

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

III-ої МІЖНАРОДНОЇ ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ

“ПРОБЛЕМИ ДОВГОВІЧНОСТІ МАТЕРІАЛІВ, ПОКРИТТІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ”

23 грудня 2015

Частина 1

ВНТУ, Вінниця, 2015

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 III-ої міжнародної інтернет-конференції «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій», 23 грудня 2015 року: збірник наукових праць. Частина 1 / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 37 с.

Збірник містить тези доповідей III-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, 2015

ЗМІСТ

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СТАЛІ 45Х КОМБІНОВАНИМ РЕЖИМОМ ІОННОГО АЗОТУВАННЯ О.Ю. Рудик, М.Я. Колоднюк.....	5
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІЦНЮЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ В.Л. Куликівський, В.М. Боровський, Р.М. Поліщук.....	6
ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ МІЦНОСТІ БАЛОНІВ ВИСОКОГО ТИСКУ В.К. Палійчук, В.Л. Куликівський, М.В. Прохоренко.....	7
ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НОЖА ВІДВАЛУ БУЛЬДОЗЕРІВ НА ЙОГО ЗНОСОСТІЙКІСТЬ С.Ф. Посонський, О.Ю. Герасімов, В.Ю. Бондарчук.....	8
ВПЛИВ СКЛАДУ ЕЛЕКТРОДНОГО ПОКРИТТЯ З ЕКЗОТЕРМІЧНОЮ СУМІШШЮ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ПРИ РЕМОНТНОМУ ЗВАРЮВАННІ А.Ф. Власов, Г.М. Кушій, С.І. Васильцов.....	9
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ВИРОБІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ЗНОСУ ТЕРТЯМ Н.О. Макаренко, І.О. Дьяченко, А.С. Мирошниченко.....	10
ВИБІР СПОСОБУ ЗАВАРЮВАННЯ ДЕФЕКТІВ ЛИТТЯ СТАЛІ 110Г13 І.О. Бойко, С.І. Васильцов, І.В. Петренчик	11
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДКРИТИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ В.А. Гончар.....	12
ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ВАЖКО НАВАНТАЖЕНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ КОНТАКТНОМУ ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ В.Г. Каплун	13
ВПЛИВ ЛЕГУВАННЯ ПОВЕРХНІ СТАЛЕЙ АЗОТОМ НА ЇЇ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВРІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ П.В. Каплун.....	14
УПРОЧНЕНИЕ ЛИТОЙ ЧАШИ ШЛАКОВОЗА РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ, ЗАКРЕПЛЕННЫМИ СВАРКОЙ А.В. Лоза.....	15
ВЛАСТИВОСТІ ОПЛАВЛЕННОЇ ПОВЕРХНІ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ О.П. Шиліна, П.В. Левандовський	16
ВПЛИВ ВАНАДІЮ НА ЗМІНУ СТРУКТУРИ В ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ О.П. Шиліна, В.О. Джура.....	17
ВПЛИВ ВИТРАТИ ЗАХИСНОГО ГАЗУ НА ЯКІСТЬ ФОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ. О. П. Шиліна, М. П. Сідлак.....	18
СКЛАДОВІ ПОХИБКИ РОЗМІРУ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ А. Ю. Осадчук А. А. Осадчук	19
ВПЛИВ МОЛІБДЕНУ НА ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЧАВУННИХ ПОВЕРХОНЬ МАТОЧИНИ ОПОРНОГО КОТКА ТАНКА Т-72 О.П. Шиліна, С.Б. Почхоходжаєв.....	21
ВТОРИННІ СТРУКТУРИ НА ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН К.В. Борак.....	22
ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО АУСТЕНИТА О. Хессе (O. Hesse), А.Е. Капустян, В.Г. Ефременко, С.П. Бережный, М.Н. Брыков.....	23

ІЗНОСОСТІЙКІСТЬ АНОДНО-ІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ НА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ О.В. Диха, Р.В. Діловий, Я.М. Облядрук.....	24
ПРИРОДА ПОТЕНЦІАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ДИСТОРСІЇ В. П. Ромбах.....	25
ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗМІРІВ ТА ФОРМИ ДІЛЯНОК ЗОНИ ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ В.М. Тарасюк, Д.В. Бакалець, В.І. Савуляк.....	26
СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЯК КОМПОНЕНТ ПЕТЛІ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ О.В. Березюк, В.І. Савуляк	28
ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ВТРАТУ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВАЛА ГРЕБНОГО ГВИНТА Т. Кіт, В.І. Савуляк.....	29
АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАНЕСЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ О.Л. Гайдамак, В.І. Савуляк, В.Ю. Кучерук, А. Рабінко.....	30
ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ТРИБОСИСТЕМ Р.В. Сорокати, К.О. Диха.....	32
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МЕТОДОЛОГІЇ ТРИБОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ О.В. Диха, О.П. Динько, В.В. Синюк.....	33
ВПЛИВ ВУГЛЕЦЕВИХ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ НАПЛАВЛЕННОГО ВАЛКА В.І. Савуляк, В.Й. Шенфельд, С.А. Степанюк.....	34
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ АВТОБУСА, ЩО ПРАЦЮЄ НА ДИЗЕЛЬНОМУ БІОПАЛИВІ, В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗАВАНТАЖЕННЯ С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко.....	35
ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ ХОЛОДНИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ Е.К. Посвятенко, П.А. Аксьом.....	37
ОЦЕНКА АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА А.Г. Белик, С.С. Вакула.....	38
УПРОЧНЕНИЕ ЛИТОЙ ЧАШИ ШЛАКОВОЗА РЕБРАМИ ЖЕСТКОСТИ, ЗАКРЕПЛЕННЫМИ СВАРКОЙ А.В. Лоза	39
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ФОРМИ ПЕРЕРІЗУ НЕРОЗ'ЄМНОГО З'ЄДНАННЯ РІЗНОТОВЩИННИХ ДЕТАЛЕЙ НА ЖОЛОБЛЕННЯ РАМНО-ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ О.В. Поступайло.....	40

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СТАЛІ 45Х КОМБІНОВАНИМ РЕЖИМОМ ІОННОГО АЗОТУВАННЯ

Рудик О.Ю., к.т.н., доцент, Колоднюк М.Я., студент

Відомо, що проведення двостадійного процесу іонного азотування (на першій стадії формується зона внутрішнього азотування, а на другій наводиться карбонітридна зона на поверхні деталі) дозволяє інтенсифікувати процес насичення й одержати пластичні карбонітридні шари з високою зносостійкістю в умовах сухого тертя. Тому з метою розширення діапазону застосовності процесу зміцнення для підвищення зносостійкості сталі 45Х в корозійно-активних середовищах замість одностадійного режиму (4 год. в атмосфері 75 об. % N_2 + 25 об. % Ar , тиск 266 Па) запропонований комбінований (перша стадія - 3 год., 75 об. % N_2 + 25 об. Ar ; друга - 1 год., 90 об. % N_2 і 10 об. % C_3H_8 , 265 Па).

