор. АН БССР д-ра техн. наук проф. А.И. Вейника – М. Машиностроение, 1980г.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

І.С. Король, ст. гр. АТ-11М,

В.А. Павлюк-Мороз, доц.

Кіровоградський національний технічний університет

Аналіз результатів експлуатації автомобілів показує, що 34...45% відмов є відмови двигунів, при цьому до 52% відмов припадає на несправність ЦПГ (циліндро-поршневої групи).

На основі аналізу вітчизняних і зарубіжних джерел науково-дослідної літератури та досвіду ремонтних підприємств, слід відзначити наступні способи відновлення:

- спосіб ремонтних розмірів;
 - спосіб наесення гальванічних покриттів (хромування, насталювання);
 - спосіб термопластичної деформації (швидкий нагрів внутрішньої поверхні гільзи індуктором від струму високої частоти подальшого охолодження водою);
 - спосіб індукційним центр обіжним наплавленням (суміш порошків флюса та наплавленого матеріалу);
 - спосіб центр обіжного газополуменевого напилення порошку типу СНГН на внутрішню поверхню;
 - спосіб контактного наварювання стрічки або прикїпання порошку;
 - спосіб пластування (встановлення у гільзи циліндрів легкозгємних сталних пластин).
- Важливим резервом підвищення якості відновлення гільз циліндрів є фінішна обробка:
- плосковершинне хонінгування (процес формування мікропрофілю, який має велику опорну поверхню);
 - латування, мідніння (фінішну антифрикційну обробку);
 - нанесення борохімічним способом боросульфодірованого покриття.

Список літератури

1. Черновол М.И. и др. Повышение качества восстановления деталей машин. –К. 1989.
2. Колмыков, Д. В, Ткаченко Ю.С., Мищенко М.В. и др. Анализ абразивной износостойкости цементованных сталей с карбидными включениями в металлической матрице // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 3. - №11. - 2007. - С. 135-137.
3. Беленький М.А., Иванов А.Ф. Электроосаждение гальванических покрытий. - М.: Металлургия, 1985. - 288 с.
4. Лахтин Ю.М., Арзамасов Б.Н, Химико-термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1985. - 427 с.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА ТИПУ НШ ПОКРАЩЕННЯМ УМОВ УЩІЛЬНЕННЯ РАДІАЛЬНОГО ЗАЗОРУ

А.К. Крамар, магістр. гр. ГМ 11М, **Т.В. Руденко**, доц.

Кіровоградський національний технічний університет

НШ знайшли найширше розповсюдження в гідросистемах різноманітних машин починаючи від авіаційної техніки і закінчуючи машинами сільськогосподарського призначення.

Одним з основних технічних параметрів, що характеризують досконалість будь-якого насоса, як гідромашини, є обсяг ВУ. Але до цих пір теорія НШ не має достатньо надійною методикою розрахунку обсягу ВУ на стадії проектування. Тому вибір теми присвяченій подальшій розробці нових ФМ і ММ процесу ВУ і розробці на їх основі дієвих методик розрахунку ВВ РР НШ, є своєчасним і актуальним.

При оцінці частки внутрішніх втрат через певні зазори в сполученнях деталей НШ від загального обсягу ВВ було встановлено, що на частку ВВ через РЗ припадає 15 - 25%. Це підкреслює важливість наявності математичних моделей для якомога точнішого розрахунку втрат крізь радіальний зазор.

Відома математична модель ВВ через радіальний зазор була отримана при вирішенні диференціальних рівнянь руху в'язкої рідини Нав'є-Стокса і нерозривності для випадку прямокутної щілини, у якій одна зі стінок рухається із заданою швидкістю. Подальший розвиток цієї ММ було направлено на облік додаткових чинників, що уточнюють її. Однак через неточності вихідних передумов при розробці ММ ВВ будь-які наступні удосконалення не можуть підвищити точності розрахунків об'єму ВВ через радіальний зазор.

При складанні фізичної моделі ВВ РР НШ було визначено наступне. Рух в'язкої нестисливої РР крізь зазори в сполученнях деталей НШ будемо вважати сталим ламінарним ізотермічним. Основні фізичні властивості РР не змінюються, масовими силами нехтуємо. До силових чинників слід віднести тиск РР і в'язкість. Граничні умови при вирішенні диференціальних рівнянь полягали в тому, що РР прилипає до стінок посудини, тобто швидкість її руху біля стінки судини дорівнює швидкості руху самої стінки.

Особливістю втрат є протікання по кругових траєкторіях уздовж стінок корпусу через РЗ. В'язка складова протидіє втратам (рис. 1). При складанні ММ втрат через радіальний зазор враховувалося, що в радіальному зазорі має місце змінна ГС витокам РР. Вона визначається кількістю зубів що одночасно знаходяться у перехідній зоні. Оскільки це число зубів є змінною, дискретною величиною, то це передбачає наявність фаз формування ГС руху РР.

Експериментальні дослідження ВВ РР в НШ

В основу методики експериментального дослідження процесу ВУ РЖ в НШ лягла ідея штучної зміни величини зазору в досліджуваному сполученні НШ і подальшого експериментального визначення РОН, подачі НШ та обсягу ВУ РЖ при цьому зазорі. Обсяг ВУ РЖ визначали як різницю між теоретичною і фактичною подачею РЖ в залежності від величини зазору, частоти обертання при номінальному тиску НШ $P = 16 \text{ МПа}$. Дослідження проводили на серійному НШ-32 -3 КК.

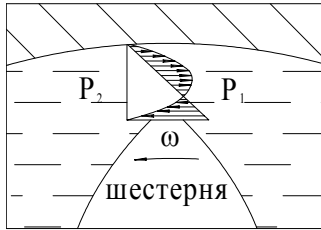


Рисунок 1 – Еюра швидкостей руху PP через P3, обумовлена наявністю двох протилежно спрямованих силових факторів: тиску і в'язкої складової

Експериментальні дослідження ВВ PP в НШ

В основу методики експериментального дослідження процесу ВУ РЖ в НШ лягла ідея штучної зміни величини зазору в досліджуваному сполученні НШ і подальшого експериментального визначення РОН, подачі НШ та обсягу ВУ РЖ при цьому зазорі. Обсяг ВУ РЖ визначали як різницю між теоретичною і фактичною подачею РЖ в залежності від величини зазору, частоти обертання при номінальному тиску НШ $P = 16 \text{ МПа}$. Дослідження проводили на серійному НШ-32 -3 КК.

Експериментальне дослідження витоків через радіальний зазор. Зміна величини P3 - δ_2 досягали шліфуванням шестерень НШ по зовнішньому діаметру. Визначали ВУ РЖ для наступних величин P3: $\delta_2 = 0,01 \text{ мм}; 0,02 \text{ мм}; 0,03 \text{ мм}; 0,04 \text{ мм}; 0,05 \text{ мм}$. Результати досліджень представлені у вигляді графіків. Розбіжність між розрахунками за математичними моделями витоків і експериментальними даними лежить в межах 2,55% ... 4,55%.

Список літератури

1. Башта Т.М. Объемные насосы и гидравлические двигатели гидросистем. - М.: Машиностроение, 1974. - 606 с.
2. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. - М.: Машиностроение, 1964. - 238 с.
3. Рыбкин Е.А., Усов А.А. Шестеренные насосы для металлорежущих станков. - М., Машгиз, 1960, 187 с.
4. Осипов А. Ф. О долговечности шестеренных насосов высокого давления. — «Вестник машиностроения», № 6, 1962, 18—20 с.
5. Ибрагимов Р.А. Повышение работоспособности отремонтированных насосов гидросистем машин, эксплуатируемых в условиях хлопководства. дисертация кандидата технических наук : Янгиль, 1984, 284 с.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСУ З ПІДВИЩЕНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ПЕРЕКРИТТЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЧЕПЛЕННЯ

М.В. Суковач, ст. гр. ГМ 11М,
Ю.В. Кулешков, проф., канд. техн. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Як відомо основним джерелом шуму в НШ є зубчасте зачеплення (ЗЗ) шестерень насоса. Підвищення коефіцієнта перекриття ЗЗ (КПЗЗ) сприяє підвищенню плавності роботи ЗЗ, а значить і зниження динамічної складової в передачі зусилля, що і призводить до зниження шуму, випромінюваного ЗЗ НШ.

З іншого боку з теорії евольвентного зачеплення відомо, що КПЗЗ знаходиться в межах $\varepsilon = 1,2 \dots 1,4$, в машинобудуванні виготовляють шестерні саме з таким коефіцієнтами перекриття. Таким чином, для проектування ЗЗ з підвищеним КПЗЗ необхідно розробити спеціальну методику розрахунку ЗЗ.

З робіт Вулгакова Е.Б. [2] відомо, що ЗЗ може бути визначено вільним набором п'яти вихідних параметрів. Так, наприклад, при розрахунку ЗЗ по ГОСТ 16532-70 по заданому коефіцієнту профільного зміщення (КПЗ) - ξ вибирають наступні вихідні параметри ЗЗ:

- Z - число зубів шестерень;
- m - модуль зачеплення зубів шестерень;
- α_0 - кут вихідного профілю;
- ξ - коефіцієнт профільного зміщення;
- χ - коефіцієнт висоти головки зуба.

В нашому випадку одним з вихідних параметрів ЗЗ буде КПЗЗ - ε , а вихідними наступні параметри ЗЗ:

- Z - число зубів шестерень;
- m - модуль зачеплення зубів шестерень;
- α_0 - кут вихідного профілю;
- ξ - коефіцієнт профільного зміщення;
- A - міжосьова відстань ЗЗ.

