

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Хмельницький національний університет
Кіровоградський національний технічний університет,
Національний технічний університет України "КПІ"
Університет "Стефан чел Маре", м. Сучава, Румунія
Технічний університет «Georghe Asachi», м. Яси, Румунія

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

IV-ої МІЖНАРОДНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

“ПРОБЛЕМИ ДОВГОВІЧНОСТІ МАТЕРІАЛІВ, ПОКРИТТІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ”

11 листопада 2016 року

Частина 1

УДК 621.891:621.791:669.1

Відповідальні за випуск **В. І. Савуляк, Д. В. Бакалець**

Рецензенти: **Сивак І. О.**, доктор технічних наук, професор
Козлов Л.Г., доктор технічних наук, професор

Тези доповідей IV-ої міжнародної інтернет-конференції «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій», 11 листопада 2015 року: збірник наукових праць. Частина 1 / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2016. – 54 с.

Збірник містить тези доповідей IV-ої міжнародної інтернет-конференції за такими основними напрямками: способи і технологічні процеси ремонту транспортних засобів шляхом відновлення їх деталей; підвищення зносостійкості та ресурсу деталей, вузлів, агрегатів засобів транспорту в технологіях ремонту; методи управління ресурсом, надійністю і технічним станом засобів транспорту; забезпечення триботехнічних властивостей поверхонь тертя шляхом нанесення функціональних покриттів; прогнозування результатів контактної взаємодії твердих тіл в заданих умовах; матеріалознавчі аспекти процесів зварювання і споріднених технологій; неруйнівний контроль деталей, заготовок, матеріалів; розробка та вдосконалення обладнання для нанесення покриттів; технології нанесення та матеріалознавство функціональних покриттів.

Роботи публікуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розглянуті питання.

УДК 621.891:621.791:669.1

© Вінницький національний технічний університет, укладання, оформлення, 2016

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| Зміст | 3 |
| ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА РІЗНИХ ТАПАХ ЇХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕХНОЛОГІЯМИ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ В.В. Аулін, С.В. Лисенко | 5 |
| ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ АЗОТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЗУБОХОНИНГОВАНИЯ Б.А. Ляшенко, А.В. Рутковский, Н.А. Долгов, А.Ю. Кумуржи, А.В. Кривошея, В.Е. Мельник | 6 |
| ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ С.А. Клименко, М.Л. Хейфець | 7 |
| СТРУКТУРНІ ЗМІНИ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ТРИБОСИСТЕМИ «РОБОЧИЙ ОРГАН- ГРУНТ» В.І. Дворук, К.В. Борак | 8 |
| ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН В.А. Мамчур, О.Л. Пивоваренко | 9 |
| ВПЛИВ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ СІРОГО ЧАВУНА В. В. Аулін, О.В. Кузик, В.М. Кропівний | 10 |
| ЗВ'ЯЗОК ФОРМ АВТОРЕГУЛЮВАННЯ (КВАЗІКЕРУВАННЯ) І ВЛАСТИВОСТЕЙ ТТС В СИНЕРГЕТИЦІ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ НАДІЙНОСТІ В.В. Аулін | 11 |
| ФРАКТАЛЬНА ОЦІНКА АДАПТАЦІЇ СТРУКТУР НАПИЛЕНИХ ПОКРИТТІВ ДО ЗОВНІШНЬОГО ВПЛИВУ С.А. Клименко, М.Л. Хейфець, В.С. Івашко | 12 |
| ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ АУСТЕНІТУ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ПОКРИТТІВ ОТРИМАНИХ НАПЛАВЛЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ВВМ НА ПОКАЗНИКИ ЗНОСОСТІЙКОСТІ В УМОВАХ СУХОГО ТЕРТЯ КОВЗАННЯ В.І. Савуляк, В.Й. Шенфельд | 13 |
| ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ ИЗ ЧУГУНА А.Г. Белик, Б.В. Ефременко, Я.А. Чейлях | 15 |
| РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ И.О. Блохина | 16 |
| ЗМІЩЕННЯ ФРЕЗ МЕТОДОМ ПЛАЗМА-МІГ НАПЛАВЛЕННЯ Н.О. Макаренко, А.В. Бузовір, А.С. Компанець, М.Ю. Івченко | 17 |
| ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ЕКЗОТЕРМІЧНОЇ СУМІШІ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ЕЛЕКТРОДІВ Г.М. Кущій, П.І. Кончич | 18 |
| ЕЛЕКТРОДОТРИМАЧ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ЗДВОСНИМ ЕЛЕКТРОДОМ Д.В. Бакалець, В.М. Тарасюк | 19 |
| ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДІЙСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ІЗ ЗАЯВЛЕНИМИ Д.В. Бакалець, В.А. Житник | 21 |
| ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОФІЛІВ ПІДСИЛЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ В.В. Савуляк | 24 |

| | |
|--|----|
| ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЯВИЩА ОБЛІТЕРАЦІЇ НА РІВЕНЬ НАДІЙНОСТІ ЗОЛОТНИКОВОГО МЕХАНІЗМУ В.В. Аулін, А.Є. Чернай | 26 |
| ВПЛИВ СКЛАДУ МАТЕРІАЛУ ПОКРИТТЯ НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ ЗНОСОСТІЙКИХ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ПОКРИТТІВ В.Й. Шенфельд, М.В. Фуштей | 27 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ В РОЗПЛАВІ ПІД ЧАС КОНТАКТНОГО ПЛАВЛЕННЯ ЗАЛІЗА З ВУГЛЕЦЕВИМИ ДИСПЕРСНИМИ МАТЕРІАЛАМИ У КОНВЕКЦІЙНОМУ НЕСТАЦІОНАРНОМУ РЕЖИМІ В.І. Савуляк, А.А. Осадчук | 28 |
| ЗІЦНЕННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ВАЛІВ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ В.І. Савуляк, Т.В. Кіт | 31 |
| ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОФІЛЮ ФІГУРИ НАПИЛЕННЯ ПРИ ХОЛОДНОМУ ГАЗОДИНАМІЧНОМУ НАНЕСЕННІ ПОКРИТТЯ О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк | 33 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПРУЖНОСТІ ПРУЖИН ЗГИНУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ В.І. Савуляк, О.В. Поступайло | 38 |
| АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ШНЕКОВОЇ ПАРИ З ВРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ В.І. Савуляк, О.С. Хоменко | 39 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ, З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ, СИЛИ ПОДАЧІ РОЛИКАМИ ЕЛЕКТРОДНОГО ДРОТУ О.П. Шиліна, К.В. Бучковський | 41 |
| СТРУКТУРА ТА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПРОТИ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ, НАПЛАВЛЕНИХ СОРМАЙТОМ В.І. Савуляк, О.В. Щербаків | 44 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАВАНТАЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ МІЖ СТРІЧКОЮ КОНВЕЄРА ТА БАРАБАНОМ О.П. Шиліна, С.Д. Кліменко | 45 |
| ЗАСТОСУВАННЯ ЕПОКСИДОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ГОЛОВОК БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ О.П. Шиліна, П. Левандовський | 48 |
| ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛ'З ЦИЛІНДРІВ ТЕРМОПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ У МАТРИЦІ З ПЛАЗМОВИМ НАПИЛЮВАННЯМ О.П. Шиліна, О.А. Лозовенко | 50 |
| ВПЛИВ ФОРМИ АБРАЗИВНИХ ЧАСТИНОК НА ПРОЦЕС ЗНОШУВАННЯ В.Й. Шенфельд, М.В. Пушкар | 51 |
| УТВОРЕННЯ СТРУКТУРИ ПРИ БАГАТОШАРОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ НА ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ О.П. Шиліна, О. Попадюк | 52 |
| ВПЛИВ ВАНАДІЮ НА ЯКІСТЬ ФОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ О.П. Шиліна, М.П. Сідлак | 53 |

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА РІЗНИХ ЕТАПАХ ЇХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ТЕХНОЛОГІЯМИ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Аулін В.В., д.т.н., проф., Лисенко С.В., к.т.н., доц

Проблема підвищення надійності техніки подовженням ресурсу спряжень деталей їх систем і агрегатів з часом не тільки не знижується, а навпаки неухильно зростає. Разом з тим у багатьох випадках відсутні методи обґрунтованого вибору змащувальних матеріалів та режимів експлуатації через ускладнення мастильних композицій, отриманих додаванням присадок, та обробки енергетичними потоками фізичних полів, необхідні розробка і використання технологій триботехнічного відновлення (ТТВ).

Запропоновані авторами ТТВ дозволяють здійснити формування поверхонь тертя деталей з високими антифрикційними властивостями і реально зменшити їх знос: при виготовленні і ремонті деталей шляхом фрикційної обробки в спеціальних металовмісних середовищах; в період обкатки трибоспряжень деталей в спеціально розроблених і виготовлених металовмісних припрацювальних середовищах; під час експлуатації вузлів при машинні металовмісними мастильними і мастильно-охолоджуючими рідинами.

Сукупність ТТВ можна поділити на технологічні та експлуатаційні. Технологічні ТТВ використовують під час ремонту або технічного обслуговування за допомогою безабразивної обробки поверхні деталей попередньо розібраної машини. При цьому підвищення зносостійкості деталей трибоспряжень відбувається в результаті формування на них антифрикційної металевої плівки, що захищає основний метал від інтенсивного зношування. Металоплакування не дозволяє відновити працездатність деталей механізмів, фізичний знос у яких досяг граничного значення, але дає можливість продовжити терміни служби зношених сполучень. Дія експлуатаційних ТТВ заснована на використанні в вузлах тертя металоплакуючих мастильних матеріалів, припрацювальних середовищ, гідравлічних рідин, моторних і трансмісійних олив і мастильно-охолоджуючих рідин. Це дозволяє формувати поверхні тертя з високими протизносними властивостями в процесі експлуатації машини. Найкращий результат досягається при комплексному застосуванні експлуатаційних і технологічних методів, що дозволяє досягти збільшення тривалості міжремонтного циклу від двох до п'яти, а в окремих випадках – до десяти разів.

Використання ТТВ для систем і агрегатів мобільної сільськогосподарської і автотранспортної техніки дозволяє: зменшити знос вузлів тертя не менше ніж в 1,5...2 рази; знизити втрати на тертя до 30%; скоротити час обкатки більш ніж в два рази та ін.

Обґрунтовано, що ТТВ дають нові можливості розв'язати проблему надійності систем і агрегатів машин, розглядаючи складові властивості надійності не як адитивні, а як синергетичні компоненти, теоретичні основи яких розроблено проф. В.В. Ауліним. Виходячи з цього, ТТВ ефективно об'єднують чотири основні властивості надійності і забезпечують: безвідмовність спряжень деталей – зменшенням припрацювального зносу, що не дозволяє вийти за межі граничних зазорів; підвищення довговічності спряжень деталей – зменшенням тривалості припрацювання; ремонтпридатність – розширенням полів допусків спряжень деталей; збережуваність експлуатаційних показників – можливістю суміщення процесів ТТВ при обкатці та під час експлуатації.

Показано, що сучасні технології зміцнення і відновлення забезпечують збільшення ресурсу на різних етапах життєвого циклу, в той час як основний рівень надійності закладається при проектуванні та виготовленні машин і є необхідність використовувати ТТВ при цьому.

Аулін Віктор Васильович – д.т.н., проф., професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Кіровоградський національний технічний університет
Лисенко Сергій Володимирович – к.т.н., доц., доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Кіровоградський національний технічний університет

УДК 621.913:621.633

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ АЗОТИРОВАНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ЗУБОХОНИНГОВАНИЯ

Ляшенко Б.А., д.т.н., проф., Рутковский А.В. к.т.н., с.н.с., Долгов Н.А. д.т.н., доц., Кумуржи А.Ю., м.н.с., Кривошея А.В. к.т.н., с.н.с., Мельник В.Е. к.т.н.

Зубчатые передачи, как составная часть практически всех машин и механизмов являются в тоже время одними из самых сложных и трудоемких деталей в машиностроении. От качества их изготовления зависят технико-экономические показатели машин и механизмов в целом. Качество изготовления (точность и состояние рабочей поверхности) зубчатых венцов в основном определяется их термообработкой и финишными операциями до и после их термообработки.

Проведенные исследования в ИСМ НАНУ и ИПП НАНУ показали перспективность комбинации процесса обработки зубчатых колес ионным азотированием (как альтернативу цементации с последующей закалкой и газовому азотированию) и зубохонингованием алмазными эластичными червячными хонами (см. рис. 1) (взамен зубохонингования дисковыми зубчатыми хонами) по сравнению со всеми существующими методами окончательной обработки зубчатых передач.

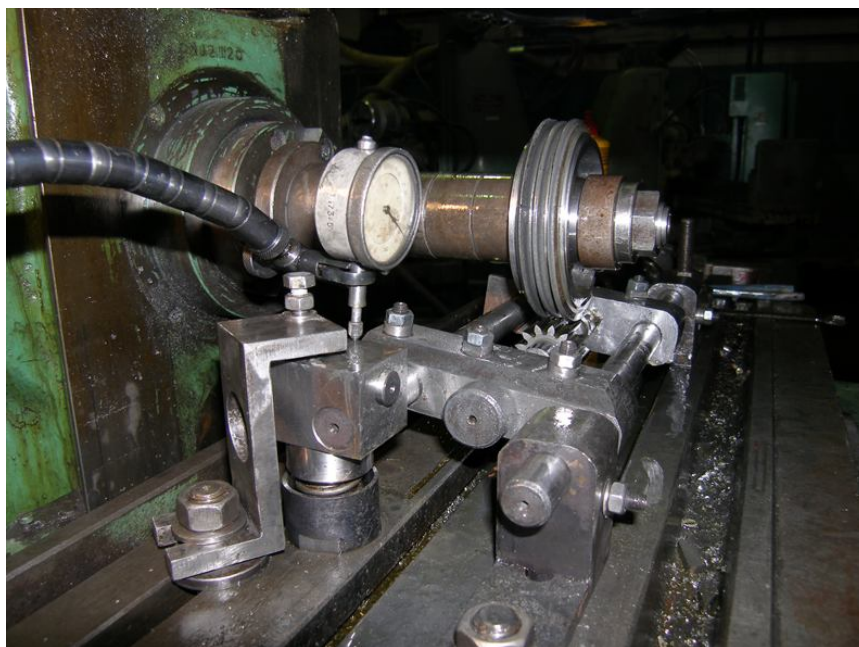


Рисунок 1 – Общий вид рабочей зоны зубохонингования

Внедрение комбинации процессов позволит повысить качество и конкурентоспособность отечественных машин и механизмов.

Ляшенко Борис Артнемович – д.т.н., проф., заведующий лабораторией Института проблем прочности имени Г.С. Писаренко НАН Украины

Рутковский Анатолий Витальевич – к.т.н., с.н.с., старший научный сотрудник Института проблем прочности имени Г.С. Писаренко НАН Украины

Долгов Николай Анатольевич – д.т.н., доц., ведущий научный сотрудник Института проблем прочности имени Г.С. Писаренко НАН Украины

Кумуржи Александр Юрьевич – младший научный сотрудник Института проблем прочности имени Г.С. Писаренко НАН Украины

Кривошея Анатолий Васильевич – к.т.н., с.н.с., старший научный сотрудник Института сверхтвердых материалов им. В.Н.Бакуля НАН Украины

Мельник Владимир Евгеньевич – к.т.н., научный сотрудник. Института сверхтвердых материалов им. В.Н.Бакуля НАН Украины

УДК 621.941.6

ТЕХНОЛОГІЧНА СПАДКОВІСТЬ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ

Клименко С.А., д.т.н., проф., Хейфець М.Л., д.т.н., проф.

Проблема керування технологічними процесами виготовлення і ремонту деталей машин зазвичай обмежується рамками окремих операцій. Однак для забезпечення якості виробів необхідно всебічно розглядати весь процес виготовлення і експлуатації деталей, враховуючи явище технологічної спадковості.

На відміну від виготовлення деталей, при їх відновленні явище спадковості включає також й експлуатаційну складову, тобто перенесення властивостей деталей, отриманих в результаті впливу на них різних процесів при експлуатації, на властивості деталей після їх подальшого відновлення.

Остаточного впливу руйнуючих процесів при експлуатації уникнути в період відновлення деталей неможливо, тому вони позначаються на особливостях виконання окремих технологічних операцій и остаточної якості відновленого виробу.

При відновленні становище ускладнюється тим, що впливу піддаються різні за якістю деталі. Тому, в технологічному процесі повинні бути передбачені операції, які знижують вплив експлуатаційної спадковості на якість наступних операцій, таких як очистка забруднень, видалення корозії, шару з дефектами та ін.

Для оцінки впливу технологічної спадковості на зміну параметрів деталі використовується залежність

$$\Psi_0 = a\Psi_{\text{висх}}^b,$$

де Ψ_0 – значення параметра якості для остаточної операції;

$\Psi_{\text{висх}}$ – значення того ж параметра для вихідної операції;

a і b – коефіцієнти технологічної спадковості, які визначаються на основі багатofакторного аналізу з отриманням рівняння регресії.

Ймовірність отримання необхідного i -го параметра стану поверхневого шару відновленої деталі з врахуванням технологічної спадковості визначається як

$$P_i(t) = P_{i2} \left[1 - k_{\text{пд}}(1, k; 2, k) \cdot (1 - P_{i1}(t)) \right],$$

де P_{i1} і P_{i2} – ймовірність отримання необхідного i -го параметра для j -ї та $(j+1)$ -ї операції відповідно;

$k_{\text{пд}}(1, k; 2, k)$ – коефіцієнт передачі дефекту з j -ї операції на $(j+1)$ -у по i -му параметру.

З врахуванням впливу всього циклу відновлення деталі на її експлуатаційні властивості запропонований алгоритм, відповідно до якого по необхідним експлуатаційним властивостям рекомендуються значення параметрів стану поверхневого шару відновленої деталі та формується технологічний процес відновлення, який забезпечує відмічені параметри, призначаються матеріали для наплавлення або напилення, режими нанесення покриття і обробки різанням, характеристики інструментів і устаткування, марка МОТС, що забезпечують необхідні параметри стану поверхневого шару вихідної деталі та напівфабрикату на кожному етапі відновлення.

Клименко Сергій Анатолійович – д.т.н., проф., заступник директора з наукової роботи, Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

Хейфець Михайло Львович – д.т.н., проф., заступник академіка-секретаря Відділення фізико-технічних наук, Президія НАН Білорусі

УДК621.891

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ТРИБОСИСТЕМИ «РОБОЧИЙ ОРГАН- ГРУНТ»

Дворук В.І., д.т.н., проф., Борак К.В. к.т.н.

Відповідно до визначення структури, зміни структури трибомеханічної системи можуть включати [1]:

1. *Утворення або зникнення елементів системи.* Як відомо з роботи [2] трибосистема(ТС) «робочий орган (РО)-грунт» складається з трьох складових (навколишнє середовище, РО та грунт). В процесі функціонування даної системи можлива поява змашувального прошарку між робочим органом і грунтом у вигляді води. Даний стан системи можливо спостерігати у випадку перезволоження ґрунту (для піщаних та супіщаних ґрунтів при досяганні вологості 20%, а для суглинків і глини – 30% [3]). В більшості випадків поява четвертого елемента під час функціонування системи призводить до невиконання необхідних вимог, що до перетворення вхідних величин X у вихідні Y.

2. *Зміна взаємозв'язків елементів.* Для ТС «РО-грунт» в процесі функціонування доволі часто спостерігається зміна механізму зношування з абразивного на ударно-абразивне, абразивно-окислювальне та ін. На поверхні РО в один і той же момент на різних ділянках поверхні можливий прояв різних механізмів зношування.

3. *Зміна властивостей елементів системи.* Функціональне існування ТС«РО-грунт» передбачає зміну властивостей одного з елементів, а саме ґрунту (твердості, ступеня закріплення абразивних частинок, зміни просторового положення компонентів та ін.). Зміна властивостей РО є небажаними, але неминучим явищем. В процесі функціонування ТС відбуваються зміни наступних властивостей: геометрія і топографія поверхні РО; хімічний склад поверхні РО;міцнісні властивості РО; маса РО.