Встановлено, що введення в азотну плазму C_3H_8 сприяє утворенню цементиту, з'єднань на основі карбонітриду ϵ - $[Fe_{2-3}(CN)]$ та підвищенню концентрації α -фази (з 14 до 61 %) за рахунок зниження концентрації γ' -фази (з 55 до 9 %).

Гравіметричним методом визначення корозійних втрат встановлено, що незалежно від режимів зміцнення корозія сталі у лужному середовищі (рН 11) не відбувається, але застосування комбінованого режиму зменшує інтенсивність зношування (з 0,4 до 0,3 мкм/км) та коефіцієнт тертя (з 0,13 до 0,12). Металографічним аналізом слідів крихкого руйнування не виявлено, отже, ріст зносостійкості можна пояснити виникненням майже монофазного ϵ -карбонітриду з гексагональною щільноупакованою кристалічною ґраткою.

Застосування комбінованого режиму порівняно з одностадійним підвищує швидкість корозії сталі при перемішуванні нейтрального середовища (рН 7) з 0,0005 до 0,0022 г/м²·год., що викликано пониженням концентрації азоту в поверхневому шарі. Тому підвищення зносостійкості (з 1,4 до 1,2 мкм/год) пояснюється, як і в попередньому випадку, тільки високими антифрикційними властивостями та пластичністю ϵ -карбонітриду.

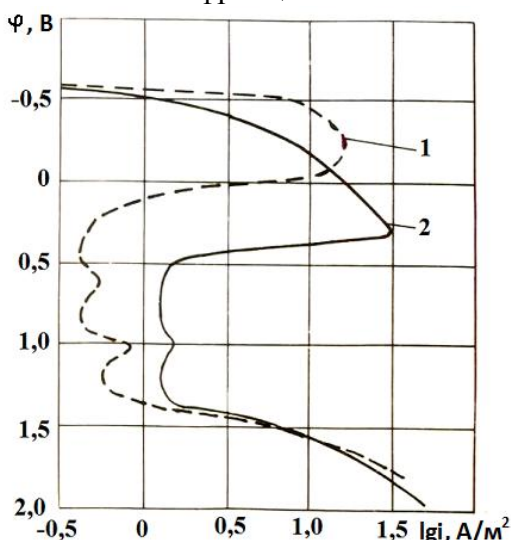


Рисунок 1 – Анодні поляризаційні криві азотованої по одностадійному (1) та комбінованому (2) режимам сталі 45Х у кислому середовищі в статичі

У кислому середовищі (рН 6,5) при застосуванні комбінованого режиму корозійні процеси протікають менш інтенсивно, про що свідчать пологіший хід анодної поляризаційної кривої (рис. 1) та результати гравіметричних випробувань (швидкість корозії при перемішуванні 20,67 і 13,56 г/м²·год. відповідно при одностадійному та комбінованому режимах).

Оскільки при терті деталей в корозійно-активних середовищах електрохімічне розчинення поверхонь виконує істотну роль, підвищення корозійної стійкості сталі у кислому середовищі призводить до додаткового збільшення її зносостійкості. Тому інтенсивність зношування сталі в результаті комбінованого режиму знижується з 3 до 2 мкм/год порівняно з одностадійним.

Отже, застосування комбінованого режиму іонного азотування дозволило збільшити зносостійкість сталі 45Х в усіх досліджуваних корозійно-активних середовищах.

Рудик Олександр Юхимович - к.т.н., доцент кафедри зносостійкості та надійності машин, Хмельницький національний університет.

Колоднюк Михайло Якович - студент кафедри зносостійкості та надійності машин, Хмельницький національний університет.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІЦНЮЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ

Куликівський В.Л., к.т.н., Боровський В.М., ст. викладач,
Поліщук Р.М., магістрант

З метою дослідження прогресивних технологічних процесів були обрані наступні зміцнюючі технології обробки: класична термообробка з подальшим газотермічним напиленням; експериментальна термообробка із подальшим газотермічним напиленням досліджуваним порошком; газотермічне напилення без термообробки; газотермічне напилення з досліджуваним порошком.

Для проведення експерименту були виготовлені чотири партії зразків зі сталі 15Х, які в подальшому піддавалися різним технологіям обробки.

Технологічний режим хіміко-термічної обробки (рис. 1) полягав у цементації при температурі 900 °С, загартуванню при температурі 850 °С, подальшому низькому відпуску.

Частину зразків піддавали хіміко-термічній обробці, що містить карбюризатор, основними компонентами якого є вуглець, а також супутні елементи Са, Al, Si, тому після цементації поверхня насичувалась як вуглецем, так і вище переліченими елементами. Після цементації та гартування використовували охолоджуючу рідину на основі водного розчину борогидрата натрію.

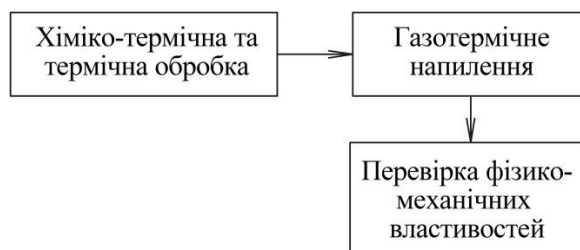


Рисунок 1 – Запропонована технологія обробки деталей

Термічно оброблену поверхню піддавали газотермічному напиленню відомими складами порошків, а також нанопорошком. Для його створення пропонується до складу стандартних оксидних та карбідних композиційних порошків ввести наночастинки відходів целюлозного виробництва. Для покриття був обраний термореагуючий порошок на нікелевій основі, в склад якого були введені наночастинки целюлози.

У порівнянні зі стандартними складами порошків, наноструктуровані частинки дають можливість досягти мінімальної пористості структури покриттів, а також сприяють збільшенню міцності покриття.

Методика експериментальних досліджень на зносостійкість полягала у тому, що випробовувані зразки, притиснуті один до одного із заданим зусиллям, обопільно переміщувались в середовищі мастильних матеріалів.

Дослідження показали, що запропонована зміцнююча технологія обробки деталей машин дозволяє підвищити зносостійкість у 3 рази.

Куликівський Володимир Леонідович - к.т.н., доцент кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технологічних систем, Житомирський національний агроекологічний університет.