Відомо, що під КПЗЗ розуміють відношення виду:

$$\varepsilon = \frac{L}{t_0}, \quad (1.1)$$

де L - активна лінія зачеплення, мм;
 t_0 - основний шаг зачеплення, мм.

Визначимо довжину активної лінії зачеплення. На рис. 1 представлена схема зубчатого зачеплення, в момент вступу в зачеплення нової пари зубів.

З рис. 1.1 бачимо, що частина активної лінії зачеплення від точки T2 до полюса зачеплення - P можливо знайти у відповідності з залежністю:

$$PT_2 = NT_2 - NP \quad (1.2)$$

$$PT_2 = r_{02} \operatorname{tg} \gamma_{e2} - r_{02} \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.3)$$

де r_{02} - радіус основної окружності введеної шестерні, мм;

γ_{e2} - кут вершини евольвенти введеної шестерні, град;

α - кут зачеплення, град;

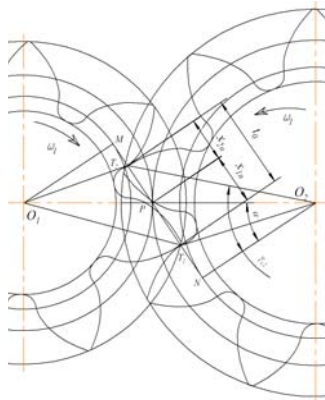


Рисунок 1 – Схема зубчатого зачеплення в момент вступу в зачеплення нової пари зубів в точці T2

Аналогічно друга частина активної лінії зачеплення може бути найдена, як:

$$PT_1 = r_{01} \operatorname{tg} \gamma_{e1} - r_{01} \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.4)$$

де r_{02} - радіус основної окружності ведучої шестерні, мм;

γ_{e2} - кут вершини евольвенти ведучої шестерні, град;

Тоді довжина активної лінії зачеплення буде складатися:

$$L = r_{01} \operatorname{tg} \gamma_{e1} - r_{01} \operatorname{tg} \alpha + r_{02} \operatorname{tg} \gamma_{e2} - r_{02} \operatorname{tg} \alpha \quad (1.5)$$

Виразивши величини, які задіяні в формулі (1.5), отримаємо:

– діаметр основної окружності ведучої і ведомої шестерень відповідно:

$$r_{01} = 0,5 m z_1 \cos \alpha_0 \quad (1.6)$$

$$r_{02} = 0,5 m z_2 \cos \alpha_0 \quad (1.7)$$

– кут зачеплення шестерень:

$$\alpha = \arccos \left[\frac{m(z_1 + z_2) \cos \alpha_0}{A} \right] \quad (1.8)$$

– основний шаг зачеплення:

$$t_0 = m \pi \cos \alpha_0 \quad (1.9)$$

Тоді підставивши значення (1.5) – (1.9) в залежність (1.1), після відповідних перетворень, отримаємо:

$$\varepsilon = \frac{z_1 \operatorname{tg} \gamma_{e1} + z_2 \operatorname{tg} \gamma_{e2} - (z_1 + z_2) \operatorname{tg} \alpha}{2 \pi}, \quad (1.10)$$

Аналізуючи отриману залежність (2.10) бачимо, що задавшись такими вихідними параметрами ЗЗ, як модуль ЗЗ - m , число зубів шестерень z_1 і z_2 , міжцентрова відстань – A , КПЗЗ - ε і задавшись кутом вершини евольвентного профілю, наприклад, ведучої шестерні

- γ_{e1} ми зможемо знайти кут вершини евольвентного профілю ведомої шестерні ЗЗ с наперед заданим КПЗЗ - ε у відповідності з залежністю:

$$\gamma_{e2} = \operatorname{arctg} \frac{(z_1 + z_2) \operatorname{tg} \alpha + 2 \pi \varepsilon - z_1 \operatorname{tg} \gamma_{e1}}{z_2}, \quad (1.11)$$

Авжеж, окрім отриманого рівняння (1.11) при розрахунку ЗЗ з наперед заданим КПЗЗ, необхідно враховувати ряд обмежуючих факторів, які враховують особливості роботоспроможності ЗЗ, як ЗЗ, яке використовується в НШ.

Умови, що обмежують область існування зубчатого зачеплення шестеренного насоса з підвищеним коефіцієнтом перекриття зубчатого зачеплення

Важливою умовою при розробці будь-якої математичної моделі (ММ) є обмежуючі умови, які ставлять межу області розповсюдження моделі, що розроблюється, що призвано підвищити її достовірність надійність і ефективність.

Основні обмежуючі умови торкаються роботоспроможності як самого НШ в цілому, так і ЗЗ КВ НШ, що дозволяє отримати в результаті оптимізації такі параметри, при яких ЗЗ КВ НШ було б роботоспроможне і могло бути з успіхом використане в КВ НШ.

Аналізуючи конструкції НШ можливо побачити, що число зубів шестерень КВ НШ лежить в інтервалі:

$$6 < z < 35 \quad (1.12)$$

При цьому зменшенням числа зубів хочуть досягти підвищення питомого робочого об'єму НШ, але при цьому зменшується КПЗЗ, що веде до збільшення динамічних ударних навантажень і росту шуму в процесі роботи НШ.

Навпаки збільшуючи число зубів шестерень намагаються збільшити плавність їх роботи, знизити рівень шуму, підвищити КПЗЗ ЗЗ КВ НШ, що може бути використане при розробці НШ спеціального призначення, а саме при розробці НШ з подачею, що регулюється [4 - 15].

Одним з методів розрахунку ЗЗ є розрахунок по заданому КПС - ξ . При цьому збільшення КПС - $\xi > 0$ веде до покращення якості зачеплення, можливості використання ЗЗ з меншою кількістю зубів, але надмірне збільшення КПС - ξ веде до загострення вершин зубів шестерень, що обмежує роботоспроможність ЗЗ взагалі, і до збільшення радіальних втрат через зазор в КВ НШ.

Зменшення $\xi < 0$ веде до деякого погіршення якості ЗЗ. Але при цьому можливе деяке скорочення габаритів ЗЗ, при цьому зникає небезпека загострення зубів шестерень. Але черезмірне зменшення КПС веде до підрізання зуба і втраті роботоспроможності ЗЗ. Для перекриття всього можливого діапазону змін КПС пропонується наступний інтервал змін КПС:

$$-0,7 \leq \xi \leq 0,9 \quad (1.13)$$

Пропонована методика розрахунку ЗЗ була розроблена для проектування ЗЗ з максимально можливим КПЗЗ для заданих умов проектування, зокрема габаритних розмірів НШ, які визначаються довжиною більшої осі НШ.

На базі серійного НШ-32Г-4 спроектовано експериментальний насос має параметри ЗЗ з максимально можливим для заданих габаритних розмірів КПЗЗ.

Аналізуючи отриманий результат бачимо, що пропонована методика дійсно дозволяє проектувати ЗЗ з великим значенням КПЗЗ, близькому до граничного значення. Проте ряд показників, таких як збільшене кількості зубів шестерень, зменшений модуль ЗЗ призводить до різкого зменшення РОН і КЮВШ НШ, що не дає можливості рекомендувати

спроєктоване ЗЗ для впровадження у виробництво. Однак, для подальших досліджень доцільно виготовлення дослідного зразка насоса з отриманими параметрами ЗЗ. Наведений розрахунок був здійснений з метою показати можливості запропонованої методики проектування ЗЗ з підвищеним КПЗЗ.

Список літератури

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин / Артоболевский И. И. – [4-е изд. перераб. и доп.] – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 640 с.
2. Вулгаков Э.Б. Эвольвентные зубчатые передачи в обобщающих параметрах: [справочник по геометрическому расчету] / Вулгаков Э.Б., Васина Л.В. – М.: Машиностроение, 1978. – 174 с.
3. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии: ГОСТ 16532-70. – [Введен с 01.01.1972. Переиздан в августе 1983]. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 19 с.
4. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. Основные параметры и их расчет / Юдин Е.М. – [2-е изд. перераб. и доп.] – М.: Машиностроение, 1964. – 236 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСАДОК ДО МОТОРНИХ ОЛИВ

**О.В. Січинський, ст. гр. АТ-11М,
С.О. Магопєць, доц., канд. техн. наук**
Кіровоградський національний технічний університет

Зараз на ринку можна нарахувати більше трьох десятків так званих присадок до масла. Однак називати розглянуті препарати саме присадками некоректно. Принципове розходження полягає тут у тому, що функціональні пакети присадок діють тільки на саме масло, не торкаючись при цьому властивостей поверхонь тертя. Ця дія носить об'ємний характер. Виключення антизадирні присадки, що входять до складу базових пакетів, але вони також не змінюють структури робочих поверхонь. Крім того, функціональні пакети присадок це компоненти постійної дії, тобто вони повинні бути присутніми у парі тертя протягом повного циклу життя масла.

Напроти, препарати автохімії в ідеалі взагалі не повинні змінювати властивостей масел. Вони діють тільки на поверхні тертя, змінюючи їх стан, розмір, робочий профіль зони контакту. Іншими словами, їх вплив носить поверхневий характер. Зважаючи на величезні переваги, заявлені виробниками даних препаратів було вирішено перевірити їх відповідність реальним результатам застосування.

Задачу сформулювали так: з'ясувати, наскільки ефективні препарати для відновлення параметрів двигунів; чи є протипоказання, побічні ефекти, звичайно ж, перевірити реальність рекламних обіцянок росту потужності, зниженню витрати палива, відновленню поверхонь тертя, і т.п.