Для зменшення негативних явищ при функціонуванні ТС «РО-грунт», а саме зміну властивостей РО необхідно на основі системного аналізу розробити теоретичну модель функціонування даної системи. Системний аналіз ТС «робочий орган – грунт» повинен містити у собі такі етапи: побудувати фізико-математичну модель ТС в динамічному і статичному стані, яка адекватно описує явища, процеси та субпроцеси, що відбуваються в ТС; побудувати феноменологічну модель процесів, які відбуваються в ТС; проаналізувати індивідуальні властивості елементів та агрегатні властивості ТС; математично описати функціональні перетворення вхідних величин X у вихідні величини Y; визначити основні критерії ефективного функціонування ТС «РО–грунт», а також обмеження та умови її функціонування.

Застосування системного підходу до вирішення задач при моделюванні ТС «робочий орган – ґрунт» дозволить: синтезувати знання з різних наук (фізика, хімія, математика, трибологія теорії систем, теорії управління, матеріалознавство, ґрунтознавство та інші); суттєво скоротити час на проведення трудомістких та дорогих лабораторних, стендових і експлуатаційних досліджень для прийняття об'єктивних рішень з підвищення зносостійкості складових частин ТС.

Література.

1. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. A Systems Approach to the Science and Technology of Friction, Lubrication and Wear: монографія / Х. Чихос; пер. С.А. Харламов; ст. науч. ред. О.Н. Вишнякова; мл. науч. ред. Е.П. Орлова. - Москва: Мир, 1982. – 351 с.

2. Дворук В.І. Фізико-математичне моделювання трибосистеми «робочий орган-ґрунт» /В.І.Дворук, К.В.Борак// Проблеми трибології (Problems of Tribology) – Хмельницький: ХНУ, 2015, № 3 – С. 78-82.

3. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.

Дворук Володимир Іванович – д.т.н., проф., професор кафедри теоретичної та прикладної фізики, Національний авіаційний університет м. Київ

Борак Костянтин Вікторович – к.т.н., завідувач відділенням «Агроінженерія», Житомирський агротехнічний коледж

УДК 631.313

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Мамчур В.А., к.т.н., доцент, Пивоваренко О.Л.

В результаті зношування робочих органів ґрунтообробних машин (РОГМ) знижується продуктивність агрегату, збільшується витрата палива та погіршується якість виконання технологічного процесу. Як відомо підвищити довговічність деталей машин, що працюють в абразивному середовищі можливо трьома способами: технологічними, конструкторськими та експлуатаційними. В наш час дослідники приділяють велику увагу першим двом способам (вибір матеріалу, оптимізація структури і властивостей сплаву, вибір методів зміцнення, оптимізація форми, забезпечення самозагострювання шляхом направленою зношування та ін.), а фундаментальні дослідження експлуатаційних способів підвищення зносостійкості нажалі відсутні.

Проф. Ткачовим В.М. відзначалося, що застосування комплексу експлуатаційних способів дозволить підвищити довговічність деталей, що працюють абразивному середовищі, в 1,5...3 рази. До найбільш ефективних експлуатаційних способів підвищення довговічності РОГМ відносяться: постійний нагляд за станом поверхні тертя в період експлуатації; оптимізація режимів роботи машин; розробка системи обслуговування і ремонту.

Багато дослідників досліджували вплив режимів роботи на зносостійкість РОГМ, але нажалі вони не носили системний характер, а зводилися тільки до часткових випадків. В багатьох роботах досліджено залежність довговічності РОГМ від: швидкості руху робочого органу в ґрунті; вологості ґрунту; механічного складу ґрунту; твердості ґрунту та від розміру абразивних частинок. На даний час відсутні дослідження довговічності РОГМ від: коефіцієнта форми абразивних частинок в ґрунті, виду поживних решток на поверхні ґрунту та перерізаних коренів рослин та від ступені закріпленості абразивного зерна. Для суттєвого підвищення довговічності РОГМ за рахунок оптимізації режимів роботи необхідно чітко

визначити режими роботи для кожної ґрунтово-кліматичної зони України. Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести класифікацію абразивності ґрунтів України врахувавши всі фактори (механічний склад ґрунту, коефіцієнт форми та розмір абразивних частинок). Дані дослідження необхідно проводити при різних значеннях вологості, ступеня закріпленості абразивних частинок, при наявності та відсутності органічних і мінеральних добрив та після різних сільськогосподарських культур. Для вирішення даної задачі необхідно розробити шкалу для визначення ступені закріпленості абразивних частинок.

2. Дослідити вплив швидкості ковзання ґрунту по поверхні для всіх типів ґрунтів та при різних значеннях вологості ґрунту (адже дослідження впливу вологості на інтенсивність зношування проводили, як правило при сталій швидкості). Дослідження слід проводити для всіх типів РОГМ і всіх матеріалів які використовуються в серійному виробництві.

3. Дати вичерпні рекомендації сільськогосподарським виробникам по підвищенню довговічності РОГМ під час експлуатації на ґрунтах наявних в конкретному підприємстві, а саме: при обробці поля після конкретної культури вказати: при якій швидкості МТА, вологості ґрунту зносостійкість РОГМ буде найбільшою, причому необхідно також вказувати і матеріал РОГМ.

Система обслуговування та ремонту РОГМ зводиться до наступного: загострювання, відновлення початкової форми та вибір способу зберігання. Ґрунтообробні сільськогосподарські машини простоюють від 80 до 90 % часу, а під час зберігання РОГМ піддаються атмосферній корозії, що неминуче призведе до підвищення інтенсивності зношування. Необхідно розробити систему зберігання для кожної ґрунтово-кліматичної зони України, яка б дозволила підвищити зносостійкість РОГМ з найменшими затратами.

Мамчур Віталій Аркадійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри процесів, машин і обладнання, Житомирський національний агроєкологічний університет.

Пивоваренко Олег Леонідович – студент, Житомирський національний агроєкологічний університет

УДК 620.22

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ СІРОГО ЧАВУНА

Аулін В. В., д.т.н; проф., Кузик О. В., к.т.н; доц., Кропівний В. М., к.т.н; проф.

Ефективність зміцнення сірого чавуну лазерною обробкою (ЛО) визначається кількістю перліту в металевій основі, а також ступенем розчинення і вигорання графітних частинок. При цьому, істотно збільшується зносостійкість і знижується коефіцієнт тертя в залежності від режимів ЛО, площі і схем опромінення. Для деталей обертання, ЛО впливає на втомні властивості. Поряд з міцністю, в залежності від геометрії поверхні, величини і знаку залишкових напружень, наявності дефектів в поверхневому шарі, змінюється межа витривалості.

Особливий інтерес викликає трансформація структури графіту при ЛО сірого чавуну. Відомо, що використання чавуну з вермикулярним або кулястим графітом замість сірого чавуну дає можливість підвищити потужність двигуна, зменшити його вагу, а також виготовляти опорні деталі, кронштейні, важелі, корпусні зубчатих передач, з'єднувальні фланці тощо. Зазначено, що у високоміцного чавуну з вермикулярним графітом сприятливо поєднуються фізико-механічні, теплофізичні та технологічні властивості. ЛО властиві надвисокі швидкості нагрівання і охолодження, процеси перекристалізації залізвуглецевих

сплавів в нерівноважних умовах та формування дрібнокристалічної структури.

Виявлено, що в режимах з оплавленням поверхневого шару чітко проглядається межа у вигляді нерівної лінії між зонами оплавлення і термічного впливу. Феритна матриця біля графітних включень насичується вуглецем і температура її плавлення знижується. Нижче лінії оплавлення спостерігається світла смуга, мікротвердість якої при насиченні її до формування аустенітоцементитної структури досить висока й досягає мікротвердості зони оплавлення. У середній області термічного впливу спостерігається чергування світлих і темних ділянок, що пояснюється різним рівнем насичення вуглецем матриці від графітних включень. При збільшенні швидкості ЛО кількість аустенітоцементитної структурної складової в зоні термічного впливу зменшується, а мартенситної – збільшується, що пояснюється меншим насиченням матриці вуглецем з графіту і з розчиненням вторинного цементиту. Пошаровим фазовим аналізом встановлено, що зі збільшенням товщини знятого шару зони лазерного впливу (ЗЛВ) кількість цементиту і аустеніту зменшується, а вміст мартенситу підвищується.

В режимі без оплавлення поверхні має свої особливості: в ЗЛВ утворюються в основному аустенітно-мартенситні структури з переважанням мартенситу. При цьому можуть утворюватися дрібнодисперсні продукти розпаду аустеніту у вигляді ізольованих ділянок, що оточують графітні включення. Спостерігаються значні виділення вуглецю, що мають глобулярну форму.

Визначено, що при ЛО поверхні чавуну, графіт в приповерхневому шарі нагрівається і перетворюється в глобулах в карбін, який при наступному швидкому самоохолодженні розкладаючись перетворюється в непрозорий піровуглець. Трансформацію структури включень графіту можна пояснити модифікуючим ефектом глобуляризуючих елементів як результат їхньої взаємодії із ростучими включеннями графіту. При цьому форма графітних включень визначається відношенням швидкості дифузії вуглецю до швидкості кристалізації, і умова $v_d/v_k < 1$ відповідає утворенню компактних форм графіту.

Аулін Віктор Васильович – д.т.н. проф., професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Кіровоградський національний технічний університет

Кузик Олександр Володимирович – к.т.н., доцент кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва, Кіровоградський національний технічний університет

Кропівний Володимир Миколайович – к.т.н., проф., завідувач кафедри матеріалознавства та ливарного виробництва, Кіровоградський національний технічний університет

УДК 621.891:631.31:631.37

ЗВ'ЯЗОК ФОРМ АВТОРЕГУЛЮВАННЯ (КВАЗІКЕРУВАННЯ) І ВЛАСТИВОСТЕЙ ТТС В СИНЕРГЕТИЦІ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ НАДІЙНОСТІ

Аулін В.В., д.т.н., проф.

При виборі матеріалів деталей та робочих (технологічних) середовищ в триботехнічних системах (ТТС), забезпеченні в них мінімальної інтенсивності зносу та оптимального коефіцієнта тертя, ефективним є використання фізичного принципу найменшої дії (ПНД), який на практиці реалізується завдяки зворотньому зв'язку. В ТТС з мастильним середовищем ПНД проявляється в режимі граничного мащення при припрацюванні і виникненні рівноважної шорсткості, і двічі в режимі вибіркового переносу – при утворенні антифрикційної плівки і при регулюванні її дефектності. ПНД безпосередньо зв'язаний з

такими властивостями як доцільність та внутрішня активність ТТС, включаючи закон збереження енергії. Згідно ПНД для кожної системи наявні величини, що характеризують дію і приймають найменші значення в процесі функціонування.

Оскільки флуктуаційність і інерційність зв'язані в ТТС властивістю збережуваності, то, виходячи із ПНД, проглядається їх зв'язок з властивістю оптимальності. В синергетиці підвищення ефективності і надійності ТТС важливу роль відіграють зворотні зв'язки, пов'язані з пристосованістю в них елементів. Характерним є і те, що від оптимальності процесів і станів в ТТС, де діють такі форми авторегуляції як симетрія і ПНД, тільки один крок до пристосованості їх елементів і явищ в ТТС завдяки компенсації і зворотному зв'язку із зовнішнім середовищем. В пристосованості завжди в тому або іншому відношенні, наявна оптимальність пов'язана з екстремумом функції поведінки або стану ТТС

З'ясовано, що між зазначеними властивостями існує певний внутрішній зв'язок в ТТС, який на рівні властивості збережуваності забезпечується такими формами авторегулювання (квазікерування), як флуктуації і інерційність, на рівні оптимальності – симетрія і ПНД, а на рівні припрацьованості – компенсація і зворотні зв'язки. Визначено, що в межах їх реалізації в ТТС наявна деяка статична та динамічна повторюваність. Флуктуації із збережуваністю в ТТС пов'язані динамічно, а інерційність – статично; симетрія з оптимальністю зв'язана статично, а ПНД – динамічно; компенсованість з пристосованістю зв'язана статично, а зворотній зв'язок – динамічно.

Обґрунтовано, що збережуваність характерна для всіх форм квазікерування в ТТС, а оптимальність – тільки для симетрії і ПНД та компенсованості зворотних зв'язків. Збережуваність, в широкому розумінні слова, пов'язана з постійністю існування ТТС, її стійкістю та необхідними умовами реалізації самоорганізації. В той час симетрія характеризує збережуваність внутрішньої форми ТТС, тобто її структуру, гармонійність і відповідність деталей спряжень і робочих (технологічних) середовищ, зв'язками їх структури, збереження певного порядку в будові ТТС, ритму її діяльності і т.п. При цьому інерційність пов'язана із збережуваністю функціонуванням ТТС, більш точно, з рухами деталей, робочого (технологічного) середовища, а ПНД свідчить про збереження спрямованості руху та його кількості. Зворотні зв'язки характеризують в основному збереження (підтримка і відновлення) оптимального функціонування ТТС в її цілісності та зміні в процесі прогресивного еволюційного розвитку, при якому збережуваність відповідає її низьким етапам, а припрацьованість – більш високими. В ТТС відбувається поступовий і необоротний перехід від збережуваності до оптимальності, а потім до припрацьованості. В реальних умовах і в конкретних конструкціях ТТС зазначене дає можливість розробити сукупність методів зниження ентропії в ТТС і виявити умови реалізації процесів і станів самоорганізації.

Аулін Віктор Васильович – д.т.н., проф.; професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Кіровоградський національний технічний університет.

УДК 621.793

ФРАКТАЛЬНА ОЦІНКА АДАПТАЦІЇ СТРУКТУР НАПИЛЕНИХ ПОКРИТТІВ ДО ЗОВНІШНЬОГО ВПЛИВУ

Клименко С.А., д.т.н., проф., Хейфець М.Л., д.т.н., проф., Івашко В.С., д.т.н., проф.

Для прогнозування експлуатаційних властивостей деталей велике значення має комплексна оцінка структурного стану їх матеріалів. Особливо це актуально при виготовленні деталей з використанням матеріалів з гетерогенною структурою, таких як

напилені покриття. В цьому випадку перспективно застосування методу мультифрактальної параметризації – структури покриттів, сформованих за однією технологією з порошків однієї серії, але різного складу, характеризуються різними мультифрактальними показниками.

Концепція фрактальної симетрії структури матеріалів і розвинена на її основі трактування зародження мультифракталу, як результату порушення симетрії, дозволяє використовувати інформацію про порушення Ф-симетрії для аналізу механізму адаптації фрактальної структури до зовнішнього впливу. Для цієї мети перспективно використання карти адаптації структур матеріалу до зовнішнього впливу, що дозволяють порівняти структури покриттів в партії виробів, а також оцінити відмінності структури різних ділянок поверхні виробу.

Як приклад, на рис. приведена карта для напилених покриттів серії ПГ-СР. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що міра запасу структури до адаптації має найвище значення для покриття ПГ-СР4. Окремі зразки покриття ПГ-СР3 характеризуються структурою, яка потрапляє в область пошкоджуваності.

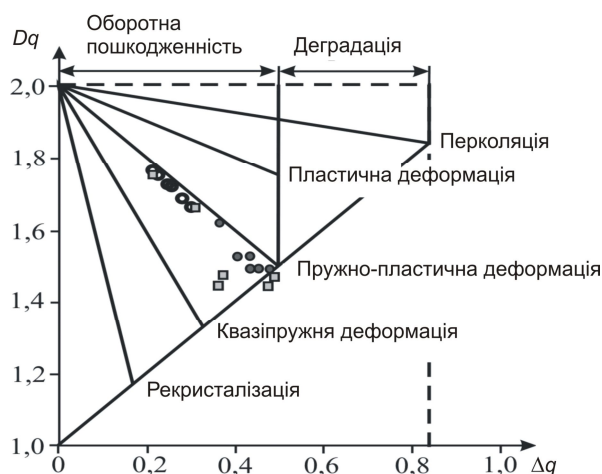


Рисунок 1 – Карта адаптації структури (за А.А. Оксагоевим) покриттів: ● – ПГ-СР2; ○ – ПГ-СР3; ○ – ПГ-СР4 (Dq – розмірність мультифрактальної множини при виродженні; q – ступінь упорядкованості структури)

Клименко Сергій Анатолійович – д.т.н., проф., заступник директора з наукової роботи, Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

Хейфець Михайло Львович – д.т.н., проф., заступник академіка-секретаря Відділення фізико-технічних наук, Президія НАН Білорусі

Івашко Віктор Сергійович – д.т.н., проф., завідувач кафедри, Білоруський національний технічний університет

УДК 620.178:621.891

ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ АУСТЕНІТУ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ПОКРИТТІВ ОТРИМАНИХ НАПЛАВЛЕННЯМ З ВИКОРИСТАННЯМ ВВМ НА ПОКАЗНИКИ ЗНОСОСТІЙКОСТІ В УМОВАХ СУХОГО ТЕРТЯ КОВЗАННЯ

Савуляк В.І., д.т.н., проф., Шенфельд В.Й., к.т.н.

Для вивчення впливу кількості аустеніту наплавлених високовуглецевих покриттів на параметри зносостійкості були отримані зразки з різним його вмістом. Відповідні структури

отримали шляхом зміни швидкості охолодження наплавленого металу та величини теплового потоку, що вводиться в деталь через зварювальну дугу.

Покриття з мартенситно - аустенітною структурою можна отримати шляхом керування швидкістю охолодження зварювальної ванни та наплавленого металу.

При зміні швидкості наплавлення від 17 до 11 м/год (рідка зварювальна ванна існує від 2 до 5 с.) спостерігаються зміни швидкості охолодження рідкого металу до кристалізації (від 450 °С/с до 350 °С/с) та швидкості охолодження наплавленого твердого металу (від 95 °С/с до 70 °С/с). Зменшення швидкості наплавлення призвело до зменшення кількості аустеніту (від 60% до 10%). Інші параметри режиму наплавлення фіксувалися на рівні: $U=28$ В, $V_{др}=104$ м/год, $d_e=1,4$ мм.

Нанесення покриття виконувалось на установці для наплавлення в середовищі захисних газів УД-209М, дротом Нп-30ХГСА. В якості джерела вуглецю застосували вуглецеву тканину марки УУТ-2 ТУ6-06 И 78-85, із щільністю 250 г/м².

Випробуванням на знос піддавалися наплавлені зразки товщиною 10 мм, шириною 50 та довжиною 90 мм, зі сталі 45 з такими структурами (по три зразки в серії): 1) Аустеніт 60% + Мартенсит 40%; 2) Аустеніт 30% + Мартенсит 70%; 3) Аустеніт 10%+Мартенсит 90%.

Після наплавлення зразки механічно оброблялися на глибину до 1 мм.

За зміною втрати маси при сухому терті визначали вагове зношування покриттів, які відрізнялися вмістом аустеніту.

Результати експериментальних досліджень зношування зразків з різними вмістом аустеніту в умовах сухого тертя при різному шляху показані в таблиці 1.

Таблиця 1 –Зношування наплавлених високовуглецевих зразків з різним вмістом аустеніту в умовах сухого тертя ковзання

| № з/п | Структура покриття | Твердість, HRC | Ваговий знос, г | | | |
|-------|-----------------------------|----------------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | | Шлях тертя, м | | | |
| | | | 439 | 878 | 1317 | 1756 |
| 1 | Мартенсит 90% +Аустеніт 10% | 54 | 0,0005 | 0,0009 | 0,0011 | 0,0013 |
| 2 | Мартенсит 80% +Аустеніт 30% | 54 | 0,0003 | 0,0007 | 0,0009 | 0,0011 |
| 3 | Мартенсит 40% +Аустеніт 60% | 48 | 0,0004 | 0,0008 | 0,0012 | 0,0014 |

Кількісноінтенсивністьзношуваннявисоковуглецевихповерхонь на шляху тертя 1756 метріввизначалась за формулою (1):

$$I_n = \frac{\Delta m}{S \cdot \rho \cdot L} \cdot 10^{-4}, \quad (1)$$

де: Δm – ваговий знос, г;

S – площа тертя зразка, см²;

ρ – густина матеріалу зразка, г/см³;

L – шлях тертя, км.

Отримані розрахунки зведено до таблиці 2.