Боровський Віктор Миколайович - старший викладач кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технологічних систем, Житомирський національний агроекологічний університет.

Поліщук Руслан Миколайович - магістрант кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технологічних систем, Житомирський національний агроекологічний університет.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ МІЦНОСТІ БАЛОНІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

Палійчук В.К., к.т.н., доц., Куликівський В.Л., к.т.н.,
Прохоренко М.В., магістрант

Для постачання паливом одного двигуна внутрішнього згоряння потрібно від 2 до 3 газових балонів для легкових автомобілів до 10 і більше для вантажних автомобілів або тракторів. Габарити існуючих транспортних засобів обмежують розміри балонів. Крім того, газові балони помітно знижують вантажопідйомність автомобілів та вимагають тим більших витрат палива на власне перевезення, чим вони масивніші. При цьому вони працюють в умовах циклічних термомеханічних навантажень.

У зв'язку з цим створення нових конструкцій газових балонів простими та високотехнологічними способами із сучасних матеріалів залишається актуальним завданням. Найбільш очевидний шлях вдосконалення – зменшення кількості металу в конструкції балона шляхом заміни його альтернативними матеріалами з кращими конструктивними характеристиками.

Металопластикові балони високого тиску з армуючою оболонкою по циліндричній частині – наступний крок до вирішення проблеми виробництва економічних, простих у виготовленні та надійних ємностей високого тиску. Дана проблема вирішується шляхом застосування комбінованих балонів, в яких герметична металева оболонка об'єднується з силовою оболонкою із композиційних матеріалів. Крім того, в конструкцію балона можуть вводитися додаткові шари, що виконують захисну та інші функції. Таким чином, балон утворюється з'єднанням шарів з різним функціональним призначенням.

Для вибору оптимальної конструкції досліджувалися два типи балонів із композиційних матеріалів. В цілому балони складалися з двох частин: внутрішня частина – склопластик, зовнішня – металева. Для виключення контакту склопластикової оболонки з металевою обшивкою передбачений зазор, який заповнюється ізотропним матеріалом низької щільності. При дослідженні несучої здатності балонів розглядалися два етапи руйнування армованої оболонки. На першому етапі визначалася величина тиску, коли відбувається руйнування зв'язуючого елементу. На другому етапі фіксувався граничний тиск, при якому відбувалося руйнування склопластику в точках внутрішньої поверхні циліндричної оболонки.

Варіюючи жорсткістю склопластикової оболонки, а також, вводячи м'який заповнювач між внутрішньою частиною та обшивкою, вдається досягти умов рівномірної роботи матеріалу такої конструкції (комбінований балон). Зі збільшенням інтенсивності тиску внутрішня склопластикові оболонка практично передає велику частину навантаження на більш жорстку зовнішню металеву оболонку.

Порівняння склопластикових та комбінованих балонів за їх несучою здатністю показали, що останні мають ряд переваг – вони менше деформуються, більш надійні в експлуатації і виграють у плані теплоізоляційних властивостей.

Палійчук Володимир Костянтинович - к.т.н., доцент кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технологічних систем, Житомирський національний агроекологічний університет.

Куликівський Володимир Леонідович - к.т.н., доцент кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технологічних систем, Житомирський національний агроекологічний університет.

Прохоренко Микола Вікторович - магістрант кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технологічних систем, Житомирський національний агроекологічний університет.

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НОЖА ВІДВАЛУ БУЛЬДОЗЕРІВ НА ЙОГО ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

Посонський С.Ф., к.т.н., доц., Герасімов О.Ю., студент, Бондарчук В.Ю., студент

Землерийні машини працюють із ножами, завжди затупленими до певного ступеня. Їхня форма і розміри змінюються внаслідок абразивного впливу ґрунтів. Наприклад, ножі автогрейдерів зношуються по своїй ріжучій крайці і залежно від абразивності розроблювальних ґрунтів мають у середньому довговічність від 80 до 400 годин. Довговічність ножів визначається їхнім зношуванням по ширині.

Середній тиск на площадку, що суттєво впливає на процес зношування, описується залежністю (1):

$$\sigma_{nl} = \frac{R_{Nnl} \cdot \cos \mu}{a \cdot b \cdot \cos \delta_1 + \mu} = \frac{R_{Pnl} \cdot \cos \mu}{a \cdot b \cdot \sin \delta_1 + \mu} \quad (1)$$

де a - ширина площадки зношування, b - ширина ножа.

Опір площадки зношування складається з нормальних і дотичних опорів стиску та зняття ґрунту. Їхня результуюча сила відхиляється від нормалі до площадки зношування ножа на кут тертя μ .

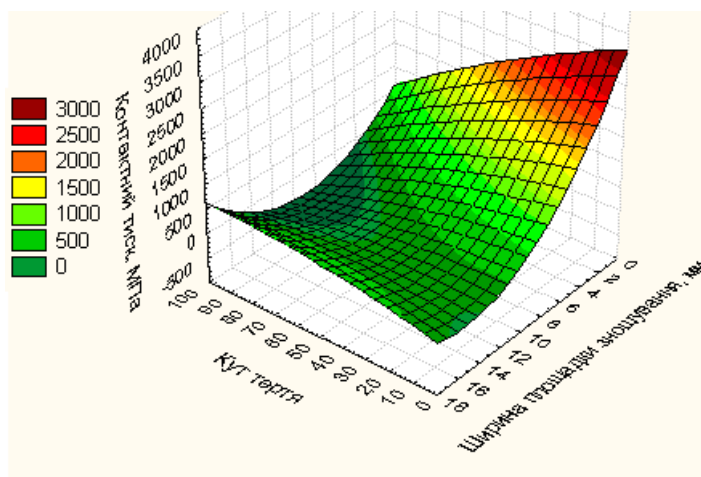


Рисунок 1 – Залежність середнього тиску на площадці зношування від кута тертя та ширини площадки зношування.

Наприклад для бульдозерів типу ДЗ можуть використовуватись ножі з параметрами: $\delta_1 = 55^\circ$, ширина $b = 19$ мм, та розрахункове значення сумарного опору руху $W = P = 65000$ Н. Площадка зношування ножа досягає значень порядку 17 мм і більше, тому для визначення залежності контактного тиску від ширини площадки та кута тертя задамося рядом величин: $a = 0 \dots 16$ мм.; $\mu = 0 \dots 90^\circ$.

Результати розрахунку показано на рисунку 1.

Як видно з залежності, контактний тиск збільшується із зниженням кута тертя та ширини площадки зношування, що призводить до збільшення зносу.