Для випробувань кожної присадки нами було використано окремих двигун Renault K4M. Пробіг кожного за 100 тис. км. Двигуни були розібрані, продефектовані й обміряні. Крім того, всі поршневі кільця були розкоковані, канавки в поршнях прочищені. Але й це головне знос деталей залишився попереднім. Всі поршневі кільця й вкладиші були зважені на аналітичних вагах.

Після цього двигуни зібрали, після чого провели повну їх діагностику замірили герметичність циліндро-поршневої групи, потужність двигуна та його механічних втрат, витрати палива.

Після проведення попередніх випробувань на базовому маслі без введення присадок одержали перший загальний результат всі двигуни знаходилися в працездатному стані. На наступному етапі на всіх двигунах в масло були додані присадки й вони пройшли цикл роботи на низьких обертах – холостому ходу; а потім – на режимах, відповідно до прикладених інструкцій. Де треба (відповідно до тієї ж інструкції), збільшували концентрацію присадки або змінювали масло. По ходу тесту спостерігали зміну ефективних показників роботи двигуна, проводячи контрольні виміри через кожні 200 км. умовного пробігу (у часовому еквіваленті). А по закінченні пробігу новий цикл вимірів, розбирання двигуна, його дефектування та контрольне зважування деталей.

Оскільки різні присадки вимагали різного часу для досягнення максимального ефекту, в залежності від препарату двигуни оброблялися протягом 2000-4000 км пробігу.

Попередні результати показали наступне: практично всі склади дали деякий позитивний ефект. Одночасно виявилися й негативні наслідки це і збільшення зольності масла; і формування метало-утримуючих відкладень, в ряді випадків здатних навіть шунтувати свічки, характерне для роботи металоплакуючих складів.

Велике розходження між результатами випробувань та рекламних обіцянок було очікувано. Так, порівняно невеликий ріст компресії пояснювався тим, що при підготовці двигунів до випробувань вони попередньо розбиралися при цьому відновлювалася рухливість поршневих кілець, залягання яких є основним чинником зниження компресії. В реальному ж двигуні при обробці присадками кільця найчастіше або частково, або цілком розкоковуються це дає видимий ефект відновлення.

Проведена експертиза ще раз підтвердила: розробникам «лікувальних» складів варто заявляти тільки реально очікувану ефективність при чітко прописаній технології їх застосування. Вона ж знову вказала на доцільність обов'язкової сертифікації всієї автохімії за спеціальними методиками.

Для випробувань були підібрані препарати, що з одного боку, найбільш поширені й затребувані на ринку, а з іншого боку являють собою визначений клас зі своїм принципом роботи.

Результати випробувань показали, що після обробки зношених двигунів в жодному з них ефективні показники не досягли рівня показників нового двигуна, але кожна присадка в чомусь допомогла: якийсь відбудовний ефект очевидний. Заявленого виробником відновлення розмірів деталей до номінальних не виявлено. Відповідь на головне питання – використовувати чи не використовувати дані присадки при експлуатації двигуна – доцільно в якості профілактики, так як дані присадки однозначно володіють певним антифрикційним ефектом. Проте необхідно враховувати, що жоден з виробників двигунів не рекомендує застосовувати подібні препарати. Особливо це стосується гарантійного строку експлуатації двигуна та автомобіля в цілому.

ФОРМОУТВОРЕННЯ МАТОЧИН З ФЛАНЦЕМ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ОБ'ЄМНОЮ ДЕФОРМАЦІЄЮ

**Є.С. Скрипницький, ст. гр. АТ-11М,
Ф.М. Капелюшний, доц., канд. техн. наук**
Кіровоградський національний технічний університет

Одним з шляхів підвищення якості ремонту і обслуговування сільськогосподарської техніки є зміцнення ремонтної бази, збільшення об'ємів і розширення номенклатури

відновлення зношених деталей. Оскільки витрати на метал стають основним елементом собівартості деталей, то його економне і репродуктивне використання набуває особливо важливого значення. Хороші передумови для ширшого використання в нинішніх умовах має спосіб відновлення деталей тиском, що забезпечує не лише усунення зносу, але і дефектів в структурі матеріалу. Крім того, високий коефіцієнт використання металу, додаткове поверхневе зміцнення, рівномірні і достатні припуски на обробку різанням, ресурс, що не поступається новим деталям, роблять спосіб найбільш відповідним для відновлення маточин муфт зчеплення, інтенсивно зношуваних при роботі в режимі частого перемикавання.

Таким чином на підставі матеріалів, наявних в працях учених-ремонтників пропонується технологія відновлення шліцевих деталей типу маточин з фланцем, заснована на примусовому поетапному переміщенні в нагрітому стані надлишків металу з неробочих місць на зношені поверхні до отримання поковки з припусками на механічну обробку. При цьому компенсуючий метал пропонується переміщати з неробочих бічних поверхонь шліцевої втулки і фланця на зношені поверхні з неробочих бічних поверхонь шліцевої втулки і фланця на зношені поверхні маточини; зношену маточину пропонується відновлювати тиском в нагрітому стані за один хід пресу в 2 етапи: спочатку формувати кільцевим пуансоном периферійні отвори під заклепки, а потім центральним пуансоном обтискати втулку маточини навколо шліцевого оправлення.

Спосіб відновлення зношених деталей застосовують коли деталь має необхідний запас металу, який без збитку її міцності можна перемістити на зношені поверхні. У разі ж його відсутності виникає необхідність в попередньому нанесенні компенсуючого металу на неробочу поверхню. Для вирішення цього питання робляться розрахунки металу необхідного для відновлення маточин, з урахуванням створення припусків на подальшу механічну обробку. Також визначається об'єм зношеного металу шліцевого отвору, і об'єму металу на створення припусків на обробку шліцевого отвору. Початкова деформація відбувається при впровадженні в метал відновлюваної заготовки маточини серповидних виступів, симетрично розташованих на нижній напівматриці строго по осях отворів під заклепки. Це забезпечить спрямовану течу металу при відновленні розмірів під заклепки у маточині, що мають після зношування як правило еліптичну форму.

Відновлені тиском деталі мають монолітну, дрібнозернисту структуру з більш високою зносостійкістю, зберігається волокнистість макроструктури, не порушується безперервність волокон, відсутні тріщини, складки, добре обробляються різанням і піддаються вторинній хіміко-термічній обробці. По конструкції і типорозмірам аналогічні новим, серійно виготовленим деталям, а за показниками ресурсу не поступаються їм.

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЛАЗЕРНИМ НАПЛАВЛЕННЯМ

В.І. Хапко, ст. гр. ЗВ 11М,

Ю.В. Кулешков, проф., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

Ефективність використання будь-якого автомобіля багато в чому залежить від надійності його складальних одиниць і деталей. В процесі експлуатації деталі неминує піддаються впливу різних факторів (дія навантажень, різних видів зносу і т.д.), що призводять до появи дефектів. Проаналізувавши дані ремонтних підприємств стає очевидно, що особливої уваги потребують елементи трансмісії. Це пов'язано з жорсткими умовами

роботи цього вузла. Підвищивши надійність складових елементів трансмісії можна підвищити загальну надійність автомобіля.

Відновлення деталей не лише дозволяє підвищити їхній ресурс і довговічність, а й при правильному виборі способу та режиму відновлення, досягти надійності, вищої ніж у деталей заводської номенклатури. Крім того вартість відновлення може складати 60...80% вартості нової деталі. Отже відновлення елементів трансмісії є не лише технологічно актуальним, а й економічно доцільним.

Ведуча шестерня головної передачі є відповідальною деталлю з високими вимогами до надійності її роботи. Вона працює в умовах високих динамічних знакозмінних навантажень. Крім того деталь піддається механічному, а саме абразивному зносу. Всі ці фактори призводять до появи різних дефектів. Аналізуючи відомі способи відновлення деталей такого типу можна виявити їхні недоліки. Наприклад: відновлення вібродуговим наплавленням на 30...40 % знижує втомну міцність деталі, також можлива наявність у наплавленому шарі мікротріщин, для усунення яких потрібно додатково проводити пластичну деформацію; Наплавлення у середовищі вуглекислого газу потребує проведення додаткових операцій для досягнення необхідної твердості наплавленого шару (цементация, гартування СВЧ), також використання вуглекислого газу як захисного середовища вимагає застосування зварювального дроту особливого складу; Наплавлення порошкового дроту і стрічкою обмежене його високою вартістю; і т.д.

Для відновлення даної деталі було обрано лазерне наплавлення, яке являється унікальним методом отримання зносостійкого покриття без поводок і викривлення. При лазерному наплавленні порошку утворюється монолітний бездефектний шар з металічним зв'язком з основою. Точність наведення і локальність дії променя лазера дозволяє оброблювати геометричні ділянки деталі, забезпечуючи мінімальний припуск на механічну обробку, який становить 0,2 ... 0,5 мм. Так як при лазерному наплавленні зони термічного впливу дуже малі, підкладка залишається практично холодною, а швидкість охолодження рідкої фази розплаву металу досягає 102 , 103 град / сек. В цих умовах має місце процес автозагартування, який призводить до формування надзвичайно дрібнодисперсної структури, яка має підвищену зносостійкість.

В ході проведення експериментів була встановлена залежність мікротвердості наплавленого шару від розміру фракцій порошку та швидкості переміщення лазерного променя рис 1. Порошок наплавлявся при потужності лазера 750 Вт та довжині хвилі 10,6 мкм. Покриття отримані із порошку з розмірами фракцій 0...60 мкм та 60...100 мкм, мають значно нижчу мікротвердість та зносостійкість ніж при розмірі фракцій 100...200 мкм. Це пов'язано зі значною швидкістю охолодження часток меншої фракції і відсутності можливості проходження структурних фаз які надають складу підвищену твердість. Змінюючи швидкість переміщення зразків щодо лазерного випромінювання і розміри робочої плями, виявлено, що для отримання покриття високої якості оптимальна швидкість переміщення повинна становити 2,3...6,3 мм/с, при діаметрі робочої плями 2...3 мм.