Таблиця 2 – Інтенсивністьзношуваннявисоковуглецевихпокриттівз різними вмістом аустеніту в умовах сухого тертя

| Мартенсит 90% +Аустеніт 10% | Мартенсит 80% +Аустеніт30% | Аустеніт 60% +Мартенсит40% |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1,9 | 1,6 | 2 |

В умовах сухого тертя найменша інтенсивність зношування була в покриттях з мартенситно–аустенітною структурою (1,6·10⁻⁸) з вмістом аустеніту 30%. Це пояснюється

тим, що великі потоки енергії в трибоконтакті сприяють протіканню структурних перетворень у отриманій метастабільній системі. Ці перетворення роблять трибосистему адаптивною до умов роботи, що позитивно впливає на поглинання та розсіювання енергії процесу тертя. Частка енергії, що йде на диспергування поверхні тертя, зменшується, а зносостійкість збільшується. Позитивно впливають також нові утворені поверхневі структури (вторинні структури, які складаються з складних оксидів Si, Cr, Mn та Fe) та наклеп аустеніту.

Це свідчить про зміну величини співвідношення потоків енергії. Що релаксує за різними механізмами в матеріалі покриття.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., проф., завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет

Шенфельд Валерій Йосипович - к.т.н., доц. кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет

УДК 621.791.75

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА СТРУКТУРУ НАПЛАВЛЕННОГО СЛОЯ ИЗ ЧУГУНА

Белик А.Г., к.т.н., доц., Ефременко Б.В., аспирант, Чейлях Я.А., к.т.н.

Материалом исследований служило покрытие «Сормайт», полученное электродуговой наплавкой порошковой лентой ПЛАН-101 (табл. 1) на поверхность листа толщиной 30 мм из стали 09Г2С (ГОСТ 5520).

Таблица 1 – Номинальный химический состав порошковой ленты ПЛАН 101

| Содержание, масс. % | | | | |
|---------------------|------|-----|-----|-----|
| C | Cr | Mn | Si | Ni |
| 3,0 | 25,0 | 2,0 | 3,0 | 3,0 |

Наплавка проводилась при следующих параметрах: ток дуги - 700 ± 50 А, напряжение - 32 ± 2 В, вылет – 50 мм, скорость наплавки – 32 м/ч, скорость подачи – 41 м/ч. Наплавку осуществляли на механизированном автомате АД-1004 с источником питания ВДУ-1200.

Были получены образцы, наплавленные с воздействием продольного магнитного поля на сварочную ванну и без воздействия него.

Магнитное поле получали с помощью водоохлаждаемого соленоида, по которому пропускали ток силой 10 А и частотой 50 Гц. Индукцию магнитного поля измеряли теслометром 43205.

Наплавленные образцы остывали на спокойном воздухе, после чего их разрезали абразивным кругом с водяным охлаждением для получения сечения валика, перпендикулярного направлению наплавки. После шлифовки и полировки по стандартной методике поверхность шлифов подвергали длительному травлению при комнатной температуре в спиртовом 4%-м растворе азотной кислоты. Сечение наплавленного валика представлено на рис. 1.

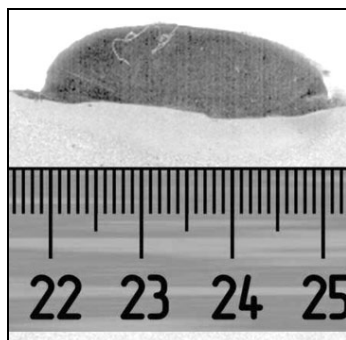


Рисунок 1 – Наплавленный валик в сечении.

По своей структуре наплавленные покрытия относились к белым чугунам. Сравнивая микроструктуру образцов, выявлено, что образцы, наплавленные с воздействием продольного магнитного поля на сварочную ванну имеют измельченную структуру за счет электромагнитного перемешивания сварочной ванны.

Белик Александр Григорьевич – к.т.н., доц. кафедры «Металлургия и технология сварочного производства» Государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет».

Ефременко Богдан Васильевич – аспирант кафедры «Теория металлургических процессов и литейного производства» Государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет».

Чейлях Ян Александрович – к.т.н., начальник отдела мотивации и организации оплаты труда в цехах прокатного производства ЧАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича».

УДК 621.791.011

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Блохина И.О., аспирантка

Термическая стойкость - одна из важнейших показателей, определяющих срок службы прокатных валков. В настоящее время стальные прокатные валки на большинстве металлургических заводов многократно восстанавливаются методом наплавки, для чего используются материалы, обеспечивающие получение наплавленного металла типа теплостойких и полутеплостойких инструментальных сталей. Предварительная оценка термической стойкости наплавочных материалов проводится по различным лабораторным методикам, в основе которых лежит многократное повторение циклов нагрева и охлаждения образцов определенных размеров, что приводит к растрескиванию их поверхности. Термическую стойкость по существующим методикам, как правило, оценивают по количеству циклов нагрев-охлаждение до появления сетки разгара.

Проведенные ранее исследования термической стойкости наплавленного металла показали, что она составляет 70...200 циклов нагрев-охлаждение до появления развитой сетки термических трещин. Глубина распространения этих трещин в наплавленный слой обычно составляет 0,5...2,5 мм. Дальнейшее увеличение количества циклов нагрев-охлаждение приводит лишь к более полному раскрытию трещин, а глубина трещин практически не увеличивается.

Известно, что при исследовании термической стойкости наплавленного металла необходимо учитывать структурные изменения, которые могут в нем происходить в результате циклических высокотемпературных воздействий. Необходимые изменения структуры и свойств наплавленного металла в процессе эксплуатации во многом определяют работоспособность и надежность наплавленных прокатных валков. Необходимо также исследование структурных превращений в наплавленном металле выбранных типов в результате испытаний его термической стойкости.

Исходя из результатов предварительных экспериментов для испытаний на термическую стойкость было выбрано фиксированное количество циклов нагрев-охлаждение, равное 200. Это гарантировало появление на поверхности испытуемых образцов развитой сети разнара, после чего наплавленная поверхность образца шлифовалась до их полного удаления. Далее образец разрезали по пятну нагрева, затем производили наплавку подслоя с последующей двухсторонней наплавкой порошковой проволокой. На основании результатов исследования можно считать, что наплавка подслоя позволяет увеличить общую термическую стойкость образцов.

Таким образом, провели экспериментальную оценку термической стойкости наплавленных образцов. Определили характер распространения трещин термической усталости по толщине наплавленного слоя, а также влияние на термическую стойкость образцов наплавки промежуточных слоев различного состава, которые наиболее широко используются для восстановления и упрочнения стальных валков горячей прокатки. Наплавка пластичного подслоя позволила увеличить общую термическую стойкость наплавленных образцов в 1,2...1,5 раза. Кроме того, установлено, что пластичный подслой препятствует распространению трещин термической усталости в основной металл, предотвращая, в определенной степени, разрушение детали.

Блохина Инна Олеговна - аспирантка кафедры оборудования и технологий сварочного производства, Донбасская государственная машиностроительная академия

УДК 621.791.011

ЗМІЩЕННЯ ФРЕЗ МЕТОДОМ ПЛАЗМА-МІГ НАПЛАВЛЕННЯ

Макаренко Н.О., д.т.н., проф., Бузовір А.В, студент,
Компанець А.С. студентка, Івченко М.Ю., студент

Найбільш оптимальним способом підвищення стійкості фрез та інших інструментів металорізальних верстатів є наплавлення. Однак фрези, які наплавлені, в процесі експлуатації показують низькі службові характеристики, що пояснюється утворенням мікропор і неметалевих включень у наплавленому металі. Мікропори при наплавленні утворюються за рахунок наявності водню, а неметалеві включення носять окисно-нітридний характер, в зв'язку з чим при виборі способу наплавлення враховуються технологічні особливості його проходження. Плазма-МІГ наплавлення із застосуванням порошкового дроту забезпечує малу глибину проплавлення основного металу, ліквідацію дефектів у наплавленому металі, а також підвищення його зносостійкості (в разі застосування відповідного складу порошкового дроту). Досліджено розроблені склади порошкового дроту, які призначені для плазма-МІГ наплавлення фрез токарних верстатів. До складу їх шихти, зокрема, були включені кріоліт і фтористий бор. Встановлено, що кріоліт є джерелом іонів натрію в дузі, що підвищує її рухливість, сприяє зниженню глибини проплавлення основного металу. Кріоліт сприяє зв'язуванню водню, так як містить в своєму складі фтор. Кріоліт також є шлакоутворюючим компонентом, який підвищує активність шлаку, сприяє

переведенню тугоплавких оксидів в оксифториди. Криоліт реагує при нагріванні з борним ангідридом. Продуктом реакції є оксид алюмінію, що розчиняється у фтористому натрії криоліта і тому не викликає неметалевих включень у наплавленому металі. Фтористий бор являє собою газ, який в інертній атмосфері є сильним активатором процесу змочування твердого металу рідким, що сприяє ліквідації напливів і несплавень з основним металом. Реакція борного ангідриду з криолітом супроводжується виділенням тепла, що також сприяє нагріванню осердя порошкового дроту і підвищує коефіцієнт наплавлення. Фтористий бор активно видаляє оксиди з поверхні частинок, що сприяє зменшенню виникнення шлакових включень у наплавленому металі. Криоліт є джерелом іонів натрію в дузі, що підвищує її рухливість, сприяє зниженню глибини проплавлення основного металу. Борний ангідрид також сприяє змочуванню основного металу рідким.

Макаренко Наталія Олексіївна – д.т.н., проф., завідувачка кафедри «ОіТЗВ», ДДМА
Бузовір Андрій Володимирович – студент кафедри «ОіТЗВ», ДДМА
Компанець Аліна Сергіївна – студентка кафедри «ОіТЗВ», ДДМА
Івченко Микола Юрійович – студент кафедри «ОіТЗВ», ДДМА

УДК 621.791

ОБГРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ЕКЗОТЕРМІЧНОЇ СУМІШІ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ЕЛЕКТРОДІВ

Кущій Г.М., к.т.н., ст.викл., Кончич П.І., студент

Основною складовою екзотермічних сумішей, що застосовуються в зварювальному і металургійному виробництві, є окалина, яка зазвичай становить 70-80 масових відсотків екзотермічної суміші і від її фізико - хімічних властивостей залежить в кінцевому рахунку якість металу шва або наплавленого металу. На машинобудівних і металургійних заводах окалина є відходом ковальсько-пресового і прокатного виробництва. Дослідження показали, що окалина, що утворилася під час прокатки металу, практично складається з 2-х шарів - вюстити FeO (92-95%) і магнетиту Fe₃O₄ (5-8%). Окалина ковальсько-пресового виробництва складається з суміші 3-х оксидів заліза, співвідношення між якими залежить в основному від умов її отримання: від технологічного процесу кування, марки проковують стали, температури і часу утворення. Недоліком окалини ковальсько-пресового виробництва є те, що вона складається з суміші 3-х оксидів заліза, співвідношення між якими залежить в основному від умов її отримання: від технологічного процесу кування, марки проковують стали, температури і часу утворення. У зв'язку з наявністю в окалинні оксидів заліза з різними фізико-хімічними властивостями доцільно визначення найбільш сприятливого складу окалини з точки зору застосування її в зварювальних матеріалах.

Оцінити можливість протікання хімічних реакцій в умовах зварювання і наплавлення дозволяє енергія Гіббса, що є термодинамічною функцією. Характеристикою тепловиділення в металургійних процесах служить кількість тепла, що виділяється одиницею маси реагуючої суміші. Ця характеристика називається термічно суміші і визначається відношенням ентальпії до суми молекулярних чи атомних мас вихідних речовин (взятих в стехіометричних співвідношеннях)

Результати розрахунків термічно окалини і її складових при протіканні реакції взаємодії з алюмінієвим порошком показали, що при невеликій різниці при тепловиділення, при використанні прокатної окалини замість окалини від ковальсько-пресового виробництва відновлюється більшу кількість заліза, що позитивно позначається не тільки на рівномірності плавлення електродного покриття і стрижня, а й на якості наплавленого металу і дозволяє

вибрати в якості основних компонентів для протікання екзотермічної реакції окалину від прокатного виробництва і алюмінієвий порошок.

Кущій Ганна Михайлівна – к.т.н., ст. викл. кафедри «ОіТЗВ», ДДМА

Кончич Павло Ігорович – студентка кафедри «ОіТЗВ», ДДМА

УДК 621.791.75

ЕЛЕКТРОДОТРИМАЧ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ЗДВОЄНИМ ЕЛЕКТРОДОМ

Бакалець Д. В., к.т.н., Тарасюк В.М., студент

На практиці часто виникає необхідність зварювати різні матеріали, наприклад, високолеговану нержавіючу сталь з вуглецевою. При цьому забезпечують мінімальне перемішування основного матеріалу з матеріалом шва, а електроди обирають по більш легкованому матеріалу. В результаті отримують різкий перехід в зоні сплавлення зварного шва з матеріалом деталей, що в подальшому призводить до розвитку міжкристалітної корозії. Інколи використовують спеціальні електроди для зварювання різнірідних матеріалів, які дефіцитні і дорогі. Ця проблема може вирішуватись шляхом реалізації двоелектродного зварювання з використанням електродів різних марок. В літературі відомі способи зварювання з використанням двох електродів та зварювання розщепленим електродом (рис. 1а), які дозволяють підвищити продуктивність механізованих видів зварювання.

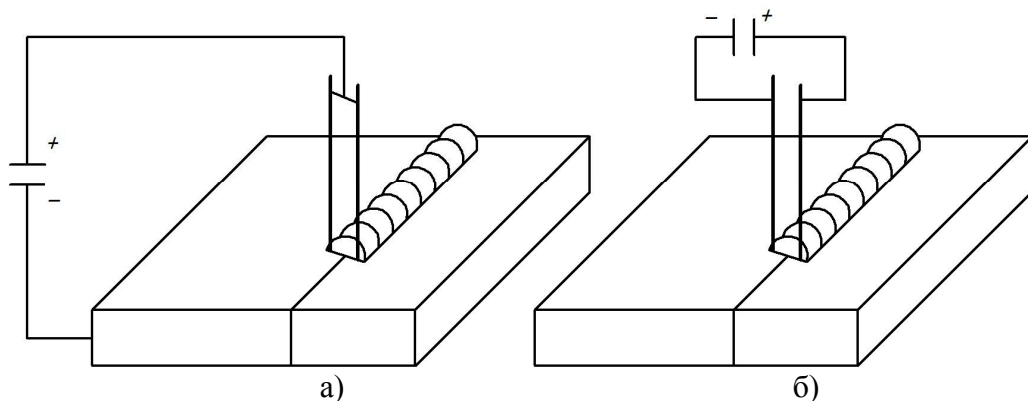


Рисунок 1 – Схеми зварювання з використанням двох електродів: а – з загальним підводом струму до електродів; б – з незалежним підводом струму до електродів.

Однак широкого застосування вони не набули через складність організації та налагодження. Інформації щодо застосування таких способів для ручного дугового зварювання покритим електродом не знайдено.

Для реалізації експериментів з використанням ручного зварювання двома електродними дугами, було вирішено організувати незалежний підвід струму до кожного з електродів (рис. 1б). В цьому випадку, в залежності від техніки зварювання, дуга може горіти між самими електродними дугами і електродними дугами та деталлю. Це дозволяє знизити тепловий вплив на зварну ванну і глибину проплавлення, що відповідно зменшує часку матеріалу деталей у зварному шві. На початковому етапі для експериментів використовували класичні електродотримачі, які об'єднували підручними засобами, електроди при цьому змотували ниткою. При роботі це викликало певні незручності.

Тому була поставлена мета розробити конструкцію електродотримача, який відповідав би таким вимогам:

- зручність встановлення та точна фіксація електродів;
- можливість незалежного підводу струму до кожного електроду;
- простота та економічність конструкції.

За основу для конструювання вибрано відомі схеми класичних електродотримачів [2].

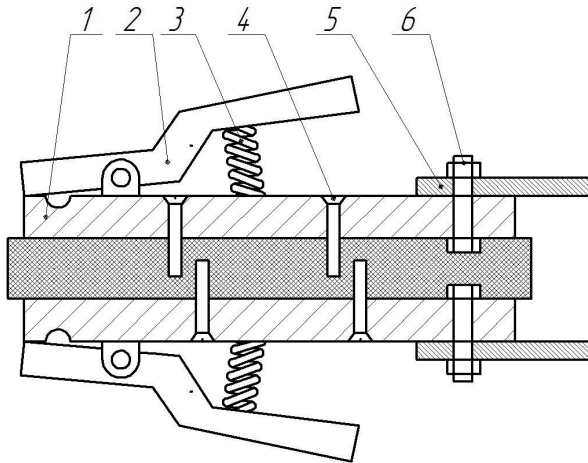


Рисунок 2 – Конструкція електродотримача для двох електродів із двох класичних тримачів.

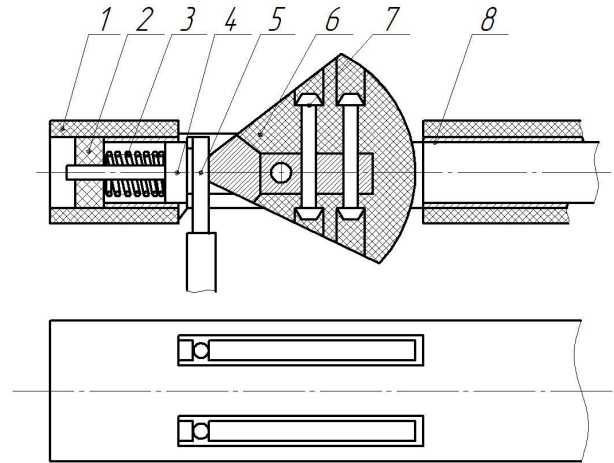


Рисунок 3 – Конструкція клавішного електродотримача для зварювання двома електродами.

Для першого варіанту (рис. 2) два електродотримача об'єднано в одну конструкцію, яка складається з основи 1, затискача 2, пружини 3, гвинтів 4, клеми 5, болтового з'єднання 6. Між двома електродотримачами встановлена пластина текстоліту, до якої вони прикріплені. До клем 5 під'єднуються струмопідвідні кабелі. Електроди встановлюються і притискаються затискачами 2.

Інша конструкція клавішного електродотримача (рис. 3) для зварювання двома електродами розроблена на основі відомої схеми. Вона складається з двох струмопровідних пластин 8, які знаходяться в ізоляції 1. Заглушка 2 фіксує контакт 4, що піджимається пружиною 3 і утримує електрод 5 в зафіксованому положенні. Клавішею 6 фіксують і вивільняють електрод 5.

В процесі зварюванні дуга горить по схемі електрод-деталь-електрод. Однак при збільшенні зазору між електродами і деталлю дуга горить між електродами. Таким чином змінюючи відстань між електродами і деталлю можна контролювати тепловий вплив на деталь, і, отже, кількість основного матеріалу в зварному шві.

Запропоновані конструкції електродотримачів для зварювання двома електродами відповідають таким вимогам як: зручність встановлення електродів у заданому положенні та використання, незалежний струмопідвід до кожного з електродів, простота та економічність конструкції.

Бакалець Дмитро Віталійович – к.т.н., ст. викл. кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет

Тарасюк Володимир Миколайович – студент кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет



ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДІЙСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ІЗ ЗАЯВЛЕНИМИ




Бакалець Д. В., к.т.н., Житник В.А., студент



Інверторний зварювальний апарат – це обладнання, яке дозволяє добитися високої якості і надійності зварних робіт навіть у домашніх умовах. При цьому простота, зручність і легкість його використання роблять зварювальний інвертор одним з найбільш популярних апаратів подібного типу. Однак вибір зварювального інвертора є досить складним завданням, адже він повинен повністю відповідати характеру майбутніх зварних робіт. Щоб не помилитися і зробити правильний вибір, слід враховувати відразу кілька найбільш важливих факторів, а саме: функціональність, умови експлуатації апарату, його якість і вартість. Однак слід зазначити, що не всі зварювальні інвертори мають однакові можливості, так як робота даного обладнання безпосередньо залежить від функцій і режимів, які в ньому передбачені.

Для дослідження було використано пристрій «БИ-02» яким проведено вимірювання номінальних і дійсних характеристик зварювальних апаратів різних моделей та країн виробників. В таблиці 1 наведені деталі вимірів їх характеристик.