Посонський Сергій Феліксович - к.т.н., доц., кафедри зносостійкості і надійності машин, Хмельницький національний університет.

Герасімов Олександр Юрійович - студент, Хмельницький національний університет.

Бондарчук Віктор Юрійович - студент, Хмельницький національний університет.

ВПЛИВ СКЛАДУ ЕЛЕКТРОДНОГО ПОКРИТТЯ З ЕКЗОТЕРМІЧНОЮ СУМІШШЮ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ПРИ РЕМОНТНОМУ ЗВАРЮВАННІ

Власов А.Ф., к.т.н., доц., Кущій Г.М., к.т.н., ст. викл,
Васильцов С.І., інженер

На машинобудівних підприємствах з розвиненою інфраструктурою виготовлення металоконструкцій проблема підвищення продуктивності та якості дугового зварювання й наплавлення вирішується використанням автоматичних та напівавтоматичних методів зварювання, пов'язаних з використанням високопродуктивного дорогого устаткування. Але для підприємств металургійної галузі і організацій, що займаються ремонтом деталей машин і металоконструкцій, що вийшли з ладу, такий підхід економічно і технічно недоцільний. Наприклад, при зварюванні дефектів виливків і тріщин станин металообробних верстатів ручне дугове зварювання і наплавлення покритими електродами залишається найбільш ефективним способом ремонту.

Для забезпечення рівномірності плавлення електродного осердя і покриття доцільно використовувати ефект екзотермічних реакцій. Результати розрахунків термічності окалини та її складових при протіканні реакції взаємодії з алюмінієвим порошком показали, що при невеликій різниці при тепловиділенні, при використанні прокатної окалини замість окалини від ковальсько-пресового виробництва відновлюється більша 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.

Моделювання процесу плавлення здійснювали за допомогою програмної системи Statistica 6. Експериментальна реалізація планів здійснювалася шляхом визначення коефіцієнтів наплавлення і коефіцієнтів втрат електродного металу. Змінні параметри: зміст екзотермічної суміші в покритті електродів (N_{ec}), кількість частин окалини по відношенню до частин алюмінієвого порошку (A) і товщина електродного покриття (δ).

Аналіз отриманих моделей показав, що оптимальним є вміст екзотермічної суміші в кількості 35 ... 40% при товщині покриття 1,6 мм на сторону і співвідношенні окалини до алюмінієвого порошку 3:1. При таких параметрах коефіцієнт втрат електродного металу має найменше значення, а коефіцієнт наплавлення відповідає заданому значенню при розрахунку оптимального вмісту екзотермічної суміші.

Власов Анатолій Федорович – к.т.н., доцент кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва», Донбаська державна машинобудівна академія.

Кущій Ганна Михайлівна – к.т.н., ст. викл. кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва», Донбаська державна машинобудівна академія.

Васильцов Сергій Ігорович – інженер ПАТ «Славтяжмаш».

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРОШКОВОГО ДРОТУ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ВИРОБІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ЗНОСУ ТЕРТЯМ

Макаренко Н.О., д.т.н., проф., Дьяченко І.О., аспірант,
Мирошниченко А.С., студент

Плазмове наплавлення з аксіальним подаванням порошкового дроту є одним з найбільш ефективних процесів надання заданих властивостей інструментам, деталям машин, виробам, які працюють в умовах зносу тертям. Це пояснюється, зокрема, можливістю отримання заданого хімічного складу наплавленого металу вже в першому шарі, що обумовлено малою глибиною проплавлення основного металу. Однак використання в якості плавкого електроду порошкових дротів, які розширюють можливості плазмових процесів, вимагає розробки нових складів шихти, що враховують особливості даного процесу зміцнення і відновлення.

Розроблено порошковий дріт для плазма-МІГ наплавлення деталей, що працюють в умовах тертя металу об метал, який забезпечує добрі техніко-технологічні показники: високий коефіцієнт наплавлення (26,2 - 27,1 г/А.год); низькі втрати на угар і розбризкування (5,4 - 6,2%); малу глибину проплавлення основного металу (1,6 - 1,8 мм). Встановлено, що оптимальний склад порошкового дроту, що дозволяє отримати високу стійкість наплавленого металу, є наступним, мас. %: феромарганець 12-14; алюміній 5-7; залізний порошок 63,8 - 65,8; титан 1,2 - 2,2; кріоліт 4-7; борний ангідрид 4-6; ванадат стронцію 3-5. Коефіцієнт заповнення дроту - 32% (при застосуванні стрічки марки 08КП перетином 0,5x15 мм).

Рекомендуємо багатопарове плазмове наплавлення з аксіальним подаванням порошкового дроту при зворотній полярності обох дуг на наступному режимі: струм плазмової дуги - 105 А; напруга плазмової дуги - 48 В; струм плавкого електроду - 340 А; напруга дуги плавкого електроду - 26 В; витрата аргону (плазмоутворюючого - 5,4 л/хв; захисного - 15 л /хв); швидкість наплавлення - 48 м/год.

Проведені дослідження показали, що ванадат стронцію при нагріванні розпадається з виділенням оксиду стронцію та оксиду ванадію, що призводить до зменшення виділення енергії на виробі і знижує глибину проплавлення основного металу.

Макаренко Наталія Олексіївна - д.т.н., проф., зав.кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва», Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА).

Дьяченко Інна Олегівна - аспірант кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва», ДДМА.

Мирошниченко Андрій Сергійович - студент кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва», ДДМА.

ВИБІР СПОСОБУ ЗАВАРЮВАННЯ ДЕФЕКТІВ ЛИТТЯ СТАЛІ 110Г13

Бойко І.О., к.т.н., ст. викл., Васильцов С.І., інженер, Петренчик І.В., студент

Високомарганцева сталь Гадфільда вже близько ста років успішно застосовується в машинобудуванні. Завдяки властивості наклепу робочої поверхні при пластичній серцевині сталь 110Г13 навіть в даний час є фактично безальтернативною для виготовлення виробів, що працюють під впливом ударних, ударно-абразивних навантажень і високих питомих статичних тисків, наприклад траків гусениць тракторів, щік дробарок, рейкових хрестовин, стрілочних переводів. Поряд з унікальними властивостями, сталь має досить невисоку вартість, тому її застосування має незаперечні переваги.

Як відомо, основною проблемою зварювання високомарганцевмісних аустенітних сталей є їх схильність до утворення гарячих тріщин. Причинами цього явища прийнято вважати наявність ряду внутрішніх дефектів (ліквації, неметалеві включення) і велику протяжність зерен, через що скупчення легкоплавких евтектик на їх межі має яскраво виражений характер. Для зниження ймовірності утворення тріщин шви негайно охолоджують безпосередньо після зварювання і (або) застосовують наплавлений метал, що має аустенітно-феритну структуру.