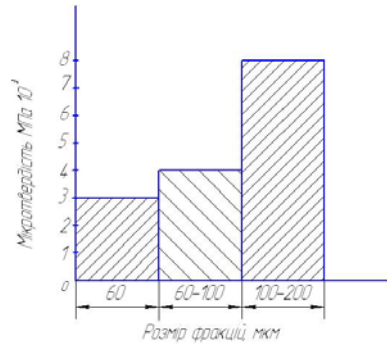


Рисунок 1 – Залежність мікротвердості наплавленого шару від розміру фракцій порошку

Для експериментів використовувався самофлюсуючий порошок промислового виробництва системи Ni – Si – В – Cr. Для дослідження мікроструктури наплавленого шару проводили металографічний аналіз. Твердість поверхні і по глибині наплавленого шару вимірювали на приладі ПМТ-3 з навантаженням 20г і 50г. Кількість замірів робили достатню для проведення статистичної обробки результатів.

Рентгенографічний фазовий аналіз проводиться на дифрактометрі ДРОН-2 при напрузі 30кВ, силі струму 20мА і використанням СО-Ка і Fe- Ка випромінення (з Fe фільтром) з режимом запису на потенціометрі. Дифрактограми знімались з поверхні після зняття невеликого поверхневого шару і по глибині (пошарово). Після зшліфовки шару певного розміру зразки піддавались електролітичному травленню для зняття виникаючих в структурі напружень. Зйомка дифрактограми проводилась в інтервалі кутів 10.....1300. Кожна фаза має кристалічну ґратку, а сімейство атомних площин, що утворюють ґратку володіє своїм, характерним тільки для даної решітки набором міжплощинних відстаней dHKЛ. Використовуючи формулу Вульфа-Брегга:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

і враховуючи, що λ і θ відомі, задача зводиться до розрахунку ряду:

$$d / n = d_{HKЛ} = \frac{\lambda}{2\sin\theta}$$

- d – міжплощинна відстань;
- n – порядок відображення;
- λ – довжина хвилі випромінення A0;
- θ – кут відображення від відповідної площини.

Для встановлення природи фаз присутніх в системі, із загального ряду отриманих значень dHKЛ виділили ряди властиві кожній окремій фазі. Потім співставляючи їх з табличними значеннями визначали складові.

Результатами даної роботи є:

1. Досліджено закономірності і розроблена оптимальна технологія формування покриттів на основі самофлюсуючого порошку складу ПН73Х16СЗР3.
2. Оптимізований гранулометричний склад порошку.
3. Виявлена залежність структури і властивостей отриманого покриття від технологічних параметрів процесу.
4. Вивчено механізм формування структури наплавлених покриттів.

Список літератури

1. Белостоцкий Б.Р., Лобановский Ю.В., Овчинников В.М. Основы лазерной техники. - М.: 1972. - 114 с.
2. Справочник по лазерам: Т 1/Под ред. А.М. Прохорова.М.: 1978. - 466 с.
3. Справочник по лазерной технике. /Под ред. Ю.В. Байбородина. - Киев.: Техника,1978. - 284 с.

ТРАНСФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ В АПК ВРАХОВУЮЧИ СПЕЦИФІКУ УМОВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

А.Ф. Крисенко, асп.,

Є.К. Солових, проф., канд. техн. наук,

С.С. Катеринич, доц., канд. техн. наук

Кіровоградський національний технічний університет

В Україні функціонує багаторівнева система управління охороною праці СУОП, функціональними ланками якої є відповідні структури державної законодавчої та виконавчої влади різних рівнів, управлінські структури підприємств, трудові колективи, професійні спілки, добровільні громадські об'єднання працівників і спеціалістів з охорони праці. Ефективне функціонування цієї системи можливе за наявності прямих і зворотних зв'язків між її окремими ланками та чіткого виконання повноважень щодо питань охорони праці в межах кожної окремої ланки системи, а також трансформування системи управління охороною праці в АПК враховуючи специфіку умов сільськогосподарського виробництва.

Кінцевою метою функціонування системи управління охороною праці є підготовка, прийняття та реалізація рішень щодо здійснення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці. При цьому кожна ланка системи здійснює підготовку, прийняття та реалізацію цих рішень відповідно до свого рівня та функціональних обов'язків у системі управління охороною праці.

Організація та координація робіт у галузі охорони праці повинна передбачати формування системи управління охороною праці, встановлення обов'язків та порядку взаємодії осіб, які беруть участь в управлінні, а також в прийнятті та реалізації управлінських рішень.

В роботі висвітлено питання що до трансформування системи управління враховуючи специфіку сільськогосподарського виробництва, зниження рівня виробничого травматизму в АПК на підставі розробленої та впровадженої комплексної системи управління охороною праці та автоматизованої системи обліку, аналізу і запобігання нещасним випадкам, яка є її підсистемою. Запропоновано новий підхід до оцінки факторів безпеки праці з використанням багатофакторного кореляційно-регресивного аналізу і прогнозу показників виробничого травматизму, який на відміну від традиційних відкриває можливості для дослідження якісних і кількісних властивостей факторів, що впливають на процеси виникнення травм, визначення ступеня їх взаємовпливу. Визначено додаткові показники оцінки безпеки праці, які є науковою основою для аналізу потенційних небезпек і планування профілактичних заходів щодо підвищення рівня безпеки праці за умов оптимізації мінімальних витрат.

Сучасне сільськогосподарське виробництво вимагає, щоб охорона праці базувалася на науково-технічній основі. Останнім рокам характерне широке впровадження у виробництво напівавтоматичних та автоматичних машин, безпечних технологічних процесів з програмним керуванням. Енергетичні функції людини в системі "людина - машина" значно

спрощуються. Вони полегшують працю робітників, роблять її комфортною. Роль людини зводиться до керування та контролю за роботою машин і ходом технологічних процесів.

Список літератури

1. Геврик С. Охорона праці: Навчальний посібник/ С.О. Геврик,. -К.: Ельга: Ніка-Центр, 2003.
2. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. “Безпека життєдіяльності”. Л. 2005 – ст. 34.
3. Лалін В.М. “Безпека життєдіяльності”. Л. 1999 – ст. 80-88.
4. Охорона праці : Підручник для студ. гірн. спец. вищих закл. освіти/ Ред. К.Н.Ткачук. -К., 1998. -320с.
5. Охорона праці: європейські і міжнародні стандарти та законодавство України (порівняльний аналіз): Науково-практичний посібник: У 2-т./ Упор.: В. С. Венедіктов, В. П. Грохольський, М. І. Іншин та ін.; За ред. В. С. Венедіктова; М-во юстиції України, Державний департамент з питань адаптації законодавства, Українська асоціація фахівців трудового права. -Харків-Київ, 2006 - Т. 1. -2006. -713 с.
6. Охорона праці в Україні: Нормативні документи/ Упоряд. О. М. Роїна, Ред. О. А. Кривенко. -К.: КНТ, 2006. - 418 с.
7. Пістун І. Охорона праці: Практикум/ Ігор Пістун, Юрій Кіт, Андрій Березовецький,. -Суми: Університетська книга, 2000. -205 с.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МАРШРУТАХ МІСТА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЇХ ВИБОРУ ДЛЯ РИНКОВИХ УМОВ

А.І. Березький, магістр. гр. АВ 11 МБ,
В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук, Д.В. Голуб, ас.
 Кіровоградський національний технічний університет

Для раціонального функціонування маршрутної мережі міста, ефективного використання рухомого складу (РС) та забезпечення високого рівня обслуговування пасажирів, необхідно мати дані про напрямки, розміри і ступінь нерівномірності пасажиропотоків. В практиці обстеження пасажиропотоків використовуються різні методи, класифікація яких наведена на рис. 1. В основі класифікації покладені ознаки: за тривалістю, за видом (способом проведення) та за широтою обстеження.



Рисунок 1 – Класифікація методів обстежень пасажиропотоків

Анкетний метод, заснований на заповненні населенням або спеціальними обліковцями анкет опитування про кількість поїздок, мету і способи пересування, маршрути проходження, місця пересадки, часу пересування та з'ясування інших питань, залежно від мети обстеження. Недоліки методу обумовлені складністю самої організації анкетування: визначення вибірки респондентів, їх навчання, забезпечення угод з підприємствами і організаціями, витрати на матеріали, великий об'єм обробки отриманої інформації та висока собівартість.

Звітно-статистичні методи засновані на використуванні даних діючої системи обліку і звітності по ПП, практичне застосування яких обмежено наявністю облікових показників. Методи дають можливість визначити об'єми ПП по окремих маршрутах, встановити розподіл пасажиропотоків по годинах доби, днях тижня, місяцях року і ін., але не дозволяють встановити максимальну завантаженість РС на маршруті.

Натурні обстеження дають інформацію про фактичні пересування пасажирів. Вони можуть бути талонними, табличними, візуальними, силуетними і опитними.