Таблиця 1 - Характеристики зварювальних апаратів

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
| Назва зварювального інвертора: Vita mini 300 |  | | |
| Холостий хід (В) | Робочий хід (В) | показник (А) | дійсно (А) |
| 64 | 22 | 0 | 10 |
| | 24 | 150 | 100 |
| | 34 | 300 | 150 |
| Назва зварювального інвертора: Дніпро М 200 D |  | | |
| Холостий хід (В) | Робочий хід (В) | показник (А) | дійсно (А) |
| 70 | 24 | 0 | 10 |
| | 24 | 100 | 80 |
| | 24 | 150 | 120 |
| | 34 | 200 | 160 |

| | | | |
|--|--|--------------|------------|
| <p>Назва зварювального інвертора:</p> <p>Vita 300</p> |  | | |
| Холостий хід (В) | Робочий хід (В) | показник (А) | дійсно (А) |
| 72 | 20 | 0 | 30 |
| | 24 | 100 | 80 |
| | 24 | 150 | 100 |
| | 40 | 300 | 180 |
| <p>Назва зварювального інвертора:</p> <p>Stark IMT-200</p> |  | | |
| Холостий хід (В) | Робочий хід (В) | показник (А) | дійсно (А) |
| 70 | 30 | 0 | 10 |
| | 20 | 100 | 80 |
| | 28 | 150 | 120 |
| | 36 | 200 | 160 |
| <p>Назва зварювального інвертора:</p> <p>Vita 350 L</p> |  | | |
| Холостий хід (В) | Робочий хід (В) | показник (А) | дійсно (А) |
| 70 | 20 | 0 | 10 |
| | 24 | 100 | 85 |
| | 30 | 150 | 105 |
| | 40 | 350 | 180 |

| | | | |
|---|---|--------------|------------|
| Назва зварювального джерела: Selma вд-306м1 |  | | |
| Холостий хід (В) | Робочий хід (В) | показник (А) | дійсно (А) |
| 75 | 22 | 70 | 80 |
| | 40 | 100 | 100 |
| | 30 | 135 | 130 |
| | 24 | 150 | 140 |
| | 40 | 250 | 220 |
| Назва зварювального джерела: Selma вдм 6303s |  | | |
| Холостий хід (В) | Робочий хід (В) | показник (А) | дійсно (А) |
| 70 | 30 | 20 | 30 |
| | 30 | 100 | 120 |
| | 30 | 150 | 180 |
| | 40 | 200 | 200 |
| | 40 | 240 | 200 |
| | 40 | 300 | 230 |

Проаналізувавши отримані результати можна зробити висновок, що зварювальні інвертори всіх виробників, досліджених нами, не відповідають своїм технічним характеристикам, однак інвертор українського виробника «Дніпро М 200 D» та китайський універсальний інвертор «Stark IMT-200» показали, що їх виміряні результати найбільш наближені до реальних.

Зварювальний випрямляч «Selma вдм 6303s», його дійсні характеристики навпаки перевершували задані, що свідчить про відповідність нормам зварювального обладнання.

Після проведеного дослідження можна зрозуміти, що при купівлі зварювального обладнання потрібно обирати серед більш якісних та перевірених виробників.

Бакалець Дмитро Віталійович – к.т.н., ст. викл. кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет

Житник Віктор Анатолійович – студент кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОФІЛІВ ПІДСИЛЕННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

Савуляк В.В., к.т.н., доцент

Металоконструкції мають широке застосування в усьому світі. Вони є основою більшості машин, механізмів і споруд, здатні витримувати великі навантаження за умов раціональної геометричної форми та розташування елементів конструкції. Наближення до оптимальних форм перерізів та розташування елементів особливо важливо для металоконструкцій (рам) мобільних машин, де спектр усіх експлуатаційних навантажень передбачити практично неможливо. Відтак конструкції проєктують зі значним запасом міцності, але навіть це не може завадити їх руйнуванню під дією статичних та динамічних сил, крутних моментів, а також навколишнього середовища.

Найчастіше базовими несучими елементами металоконструкцій виступають профілі колоподібного, коробчатого, прямокутного та квадратного перерізів. Для спрощення монтажу і обслуговування популярні елементи коробчатого типу – швелери, кутники, двотаври тощо (рис.1а). В процесі їх експлуатації металоконструкції потребують заходів з відновлення міцності, жорсткості та несучої здатності шляхом приварювання елементів підсилення. З метою уніфікації елементів конструкції для аналізу їх ефективності, простоти виготовлення і ремонту доцільно використовувати відкриті профілі коробчатого типу або пластини різноманітної форми.

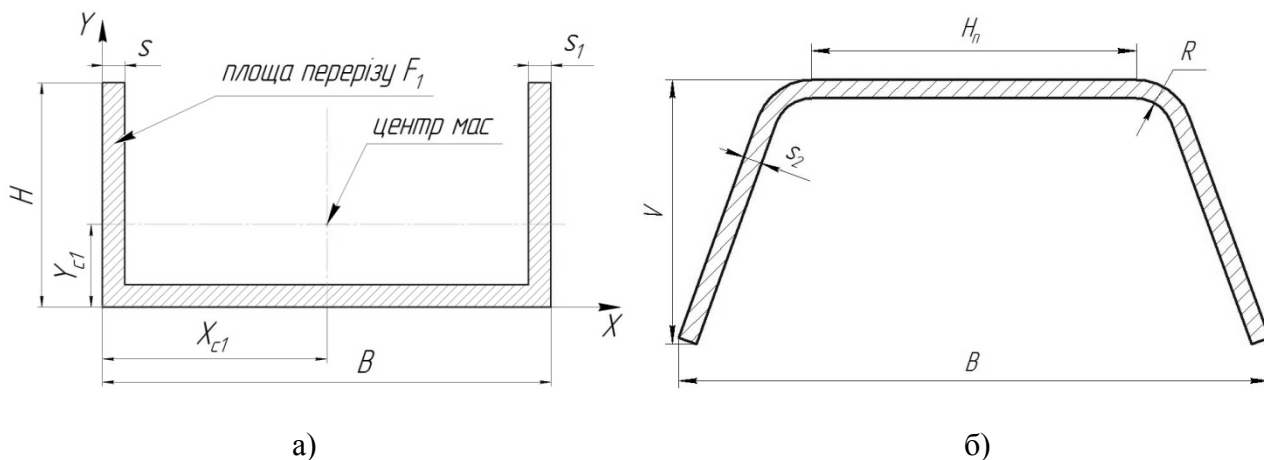


Рисунок 1 – Параметри базового профілю (а) та елемента підсилення (б)

На рис.1б показано вибрані нами типові профілі елемента підсилення, який характеризується такими параметрами: ширина основи B (відповідає розмірам базового елемента); ширина горизонтальної верхньої полки (H_n); висота профілю (V); радіус заокруглення внутрішньої поверхні (R); товщина листа, з якого виготовлений елемент підсилення (s_2). Шляхом зміни H_n можна варіювати форму профілю від прямокутної до трапецеїдалної і трикутної із заокругленням при вершині. Зміною параметру R можна отримати профіль від прямокутного, з мінімальним заокругленням при вершинах, до овального, з горизонтальною площадкою та круглого. В свою чергу, зменшуючи висоту профілю V елемента підсилення можна отримати плоский елемент.

В якості альтернативних було розглянуто три схеми встановлення елемента підсилення – внутрішнє і два зовнішніх (рис. 2).

Типовий підхід до визначення жорсткості конструкції в певному напрямку полягає у встановленні її моментів інерції відносно відповідних осей. Для виявлення найбільш ефективного способу підвищення жорсткості проведено аналітичне порівняння жорсткості зразків (рис. 2) в напрямку осей X та Y (відповідно до координатних осей на рис 1а).

Відповідно до теореми Гюйгенса-Штейнера, моменти інерції для всіх трьох способів встановлення в напрямку осі Y, за умови однакової форми елементів підсилення, будуть однаковими, оскільки центр мас у всіх випадках знаходиться на однаковій відстані від осі.

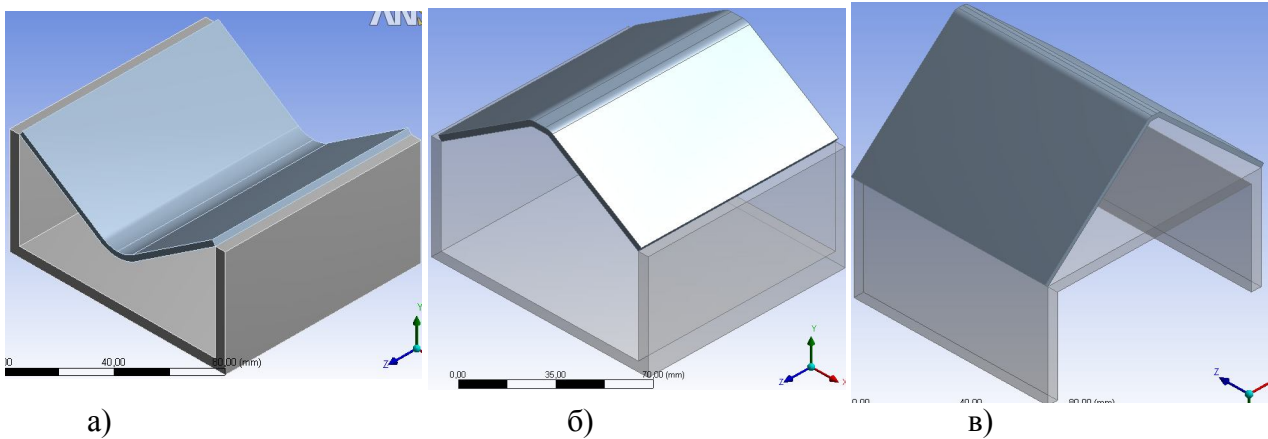


Рисунок 2 – Схеми встановлення елементів підсилення

В напрямку осі X моменти інерції описуватимуться виразами:
зразок 1 (рисунок 2а)

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} + \frac{F_2^2}{F_1 + F_2} (Y_{c2} + H - Y_{c1})^2,$$

зразок 2 (рисунок 2б)

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} + \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2} (H - Y_{c2} - Y_{c1})^2,$$

зразок 3 (рисунок 2в)

$$I_x = I_{x1} + I_{x2} + \frac{2F_1 F_2}{(F_1 + F_2)^2} \left((Y_{c1}^2 + Y_{c2}^2) (F_1 + F_2) + Y_{c1} Y_{c2} (F_1 - F_2) \right),$$

де базовий профіль має такі характеристики: площа перерізу – F_1 ; момент інерції в напрямку осі X – I_{x1} ; координати центра мас – X_{c1} , Y_{c1} ; характеристики елемента підсилення такі: площа перерізу – F_2 ; момент інерції в напрямку осі X – I_{x2} ; координати центра мас – X_{c2} , Y_{c2} .

Порівняння моментів інерції зразків 1 та 2 показало, що за умови $F_1 > F_2$ зразок 1 в напрямку осі X дає вищу жорсткість. Разом з тим, висновок щодо жорсткості зразка 3, відносно зразків 1 та 2, зробити неможливо, оскільки її величина залежить від конкретних геометричних параметрів елемента підсилення.

Детальніший вплив геометричних параметрів елемента підсилення на жорсткість конструкції виявлявся імітаційним моделюванням в пакеті прикладних програм кінцево-елементного аналізу. За умовами моделі один кінець базового профілю жорстко закріплений, а на інший діє навантаження в напрямку осі X. Базовий профіль і елемент підсилення з'єднані нероз'ємно. Для виявлення узагальнених залежностей обрано умовний базовий профіль (висота профілю – 50 мм, ширина профілю – 100 мм., товщина профілю – 5 мм) та елемент підсилення з характеристиками, що змінювались в діапазонах: висота $V = 10-50$ мм, ширина верхньої полки $H_p = 10-100$ мм, радіус заокруглення $R = 10-25$ мм, товщина листа – 0,5–5 мм.

Моделювання показало, що за однакових геометричних і масових характеристик найвищу жорсткість отримаємо для зразка 1. Для зразка 1, найбільшу жорсткість у напрямку X створюватиме елемент підсилення з такими параметрами: ширина $\rightarrow \min$; висота $\rightarrow \min$; товщина $s = 0.6-0.9s_{\max}$, радіус заокруглення R – вибирається з конструктивних та технологічних міркувань та не впливає на жорсткість конструкції.

Савуляк Віктор Валерійович - к.т.н., доц., кафедри Технології та автоматизації машинобудування, Вінницького національного технічного університету.

ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ЯВИЩА ОБЛІТЕРАЦІЇ НА РІВЕНЬ НАДІЙНОСТІ ЗОЛОТНИКОВОГО МЕХАНІЗМУ

Аулін В.В., д.т.н., проф., Чернай А.Є., аспірант

Сучасна мобільна сільськогосподарська та автотранспортна техніка має гідравлічні вузли, агрегати і системи, від технічного стану яких залежать надійність і експлуатаційні показники. В процесі експлуатації гідросистем виникає необхідність зміни напрямку потоку робочої рідини на окремих її елементах. Ці функції виконують спеціальні гідроапарати - напрямні гідророзподільники золотникового типу. Запірно-регулюючим елементом золотникових гідророзподільників є циліндричний золотник, принцип роботи якого ґрунтується на спрямуванні потоку рідини шляхом зміни положення поршня відносно вікон корпусу. Надійність золотникового гідророзподільника залежить від характеристик і умов роботи, від властивостей і фізико – хімічних характеристик робочої рідини, якості виготовлення спряжень його деталей, а також від процесу протікання робочої рідини крізь вікна корпусу.

Вагому частку відмов золотникового механізму становить зарощування з часом перерізу вікон корпусу, тобто спостерігається явище облітерації. Це явище має фізико-механічну та фізико-хімічну природу і практично не досліджено, хоча в золотниковому механізмі проявляє істотно негативний вплив.

Щоб вирішити цю проблему і забезпечення надійності золотникового механізму необхідно:

- з'ясувати закономірності прояву явища облітерації та вплив на нього сукупності різноманітних факторів;
- виявити шляхи удосконалення конструкції самого золотникового механізму та режимів його роботи;
- дослідити як модифікування робочої рідини додаванням присадок та обробкою потоків енергії фізичних полів, змінюють її фізико – хімічні властивості, буде впливати на ступінь реалізації явища облітерації, а відповідно, і на показники надійності .

В даній роботі проаналізовано ряд конструкторських, технологічних та експлуатаційних методів підвищення надійності золотникового механізму, запропоновано фізичні основи явища облітерації в триботехнічних та гідравлічних системах. Виявлено, що поряд з явищем облітерації в цих системах має місце явище самоорганізації. Показано, що на реалізацію зазначених явищ істотно впливають: змочування робочих поверхонь деталей рідиною, фізична та хімічна адгезія, міжмолекулярні взаємодії в робочій рідині та на межі, робоча поверхня деталі – робоча рідина" та ін.

Не зважаючи на деякі отримані вагомі теоретичні обґрунтування, вони як і ретельні експериментальні дослідження, при розв'язанні поставленої проблеми потребують подальшого розвитку, з необхідністю виявлення зв'язку характеристик явища облітерації з показниками надійності, необхідні також проведення стендові та експлуатаційних випробувань.

Аулін Віктор Васильович – д.т.н., проф.; професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Кіровоградський національний технічний університет

Чернай Андрій Євгенійович – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Кіровоградський національний технічний університет.

ВПЛИВ СКЛАДУ МАТЕРІАЛУ ПОКРИТТЯ НА УДАРНУ В'ЯЗКІСТЬ ЗНОСОСТІЙКИХ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ ПОКРИТТІВ

Шенфельд В.Й., к.т.н., Фуштей М.В., студент

Широке застосування знаходить використання методів наплавлювання поверхонь деталей високовуглецевими покриттями, що дозволяє покращити їх протидію до впливів високої температури, та підвищити зносостійкість і ударну в'язкість.

Метою роботи є дослідження впливу наплавленого високовуглецевого покриття на ударну в'язкість деталі.

Дослідження проводилось на 3-х зразках кожного із представлених типів. Після руйнування зразки мали такий вигляд (див. рис.1). Структура розлому в усіх трьох випадках відрізняється одна від одної. Найбільш чітко розломи зерен металу видно на зразках з сталі 40Х, які наплавлені дротом 30ХГСА з використанням вуглецевого волокна. Це пов'язане саме з тим, що при наплавленні шва використовувалось вуглецеве волокно, яке виступило так званим екраном та захистило основний метал від впливу на нього високої температури в порівнянні з іншими зразками.

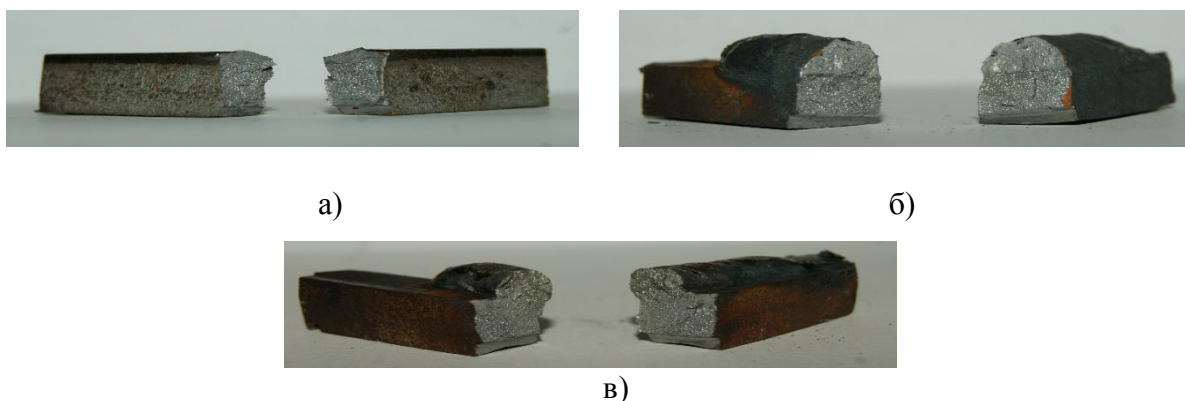


Рисунок 1 – Зруйновані зразки: а) сталь 40Х; б) сталь 40Х з наплавленням дротом 30ХГСА; в) сталь 40Х з наплавленням дротом 30ХГСА та використанням вуглецевого волокна

Після отримання результатів випробувань розраховано ударну в'язкість кожного комплекта зразків. Отримані значення занесені в таблицю 1.

Також досліджені утворені макроструктури зразків після випробування, а саме структуру металу в місцях розлому. Наплавлене зносостійке високовуглецеве покриття, отримане зі застосуванням вуглецевих волокнистих матеріалів, показало в 1,5 рази вищу ударну в'язкість у порівнянні з покриттям, отриманим при наплавленні дротом марки 30ХГСА.

Таблиця 1 – Ударна в'язкість наплавлених зразків

| № зразка | Ударна в'язкість, КС, Дж/см ² | | |
|----------|--|-------------------------------------|--|
| | Сталь 40Х, не наплавлена | Сталь 40Х, наплавлена дротом 30ХГСА | Сталь 40Х, наплавлена дротом 30ХГСА по вуглецевому волокну |
| 1 | 50,4 | 30,24 | 86,84 |
| 2 | 36,28 | 43,41 | 96,21 |
| 3 | 50,4 | 7,84 | 63,5 |

Провівши даний експеримент з визначення впливу наплавленого покриття на ударну в'язкість було встановлено, що:

1. В'язкість сталі 40Х з наплавленням дротом 30ХГСА є найменшою з усіх зразків і становить відповідно 30,24; 43,41; 7,84 Дж/см².

2. Сталь 40Х з наплавленням дротом 30ХГСА по вуглецевому волокну має вищу ударну в'язкість, ніж інші експериментальні зразки, в 1.5 рази і відповідно становить 86,84; 96,21; 63,5 Дж/см². Це пояснюється тим, що вуглецеве волокно виступило в ролі захисного екрана для основного металу, зменшивши на нього вплив температури і цим самим підвищило його ударну в'язкість.

Шенфельд Валерій Йосипович — к. т. н., ст. викладач кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Фуштей Михайло Васильович — студент групи 13В–13б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет.