При виготовленні деталей та їх відновленні методами зварювання та наплавлення основна частина робіт досі виконується ручним способом покритими електродами. В основному використовуються низковуглецеві електроди з легуючими системами на базі Cr-Ni (ОЗЛ-6, НІ48Г), Cr-Mn-Ni (АНВ-2у), Cr-Mn (АНВМ-2). Однак, ручне зварювання і наплавка високолегованої сталі покритими електродами характеризуються низькою продуктивністю процесу, а також досить високою вартістю наплавленого металу. В даний час актуально створення і застосування більш економічних порошкових дротів для зварювання та наплавлення даної сталі.

Розроблений порошковий дріт має оболонку з сталі 65Г, при наплавленні яким отримали наплавлений шар з високими механічними властивостями та низьким рівнем неметалічних включень, що найчастіше є причинами утворення тріщин в аустенітній структурі наплавленого металу.

У ході розробки також приділялася увага санітарно-гігієнічним показникам даного дроту, тому при дуговому процесі можливе виділення значної кількості оксиду марганцю в зварювальному аерозолі, який вдалося значно знизити за рахунок підвищення частки шлакостворюючих компонентів в шихті, а також підвищення вкриваючої здатності шлаку.

Металографічний аналіз наплавлених зразків показав, що структура наплавленого металу аустенітна, а кількість найбільш небезпечних великих неметалічних включень помітно знижено. Зразки показують тріщиностійкість аналогічну зразкам наплавленим електродами Т-590. Для гарантованого уникнення гарячих тріщин потрібно охолодження водою місця зварювання або наплавлення безпосередньо після його закінчення.

В умовах Новокраматорського машинобудівного заводу використання даної порошкового дроту можливо для виготовлення шнеків дроберозмелювальних установок ДШЗ 500х140, зварювання та наплавлення бронерудорозмелювальних млинів МСЦ 3600х4500 і МШР 4500х6000, а також заварці тріщин виливків після відрізки прибутків.

Використання розробленого порошкового дроту дозволяє в 4-5 разів підвищити продуктивність процесу зварювання або наплавлення в порівнянні з РДС, в 1,5-2 рази знизити вартість наплавленого металу, а також поліпшити умови роботи зварювальників.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВІДКРИТИХ ЗУБЧАТИХ ПЕРЕДАЧ

Гончар В.А. к.т.н., старший науковий співробітник

Зубчасті передачі мають широке застосування в техніці. Їх довговічність і надійність часто визначають надійність і довговічність машин в цілому. Досвід експлуатації зубчастих коліс свідчить, що переважна більшість виходу їх з ладу відкритих зубчастих передач відбувається в результаті поломки зубів від вигину. В даний час існує багато способів підвищення зносостійкості і довговічності зубчастих передач, але проблема не вирішена до кінця і є актуальною.

Дослідження на багатоциклову втому при згині проводились на гладких циліндричних зразках діаметром 5 мм на машині ИМА-5 при частоту згині з обертанням (частота 50 Гц), в середовищі 3%-ного розчину NaCl і в повітрі. Зразки виготовлялись з Сталі 45, частина з яких піддавалась іонному азотуванню в воденьмісткому (60 об. % N_2 + 40 об. % H_2) і безводневому (60 об. % N_2 + 40 об. % Ar) середовищах при постійній решті технологічних параметрах ($T = 540^\circ C$, $p = 80$ Па, $\phi = 240$ хв).

Результати цих досліджень показують, що межа витривалості зразків, що піддавалися попередньому іонному азотуванню в безводневих середовищах, при випробуваннях на повітрі підвищився в 1,9 рази (з 190 до 370 МПа), а при випробуваннях в 3%-му розчині NaCl в 3,6 рази (з 30 до 110 МПа) в порівнянні з аналогічними значеннями для не азотованих зразків. Межа витривалості зразків, азотованих середовищі, що містить водень, при випробуваннях в 3%-ому розчині NaCl на 25% нижче в порівнянні із зразками, які азотувалися за аналогічним режимом в безводневих середовищах. Причиною зниження межі витривалості є шкідливий вплив водню, що викликає декогезію кристалічної решітки металу, взаємодія атомів водню в металі з дислокаціями, тиском молекулярного водню в мікропорожнинах сталі, хімічну взаємодію водню з компонентами сплаву і виділенням воденьмістких фаз.

Випробування на багатоциклову втому з концентратором напружень проводилося на плоских зразках зі сталі 45Х на стенді з електромагнітним збудженням ЕРС-200 при консольному вигині зразка в одній площині і резонансі. Концентратор напружень (нарізана до зміцнення канавка глибиною 1 мм з кутом розкриття 60° і радіусом при вершині 0,2 мм) мав ефективний коефіцієнт концентрації, розрахований за Нейбером, рівний 3,22. Випробування проводилися на повітрі і в кислому середовищі (буферний розчин лимонної кислоти 5 г/л і двохзаміщеного фосфорнокислого натрію 10 г/л) рН 6,5 при частоті навантаження 350...400 Гц. За базу випробувань на повітрі і в кислому середовищі були прийняті відповідно 10^7 і $5 \cdot 10^7$ циклів навантаження. Дослідження припинялися при досягненні довжини тріщини 0,5 мм, яка фіксувалася мікроскопом МБС-1 (x88).

Аналіз умов експлуатації і напружено-деформованого стану зубів відкритих зубчастих передач показали, що різні ділянки поверхні зубів приймають різні за величиною і видом напруження. Найбільш небезпечними ділянками поверхні є ніжка і западина між зубцями. Тому очевидно, що для цих ділянок поверхні необхідні різні властивості поверхневого шару і залишкові напруження стиску, що забезпечують максимальну зносостійкість і довговічність зубчастих коліс. Досягти цієї мети можна за рахунок зміцнення поверхні зубів і в першу чергу на небезпечних ділянках за рахунок нанесення зміцнюючих покриттів з градієнтної структурою по глибині, створення в поверхневих шарах залишкових напружень стиску з оптимальним значенням і зміцнення серцевини зуба. Для цього слід використовувати термічну обробку матеріалу зуба з підвищенням твердості його серцевини, наносити зміцнюючі покриття із застосуванням іонного азотування в безводневих середовищах за оптимальними технологічними режимами з урахуванням умов експлуатації.

Гончар Володимир Антонович – к.т.н., старший науковий співробітник науково-дослідної частини ХНУ, Хмельницький національний університет, Україна.

ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ВАЖКО НАВАНТАЖЕНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ КОНТАКТНОМУ ЦИКЛІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Каплун В.Г. д.т.н., професор

В техніці велика кількість конструкційних елементів працює в умовах циклічної дії великих контактних навантажень при коченні з проковзуванням, зокрема: підшипники кочення, зубчаті колеса, валки прокатних станів, колеса залізничних поїздів та заводських і будівельних кранів тощо. В зоні контакту під дією нормальних і дотичних навантажень виникають великі контактні напруження, які в початковий період експлуатації часто перевищують границю пропорційності матеріалу та викликають пластичні деформації. В залежності від співвідношення нормальних і дотичних навантажень та середовища відбувається руйнування поверхні контактування за рахунок виникнення втомних мікротріщин їх розвитку і утворення пітингу або зношування при проковзування в абразивному середовищі.

Дослідженнями багатьох авторів встановлено, що відповідальними за утворення мікротріщин в матеріалі є максимальні дотичні напруження, які виникають при дії як нормальних, так і дотичних навантажень. При відсутності або малих значеннях дотичних сил в контакті максимальні дотичні напруження знаходяться на певній глибині від поверхні і визначаються за теорією Герца. При збільшенні дотичних навантажень максимальні дотичні напруження наближаються до поверхні і при відношенні їх до нормального навантаження більшому 0,3 виходять на поверхню. Тому для підвищення зносостійкості та довговічності конструкційних елементів при циклічному контактному навантаженні необхідно зміцнювати поверхню, наносячи відповідні покриття. Пріоритетними є дифузійні покриття (нітридні, карбідні, карбонітридні), що характеризуються високою твердістю, плавним градієнтом твердості по глибині, значною товщиною при відсутності проблеми адгезійної міцності на відміну від покриттів, одержаних методом осадження. Дослідження показують, що при великих контактних навантаженнях покриття будуть швидко руйнуватися, якщо вони опираються на основу малої твердості. Тому в таких випадках необхідно підвищувати твердість основи методами термічної обробки до значень твердості нижнього шару покриття.

Великий вплив на довговічність конструкційних елементів має структура матеріалу і залишкові напруження стиску, які виникають в поверхневих шарах при нанесенні дифузійних покриттів. Наявність в структурі матеріалу метастабільного залишкового аустеніту в оптимальній кількості сприяє підвищенню контактної витривалості та зносостійкості матеріалів в абразивному середовищі при коченні з проковзуванням. В результаті циклічного контактного деформування поверхневого шару залишковий аустеніт перетворюється в більш твердий мартенсит, поглинаючи при цьому частку енергії руйнування, що приводить до збільшення довговічності деталей машин.

Дослідження процесу тріщиностійкості показують, що відповідальними за утворення мікротріщин в крім інших факторів є напруження розтягу. Залишкові напруження стиску компенсують напруження розтягу, що виникають на поверхні контакту при коченні з проковзуванням. Максимальний ефект досягається при оптимальному значенні залишкових напружень стиску, які визначаються з умови рівномірності розтягнутої і стисненої зон на поверхні.

Значний вплив на контактну витривалість матеріалів має водень та гідридні сполуки, що утворюються при хіміко-термічній обробці при нанесенні дифузійних покриттів в водневих насичуючих середовищах (аміаку, газових сумішах з воднем). Нашими дослідженнями і дослідженнями багатьох авторів встановлено, що водень і його сполуки з металом викликають окрихчення поверхневих шарів конструкційних елементів та значне зменшення міцності серцевини матеріалу. Це викликає значне зменшення довговічності та

зносостійкості деталей машин, що працюють при циклічному контактному навантаженні і особливо при ударних навантаженнях.

Таким чином, для підвищення зносостійкості та довговічності важко навантажених конструкційних елементів необхідно: застосовувати зміцнення поверхні нанесенням дифузійних покриттів великої товщини і оптимальної твердості та високої твердості для умов роботи в абразивному середовищі; зміцнювати серцевину матеріалу методами термічної обробки, підвищуючи її твердість і створюючи структуру матеріалу з оптимальним вмістом залишкового аустеніту; застосовувати безводневі технології при нанесенні дифузійних покриттів.

Каплун Віталій Григорович – д.т.н., професор, директор НДІ Трибології і матеріалознавства, Хмельницький національний університет, Україна.

УДК 621.891

ВПЛИВ ЛЕГУВАННЯ ПОВЕРХНІ СТАЛЕЙ АЗОТОМ НА ЇЇ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВРІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Каплун П.В., к.т.н., доцент

Азот при дифузії в кристалічну решітку сталей в залежності від його концентрації може утворювати в поверхневих шарах твердий розчин і хімічні сполуки нітриди, які впливають на структуру, електрофізичні і електрохімічні властивості поверхні та значно підвищують її зносостійкість.

Проведені дослідження впливу концентрації азоту на поверхні тертя на процес зношування при терті ковзання і кочення. Концентрація азоту в поверхневому шарі змінювалась методом дифузійного насичення з застосуванням технології іонного азотування в плазмі тліючого розряду. Дослідження проводилися на конструкційних і інструментальних сталях. Концентрація азоту змінювалась в діапазоні 0,01...12 ваг.% за рахунок зміни технологічних параметрів іонного азотування.

Порівняльні дослідження зносостійкості зразків проводились на машинах тертя кочення і ковзання в різних середовищах (маслі І-20, розчині лимонної кислоти рН 6,5 та абразивному середовищі) при швидкості ковзання і коловій швидкості кочення 1,2 м/с при навантаженні на поверхні ковзання 4 МПа і початкових контактних напруженнях на площадці кочення 2800 МПа.

Дослідження показали, що найбільший вплив на інтенсивність зношування має концентрація азоту на поверхні тертя в період припрацювання. В залежності від концентрації азоту на поверхні тертя інтенсивність зношування може змінюватись в широкому діапазоні (максимальне і мінімальне значення відрізняються в п'ять разів).

Установлено ефект інверсії впливу концентрації азоту на інтенсивність зношування. Даний ефект свідчить про те, що з врахуванням реальних умов тертя існують такі значення концентрації азоту на поверхні тертя, при яких виникають оптимальні умови структурної пристосованості матеріалу, які викликають утворення вторинних структур оптимального складу, що забезпечує мінімальну активацію поверхні тертя і, як наслідок, мінімальну інтенсивність зношування. Відхилення концентрації азоту від області оптимальних значень в бік більшого чи меншого значення приводить до зміни складу вторинних структур і підвищення інтенсивності зношування.