Талонний метод дозволяє встановити інформацію про потужність пасажиропотоку по довжині маршруту в прямому і зворотному напрямках, про пасажирообмін зупинних пунктів (ЗП), кореспондентних зв'язках, середній дальності поїздки пасажирів, наповнюваності РС і т.д. Згідно методу обліковці знаходяться усередині транспортного засобу (ТЗ) і реєструють пункти входу і виходу пасажирів. При вході в ТЗ пасажиром видається талон з номером, відповідним ЗП посадки, які вони зберігають до кінця поїздки і при виході з ТЗ повертають талон обліковцю, який фіксує на ньому пункт висадки. Якість одержуваної інформації залежить від чіткості роботи обліковців і контролерів, а також від підготовленості і обізнаності пасажирів. Недоліком методу є складність в організації проведення обстеження, а також великі трудові і фінансові витрати, особливо на обробку первинної інформації.

Табличний метод заснований на обліку пасажирів спеціальними обліковцями, що знаходяться усередині салону ТЗ. За допомогою спеціальних таблиць різними способами ведеться облік пасажирів, що ввійшли і вийшли; їх опитують, до якого ЗП вони рухаються, про пункти пересадки та ін. Метод застосовується при систематичному і разовому, суцільному і вибіркового обстеженнях, дані обстежень обробляють і аналізують на ПЕОМ. При цьому таблиці групують, а потім сортують по днях тижня, маршрутах, годинах доби виходу ТЗ і змінах роботи. Метод дозволяє одержувати інформацію про кількість перевезених пасажирів, пасажирообіг ЗП, напрям і потужність пасажиропотоків, ступінь використання місткості ТЗ. В порівнянні з анкетним, талонний метод обстеження пасажирських перевезень (ПП) є менш трудомістким і більш дешевим.

Візуальний метод обстеження ПП застосовують для збору даних на ЗП із значним пасажирообміном. Обліковці візуально визначають наповнення та кількість ТЗ, що обслуговують конкретні маршрути. Отримані дані дозволяють розробити оптимальні розклади руху ТЗ, визначити потужність пасажиропотоку на маршруті по годинах доби в певні дні тижня та дати оцінку ступеня використання місткості ТЗ. Метод застосовується в основному при вибіркового обстеженні.

Різновидом візуального є силуетний метод, в якому замість бальної оцінки наповнення ТЗ застосовується набір силуетів по їх типах, що знаходяться постійно у обліковців, які підбирають номер силуету, співпадаючий з наповненням автобуса, і заносять в таблицю. Кожному силуету відповідає певне число пасажирів, що переміщуються.

Опитний метод також відноситься до натурних обстежень. В ньому опитування пасажирів проводиться тільки серед безпосередніх користувачів МПТ. Сутність методу полягає в опитуванні вхідних пасажирів обліковцями усередині ТЗ про пункти виходу, призначення, пересадки, мети поїздки і іншої інформації. За отриманою інформацією можна коректувати маршрути і розробляти організаційні заходи щодо зменшення часу пересадки пасажирів, але він також є вельми трудомістким в організації і обробці отриманої інформації.

Основним пріоритетом натурних методів є максимальна достовірність і точність отриманих результатів. Проте, всі розроблені на сьогоднішній день натурні методи обстеження пасажиропотоків, мають істотний недолік: неможливість з достатнім ступенем точності фіксувати пасажиропотік в транспорті комерційного сектору. Домовитися зі всіма власниками МПТ щодо проведення дослідження на їх маршрутах практично неможливо через велику їх кількість, оскільки власники ТЗ і водії, не зацікавлені в обстеженні пасажиропотоків, оскільки отримана інформація про їх доходи стане відкритою. При розташуванні обліковців в салонах ТЗ, як мінімум довелось б сплачувати за проїзд, що привело б до істотного подорожчання дослідження, а як максимум - покинути салон на першу вимогу водія.

Останнім часом розробляються і впроваджуються автоматизовані методи обстеження пасажиропотоків, що забезпечують отримання інформації в обробленому вигляді без участі людей. Їх можна поділити на чотири групи: контактні, неконтактні, непрямі і комбіновані.

Контактні методи дозволяють одержувати дані про пасажиропотоки через безпосередню дію пасажирів на ТЗ: пасажир вводить інформацію про потреби в переміщенні в напівавтоматичній пристрій натисненням відповідної клавіші. Методи дозволяють отримати інформацію про кореспонденцію пасажирів, рухливість населення і провести соціологічне опитування про рівень задоволеності населення роботою транспорту та ін. В якості недоліку методу вважають велику неточність у роботі в часи пік.

До неконтактних відносяться методи, що використовують фотоелектричні прилади, які встановлюють в дверних отворах або на зовнішній стороні ТЗ по два на кожний потік посадки-висадки пасажирів. При вході або виході пасажирів перетинають пучок світлового проміння, що поступає до фотодатчиків, які фіксують рух пасажирів. Недоліком цих методів слід вважати складність настройки і наладки фотоелектричних датчиків, великі неточності (до 25%) роботи в часи пік.

При непрямому методі обліку пасажирів використовують спеціальні пристрої, що дозволяють зважувати одночасно всіх пасажирів автобуса з подальшим поділом їх загальної маси на середню (70 кг).

Комбінований метод обліку пасажирів припускає сумісне використання яких-небудь автоматизованих методів одночасно, наприклад, непрямого і неконтактного. Це підвищує повноту і точність отриманої інформації. Реєстрація даних про число пасажирів, що ввійшли і вийшли, пройдений шлях, час і номер ЗП проводиться після закриття дверей.

Широке застосування при визначенні пасажиропотоків знаходять методи математичного моделювання. Доцільність використання моделей залежить від ступеня достовірності бази даних і ефективності математичних методів.

Для оцінки маршрутної мережі міста, обсягу ПП різними типами ТЗ та статистичної обробки даних опитування і обстеження показників процесу ПП ефективне використання інтенсивних комп'ютерних методів (ІКМ). Це передусім стосується розв'язання задач математичного моделювання з використанням імовірнісного характеру закономірностей процесу вибору пасажиром певного виду ТЗ, коли спостерігається недостатність статистичних даних, на основі яких необхідно оцінити невідомі параметри моделей і оцінювання традиційними параметричними методами оцінювання вельми ускладнено.

При виборі методу обстеження пасажиропотоків важливо спиратися на декілька критеріїв найповнішої інформації. Необхідно також визначитись з показниками процесу міських пасажирських перевезень (МПП), які бажано отримати в результаті обстеження. Слід врахувати і можливості застосування того або іншого методу в конкретних умовах. Аналіз існуючих методів обстеження пасажиропотоків дав можливість встановити їх взаємозв'язок з критеріями найповнішої інформації.

Таким чином, в сучасних ринкових умовах функціонування системи МПП, не дивлячись на різноманіття існуючих методів її обстеження, жоден з них не звільняється від існуючих недоліків.

На наш погляд привабливішими в цій ситуації є натурні методи обстеження пасажиропотоків, які можна взяти за основу для адаптації їх до нових умов. Особливо це стосується МПП на ТЗ різних типів і форм власності з подальшим раціональним їх розподілом на маршрутах міста з врахуванням попиту пасажирів на якісне транспортне обслуговування.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОТИ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЯК ЗАДАЧА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

К.В. Коновальчук, магістр. гр. АВ 11 МБ,
В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук, Д.В. Голуб, ас.
Кіровоградський національний технічний університет

При моделюванні міських пасажирських перевезень (МПП) як системи в ринкових умовах функціонування передусім брали до уваги основні вимоги до математичних моделей складних систем: динамічність, багатокритеріальність, керованість і наявність стохастичних елементів. Задачу математичного моделювання МПП розглядали з поетапною побудовою рівнів математичної моделі і функціональних зв'язків між її елементами для одного робочого дня пасажирського автотранспортного підприємства (ПАТП) на закріплених маршрутах. При цьому процес МПП вважали системою (рис. 1), що містить кілька підсистем: транспортні засоби, маршрути (маршрутна мережа), пасажиропотоки, тарифи.

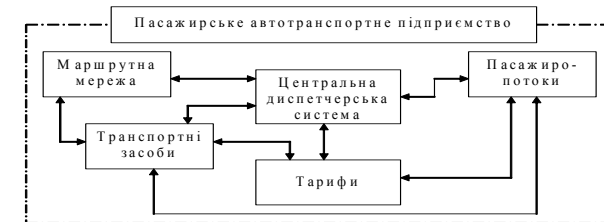


Рисунок 1 – Структурна схема системи міських пасажирських перевезень

При побудові математичної моделі використовується ряд параметрів, якими можна керувати і які визначаються безпосередньо з натурального обмеження:

$$0 \leq c_{li}^k \leq \bar{c}_{li}^k, \quad (1)$$

де \bar{c}_{li}^k – встановлена максимально можлива вартість проїзду для даних l, k, i ;

$$x_i^k \geq 0, \quad \sum_{l=1}^p x_{li}^k \leq m_l, \quad i = \overline{1, m}; \quad l = \overline{1, p}, \quad (2)$$

x_i^k – цілі числа ТЗ, які одночасно не можуть бути рівні нулю;

$$\bar{t}_j^k \leq \bar{t}_j^k \leq \bar{t}_j^k, \quad (3)$$

де \bar{t}_j^k, \bar{t}_j^k – встановлені допустимі значення моментів часу, причому $j^n > j'$.

Набір керованих параметрів (c, x, z) в даній задачі моделювання відповідають певним вибраним критеріям якості. Співвідношення між ними описуються функціональними залежностями, що є характеристиками процесу ПП: $\bar{I}_j = \bar{I}_j(x, z)$, $T^k = T^k(x, z)$, $W^k = W^k(c, x, z)$, $ДП = ДП(c, x, z)$, $V = V(c, x, z)$. Крім того слід розглядати залежність від керованих параметрів ряду інших величин: $P_j = P_j(c, x, z)$, $Дa_{ij}^k = Дa_{ij}^k(c, x, z)$, $b_j^k = b_j^k(c, x, z)$, $V^k = V^k(x, z)$, $\Delta_k = \Delta_k(z^k)$, $S_i = S_i(x, z)$, $\tau_j^k = \tau_j^k(x)$.