УДК 669.11

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ В РОЗПЛАВІ ПІД ЧАС КОНТАКТНОГО ПЛАВЛЕННЯ ЗАЛІЗА З ВУГЛЕЦЕВИМИ ДИСПЕРСНИМИ МАТЕРІАЛАМИ У КОНВЕКЦІЙНОМУ НЕСТАЦІОНАРНОМУ РЕЖИМІ

Савуляк В.І., д.т.н., проф., Осадчук А.А, студент

Параметри контактного плавлення (КП) заліза з вуглецем (графітом) у дифузійному нестационарному режимі розглянуто у роботах ВНТУ [1, 2]. В цих умовах перенос у зростаючому прошарку рідкої фази іде за другим законом Фіка, а середнє значення вмісту вуглецю у цьому випадку буде обов'язково нижчим евтектичного, що і доведено у роботі [1]. Випадок при якому вуглець знаходиться у дисперсному стані, а зовнішні технологічні умови сприяють перемішуванню розплаву, наприклад, під дією електромагнітних полів, не розглядалися.

Пересування фронту рідкої фази, що утворилася на першій стадії КП всередину контактуючих через розплав твердих фаз, можна розглядати як плавлення цих твердих фаз у контакті з рідкою при температурі нижче їхнього автономного плавлення. [3]. Таке плавлення є контактним процесом, що має специфічні особливості, характерні для термодинамічно нестабільних систем.

Перехід кристалічних тіл у рідкофазний стан часто називають розчиненням. Процес розчинення твердого металу в рідкому складається з двох стадій: розриву зв'язків атома в кристалічних ґратках твердого металу й утворення його зв'язків з атомами розплаву [4]. На другій стадії розвиваються процеси масового переходу атомів між прилеглою до межі розподілу рідкою фазою й іншою її частиною (по дифузійному чи конвекційному механізмі).

На міжфазних границях усі процеси, у тому числі й дифузії, протікають набагато швидше, ніж на прилеглих до границь фаз.

У практичному плані процес переходу твердої речовини в рідку при контакті з іншою рідкою речовиною у визначеному наближенні феноменологічно можна описати простим рівнянням (1), вперше запропонованому Н. А. Щукаревим [3]:

$$\frac{dC}{d\tau} = K_p \cdot (C_L - C) \cdot S, \quad (1)$$

де K_p – константа швидкості розчинення; C_L – концентрація насиченого рідкого розчину; C – поточна концентрація рідкого розчину; S – площа контакту твердої і рідкої речовини.

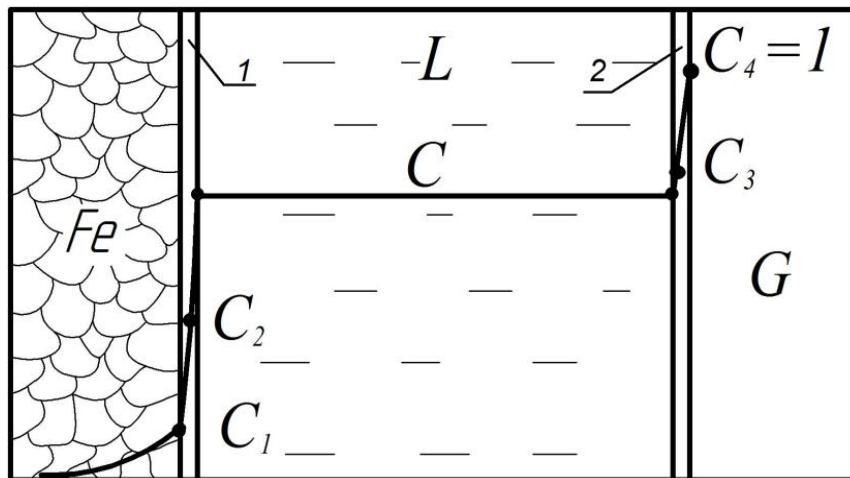


Рисунок 1 - Схема контактного плавлення в системі Fe – C (дисперсний матеріал) у конвекційному режимі G – вуглець; L – рідкий сплав; 1, 2 приграничні шари

При одночасному розчиненні в розплаві двох компонентів (Fe та C), що складають розплав, у випадку контактного плавлення за умови, що відвід атомів компонентів, що розчиняються, у рідкій фазі буде відбуватися не стільки в результаті дифузії, скільки з допомогою змушеної конвекціїцей процес можна описати системою рівнянь (2):

$$\begin{cases} \frac{dC^{Fe}}{d\tau} = K_{pFe} \cdot (C_2^{Fe} - C^{Fe}) \cdot S_{Fe}; \\ \frac{dC^C}{d\tau} = K_{pC} \cdot (C_3^C - C^C) \cdot S_C; \end{cases} \quad (2)$$

де K_{pFe} - константа швидкості розчинення заліза; K_{pC} - константа швидкості розчинення вуглецю; S_{Fe} - площа контакту між твердою фазою залізом і розплавом; S_C - площа контакту між дисперсним вуглецем і розплавом; C_2^{Fe} - концентрація насиченого розчину компонентом Fe; C_3^C - концентрація насиченого розчину компонентом C; C^{Fe} - поточна концентрація компонента Fe; C^C - поточна концентрація компонента C.

$$\text{Однак} \quad C^{Fe} + C^C = 1 \quad (3)$$

Перепишемо систему (2) з врахуванням (3), тоді:

$$\begin{cases} \frac{dC^C}{d\tau} = K_{pFe} \cdot (C_2^C - C^C) \cdot S_{Fe}; \\ \frac{dC^C}{d\tau} = K_{pB} \cdot (C_3^C - C^C) \cdot S_C. \end{cases}$$

Для зручності упускаємо з концентрації індекс С, тобто $C^C = C$ і визначаємо поточну концентрацію розплаву:

$$C = \frac{K_{pB} \cdot S_B \cdot C_3 - K_{pA} \cdot S_A \cdot C_2}{K_{pB} \cdot S_B - K_{pA} \cdot S_A}.$$

Введемо постійні:

$$n = \frac{K_{pFe}}{K_{pC}} \quad (4)$$

$$im = \frac{S_B}{S_A}; \quad (5)$$

тоді:

$$C = \frac{\frac{K_{pC} \cdot S_C}{K_{pC} \cdot S_{Fe}} \cdot C_3 - \frac{K_{pFe} \cdot S_{Fe}}{K_{pC} \cdot S_{Fe}} \cdot C_2}{\frac{K_{pC} \cdot S_C}{K_{pC} \cdot S_{Fe}} - \frac{K_{pFe} \cdot S_{Fe}}{K_{pC} \cdot S_{Fe}}} = \frac{m \cdot C_3 - n \cdot C_2}{m - n}. \quad (6)$$

Виходячи із рівняння (6) бачимо, що при збільшенні співвідношення площ контактування вуглецевого матеріалу з розплавом до площі контактування заліза чи залізовуглецевого сплаву концентрація вуглецю в розплаві буде наближатися до концентрації, що відповідає графітному ліквідусу (C_3) при певній температурі контактного плавлення.

Таким чином при використанні дисперсних вуглецевих матеріалів, у яких поверхнева площа контакту буде в сотні або тисячі разів більша ніж залізовуглецевого сплаву дає можливість отримати поверхневий шар з заевтектичним вмістом вуглецю і мати у своїй структурі не тільки ледебурит, але і первинний цементит.

Література

1. Savulyak Valery, Ossadchuk A. Yu., Savulyak Viktor. Contact melting of unalloyed steel is with graphite in diffusive unstationary model // Buletinul Institutului Politehnic din Iași. secția știința și ingineria materialelor, Tomul LIV (LVIII), Fasc. 3-4, Iași: Universitatea Tehnică «Gh.Asachi», 2008 - Ac. 85-91.
2. Савуляк, В.І. Параметри контактного плавлення в системі Fe-C (графіт) / В. І. Савуляк, А. Ю. Осадчук, Т.Ф. Архіпова // Сучасні технології в промисловому виробництві : матеріали II Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 17-20 квітня 2012 р.: у 3-х ч. / Ред.кол.: О.Г. Гусак, В.Г. Євтухов. - Суми: СумДУ, 2012. - Ч.1. - С.149-150.
3. Лашко Н. Ф., Лашко С. В. Контактные металлургические процессы при пайке и напайке металлов. - М.: Металлургия, 1977. - 192 с.
4. Никитин В. И. Физико-химические явления при воздействии жидких металлов на твердые. – М.: Атомиздат, 1967. - 442 с.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., проф., завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет

Осадчук Андрій Андрійович – студент групи 13В-16м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

ЗІЦНЕННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ВАЛІВ МЕТОДАМИ ПОВЕРХНЕВОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

Савуляк В.І., д.т.н., проф., Кіт Т.В. магістрант

Гребні вали морських та річкових суден входять в склад валопроводів, які передають крутний момент від силової установки до гребного гвинта. На вал діють циклічні навантаження, що вимагають від матеріалу та технології обробки поверхонь дотримання заходів щодо забезпечення його втомної міцності. Крім циклічних навантажень поверхні вала мусять протидіяти впливу корозійного середовища, зумовленого попаданням морської води та її парів, а також зношуванню поверхонь тертя. Зношені вали наплавляють корозійно-та зносостійкими матеріалами та додатково зміцнюють. Для цього наплавлені вали доцільно термічно обробляти та застосовувати ультразвукову ударну обробку або обкочування роликами та кульками.

У випадку використання для зміцнення ультразвукової ударної обробки (УУО) необхідно давати припуск 0,2 мм на сторону після механічної обробки, незалежно від діаметру гребного вала, а для підвищення циклічної міцності обкочуванням роликами наплавлені ділянки і прилеглі до них зони повинні бути оброблені з припуском, що визначається інтенсивністю та глибиною поверхневого пластичного деформування (ППД).

Перед зміцненням наплавлені ділянки повинні бути оброблені з шорсткістю R_z від 2,5 до 2,0 мкм.

Зміцнюватись УУО і обкаткою роликами можуть тільки вали, які наплавлені достатньо пластичними матеріалами, наприклад, хромонікелевою сталлю поверх підшару, а також перлітною сталлю.

Гребні вали, наплавлені тільки високоміцним сплавом із сталі 07X12H3M2Г2С, допускаються до експлуатації без зміцнення, оскільки межа витривалості після наплавлення високоміцним сплавом знаходиться на рівні основного металу.

Метод ультразвукової ударної обробки (УУО) ґрунтується на принципі нанесення оброблюваної поверхні голками-ударниками концентрованих ударів з ультразвуковою частотою. Ефект зміцнення досягається за рахунок створення наклепу на поверхні валу, створення в поверхневих шарах значної стискуючої напруги, підвищення щільності дислокацій в поверхневому шарі наплавленого металу і перерозподілу залишкової напруги біля зони сплавлення наплавленого металу з основним, де зосереджується найбільша кількість дефектів і є значний градієнт залишкових напружень. Цей метод менш енергоємний в порівнянні з обкочуванням, простий в застосуванні, забезпечує при малому зусиллі (50-70Н) пластичну деформацію на глибину більше 3 мм.

Ультразвукову ударну обробку потрібно проводити після люмінесцентної або ультразвукової дефектоскопії.

Для реалізації УУО магніострикційний перетворювач закріплюється на супорті токарного верстата, процес зміцнення проводиться по гвинтовій траєкторії з постійним кроком. Може використовуватися будь-який токарний верстат, що забезпечує встановлення гребного вала і має достатню жорсткість, яку доцільно збільшити шляхом застосування люнетів.

Для зміцнення гребних валів може застосовуватися один магніострикційний перетворювач ПМС-15А-18, що працює на частоті 18 кГц або два перетворювачі ПМС-27, що працюють на частоті 27 кГц.

Як ударні елементи необхідно використовувати набір голок-ударників із загартованої сталі ШХ15 діаметром 3 або 3,5 мм та твердістю не нижче HRC 62-64.

УУО зміцнюваної поверхні по можливості повинна бути виконана без зупинки обертання шпинделя верстата і виключення поздовжньої подачі супорта, а ударні елементи (голки) повинні бути завжди перпендикулярні оброблюваній поверхні (рисунк 1).

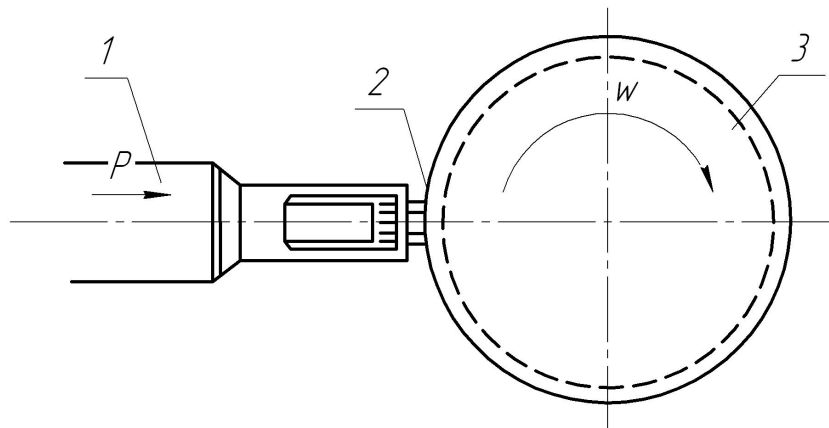


Рисунок 1 – Схема зміцнення наплавленого валу

1 – магнітострикційний перетворювач; 2 – ударні елементи (набір голок-ударників);
3 – наплавлений вал

Зусилля притиску інструменту до оброблюваної поверхні повинне бути 80-100 Н. Збільшення і зниження зусилля притиснення знижує ефективність УУО. Лінійна швидкість переміщення ударних елементів щодо оброблюваної поверхні рекомендується в межах 0,002...0,005 м/с, амплітуда коливань не менше 40 мкм. УУО може проводитися як на частоті 18 кГц, так і 27 кГц.

Зміцнення УУО проводиться без попереднього підігрівання поверхні.

Перед обкаткою роликami наплавлені ділянки повинні бути оброблені з припуском згідно таблиці 1 з шорсткістю R_z від 2,5 до 2,0 мкм.

Для зміцнення поверхонь способом обкочування використовуються токарні верстати із люнетами.

Зусилля обкочування слід встановлювати залежно від товщини наплавленого шару і складу наплавленого металу в межах від 8,0 кН для 2 мм до 60кН для шару товщиною 12 мм. Обкочування повинне проводитися в маслі за один прохід при швидкості обертання валу 0,3-0,45 м/с і подовжній подачі супорта 0,2-0,3 мм/об.

Ролики в процесі обкочування повинні охолоджуватися маслом марок ЛС або СЦ, при цьому витрата масла повинна складати 2 л/год.

Зміцнення конусів і галтельних переходів слід проводити із застосуванням ролика з профільним радіусом, який менший або дорівнює радіусу галтелі або кульковим обкочуванням.

Зона зміцнення при обкочуванні повинна виходити за межі наплавленої ділянки на довжину 0,5 діаметра кульки або ролика.

Після обкочування проводиться чистове шліфування.

Після зміцнення і шліфування наплавлена поверхня показує твердість 240-320 НВ.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., проф., завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет

Кім Тетяна Володимирівна – студентка групи 13В-15м, Вінницький національний технічний університет.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОФІЛЮ ФІГУРИ НАПИЛЕННЯ ПРИ ХОЛОДНОМУ ГАЗОДИНАМІЧНОМУ НАНЕСЕННІ ПOKPИТТЯ

Гайдамак О. Л., к.т.н., доцент, Савуляк В. І., д.т.н., професор

Створення функціональних покриттів на поверхнях деталей дозволяє суттєво впливати на експлуатаційні характеристики на надавати цим поверхням нових, не притаманних матеріалу деталі, якостей. Наприклад створення покриттів на основі алюмінію на сталевих деталях може захистити ці деталі від корозії, та значно змінити фрикційні властивості покритих поверхонь.

На кафедрі технології підвищення зносостійкості Вінницького національного технічного університету розроблено і виготовлено дослідну установку для газодинамічного нанесення функціональних покриттів. В основі її принципу дії є відкриття зроблене у Новосибірському інституті теоретичної та прикладної механіки у 80-х роках попереднього століття, яке полягає в тому, що порошкові частинки розігнані до високих швидкостей, близьких до швидкості звуку, при зіткненні з підкладкою вступають з нею в молекулярні зв'язки і здатні утворити міцне з'єднання з останньою та між частинками порошку [1, 2]. При цьому температура напиленої частинки є нижчою за температуру її плавлення. На рисунку 1 показане фото установки термодинамічного нанесення функціональних покриттів[3]. Основними елементами установки є нагрівач повітря 1 і розпилювач порошку 2.



Рисунок 1 – Дослідна установка для газодинамічного нанесення функціональних покриттів. 1 – нагрівач повітря. 2 – розпилювач порошку

Мета дослідження: Встановити закономірності формування фігури напилення та розподілення потоку порошкових частинок в процесі формування покриття.

Матеріал порошок С 01-11 (порошок на основі мідь з домішками цинку та корунду). Зважили три порції порошку 1- 0,11 г, 2 – 0,22 г, 3 – 0,34 г. Дистанція напилення 25 мм, температура стиснутого повітря 320-340 градусів Цельсія. Тиск стиснутого повітря 0,56 МПа. Отримали три фігури напилення показані на рисунку 2.

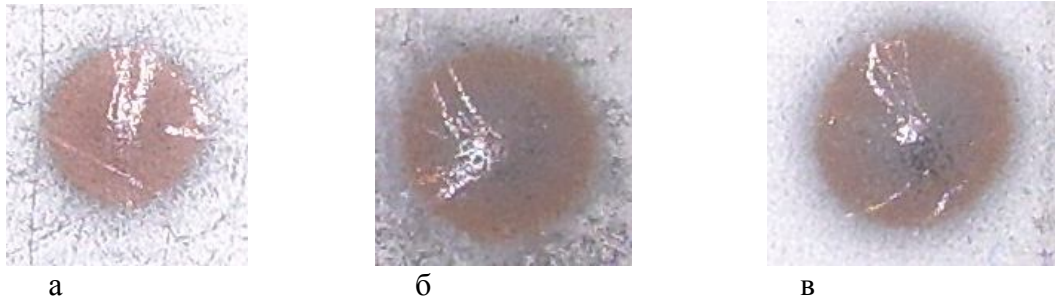


Рисунок 2 – Фігури напилення а - зразок №1, б - зразок №2, в - зразок №3

Використовуючи мікрометр годинникового типу та стіл мікротвердоміра ПМТ-3 проміряли висоту профіля кожної фігури, показаної на рис.2 з кроком 0,25 мм.

Отримали три ряди висот профілів фігур.

Ряд висот фігури №1:

0,001, 0,01, 0,02, 0,038, 0,041, 0,07, 0,085, 0,108, 0,12, 0,13, 0,14, 0,15, 0,151, 0,152, 0,15, 0,14, 0,13, 0,115, 0,11, 0,08, 0,068, 0,05, 0,035, 0,025, 0,018, 0,008.

Ряд висот фігури №2

0,002, 0,01, 0,02, 0,035, 0,06, 0,09, 0,085, 0,13, 0,16, 0,21, 0,253, 0,3, 0,33, 0,37, 0,383, 0,4, 0,41, 0,4, 0,387, 0,37, 0,35, 0,318, 0,26, 0,22, 0,181, 0,14, 0,11, 0,071, 0,055, 0,05, 0,03, 0,01.

Ряд висот фігури №3

0,01, 0,02, 0,035, 0,06, 0,06, 0,09, 0,12, 0,18, 0,23, 0,3, 0,375, 0,44, 0,49, 0,525, 0,54, 0,53, 0,52, 0,5, 0,47, 0,42, 0,37, 0,32, 0,26, 0,21, 0,17, 0,12, 0,09, 0,07, 0,03, 0,02.



Рисунок 3 - Вимірювання висоти профіля фігури напилення

В програмі Компас побудували вимірні профілі.