Дослідження показали, що при терті кочення в мастилі мінімальна інтенсивність зношування досягається при концентрації азоту на поверхні тертя 3,5...5,5 ваг.%. При терті ковзання оптимальна область зміщується в бік більших концентрацій азоту (5,5...8 ваг.%) і тим більше, чим вище агресивність і абразивність середовища.

Каплун Павло Віталійович – к.т.н., доц., доцент кафедри зносостійкості і надійності машин, Хмельницький національний університет.

УПРОЧНЕНИЕ ЛИТОЙ ЧАШИ ШЛАКОВОЗА РЁБРАМИ ЖЕСТКОСТИ, ЗАКРЕПЛЕННЫМИ СВАРКОЙ

Лоза А.В., ст. преп., ГВУЗ «ПГТУ»

Применение шлаковозов на металлургических предприятиях связано с проблемой обеспечения надёжности их работы. В ходе эксплуатации высокие температурные и механические нагрузки приводят к возникновению остаточных деформаций чаши в районе опорного кольца шлаковоза (т.н. «утяжка»), что снижает его надёжность и уменьшает ресурс работы. Возникновение остаточных деформаций обусловлено нагревом стального корпуса литой чаши выше температур 560-580 °С. При этих температурах прочностные характеристики углеродистой стали снижаются, что приводит к изменению геометрии чаши и ухудшению условий её опорожнения. Применяемые литые рёбра жесткости на чашах выполняют свою функцию недостаточно эффективно. Во второй половине срока эксплуатации чаши остаточные деформации могут достигать 150-200 мм.

Для решения указанной проблемы было выполнено моделирование состояния корпуса литой чаши во время эксплуатации с применением МКЭ. Задача решалась на основе численного анализа напряженно-деформированного состояния чаши для упругой модели. В расчетах принято допущение о равномерном распределении свойств материала корпуса (механические и теплофизические характеристики зависят от температуры). Влияние дефектов литья не рассматривалось. Результаты моделирования показывают, что прогибы стенки могут быть уменьшены. Предложено техническое решение в виде дополнительных ребер жесткости из катаных заготовок. Рёбра закрепляют на корпусе чаши методом сварки выше зоны опорного кольца в месте развития максимальных деформаций. Форма дополнительных ребер жесткости конструктивно выполнена таким образом, чтобы ребро работало на растяжение, препятствуя деформации утяжки. Литые ребра не могут выполнять такую функцию надёжно, т.к. внутренние литейные дефекты снижают прочностные свойства металла, что особенно важно в месте крепления ребра к корпусу. Схема нагружения ребер обеспечивает уменьшение радиальных усилий на корпус чаши при эксплуатации, что снижает его деформацию в несколько раз. Технология упрочнения литой чаши сварными элементами с гарантированным уровнем прочности обладает простотой и надёжностью и может быть реализована как на стадии изготовления, так и во время промежуточных ремонтов (рис.1).



Рисунок 1 – Фрагмент чаши с дополнительными рёбрами жесткости

Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании конструкции чаш шлаковозов с целью увеличения их срока эксплуатации.

Лоза Аркадий Васильевич – ст. преп. кафедры теоретической и прикладной механики Приазовского государственного технического университета.

ВЛАСТИВОСТІ ОПЛАВЛЕННОЇ ПОВЕРХНІ ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

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

Відомо, що відбілений чавун при однаковій твердості з загартованою сталлю, має більш високу зносостійкість в умовах тертя з великими ($>500\text{МПа}$) контактними навантаженнями. Так відбіленні кулачки чавунного розподільчого валу автомобілю типу “Москвич” набагато зносостійкіші, ніж такі кулачки розподільчих валів автомобілю типу “Жигули”, які піддавали гартуванню СВЧ.

Метод поверхневого зміцнення чавунних розподільчих валів дуговим переплавом поверхні “носика” кулачка утворює поверхневий шар з лідебурітною мікроструктурою, і отже, з високою зносостійкістю.

Товщина зміцненого шару лінійно залежить від струму дуги (регулюємого за програмою). Враховуючи, що припуск на кінцеву обробку розподільчого вала складає $0,4...0,5\text{ мм}$, необхідно при оплавленні отримувати вибілені шари товщиною більшою за 1 мм ; при струмах $90...100\text{А}$ товщина шару $\sim 1\text{ мм}$.

З метою підвищення глибини зони з максимальною твердістю і лідебурітною структурою було запропоновано об'єднати поверхнєве оплавлення чавунних деталей плазмотроном з поверхневим легуванням карбідостабілізуючими елементами, наприклад, хромом: попереднім його нанесенням електроіскровим легуванням (ЕІЛ).

Важливим фактором, що визначає якість оплавленої поверхні, є також попередній нагрів заготовки, який впливає на структуру і властивості зміцненого шару. Попередній нагрів деталей до $400...450^{\circ}\text{C}$ зменшує градієнт температур по перетену і швидкість охолодження, хоча це і призводить до незначного зниження твердості на поверхні, дозволяє запобігти появі мартенситної зони, присутність якої не бажана, тому що призводить до підвищення внутрішніх напружень і сприяє розтріскуванню поверхневого шару деталі.

Товщина шару хрому ЕІЛ складала 150 мкм на чавунних зразках і 100 мкм на сталевих. При більшій товщині шару ЕІЛ спостерігалось відшарування, а менші шари призводили до високого вигорання хрому і недостатньому його вмісті в легуванному шарі. Режими оплавлення чавунних зразків з шаром хрому ЕІЛ: $I=110...120\text{А}$; $U=20...22\text{В}$; сталевих - $I=120...140\text{А}$; $U=22...24\text{В}$.

Наочно оплавлений шар відповідав вимогам якості і мікрогеометрії поверхні. Твердість на поверхні оплавлених зразків з чавуну складала $\text{HRC}_0, 48...52\text{ од.}$ при твердості серцевини $\text{HRC}_0, \cong 26...30\text{ од.}$, у сталевих на поверхні $\text{HRC}_0, \cong 50...55\text{ од.}$ при твердості серцевини $\text{HRC}_0, \cong 26\text{ од.}$ Загальна глибина оплавленого шару на чавунних зразках складає 1200 мкм і не більше як 500 мкм у сталевих, Дослідження також показали, що під дією плазми, шар хрому частково встигав окислитись і лише частина хрому розчинялась у металі і тільки в поверхневому шарі. Значення інтенсивності випромінювання хрому на сканограмі на глибині 500 мкм не перебільшувало $0,2\%$. Мікротвердість чавунних зразків розподілялась більш рівномірно по перетену і мікроструктура практично не відрізнялась від обробленої без ЕІЛ.