Зазначені керовані параметри, у свою чергу, залежать ще й від чинників: собівартості робіт ПАТП. Використовуючи аналітичні залежності для сукупності параметрів побудуємо математичну модель роботи ПАТП різної форми власності як багатокритеріальну оптимізацію.

Оскільки, згідно роботи, середня тривалість очікування на j -му ЗП обчислюється за формулою:

$$\bar{T}_{jov} = \frac{I_n}{2} + \frac{y_{jln}^2}{2I_n} + o_j I_n, \quad (4)$$

де I_n – плановий інтервал руху, в умовах графіка руху дорівнює: $I_n = t_{j+1}^k - t_j^k$; σ_{jl}^2 – середнє квадратичне відхилення інтервалу від графіка руху; ξ_j – ймовірність неможливості посадки на зупинці j по маршруту k .

З урахуванням коефіцієнту регулярності руху K_{pi} , що враховує природно-кліматичні умови процесу (3) має вигляд:

$$\bar{T}_{jov} = \frac{I_n}{2K_{pi}} + \frac{y_{jln}^2}{2I_n} \frac{K_{pi}}{I_n} + \frac{o_j I_n}{K_{pi}}, \quad (5)$$

Середнє значення інтервалу руху дорівнює:

$$\bar{I}_j^k(x, z) = \frac{\bar{I}^k(x, z)}{2 \sum_{i=1}^m (x_i^k K_{pi})} + \frac{y_{jln}^2 \left(\sum_{i=1}^m x_i^k K_{pi} \right)}{2I^k(x, z)} + o_j \frac{I^k(x, z)}{\sum_{i=1}^m (x_i^k K_{pi})}, \quad (6)$$

$$\text{де } \bar{I}^k(x, z) = \sum_{j=1}^{k-1} [(t_{j+1}^k - t_j^k) + \tau_j^k] \rightarrow \min, \quad j = \overline{1, r^k}, \quad k = \overline{1, n}. \quad (7)$$

В першому наближенні будемо вважати, що рівень задоволення ℓ -ої групи пасажирів від якості обслуговування при МПП є лінійною цільовою функцією:

$$W^l(c, x, z) = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \alpha_i^k c_{ij}^k + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n \beta_i^k x_i^k + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{r^k} \gamma_j^k t_j^k \rightarrow \max, \quad l = \overline{1, p}, \quad (8)$$

де $\alpha_i^k, \beta_i^k, \gamma_j^k$ – показники одиничної корисності.

Обсяг ПП, як цільова функція, що описує односторонню роботу ПАТП, дорівнює:

$$V(c, x, z) = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \left[D_i \sum_{j=1}^{r^k-1} H_{ij}^k \right] x_i^k \Rightarrow \max, \quad (9)$$

де внутрішня сума дорівнює кількості пасажирів, перевезених одним ТЗ за один рейс; D_i – кількість рейсів.

Економічні чинники також розглядаємо як цільові функції: виручка, добові витрати, прибуток ПАТП. Його дохід за один робочий день можна оцінити за виразом:

$$D(c, x, z) = \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m c_{li}^k (1 + K_i^k) \left[M_i D_i \sum_{j=1}^{r^k-1} H_{ij}^k \right] x_i^k, \quad (10)$$

а добові витрати ПАТП дорівнюють:

$$3(c, x, z) = \sum_{i=1}^m \left(c_i (1 + K_i^k) m_i - s_i \sum_{i=1}^m x_i^k \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \mathcal{G}_i^k p_i^k z_i^k x_i^k + u D(c, x, z), \quad (11)$$

де M_ℓ – частка пасажирів типологічної групи ℓ від їх загального числа; c_i – тариф і-го ТЗ.

Тоді функція прибутку ПАТП за день визначається як різниця виразів (13) і (14): $ДП(c, x, z) = D(c, x, z) - 3(c, x, z)$, тобто:

$$\begin{aligned} ДП(c, x, z) = & \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m c_{li}^k (1 + K_i^k) \left[M_i D_i \sum_{j=1}^{r^k-1} H_{ij}^k \right] x_i^k (1 - u) - \\ & - \sum_{i=1}^m \left(c_i (1 + K_i^k) m_i - s_i \sum_{i=1}^m x_i^k \right) - \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \mathcal{G}_i^k p_i^k z_i^k x_i^k \Rightarrow \max \end{aligned} \quad (12)$$

З урахуванням (12) і (14) собівартість процесу МПП можна розглядати як критерій (функціонал) якості перевезень:

$$\begin{aligned} 3(c, x, z) [V(c, x, z)]^{-1} = & \left\{ \sum_{i=1}^m (c_i (1 + K_i^k) m_i - s_i \sum_{i=1}^m x_i^k) + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m V_i^k p_i^k z_i^k x_i^k + \right. \\ & \left. + u \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^m c_{li}^k (1 + K_i^k) \left[M_i D_i \sum_{j=1}^{r^k-1} H_{ij}^k \right] x_i^k \right\} / \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \left[D_i \sum_{j=1}^{r^k-1} H_{ij}^k \right] x_i^k \Rightarrow \min \end{aligned} \quad (13)$$

Для більшої визначеності замість останнього критерію можна розглядати сукупність критеріїв (12) і (15): $V(c, x, z) \rightarrow \max, ДП(c, x, z) \rightarrow \max$.

До сукупності зазначених цільових функцій, що описують процес ПП, слід додати систему обмежень:

– обмеженість кількості ТЗ:

$$\sum_{k=1}^n x_i^k \leq m_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (14)$$

– умова наповнюваності ТЗ на проміжних зупинках кожного маршруту:

$$H_{ij} = \min\{P_i, a_i\} + \sum_{l=2}^{r-1} (D a_l - D b_l) \leq a_i, \quad j = \overline{2, r^k-1}, \quad i = \overline{1, m}; \quad (15)$$

– умова наповнюваності на першій і кінцевій зупинках кожного маршруту:

$$H_{i1} = \min\{P_i, a_i\} \leq a_i, \quad H_{ir} = \min\{P_r, a_r\} \leq a_r, \quad i = \overline{1, m}; \quad (16)$$

– якщо вираз (18) подати у вигляді: $H_{ij} = H_{i,j-1} - D b_{ij}^k + D a_{ij}^k$, $j = \overline{2, r-1}$ та

$$a_{ij} = a_i - (H_{i,j-1} - D b_{ij}^k), \text{ то маємо: } \Delta a_{ij}^k \leq a_{ij}, \text{ або } \Delta a_{ij}^k \leq a_i - (H_{i,j-1} - D b_{ij}^k), \quad i = \overline{1, m}; \quad (17)$$

– умова задоволення попиту населення на перевезення

$$R^k = \sum_{j=1}^{r^k-1} \max\{0, a_{ij}^k\} \geq \sum_{j=1}^{r^k-1} P_j^k = P^k;$$

$$\text{або: } \sum_{j=1}^{r^k-1} [\max\{0, a_{ij}^k\} - P_j^k] \geq 0; \quad (18)$$

– тимчасові обмеження:

$$\sum_{j=1}^{r^k-1} (t_{j+1}^k - t_j^k) \leq I^k, \quad (19)$$

причому, якщо середня швидкість \bar{V}^k руху по маршруту k фіксована, то маємо:

$$\sum_{j=1}^{r^k-1} (l_{jj+1} + \phi_j) \leq \frac{c^k}{\bar{V}^k}; \quad (20)$$

– обмеження на вартість проїзду визначається з умови рентабельності ПАТП $D(c,x,z)/3(c,x,z) \geq 1$, враховуючи (13) та (14), маємо:

$$\sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^m c_{il}^k (1 + K_i^k) \left[M_i D_i \sum_{j=1}^{r^k-1} H_{ij}^k \right] x_i^k (1 - u) \geq \sum_{i=1}^m \left(c_i (1 + K_i^k) m_i - s_i \sum_{i=1}^m x_i^k \right) + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^n g_i^k p_i^k z_i^k x_i^k. \quad (21)$$

Якщо об'єднати цільові функції, початкові умови (7-9), (12), (13) та систему обмежень (1-3), (14-21), то отримаємо математичну модель роботи ПАТП як багатокритеріальну оптимізацію.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ ПАСАЖИРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ПРИМІСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ

С.В. Миценко, магістр. гр. АВ 11 МБ,
В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук, Д.В. Голуб, ас.
Кіровоградський національний технічний університет

Встановлено, що аналіз статистичних даних стосовно функціонування маршрутної мережі приміського сполучення не може повною мірою відповідати на питання: наскільки оптимальна маршрутна мережа, наскільки транспорт задовольняє потреби населення в перевезеннях, як при наявній транспортній системі оцінити рівень обслуговування населення. Тому необхідним є здійснення ряду заходів, спрямованих на поєднання інтересів пасажирів і перевізників, які характеризують суспільні інтереси: задоволення соціальних вимог населення; забезпечення рентабельності роботи транспортних підприємств.

Як показник ефективності пасажирської транспортної системи приміського сполучення був прийнятий критерій, який враховує доходну та витратну складові процесу транспортного обслуговування населення у вигляді

$$E = \frac{D-3}{3}, \quad (1)$$

де E - ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення, грн./грн.;

D - доходи пасажирської транспортної системи приміського сполучення за розрахунковий період, грн.;

3 - експлуатаційні витрати пасажирської транспортної системи приміського сполучення за розрахунковий період, грн.