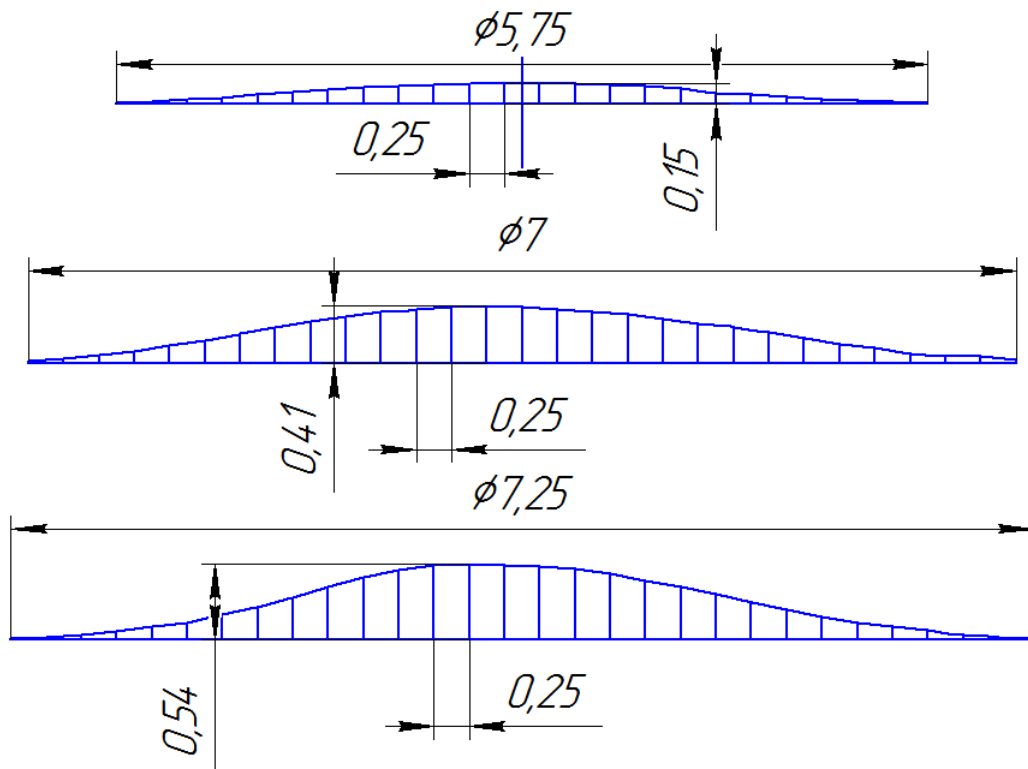


Рисунок 4 – Профілі фігур напilenня. Зверху до низу, зразки №1, 2, 3

Профілі фігур напilenня отримані в результаті руху потоку напилювальних частинок, які випадковим чином рухаються в потоці повітря, що їх транспортує на підкладку.

В перерізі фігура напilenня є майже симетричною відносно осі фігури, а її профіль у загальному випадку може бути описаний нормальним розподілом Гауса. Використаємо для опису форми перерізу фігури напilenня Гаусову криву у вигляді:

$$Y = y_0 \cdot e^{-\frac{r^2}{r_0^2}}$$

де y_0 - товщина покриття на осі фігури напilenня; Y – висота профіля в залежності від відстані від осі фігури; r_0 - радіус розсіювання (підбирали емпірично з метою забезпечення найкращого співпадання Гаусової кривої і експериментальних результатів).

$y_0 = 0,152; 0,41; 0,54$ для першого, другого і третього зразка відповідно.

$r_0 = 1,88; 2,4; 2$ для першого, другого і третього зразка відповідно.

Застосуємо програму MS Excel та побудуємо графіки нормального розподілення для першого, другого і третього зразків. (рисунки 4, 6, 7)

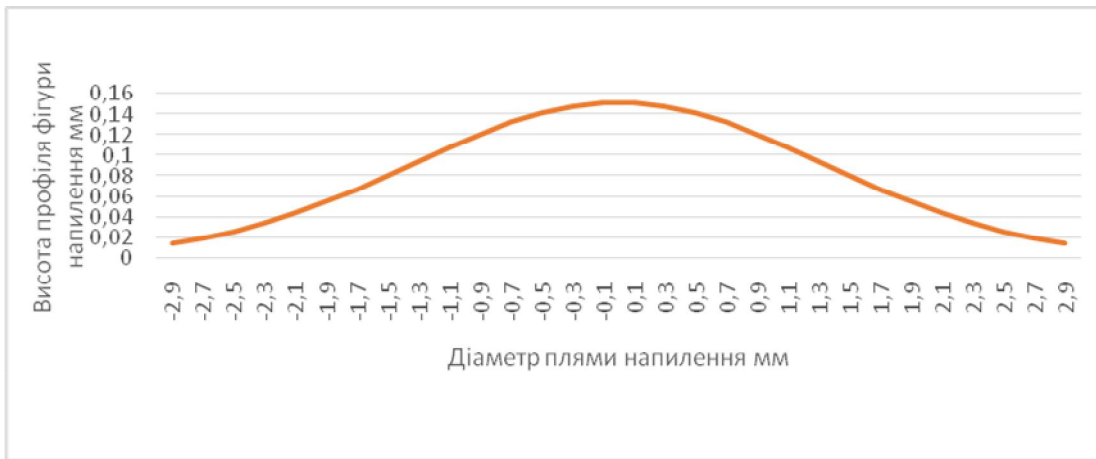


Рисунок 5 - Профіль фігури наплення для зразка №1 за розподіленням Гауса

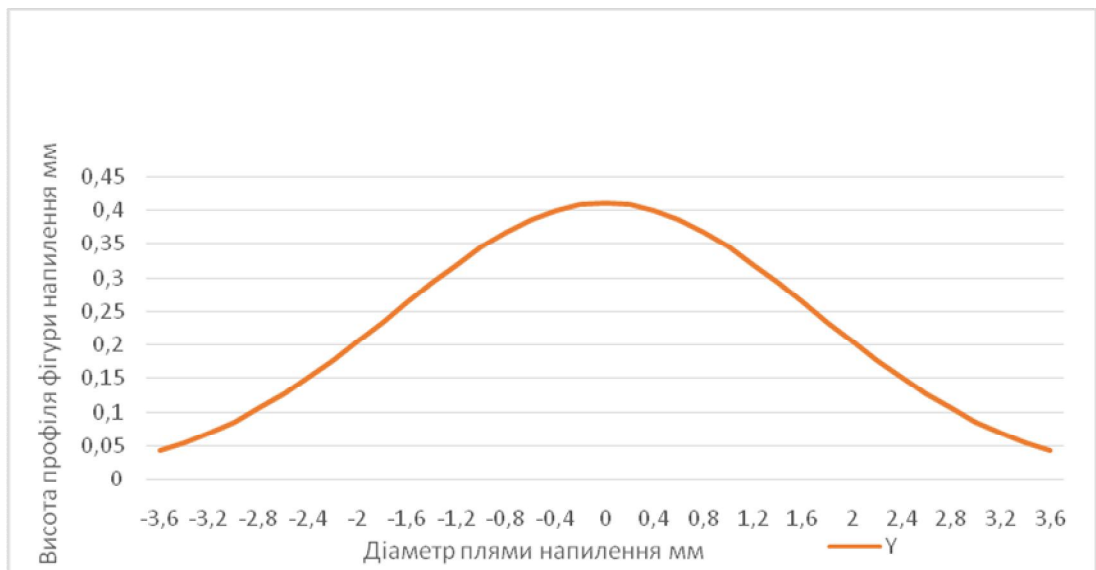


Рисунок 6 - Профіль фігури наплення для зразка №2 за розподіленням Гауса

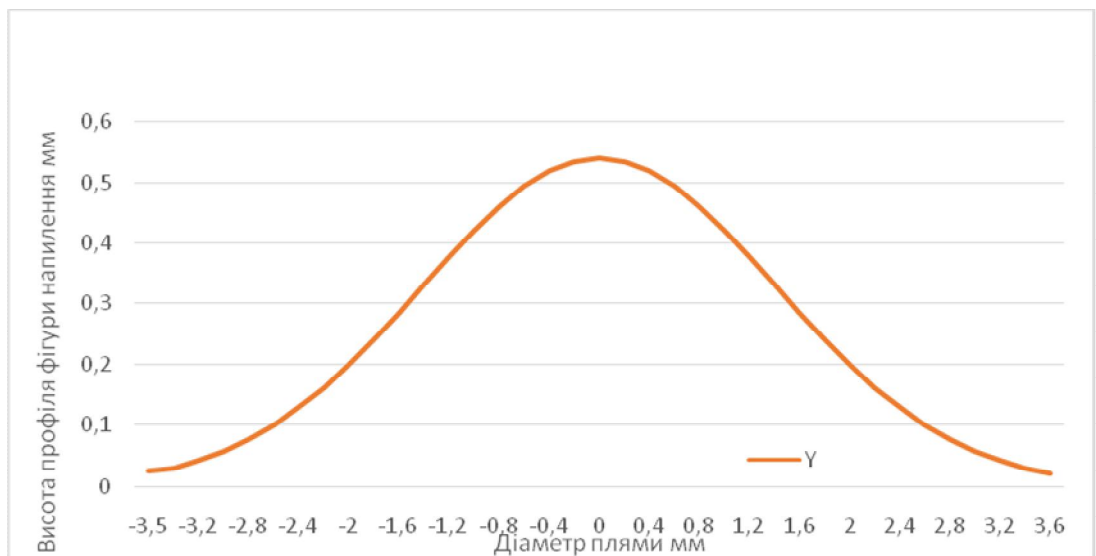


Рисунок 7 - Профіль фігури наплення для зразка №3 за розподіленням Гауса

Порівняємо отримані розподілення Гауса з експериментальними результатами, для чого накладемо теоретичне розподілення у відповідному масштабі на експериментальні результати (Рисунок 8).

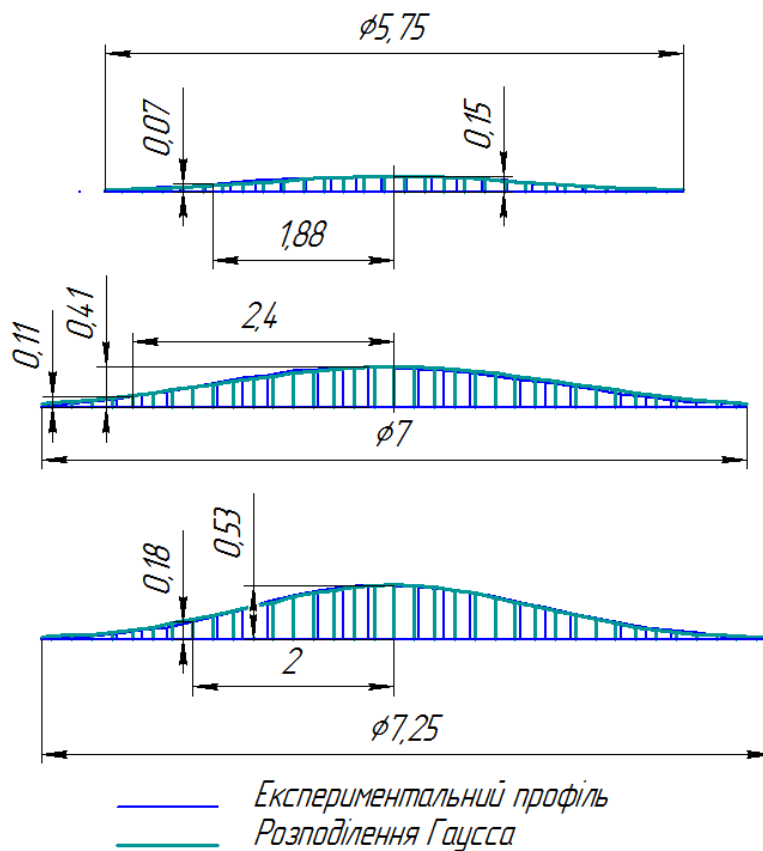


Рисунок 8 - Порівняння профілів фігур напылення з розподіленням Гауса для зразків №1, 2, 3 показаних на рисунку зверху до низу у порядку зростання .

Висновок. В результаті проведеного дослідження встановили, що крива Гауса з великою достовірністю описує профіль фігури напылення. Це дає можливість використати отримані результати для розробки методики розрахунку режимів газодинамічного напылення.

Література

1. Пат. 2237746 Российская Федерация, МПК С 23 С 24/04. Способ газодинамического нанесения покрытий и устройство для его осуществления / Каширын А. И., Ключев О. Ф., Шкодин А. В; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Обнинский центр порошкового напыления». — № 2003100745/02; заявл. 14.11.03; опубл. 10.10.04, Бюл. №15 (II ч.).
2. Алхимов А.П. Холодное газодинамическое напыление. Теория и практика. / Алхимов А.П. Клинков С.В., Косарев В.Ф., Фомин В.М. Под ред. В.М. Фомина.// – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 536. ISBN 978-5-9221-1210-9
3. Пат. 110552 Україна, МПК С23С 24/00. Пристрій для газодинамічного нанесення покриттів з радіальною подачею порошкового матеріалу / Гайдамак О. Л.; заявник та патентовласник Гайдамак О. Л. — № а 201405543; заявл. 23.05.14; опубл. 12.01.16, Бюл. №1.

Гайдамак Олег Леонідович – к.т.н., доцент кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Савуляк Валерій Іванович — д.т.н., професор, завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПРУЖНОСТІ ПРУЖИН ЗГИНУ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ

Савуляк В.І., д.т.н., проф., Поступайло О.В., асистент кафедри ТПЗ

Пружні деталі в сучасному машинобудуванні займають особливо важливе місце, вони не можуть бути замінені гідравлічними або пневматичними аналогами, але вимоги по точності технологічних параметрів у них не нижчі. Тому точне прогнозування фізико-хімічних властивостей пружних сталей було і залишається актуальною тематикою досліджень.

Одною з частих проблем виготовлення пружних деталей є задання їм певного модуля порожності «Е» у результаті технологічних терміко-хімічних операцій. Хоча на даний час і існує велика кількість довідкових матеріалів по термічній обробці пружинних сталей, у всіх них результируючим параметром є твердість, а не пружність, а також не прослідковується зв'язок середовищ для охолодження в процесі таких обробок на необхідний нам модуль пружності.

Для доведення значного впливу та відсутності прямої залежності твердості на пружність було проведено експериментальне дослідження. В якості дослідних зразків було обрано широко розповсюджену пружинну сталь 65Г, зразки виконані у вигляді пластин пружини згину. Всі зразки мали попередньо нормалізовану мікроструктуру, про що свідчить низька твердість (148 HV) та рівномірна дрібнозерниста структура.

Судячи з довідкових матеріалів рекомендується проводити термічну обробку у печі при температурі 790-815 °С з подальшим загартовування деталей у маслі, а після проведення процесу відпуску у широкому інтервалі температур (100-600°С) на повітрі. Одразу виникає питання причини використання масла у якості середовища для гартування (вплив теплоємності та теплопровідності) та, яка з температур процесу відпуску буде давати необхідний модуль пружності деталі. Зразки було розбито на 4 групи по 3 деталі в кожній.

Таблиця 1 – Групи зразків

| Зразки | Зразок I | Зразки II | Зразки III | Зразки IV |
|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Середовище гартування та температура відпуску | Вода, 3000С | Вода, 2500С | Вода, 2000С | Масло, 2000С |

За нормальне значення модуля пружності для сталі зазвичай приймають $E=2,1 \times 10^5$ МПа, але це значення може змінюватись в залежності від технічного завдання виробу. Для розрахунку наявного модуля пружності досліджувалась деформація закріпленого зразка при сталому навантаженні. Твердість зразків досліджувалась методом Роквела та Вікерса (для нормалізованих зразків перед термічною обробкою, в зв'язку з низькою твердістю).

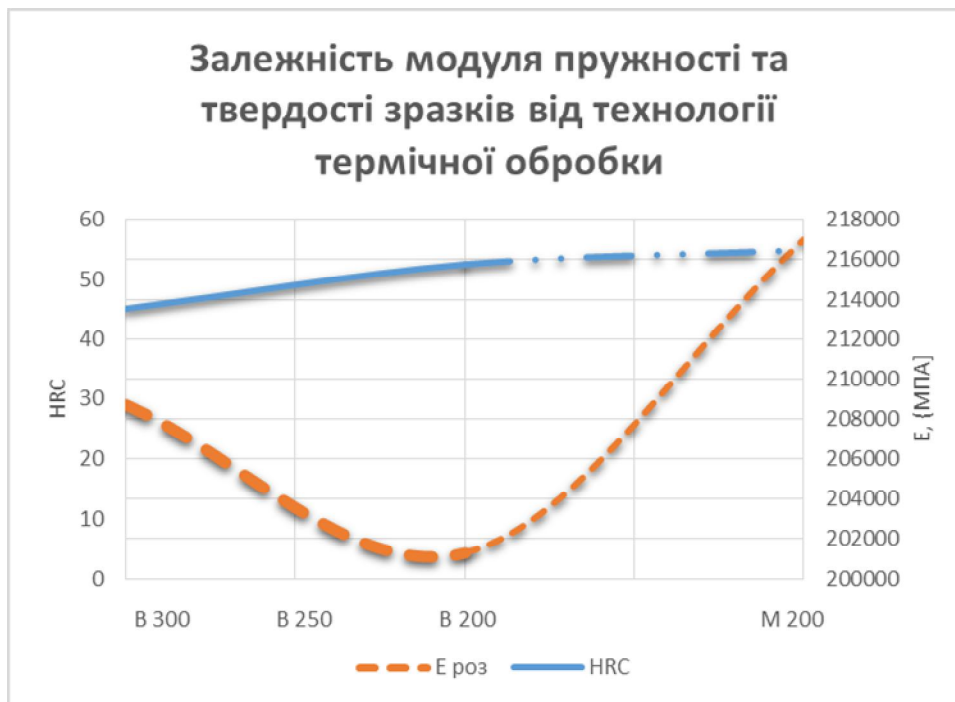


Рисунок 1 – Графік залежності модуля пружності та твердості від технології термічної обробки.

Результати розрахунків та дослідів усереднюються в межах однієї групи зразків та виведені на рисунку 1.

Як можна спостерігати на графіку твердість співпадає з довідковими результатами, також досліді показали низький вплив рідини для гартування. На відміну від твердості, модуль пружності при гартуванні в воді має залежність по певному закону, що дозволяє прогнозувати його значення. Також спостерігається велике збільшення модуля пружності при незмінній твердості та виокристанні масла у якості гартувальної суміші, причиною є низька теплопровідність та теплоємність цієї рідини, а отже і швидкості охолодження шарів металу зразків.

Такі результати дозволяють виконувати розрахунок технологій термічної обробки для конкретних випадків та конструкторських задач, керуючи не лише пружністю, а і твердістю пружних деталей.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., професор кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницького національного технічного університету.

Поступайло Олександр Володимирович – асистент кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницького національного технічного університету.

УДК 621.3.038

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ТЕРТЯ ТА ЗНОШУВАННЯ ШНЕКОВОЇ ПАРИ З ВРАХУВАННЯМ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ

Савуляк В. І., д.т.н., проф., Хоменко О. С. студент

Шнекова пара екструдера, яка представлена безпосередньо шнеком та його кожухом (циліндром), зазнає впливу зі сторони матеріалу – тирси. Це визначає основний вид зносу заданої пари – механічне зношування.

На зношування впливають ряд факторів: нерівномірність розподілу температури і тиску, матеріал шнека та його геометрія, вологість і склад тирси. Тому виникає необхідність визначити дійсну природу зношування шнекової поверхні і розглянути можливі варіанти його механізму, а саме:

- механічне зношування з адгезійно-абразивною природою виникнення;
- механічне зношування поверхні, що окислюється;
- комплексний механізм зношування.

Механічне зношування з адгезійно-абразивною природою виникнення полягає у тому, що у міру свого просування часточки тирси, поступово ущільнюючись, у міжвитковому просторі починають формувати окремі маси (пробки), які спричиняють виникнення сухого тертя між ними та, з однієї сторони, поверхнею шнека, з іншої – поверхнею кожуха. Це впливає на інтенсивність процесу зношування: вздовж довжини шнекового каналу, рухаючись від області живлення до області головки екструдера, механічна дія тирси зростає, тобто збільшується інтенсивність процесу зношування і відповідно зростає знос. Найбільший знос спостерігається на кінцевих витках шнеку, що зумовлено нерівномірністю розподілу тисків і щільністю матеріалу, а найінтенсивніше зношування відбувається на кутовій, периферійній частині витка, яка працює на максимальних радіусах обертання з поступовим зменшенням в міру переміщення до центру (осі валу). Така нерівномірність зношування може бути пояснена таким чином: нерівномірністю діючого тиску з боку потоку частинок по глибині нарізки; впливом швидкості ковзання спресованих згустків. В областях дозування та головки екструдера, де матеріал має найбільше ущільнення, утворюючи окремі спресовані згустки, спостерігається виражений абразивний вплив часток пригару, який виникає з тирси при високих значеннях температури і тиску на межі розподілу сировини і поверхні шнека, – подряпини як на витках, так і на поверхні шнекового валу.

Механічне зношування поверхні, що окислюється, відбувається за таким принципом: під впливом вологи і теплоти, яке виділяється при сухому терті, на поверхні шнека утворюються оксиди. Потім поверхня, зазнаючи механічний вплив, починає відділяти оксиди, що призводить до зносу.

Комплексний механізм зношування поєднує у собі два вище розглянутих механізми зношування, що відбуваються одночасно.

Зважаючи на складність механізму зношування шнекової поверхні, даний знос є нерівномірним (інтенсивність зростає у міру просування сировини та збільшення тиску і температури сировини). Знос є переважно адгезійно-механічним. Певний вклад у процес зношування вносить корозія та розпушування поверхневих шарів внаслідок дифузії газів (переважно водню) з деревної тирси та стружки в умовах значних контактних тисків та температур. Потрібно відзначити, що в таких умовах протікання робочого процесу значну увагу потрібно приділити температурозалежним факторам розсіювання енергії від тертя.

Савуляк Валерій Іванович, д.т.н., професор кафедри Технології підвищення зносостійкості Вінницького національного технічного університету.

Хоменко Олександр – групи 13В-14б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

ДОСЛІДЖЕННЯ, З ВИКОРИСТАННЯМ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ, СИЛИ ПОДАЧІ РОЛИКАМИ ЕЛЕКТРОДНОГО ДРОТУ

Шиліна О.П., к.т.н, доцент, Бучковський К.В., студент

Для визначення сили тертя, яка впливає на надійність автоматичної подачі електродного дроту наплавної головки верстата для наплавлення УД-209 розробимо план експерименту з врахуванням безпосередніх зв'язків між режимами подачі дроту, матеріалом та діаметром дроту. Для різних діаметрів та різних матеріалів було заплановано експеримент. Матеріали дроту: 1) оміднений; 2) СВ-08 без покриття.

Випробування проводили на установці, показаній на рис. 1.



Рисунок 1 – Дослідна установка УД-209

Досліджувалась сила тертя спокою, яка визначалась з умови рівності сили тертя та сили, яку необхідно прикласти, щоб почалось проковзування дроту.

Для дослідження обрано такі фактори:

- діаметр електродного дроту;
- швидкість подачі електродного дроту;
- стан поверхні дроту.

На основі попередніх даних припускалось, що всі ці параметри, як фактори експерименту дослідження, відповідають умовам їх керованості, незалежності і сумісності один до одного. Керованість факторів розглядали як можливість надавати їм довільний рівень в області визначення і фіксувати сталим протягом всього дослідження, незалежність - як відсутність між ними кореляційного зв'язку, а сумісність - як можливість зафіксувати кожен з них на будь-якому рівні незалежно від значень рівнів інших факторів.

Проведення повного багатофакторного експерименту сплановане в інтервалі допустимих значень цих трьох факторів, які визначено попередніми розрахунками та експериментальними дослідженнями. Обрано методику розробки математичної моделі, яка дозволяє представити його у вигляді поліному першої степені:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3 \quad (1)$$

Обрані фактори позначені через X_1, X_2, X_3 . Для спрощення розрахунків було введено кодовані змінні. Рівні факторів, експерименту та інтервали зміни в натуральних і в кодованих значеннях наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівні факторів експерименту та інтервали зміни в натуральних і в кодованих значеннях

| Рівні факторів | Найменування факторів та їх натуральні значення | | |
|-------------------------|---|----------------------------------|---|
| | Швидкість подачі, м/год X_1 | Стан поверхні дроту (f) X_2 | Діаметр електродного дроту, мм X_3 |
| Основний рівень (0) | 206 | 0.175 | 1,6 |
| Інтервал варіювання (I) | 94 | 0.15 | 0,4 |
| Верхній рівень (+1) | 300 | 0.25 | 2 |
| Нижній рівень (-1) | 113 | 0.1 | 1,2 |

Матриця планування та результати експерименту

Для забезпечення необхідної точності експерименту проводилось три незалежних досліди в незмінних режимах. Однорідність дисперсії паралельних дослідів оцінювалась за такою методикою.

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожної стрічки матриці визначалось за формулою

$$\bar{y}_j = \sum_u \frac{y_{ju}}{r}, \quad (2)$$

де r – число паралельних дослідів;

u – номер паралельного дослідів;

y_{ju} – значення функції відгуку в u -тому паралельному досліді j -го рядка матриці.

Для оцінки відхилень її від середнього значення обчислювалась дисперсія паралельних дослідів

$$S_j^2 = \sum_{u=1}^r \frac{(y_{ju} - \bar{y}_j)^2}{(r-1)}. \quad (3)$$

Однорідність дисперсії паралельних дослідів перевірялась за критерієм Кохрена, що являє собою відношення максимальної дисперсії, до суми всіх дисперсій.

Гіпотеза про однорідність дисперсій підтверджується, якщо розрахункові значення критерію не перевищують табличного G -критерію Кохрена ($\alpha=0.05$).

Рівень значущості всіх розглянутих критеріїв приймався $\alpha=0,05$. При цьому вірогідність P вірного дослідів складає 95%.

Для проведення розрахунків було складено програму на мові Паскаль для персонального IBM-сумісного комп'ютера. Далі представлено результати роботи програми.

За результатами проведених досліджень отримано рівняння регресії:

$$Y = 0.63 - 0.028X_1 - 0.047 X_2 - 0.055 X_3 + 0.022 X_1 X_2 + 0.005 X_1 X_3 - 0.006 X_2 X_3 + 0.03 X_1 X_2 X_3 .$$

Перевірка статистичної значущості коефіцієнтів виконувалась за t -критерієм Стьюдента.

Після коректування рівняння регресії була отримана математична модель залежності сили подачі електродного дроту:

$$Y = 0.63 - 0.028X_1 - 0.047 X_2 - 0.055 X_3 + 0.022 X_1 X_2 + 0.03 X_1 X_2 X_3 .$$

Перевірка на адекватність проводилась за критерієм Фішера:

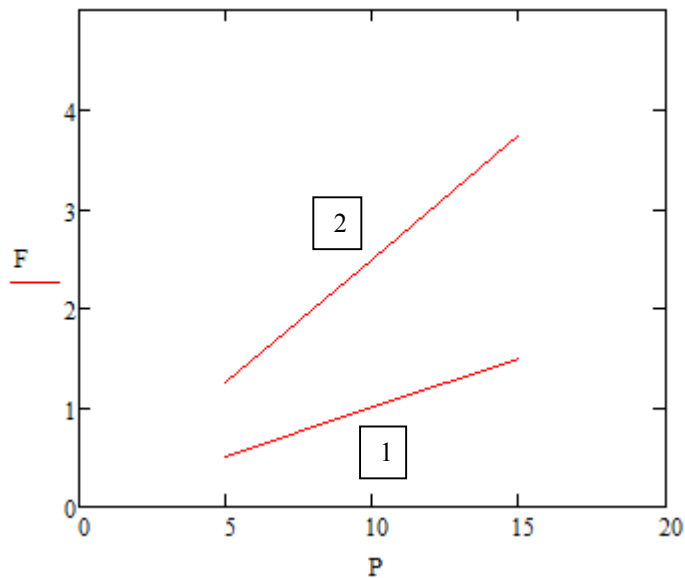


Рисунок 2 – Вплив навантаження на силу тертя: 1) оміднений дріт, 2) СВ-08 без покриття

Оскільки виконується умова $F_p < F_{табл}$, то розроблена модель є адекватною.

Аналіз отриманої моделі показав, що всі обрані фактори, зі збільшенням інтервалів досліджень, впливають на силу тертя в сторону її підвищення, оскільки коефіцієнти в рівнянні регресії, яке моделює процес, від'ємні.

Експеримент із омідненим дротом показав, що сила тертя, яка забезпечує подачу, є меншою і до дроту необхідно прикласти більшу силу притискання, ніж в експерименті із дротом СВ-08.

Шиліна Олена Павлівна - к.т.н., доц., кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Бучковський Костянтин Валентинович - студент групи ЗВ-136, Вінницький національний технічний університет.

СТРУКТУРА ТА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПРОТИ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ, НАПЛАВЛЕНИХ СОРМАЙТОМ

Савуляк В.І. д.т.н., професор, Щербаков О.В. студент

В сучасному світі основним завданням інженерів по відновленню деталей машин є пошук таких матеріалів та технологій, які б мали невелику вартість та дозволяли отримати покриття із заданими триботехнічними властивостями. Таким вимогам цілком відповідають технології, що ґрунтуються на використанні сормайтових наплавлювальних матеріалів, які дозволяють отримати на сталевих деталях зносостійкі покриття з високими триботехнічними властивостями, що дає можливість значно підвищити термін експлуатації деталей та спростити технологію нанесення функціональних покриттів.

В результаті експерименту досліджувалося покриття яке було нанесено електродом Т-590. Після наплавлення високоміцного матеріалу було виміряно його твердість яка становила 55-62 HRC, та визначено його мікроструктуру рис. 1. На рисунку «острівцева» структура добре помітна після травлення навіть неозброєним оком, що свідчить про високу твердість наплавленого покриття.

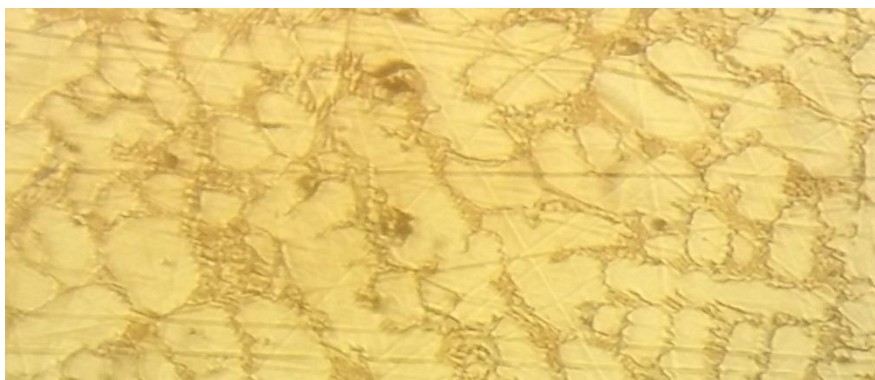


Рисунок 1 – Мікроструктура наплавленого матеріалу

Випробування на зносостійкість проводилися за допомогою установки, яка була сконструйована та використовується на кафедрі технології підвищення зносостійкості Вінницького національного технічного університету.

В результаті проведення експерименту було визначено, що при сухому терті зношування матеріалу з наплавленим покриттям відбувається не так інтенсивно як зі звичайним матеріалом.

Проаналізувавши мікроструктуру наплавленого покриття після експерименту, було виявлено сліди мікрорізання, які утворилися внаслідок дії абразиву у вигляді порошку. Абразивний порошок утворився внаслідок руйнування матеріалу контртіла та дії температури. Також наявні темні плями, що свідчить про зміну структури металу під впливом високої температури.

Обробка і аналіз експериментальних даних показали, що в результаті наплавлення вдалося створити високоміцне покриття, твердість якого становить HRC 55..62.

Зносостійкість матеріалу за допомогою наплавлення сормайтом збільшилась на 35-40 відсотків в порівнянні зі звичайним матеріалом, а отже більше підходить для роботи в абразивному середовищі.

Савуляк Валерій Іванович — д.т.н., професор, завідувач кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Щербаков Олександр Вікторович — студент групи 13В-136, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olexsanderscherbakov@gmail.com;

УДК 621.891

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАВАНТАЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ МІЖ СТРІЧКОЮ КОНВЕЄРА ТА БАРАБАНОМ

Шиліна О.П., к.т.н., доцент, Кліменко С.Д., студент

Стрічкові конвеєри являються основним типом транспортуючих машин безперервної дії у всіх галузях промисловості завдяки своїм високим експлуатаційним якостям: високій продуктивності, можливістю транспортування вантажів на велику відстань, простоти конструкції, високій надійності, відносно невеликій вазі, можливості повної автоматизації.

Найбільш поширена робота конвеєрів в умовах дії абразивних частинок, які потрапляють в пари тертя конвеєра та сприяють зношуванню основних вузлів, як корозійному так і хімічному. Приводні барабани передають крутний моменту стрічці за рахунок фрикційної взаємодії (тертя). Барабани по конструкції можуть бути гладкими або рифленими, виготовляються з сталей або чавуну. Для збільшення зчеплення із стрічкою поверхню барабанів покривають спеціальним матеріалом (або футерують), що надає їм підвищені фрикційні властивості. Діаметр приводного барабана обирається з урахуванням конструктивних та фрикційних властивостей стрічки, її міцності.

Величина тягового зусилля, що передається стрічці тертям шляхом огинання барабанів, залежить від натягу стрічки, коефіцієнту тертя, схемою обхвату барабанів стрічкою. Для максимальної передачі тягового зусилля, збільшують кут обхвату приводного барабану стрічкою, за допомогою відхиляючих барабанів. Чим більше натяг, кут обхвату та коефіцієнт тертя, тим більше зусилля передається конвеєрній стрічці.

Натяжний пристрій в стрічковому конвеєрі необхідний для оптимального натягу стрічки і запобігання пробуксовування приводних барабанів, обмеження провисання стрічки між роликоспорами і компенсації її видовження в процесі роботи. Схеми натяжних пристроїв стрічкових конвеєрів наведені на рис. 1.

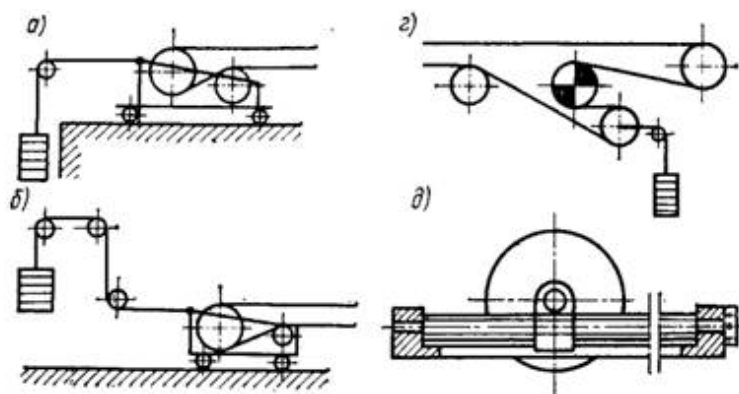


Рисунок 1 – Схеми натяжних станцій стрічкового конвеєра:
а, б, д – з натягуванням стрічки натяжними пристроями в хвостовій частині конвеєра; г – з натягуванням стрічки біля приводного барабану

Основними параметрами натяжних пристроїв являються: натяг стрічки, швидкість переміщення натяжного барабану і величина його ходу. Хід компенсує видовження стрічки, яке виникає в процесі її експлуатації, дає можливість вкоротити стрічку при стиковці після обриву

Транспортувальна стрічка – основний тяговий та вантажо - несучий елемент, вона сприймає та передає рушійну (тягову) силу, яка переборює всі опори, що виникають при переміщенні вантажу. Окрім того, це найбільш дорогий і найменш довговічний елемент конвеєра. Найбільш поширена – прогумована стрічка

Схема установки для випробування на зносостійкість і визначення коефіцієнта тертя зразків показана на рисунку 2.

Для обертання сталевого ролика, що здійснює зношування зразка, встановлено двигун із змінним числом обертів і потужністю 0,8 кВт. На опорній рамі встановлена стійка для притисного важеля. На важелі є місце для встановлення зразка. Установка підключається через трифазний пакетний вимикач до мережі.

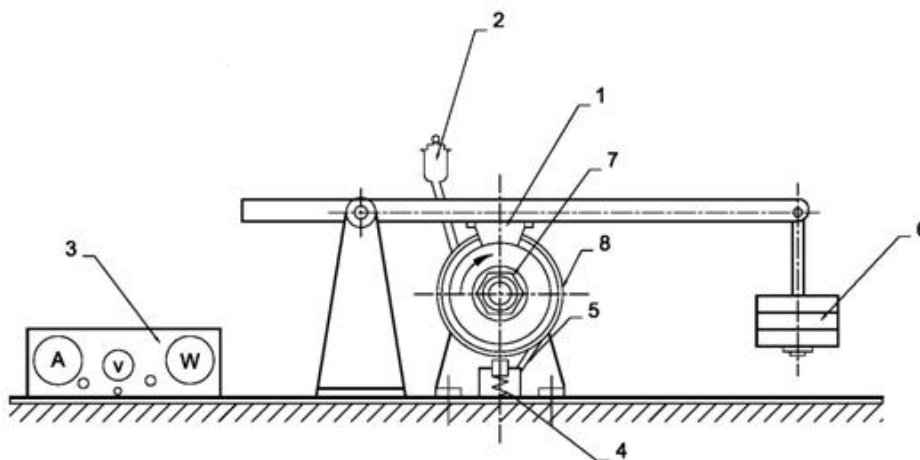


Рисунок 2 – Схема установки для випробування зразків:

1– зразок; 2– крапельниця; 3 – амперметр, вольтметр-ватметр; 4 – сток для масла; 5 – трубка; 6 – противага для урівноваження ваги важеля; 7– гайка; 8 – ролик.

Для визначення зносу привідного барабану в стрічковому конвеєрі, проведено дослідження з використанням методів багатofакторного експерименту. Під час проведення експерименту зразок піддавали навантаженню з певним інтервалом. В результаті визначено коефіцієнт тертя стрічки конвеєра з привідним барабаном, який визначався за формулою:

$$f = \frac{F_T}{P} \quad (1)$$

де, f - коефіцієнт тертя; F_T – сила тертя, Н; P – навантаження, Н.

На основі проведених експериментів для дослідження обрано такі фактори: навантаження; швидкість обертання; натяг стрічки.

Припускалось на основі попередніх даних, що всі ці параметри, як фактори експерименту дослідження зносостійкості, відповідають умовам їх керованості, незалежності і сумісності один до одного. Керованість факторів розглядали як можливість передавати їм довільний рівень в області визначення і фіксувати сталим протягом всього досліджу, незалежність – як відсутність між ними кореляційного зв'язку, а сумісність – як можливість зафіксувати кожен з них на будь-якому рівні незалежно від значень рівнів інших факторів.

Проведення повного багатofакторного експерименту сплановане в інтервалі допустимих значень цих трьох факторів, які визначено попередніми розрахунками та

експериментальними дослідженнями. Обрано методика розробки математичної моделі, яка дозволяє представити його у вигляді поліному першої степені:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{123}X_1X_2X_3. \quad (2)$$

Обрані фактори позначені через X_1, X_2, X_3 . Для спрощення розрахунків було введено кодовані змінні. Рівні факторів, експерименту та інтервали зміни в натуральних і в кодованих значеннях

Для забезпечення необхідної точності експерименту проводилось три незалежних дослідів в незмінних режимах. Однорідність дисперсії паралельних дослідів оцінювалась за методикою.

Середнє арифметичне значення параметра оптимізації для кожної стрічки матриці визначалось за формулою:

$$\bar{y}_j = \sum_u \frac{y_{ju}}{r}, \quad (3)$$

де r - число паралельних дослідів; u - номер паралельного досліду;

y_{ju} - значення функції відгуку в u -тому паралельному досліді j -го рядка матриці.

Однорідність дисперсії паралельних дослідів перевірялась за критерієм Кохрена, що являє собою відношення максимальної дисперсії, до суми всіх дисперсій

$$G_p = \frac{S_{j\max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2}. \quad (4)$$

Гіпотеза про однорідність дисперсій підтверджується, якщо розрахункові значення критерію не перевищують табличного.

За результатами проведених досліджень та після коректування рівняння регресії була отримана математична модель залежності сили тертя від навантаження на дослідний зразок:

$$y = -0,0067x^3 + 0,0643x^2 - 0,129x + 0,274. \quad (5)$$

Перевірка на адекватність проводилась за критерієм Фішера. На основі розрахунків побудовано графік залежності впливу навантаження на коефіцієнт тертя.