З урахуванням параметрів технології перевезень пасажирів у приміському сполученні цільова функція для дослідження ефективності пасажирської транспортної системи приміського сполучення, описується залежністю виду

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i(A,q) \cdot T_i) - \sum_{i=1}^n \left(T_n \cdot A \cdot R_0(A,q) \cdot \left(C_{зм}(A,q) \cdot L_i(A,q) + C_{пост}(A,q) \cdot \frac{L_i(A,q)}{V_e} \right) \right)}{\sum_{i=1}^n \left(T_n \cdot A \cdot R_0(A,q) \cdot \left(C_{зм}(A,q) \cdot L_i(A,q) + C_{пост}(A,q) \cdot \frac{L_i(A,q)}{V_e} \right) \right)} \rightarrow \max_{A,q \in \Pi} \quad (2)$$

при обмеженнях Ω :

$$A, q > 0; \quad (3)$$

$$A, q = \text{int}; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n Q_i(A,q) = \sum_{k=1}^{N_{\max}} \sum_{i=1}^{N_{\max}} H_{kl} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n L_i(A,q) = L_{MM} \quad (6)$$

де $Q_i(A,g)$ - обсяг перевезень на i -му маршруті за розрахунковий період, пас.;

T_i - тариф на маршруті, грн.;

T_n - тривалість розрахункового періоду, год.;

A - кількість транспортних засобів на маршрутах приміського сполучення, од.;

g - пасажиромісткість транспортного засобу, задіяного на перевезеннях пасажирів, од.;

$R_0(A,g)$ - кількість оборотних рейсів за розрахунковий період;

$C_{зм}(A,g)$ - змінна складова витрат, грн./км.;

$C_{пост}(A,g)$ - постійна складова витрат, грн./год.;

$L_i(A,g)$ - довжина i -го маршруту, км.;

V_e - експлуатаційна швидкість, км/год.;

H_{kl} - максимальна сумарна реалізована кореспонденція пасажирів з k -го населеного пункту в l -й за розрахунковий період, пас.;

L_{MM} - сумарна довжина маршрутної мережі при охопленні максимальної кількості населених пунктів приміським сполученням, км; n - кількість маршрутів сполучення;

N_{\max} - максимальна кількість населених пунктів, охоплених транспортним сполученням.

Забезпечення соціальної складової ефективності пасажирської транспортної системи приміського сполучення закладено в обмеженнях, а саме: сумарні реалізовані кореспонденції між населеними пунктами, що включені до пасажирської транспортної системи приміського сполучення, досягають максимального значення при повному охопленні населених пунктів транспортним сполученням. Це можливо при збільшенні сумарної довжини маршрутної мережі приміського пасажирського сполучення.

Визначальним етапом у процесі моделювання пасажирської транспортної системи приміського сполучення є модель маршрутної мережі. Така модель являє собою траси маршрутів з відповідними провізними здатностями. Розроблено алгоритм моделювання процесу функціонування маршрутної мережі, схема якого в загальному вигляді представлена послідовністю ряду виконуваних операцій (рис. 1).

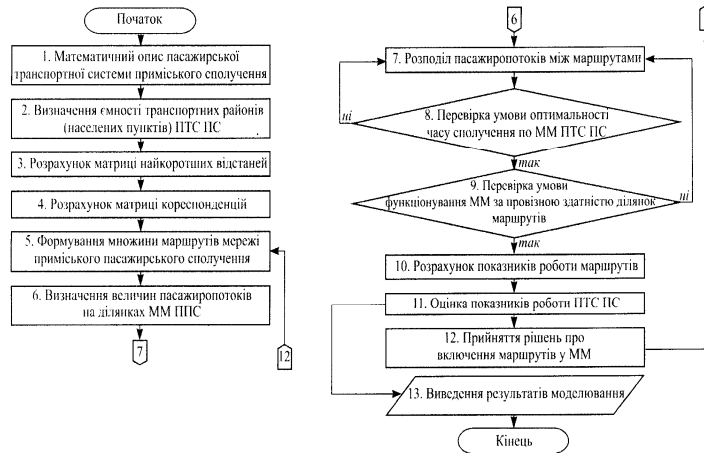


Рисунок 1 – Схема алгоритму моделювання процесу функціонування маршрутної мережі пасажирської транспортної системи приміського сполучення

При цьому, для забезпечення ефективної роботи транспортної системи у цілому доцільно зв'язати параметри геометрії трас маршрутів і пасажиропотоки на цих маршрутах з провізною здатністю.

З цією метою використовується модель перерозподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі. На підставі даних про величину пасажиропотоків на кожному маршруті розраховується раціональна кількість транспортних засобів, техніко-економічні й техніко-експлуатаційні показники роботи на маршрутах. Зміна цих показників дозволяє домогтися очікуваних показників ефективності функціонування пасажирської транспортної системи приміського сполучення. Процес моделювання має ітераційний характер, що дозволяє використати його при розгляді нових альтернативних маршрутів приміського сполучення регіону.

Як критерій оцінки господарської діяльності при моделюванні пасажиропотоків використано показник “потенціал послуг”, який за своїм змістом є максимально можливий пасажирообіг, що здійснюється з встановленим рівнем комфортності поїздок пасажирів при повному використанні нормативної місткості рухомого складу протягом всього пробігу на маршруті.

Сумарні експлуатаційні витрати пасажирської транспортної системи приміського сполучення повинні бути мінімальні:

$$Z = Z_v + Z_c + S \rightarrow \min, \quad (7)$$

де Z - сумарні експлуатаційні витрати пасажирської транспортної системи приміського сполучення, грн.;

Z_v - витрати виробника транспортних послуг (перевізника), грн.;

Z_c - витрати споживача послуг (пасажира), грн.;

S - розмір адресних субсидій споживачу (виробнику), грн.

При цьому сумарні витрати виробника (перевізника):

$$Z_v = \left[C_{пост} \left(\frac{L_m}{H_m} + T_{пв} \right) + C_{зм} L_m \right] \frac{R_0}{Q_{ij}}, \quad (8)$$

де $C_{пост}$ - постійні витрати на одну годину роботи, грн./год.;
 $C_{зм}$ - змінні витрати на один кілометр пробігу, грн./км; L_m - довжина маршруту, км;
 R_0 - кількість оборотних рейсів;
 $T_{пв}$ - сумарний час простою автобуса на зупинках за один рейс, год.;
 Q_{ij} - кількість пасажирів, перевезених між пунктами i та j , пас.;
 v_T - технічна швидкість, км/год.
 Відносні сумарні витрати споживача (пасажира):

$$Z_c = C_{від} \left[\frac{k_n}{\delta} + \frac{\delta_n L_m}{N_{зуп}} + k_{пер} \left(\frac{1}{2} + \frac{l_n}{v_c} \right) \right] \quad (9)$$

де $C_{від}$ - питома оцінка відносних витрат пасажира за час користування послугою, грн./год.;

δ - щільність маршрутної мережі, км/км²;

k_n, a_n - константи, що визначають витрати часу на переміщення до (від) транспортної мережі, год./км²;

$N_{зуп}$ - кількість зупинних пунктів на маршруті;

l - середній інтервал руху на ділянці маршруту, год.;

l_n - середня дальність поїздки пасажирів на маршруті, км;

$k_{пер}$ - коефіцієнт пересадочності;

v_c - швидкість сполучення, км/год.

Складові моделі враховують фактори, що визначають індивідуальні переваги споживачів при оцінці потенціалу транспортних районів з чисельністю населення $N_i(j)$, зміна об'єму dQ визначена зміною кількості жителів dN , рівня добробуту dP і якості послуг dY , обумовлені моделлю Бюркмана виду: $dQ = dN \cdot dP \cdot dY^2$. З урахуванням променевої моделі формування пасажиропотоків площа транспортного обслуговування, що тяжіє до маршруту, визначається залежністю

$$F = \sqrt{\left[C_{пост} \left(\frac{L_m}{H_m} + T_{пв} \right) + C_{зм} L_m \right] \frac{R_0}{h_F N_T} \cdot \frac{L_{mm}}{C_{від} k_n}}, \quad (10)$$

де N_T - показник транспортної рухомості населення, поїздок/рік;

h_F - щільність населення вдовж траси проходження маршруту приміського сполучення, чол./км².

Цей показник дозволяє встановити „потенціал послуг” і визначити пасажиропотоки в маршрутній мережі приміського сполучення, але при цьому необхідно враховувати закономірності розселення жителів приміських зон.

За аналізом часових характеристик функціонування маршрутної мережі пасажирської транспортної системи приміського сполучення сформульовано завдання знаходження таких значень змінних $X_{kl}^{(i,j)}$, що забезпечують оптимальну (найменшу) величину середнього часу сполучення в мережі T . Постановка завдання: за відомими: топологічною структурою маршрутної мережі; матрицею вхідних потоків - $\| \gamma_{ij} \|$; провізними здатностями ділянок маршрутної мережі - $\| d_{kl} \|$; параметру обслуговування - $1/\mu$, визначити: змінні $X_{kl}^{(i,j)}$ і, отже, пасажиропотоки на ділянках маршрутної мережі f_{kl} такі, що мінімізують цільову функцію

$$T = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N \frac{f_{kl}}{d_{kl} - f_{kl}} \quad (11)$$

при обмеженнях:

$$f_{kl} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N e_{ij} \cdot x_{kl}^{(ij)}; \quad k, l = 1, 2, \dots, N; \quad (12)$$

$$f_{kl} < d_{kl}; \quad k, l = 1, 2, \dots, N; \quad (13)$$

$$\sum_{k=1}^N x_{kl}^{(i,j)} - \sum_{k=1}^N x_{lk}^{(i,j)} = \begin{cases} -1, & l = i \\ 0, & l \neq i, j \\ 1, & l = j \end{cases} \quad (14)$$

$$0 \leq x_{kl}^{(i,j)} \leq 1; \quad k, l = 1, 2, \dots, N. \quad (15)$$

Сформульовану задачу (11) – (15) вибору оптимальних потоків і визначення оптимальних маршрутів у мережі за критерієм середньої затримки сполучення вирішено з використанням методу множників Лагранжа.

ОПЕРАТИВНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА

Д.В. Голуб, ас., В.В. Аулін, проф., канд. ф.-м. наук
Кіровоградський національний технічний університет

Транспортна послуга - це результат діяльності перевізника по задоволенню потреб пасажирів в перевезеннях відповідно до встановлених норм і вимог.

Згідно ДСТУ ISO 9001-2001 комплекс показників якості транспортних послуг повинен задовольняти вимогам:

- враховуються питання безпеки пасажирських перевезень;
- якість пасажирських перевезень (ПП) повинна відповідати передовому світовому досвіду і вимогам споживачів;
- враховуються всі властивості процесу ПП, які обумовлюють придатність до задоволення певних потреб споживачів;
- повинні бути стабільними, мати тенденцію систематичного підвищення якості ПП;
- відносна самостійність і виключення взаємозамінюваності при комплексній оцінці рівня якості ПП;
- при вимірюванні і оцінці використовувати сучасні досягнення науки і техніки, основні напрями науково-технічного прогресу на транспорті і у сфері транспортних послуг.

Вимоги споживачів до перевізного процесу і умов обслуговування визначаються відповідно до правил перевезення пасажирів на транспорті конкретного виду, затвердженими в установленому порядку.

Метою застосування номенклатури показників якості ПП можуть бути:

- включення в правила перевезень пасажирів або надання послуг на відповідних видах транспорту;
- проведення робіт по розробці і впровадженню систем управління якістю ПП;
- підвищення якості транспортних послуг і ефективності перевізного процесу;
- включення їх в умови договірних зобов'язань.

В якості основного методу визначення початкової номенклатури показників якості пасажирських перевезень та співвідношення між ними був обраний експертний метод.

Використовуючи зазначене, а також ГОСТ 51004-96 в даній роботі визначено наступну систему показників якості: вартісні, інформаційні, комфортності, швидкості, своєчасності, тривалості часу, надійності безпеки, екологічності.

Структура показників якості наведена на рис. 1.

Вартісні показники характеризують загальні витрати на доставку пасажирів до пункту призначення або витрати на окремі елементи перевізного процесу. До їх групи можна включити наступні показники: вартість проїзду в транспортному засобі (ТЗ); вартість додаткових послуг; доступність проїзду пільгових категорій пасажирів.

Інформаційні показники характеризують особливості пасажирських перевезень, що обумовлюють періодичність доведення до пасажирів і населення відомостей, необхідних для прийняття правильних рішень в процесі їх транспортного обслуговування. До них відносять інформацію про відправлення і прибуття ТЗ на зупинному пункті (ЗП), про характер і вартість надання послуг, наявність рекламної продукції, а також доступність інформації.

Показники комфортності поїздки характеризують властивості пасажирських перевезень, що обумовлюють створення необхідних умов обслуговування, зручності перебування пасажирів на ТЗ в початково-кінцевих і транзитних пунктах на підставі нормативних документів, затверджених в установленому порядку. До них відносять: наповненість салону ТЗ, температуру повітря та вентиляції в салоні, освітленість салону, шум та вібрація в салоні.

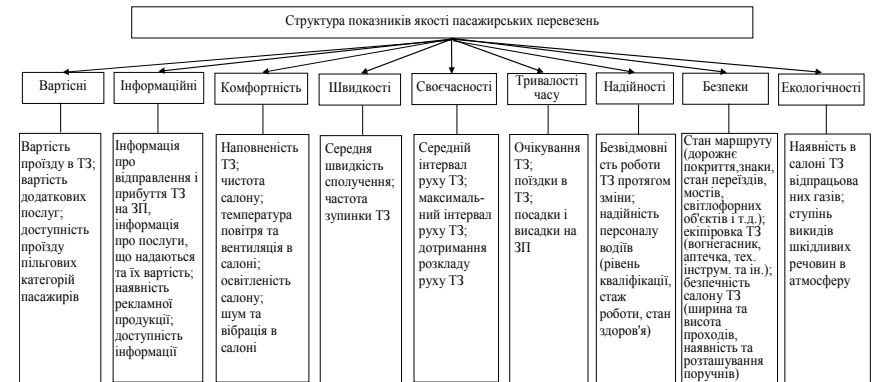


Рисунок 1 – Блок-схема структури показників якості пасажирських перевезень

Показники швидкості характеризують властивості ПП, що обумовлюють швидкість проходження ТЗ маршруту та частоту зупинок на ньому. До показників швидкості відносять середню швидкість руху ТЗ та частоту його зупинок на маршруті.

Показники своєчасності характеризують властивості пасажирських перевезень, що обумовлюють рух ТЗ відповідно до розкладу або інших встановлених вимог за часом їх руху. Це такі показники: середній інтервал руху ТЗ; максимальний інтервал руху ТЗ; дотримання розкладу руху ТЗ.

Показники тривалості часу характеризують властивості, що обумовлюють тривалість перебування пасажирів в поїзді. До них можна віднести: час очікування ТЗ; час поїздки ТЗ; час посадки і висадки на ЗП.

Показники надійності функціонування ТЗ характеризують особливості, що обумовлюють при їх використанні безвідмовну роботу протягом рейсу або іншого заданого інтервалу часу. До показників надійності відносять: безвідмовність роботи ТЗ протягом зміни; надійність персоналу водіїв (рівень кваліфікації, стаж роботи, стан здоров'я).

Показники безпеки характеризують особливості пасажирських перевезень, що обумовлюють при їх виконанні безпеку пасажирів. До показників безпеки можна віднести: стан маршруту (дорожнє покриття, стан переїздів, мостів, світлофорних об'єктів); екіпіровка ТЗ (вогнегасник, аптечка, технічний інструмент та ін.); безпечність салону ТЗ (ширина та висота проходів, наявність та розташування поручнів).

Показники екологічності характеризують властивості ПП, що обумовлюють ступінь нанесення шкоди навколишньому середовищу ТЗ. До них відносяться: наявність в салоні ТЗ відпрацьованих газів, ступінь викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Кожний одиничний показник якості q_{ji} , $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$, що входить в j -ту групу може бути оцінений по бальній системі від 2 до 4 балів. Якщо для деяких типів ТЗ показники якості не мають сенсу або мають занадто низький рівень, для подолання невизначеності при обробці бази даних програмним забезпеченням, оцінюють їх в 1 бал.

Оскільки система показників якості є складною, то доцільно використати адитивні і мультиплікативні згортки при представленні оцінки якості у вигляді системи диференціальних та інтегрального показників, тобто розглядають їх як зважене середнє арифметичне (адитивна синтезуюча функція) і зважене середнє геометричне (мультиплікативна синтезуюча функція), які є найбільш популярними агрегуючими функціями в методі зведених показників (МЗП).

При цьому використовується вектор вагових коефіцієнтів $\bar{\alpha}_{ji}$, $j = \overline{1, m}$, $i = \overline{1, n}$ ($\sum_{i=1}^n \alpha_{ji} = 1$) у j -ій групі показників, які інтерпретуються як міра значимості показника q_{ji} , а також вектор вагових коефіцієнтів у сукупності груп показників якості $\bar{\beta}_j$, $j = \overline{1, m}$ - як міра значимості диференціального показника $D_{ja} : \sum_{j=1}^m \beta_j = 1$.

Диференціальний показник якості транспортного обслуговування визначається по формулі:

$$D_{ja} = \bar{\alpha}_{j1}q_{j1} + \bar{\alpha}_{j2}q_{j2} + \dots + \bar{\alpha}_{jn}q_{jn} = \sum_{i=1}^n \bar{\alpha}_{ji}q_{ji}, \quad (1)$$

де i – порядковий номер одиничного показника в j -ій групі диференціального показника; q_{ji} – одиничний показник, значення якого згідно анкет оцінюються балах.

Якщо на маршруті працює k ТЗ, то обчислюють середнє значення диференціального показника:

$$\bar{D}_{ja} = \frac{\sum_{s=1}^k D_{js}}{k}, \quad s = \overline{1, k}; \quad (2)$$

середню абсолютну похибку:

$$\Delta \bar{D}_{ja} = \frac{\sum_{s=1}^k (D_{js} - \bar{D}_{ja})}{k}, \quad (3)$$

та відносну похибку:

$$\varepsilon_{ja} = \frac{\Delta \bar{D}_{ja}}{\bar{D}_{ja}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

Інтегральний показник розраховують по формулі:

$$E_a = \sqrt{D_{1a}^{\alpha_1} \cdot D_{2a}^{\alpha_2} \cdot D_{3a}^{\alpha_3} \cdot \dots \cdot D_{na}^{\alpha_n}} = \sqrt{\prod_{j=1}^n D_{ja}^{\alpha_j}}, \quad (5)$$

База даних для розрахунку диференціальних і інтегрального показників якості транспортного обслуговування якості транспортного обслуговування на маршрутах формувалася із заповнених анкет по дослідженню показників якості. Розрахунки проводили за допомогою розробленого програмного забезпечення, мова програмування Object Paskal, а середовище розробки Delphi.