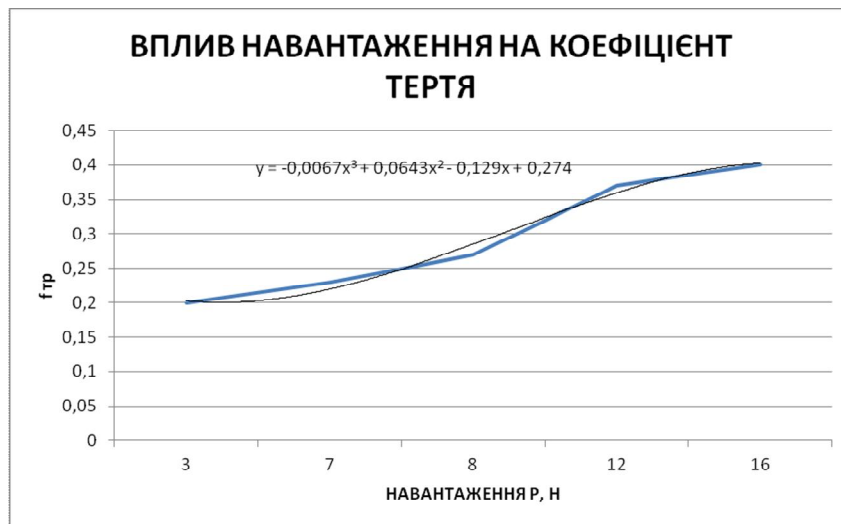


Рисунок 1 – Вплив навантаження на коефіцієнт тертя

Оскільки виконується умова $F_p < F_{табл}$, то розроблена модель є адекватною.

Аналіз отриманої моделі показав, що всі обрані фактори, впливають на коефіцієнт тертя.

При проведенні експерименту було доведено, що під час запуску конвеєра потрібно стрічку навантажувати мінімально, так як при великому навантаженні відбувається проковзування стрічки, що викликає значне зношування стрічки, яка є досить дорогим елементом конвеєра, тому потрібно правильно запускати стрічковий конвеєр. При запуску конвеєра потрібно більшу потужність, яка зможе забезпечити запуск стрічки без проковзування.

Шиліна Олена Павлівна - к.т.н., доц., кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Кліменко Сергій Дмитрович - студент групи ЗВ-13б, Вінницький національний технічний університет.

УДК 621.3.038

ЗАСТОСУВАННЯ ЕПОКСИДОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ГОЛОВОК БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ

Шиліна О.П. к.т.н., доц., Левандовський П., студент

Використання полімеркомпозиційних матеріалів є вагомим фактором підвищення ефективності розвитку техніки. В даному плані перспективними є епоксидні композиційні матеріали та покриття на їх основі. Вони набули широкого застосування у світовій практиці завдяки технологічності і якості покриттів поверхонь для захисту деталей машин і механізмів від зношування, корозії, перепадів температур в умовах тертя без мастильного середовища, або впливу гідроабразивних середовищ.

Технологія ремонту головок циліндрів з неплоскостістю привалкових до блоків поверхонь, що перевищує 0,10 мм для автомобільних і 0,15 мм для тракторних двигунів, або з неплоскостістю інших привалкових поверхонь понад 0,3 мм обробляють на фрезерному або плоскошліфувальному верстаті до усунення неплоскості. Для компенсації знятого металу під буртики вставок встановлюють мідні або латунні прокладки.

Досвід експлуатації та ремонту головок блоків циліндрів з вставками камер згоряння показує, що конструктивне оформлення ущільнень юбок вставок недостає надійне.

Метою дослідження – застосування епоксидокомпозиційних матеріалів для відновлення головок блоків циліндрів.

На основі огляду літературних джерел сформульовано основні задачі, які необхідно вирішити для отримання композитного матеріала на основі епоксидної смоли, здатної до формування структури, що дозволить регулювати фізико-механічні властивості, підвищити зносостійкість та довговічність роботи головки блоку циліндрів.

Для вирішення поставленої задачі, як вихідний матеріал, використано епоксидодіанову смолу марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для тверднення епоксидних композицій застосовували поліетинополіамін – ПЕПА (ТУ 6-02-594-70). В якості наповнювача використовували порошок міді (Cu) марки ПМС-1 ГОСТ 4960-2009 та алюмінію (Al) марки ПА-4 ГОСТ 6058-73.

На підготовлену поверхню головки циліндра (ретельно зачищена та знежирена) нанесено шар епоксидокомпозиції. Шар композиції висушували, витримували до повної полімеризації при кімнатній температурі та полірували.

Добавка порошку алюмінію та міді (35% Al + 5% Cu) поліпшує механічні властивості, покращує зносостійкість, надає особливі властивості (електропровідність, теплопровідність та іш.). Використовували як наповнювач у пластиках на основі смол.

Проведені випробування на натурних зразках, встановлених на автомобілі показали, що в головка пропрацювала 20 тис. годин без відмов. На рисунку представлено зовнішній вигляд головки циліндрів після випробувань.

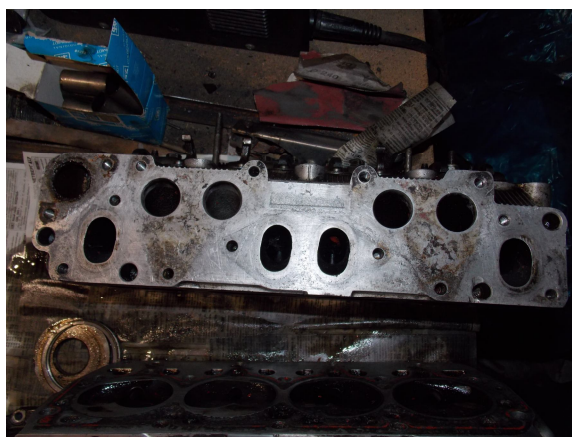


Рисунок 1 – Голова циліндрів після випробування

Шиліна Олена Павлівна – к.т.н., доц., кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Левандовський Павло Володимирович – студент групи ЗВ-126, Вінницький національний технічний університет.

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ТЕРМОПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ У МАТРИЦІ З ПЛАЗМОВИМ НАПИЛЮВАННЯМ

Шиліна О.П. к.т.н., доцент, Лозовенко О.А. магістр

Ресурс двигуна, у першу чергу, залежить від зносостійкості деталей циліндропоршневої групи, які при капітальному ремонті двигуна замінюються на нові або відновлені.

В даний час розроблено декілька способів відновлення і зміцнення внутрішньої поверхні гільз циліндрів автотракторних двигунів, які за своєю технологією діляться на розточування під ремонтний розмір та відновлення до номінального розміру. Для відновлення гільз циліндрів у номінальний розмір застосовуються такі способи: металізація, гальванічні засоби, запресовка зносостійких пластин, наплавка на внутрішню поверхню зносостійких порошків, відновлення нагрівом і таке інше.

У зв'язку з цим, розробка методу відновлення гільз циліндрів до номінального розміру, що відповідають вимогам стандартів, є актуальною задачею ремонтного виробництва.

Метою є розробка нової технології відновлення гільз циліндрів способом термопластичного деформування (ТПД) з плазмовим напилюванням.

Встановлено, що основним дефектом гільз циліндрів, які відпрацювали міжремонтний ресурс, є знос внутрішньої поверхні. Знос внутрішньої поверхні гільзи є складним трохступеневим процесом, що включає в себе адгезію, корозію та абразивний знос. Найбільший знос гільзи, як правило, знаходиться у перетині, що відповідає положенню верхнього компресійного кільця у мертвій точці і є визначальним з точки зору ремонтнопридатності.

Для відновлення легованих гільз циліндрів запропонований спосіб здійснювався за наступної технологією. Гільза при нагріванні вільно розширюється до контакту з матрицею, при подальшому нагріванні матриця перешкоджає вільному розширенню матеріалу гільзи, що призводить до її пластичної деформації, тобто перерозподілу металу всередину, по товщині стінки. При ТПД процес зменшення внутрішнього діаметру відбувається за рахунок пластичної деформації матеріалу гільзи. З метою рівномірного нагріву гільзи по діаметру і висоті в процесі обтиску необхідно передбачити обертання і поздовжнє переміщення гільзи.

В результаті вимірювань відновлених гільз, середня усадка зовнішніх посадкових поясків складала 0,5...0,6 мм. на діаметр при овальності 0,05...0,1мм., видовження гільзи складало 0,2...0,35 мм.

При виборі покриття, компенсуючого усадку та знос, враховувалось наступне: покриття товщиною 0,5...0,6 мм повинно мати достатню міцність зчеплення з поверхнею гільзи в умовах механічних, теплових навантажень, довготривалої експлуатації двигуна. Цим умовам, найбільш відповідає спосіб плазмового напилювання порошковими сплавами термореагуючої дії.

Основними параметрами режиму відновлення є: температура нагріву, швидкість нагріву, швидкість охолодження, швидкість обертання деталі, зазор між матрицею і деталлю і деякі інші, які мають істотний вплив на процес пластичної деформації, а отже, і на величину зменшення внутрішнього діаметру гільзи.

Для того, щоб відновити гільзу в номінальний розмір, відповідно до креслення, технологічний процес повинен дотримуватися такої послідовності і складатися з наступних операцій: очищення; дефектація; попередня токарна обробка зовнішньої поверхні; ТПД гільзи; піскострумна обробка; плазмове напилювання; чорнова токарна обробка посадкових

пасків; розтачування внутрішньої поверхні; напівчистове і чистове хонінгування внутрішньої поверхні; фінішна антифрікційна безабразивна обробка; очищення внутрішньої поверхні; чистова обробка посадкових пасків; контроль

Шиліна Олена Павлівна - к.т.н., доц., кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Лозовенко Олександр Анатолієвич - студент групи ЗВ-15м, Вінницький національний технічний університет.

УДК 621.791.92

ВПЛИВ ФОРМИ АБРАЗИВНИХ ЧАСТИНОК НА ПРОЦЕС ЗНОШУВАННЯ

Шенфельд В.Й. к. т. н., ст. викладач., Пушкар М.В. студент

Руйнування робочих частин машин і поверхонь деталей пов'язане з процесом тертя. Абразивні частинки можуть мати різноманітну форму і бути по різному зорієнтовані відносно поверхні. Здатність абразивного зерна вдавлюватися в поверхню залежить не тільки від співвідношення їх твердості, але і від геометричної форми зерна. Так, зерно з випуклою поверхнею або гострим ребром може бути вдавлене, навіть без пошкодження, в плоску поверхню більш твердого тіла.

Механізм зношування відбувається у випадку, коли абразивні частинки входять в контакт з поверхнею металевої деталі по дотичній. Абразивні частинки пружно деформують метал, залишаючись цілими або руйнуються; в залежності від структури абразивного матеріалу і середовища, зерна можуть вдавлюватися в це середовище, повернутися або навіть вийти із зони контакту. Абразивна частинка втискується в метал деталі, якщо вона має більшу твердість, чим металічне зерно, і міцністю, достатньою для сприйняття навантаження, необхідного для втискування в метал, і якщо її достатньо підтримує основа. Впроваджена частинка при русі відносно поверхні може дряпати або зрізати мікроскопічну стружку. Різання може початися тільки при певному відношенні глибини проникнення абразиви до радіуса заокруглення його граней. Після багатократної пластичної деформації настає крихкість матеріалу. Встановлено, що відносна зносостійкість чистих металів знаходиться в лінійній залежності від мікротвердості.

Експериментально встановлено, що якщо розмір абразивних частинок, які знаходяться в маслі або іншій рідині, не перевищує 5мкм, то вони адсорбують на себе продукти окислення мастила, що може зменшити інтенсивність зношування деталей. Частинки більших розмірів наносять починають наносити шкоду. Так, при наявності в мастилі частинок менше 5мкм швидкість зношування становить 0,3 мг/год, а при частинках 10мкм - 0,92 мг/год.

Абразивні частинки, які попали в зазори пар тертя приймають участь в сприйманні прикладеного навантаження і можуть, в залежності від умов, вклинюватися в поверхні тертя, роздавлюватися на більш м'які фракції, перекочуватися вздовж поверхні зношування, пружно і пластинчасто деформуючи її.

Шенфельд Валерій Йосипович — к. т. н., ст. викладач кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Пушкар Максим Володимирович — студент групи 13В–13б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет.

УДК 621.3.038

УТВОРЕННЯ СТРУКТУРИ ПРИ БАГАТОШАРОВОМУ НАПЛАВЛЕННІ НА ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВІ СПЛАВИ

Шиліна О.П. к.т.н., доцент, Попадюк О. магістрант

При наплавленні плавким або неплавким електродом з присадним матеріалом, метал шва являє собою сплав основного та додаткового (електродного або присадного) металів. Склад шва визначається долями участі основного та наплавленого металів, від режиму наплавлення, складу флюсу, активності захисного газу.

Різниця між фактичним складом шва, визначеним за допомогою хімічного аналізу і розрахунковим складом дає змогу судити про ступень переходу того або іншого елемента у метал шва у процесі наплавлення. Знаючи кількість елемента, що переходить при наплавленні можна керувати ходом металургійних процесів, правильно обрати присадкові матеріали і режими наплавлення для отримання швів з необхідним хімічним складом та властивостями.

При багатошаровому наплавленні склад кожного шару різний, як різним є відсоток участі основного металу в наплавленому. Якщо при наплавленні 1-го шару основний метал безпосередньо приймає участь у формуванні шва, то 2-го і далі він приймає побічну участь. Відсоток участі основного металу у формуванні наплавленого металу залежить як від прийнятого способу, так і від режиму наплавлення. На зразок із сірого чавуну наплавили порошок дріт у два шари. Хімічний склад наплавленого порошковим дротом шару наступний: вуглець 2,2...2,5 %; хром 1,5...2,0 %; кремній 0,9...1,0 %; марганець 1,4...1,6 %; титан $\leq 0,1$ %; бор $\leq 0,1$ %.

В наплавленому шарі отримали структуру доевтектичного білого чавуну з твердістю Н 45...50 од. Спостерігаються мікророзподілення хрому на поверхні наплавленого шару у межах 1,5...до2,0%. На мікроструктурі – ділянки ледебуритного цементиту та перліту.

На рисунку 1 показані ділянки мікроструктури наплавленого у два шари. Товщина першого шару ≈ 3 мм; другого $\approx 2,5$ мм. На мікроструктурі видно плавний перехід від основного до наплавленого металів. Перший наплавлений шар насичений вуглецем, вміст якого у ньому досягає 3,0...3,3%. Це пояснюється змішуванням високовуглецевого, вміст вуглецю у другому шарі нижче і складає $\approx 2,7$ % вуглецю.оплавленого сірого чавуну з металом дроту. На рисунку 1а показана мікроструктура зони сплавлення порошкового дроту з основою. На границі спостерігаються залишки неповністю розчинених графітних включень. У цій зоні нема дефектів, що пояснюється сильною дією розкислення кремнію, що містить чавун.

Друга зона сплавлення рис.1б (між першим та другим шаром наплавлення) має невелику кількість макроскопічних дефектів (у вигляді дрібних газових пухирців); вірогідно, у цій зоні кремнію було недостатньо для попередження взаємодії з вуглецем окислів, які утворилися на поверхні металу після першого наплавлення.

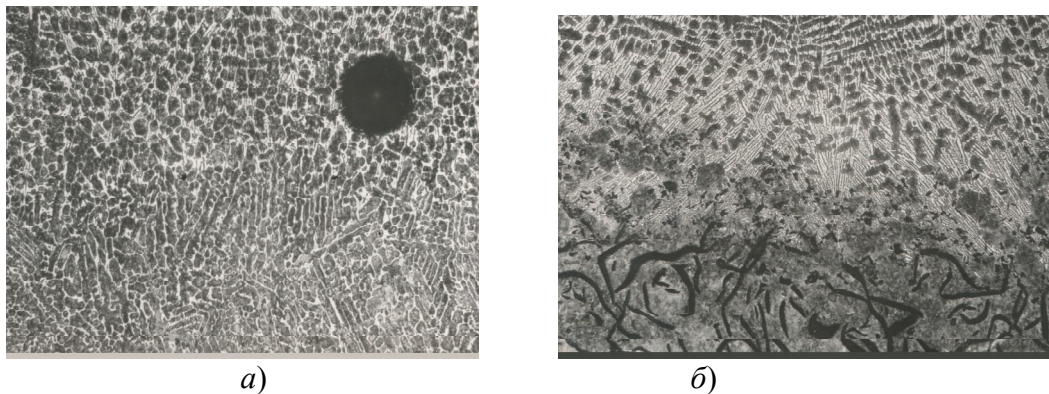


Рисунок 1 – Мікроструктура двошарової наплавки порошковим дротом на сірій чавун: *а*) – зона сплавлення проволочки з основою; *б*) – зона сплавлення першого та другого шарів. (x100)

Шиліна Олена Павлівна - к.т.н., доц., кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Попадюк Олексій Петрович - студент групи ЗВ-15м, Вінницький національний технічний університет.

УДК 621.3.038

ВПЛИВ ВАНАДІЮ НА ЯКІСТЬ ФОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ

Шиліна О.П. к.т.н., доцент, Сідлак М.П. магістрант

Одна з найважливіших народногосподарських проблем полягає у створенні структури поверхневого шару, яка сприяє підвищенню часу експлуатації деталей. Відомо, що межі міцності і плинності, а також ударна в'язкість сталі підвищуються при вмісті в ній ванадію без зниження відносних звуження і подовження. Ванадій зв'язує азот і знижує чутливість сталі до старіння, підвищує твердість, зносостійкість, а також підвищує теплостійкість сталі. Ванадій широко використовують при виробництві конструкційних, жароміцних та інструментальних сталей. Останнім часом все частіше застосовується мікролегування ванадієм конструкційних сталей, що значно підвищує їх якість. Для легування сталі ванадієм використовують феррованадій або спеціальні ванадіймісткі лігатури. Рідше для легування сталі використовують ванадіймісткі шлаки, ванадіймісткі металізовані котуни .

Метою роботи є дослідження впливу ванадію в наплавленному шарі на мікроструктуру робочого шару та його мікротвердість та твердість робочої поверхні та створення покриття з заданими технологічними властивостями.

Технічною задачею, яка вирішується в даній роботі, є підвищення мікротвердості покриття та створення структури покриття, що відповідає принципу Шарпі-Бочвара.

На попередньо підготовлені до наплавлювання шийки вала зі сталі 40Х рівномірно наносили пасту на основі феррованадію, що забезпечували обертанням деталі та поступальним переміщенням.

Для проведення наплавлення використана вдосконалена установка УД - 209М. Наплавлення виконували на постійному струмі, полярність – зворотна (плюс – електрод, мінус – деталь), наплавочним дротом Нп-30ХГСА, який містить легувальні елементи хром, кремній, марганець. Для збільшення твердості та зміни структури покриття використовували феррованадій марки ФВд50У0,5.

Приготування шліфів для проведення металографічних дослідів здійснювалось за

стандартними методиками. Труїння шліфів проводили розчином хлористого заліза ($\text{FeCl}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$).

Металографічні дослідження отриманих зразків проводились на мікроскопі МІМ-7. ДюрOMETричні випробування проводились на приладі ПМТ-3 методом вдавлювання алмазної пірамідки під навантаженням від 0.5 до 2 Н.

Відомо, що при визначеній кількості ванадію у білому чавуні замість ледебуріту кристалізується евтектика, яка складається з карбїду ванадію $\text{VC}_{0,88}$ та перліту при кімнатній температурі. Ця евтектика має інвертовану структуру – в ній матрицею слугує перліт, в якому вкраплена карбїдна фаза, тобто повністю відповідає принципу Шарпі-Бочвара. Дослідження показали, що повна «інверсія» мікроструктури карбїдної евтектики досягається в наплавлених шарах. Така незвичайна мікроструктура білого чавуну забезпечує високу міцність, в'язкість та зносостійкість металу.

Аналіз отриманих результатів показав:

- оброблена поверхня залишається гладенькою, незалежно від того, що вона тимчасово переходить у твердо-рідкий стан;

- досягається оптимальна об'ємна структура, при якій тверді зони, що складаються з більш крихкого матеріалу, ізольовані одна від одної, а між ними розташована безперервна матриця з в'язкого незміцненого матеріалу – виконується так званий принцип Шарпі-Бочвара.

Шиліна Олена Павлівна - к.т.н., доц., кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

Сідлак Максим Петрович - студент групи ЗВ-16м, Вінницький національний технічний університет.