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

Левандовський Павло Володимирович - студент групи 3В-126, Вінницький національний технічний університет.

ВПЛИВ ВАНАДІЮ НА ЗМІНУ СТРУКТУРИ В ПОВЕРХНЕВИХ ШАРАХ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ

Шиліна О.П., к.т.н, доцент, Джура В.О., маг.

В теперішній час у машинобудуванні актуальним є надання заданих фізико-механічних властивостей та характеристик поверхневим шарам деталей, шляхом керування структуроутворенням, модифікації поверхневих шарів, тобто зміни інженерії поверхні. Для цього металеві сплави легують, піддають хіміко-термічній обробці, використовують при зварюванні та наплавленні леговані електроди та дроти, тобто застосовують технологічні прийоми спрямовані на внесення у сплав комплексу певних хімічних елементів.

Найбільш поширено у машинобудуванні використовуються деталі, які, в основному виготовляються з конструкційних сталей марок 45, 50, 50Г2 та інших, що мають спільну систему $Fe - Si - Mn - C - O$. Зазвичай, технологія відновлення поверхонь деталей типу вал полягає у напавленні поверхневого шару електродами, хімічний склад яких наближений до складу основного металу, з урахуванням витрат на випаровування, розкиснення та розбризкування. Для досягнення необхідних зносостійких характеристик застосовують легування різними хімічними елементами.

Суттєво підвищує міцність, твердість та зносостійкість сталі додавання у якість легуючого елементу ванадію (V), за рахунок розкиснюючої дії лігатури (зв'язування розчинених у рідкій ванні кисню, азоту і сірки) та внаслідок утворення карбідів. Крім того, утворюючи тугоплавкі карбіди та нітриди, ванадій сприяє подрібненню первинних та вторинних зерен, що робить сталь дрібнозернистою. Розчиняючись у фериті, ванадій підвищує границю текучості та покращує пластичність.

Науково-технічною задачею, яка вирішується в даній роботі, є створення порошкової композиції обмазки для електродугового напавлення з метою підвищення твердості покриття та стабілізації структури зносостійких залізо-вуглецевих поверхонь.

Для відновлення таких деталей застосовували ручне дугове напавлення покритим стандартним металевим електродами УОНИ 13/55. До даного хімічного складу обмазки електроду додано 1% ванадію. Електрод попередньо очистили від стандартної обмазки і часточки цієї обмазки подрібнили до порошкоподібного стану.

Напавлення проводилось на зразках зі сталі 45 ГОСТ 1050 – 88, з ферито-перлітною структурою. Металографічний аналіз показав, що в напавлених шарах утворилась дрібнозерниста структура.

Механізм впливу: ванадій є сильним карбідоутворюючим металом. Тому в залізо-вуглецевому розплаві він один з перших утворює карбіди VC. Утворені карбіди слугують зародками для подальшої кристалізації. Насамперед на них кристалізуються карбіди заліза (цементит). У шві з додаванням ванадію зменшується ризик утворення цементитних сіток, подрібнюються зерна, а перліт переважно має зернисту форму.

Отже, за рахунок ванадію ми отримали структуру з підвищеними механічними властивостями напавленого шва.

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

Джура Вадим - магістр групи ЗВ-15м, Вінницький національний технічний університет.

ВПЛИВ ВИТРАТИ ЗАХИСНОГО ГАЗУ НА ЯКІСТЬ ФОРМУВАННЯ НАПЛАВЛЕНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ.

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

Основними факторами, що визначають режим наплавлення, є струм, напруга, швидкість переміщення дуги, крок наплавлення, діаметр електродного дроту, кількість електродів їх виліт, рід і полярність струму.

Форма шва залежить від багатьох чинників: теплофізичних характеристик основного металу, величини зазору і типу розроблення крайок, типу з'єднання і товщини металу, положення зварювання, джерела нагрівання, складу захисту зони зварювання, виду переносу металу, параметрів зварювання тощо.

Як що, струм, напруга, швидкість переміщення дуги, виліт і діаметр електродного дроту, крок наплавлення, рід і полярність струму досить широко розглянуті в літературі, то вплив подачі газу в зону горіння дуги дещо обмежений.

Метою дослідження є визначення впливу витрат вуглекислого газу на формування наплавленого валика.

Дослідження проводили при напавленні валиків на пластину зі сталі Ст.3 товщиною 10 мм. Наплавлення відбувалось електродним дротом Св-08Г2С-О ГОСТ 2246-70; Ø 0,8 мм, установка Intertool Dt-4315.

Відомо, що чим більше струм, тим більше продуктивність наплавлення. Однак збільшення струму призводить до збільшення глибини проплавлення, що небажано при наплавлюванні. Зі збільшенням струму зростає довжина зварювальної ванни, глибина проплавлення h збільшується, а ширина e практично не змінюється і як результат - утворення високих і вузьких валиків.

При зростанні сили струму також збільшується посилення шва q . Утворений різкий перехід від металу шва до основного металу визиває концентрацію напруг і знижує працездатність зварного шва. Отже дослідження показали, найбільш оптимальний обрис шва утворюється при струмах 130...160 А, при напавленні на пластину товщиною 10 мм.

Витрати вуглекислого газу визначають залежно від обраного діаметра електродного дроту. На витрати газу впливає швидкість зварювання, конфігурація виробу й наявність руху повітря, тобто протягів у цеху, вітру тощо. У таких випадках для покращення газового захисту необхідно збільшувати витрати вуглекислого газу, зменшувати швидкість зварювання, наближати сопло до поверхні металу або використовувати захисні щити.

Дослідження проводили при зміні подачі вуглекислого газу від 0 до 0,2 $\text{дм}^3/\text{год}$. Результати показали, що збільшені витрати вуглекислого газу призводять до значного вигорання кремнію та марганцю та появи тріщин у зоні зварювання. При нульовій подачі газу спостерігається підвищене розбризкування металу шва, шов нерівномірний, покритий порами. При подачі газу 0,05 $\text{дм}^3/\text{год}$ відбувається мінімальне розбризкування та рівномірний шов з якісним формуванням валиків.

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

Сідлак Максим Петрович - студент групи ЗВ-126, Вінницький національний технічний університет.

СКЛАДОВІ ПОХИБКИ РОЗМІРУ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Осадчук А.Ю., інженер, Осадчук А.А. студент

Важливою характеристикою заготовки є її точність та якість. Для заготовок, отриманих у результаті нанесень покриттів дані по точності відсутні.

Статистичні данні з визначення похибки розміру наплавлених циліндричних поверхонь практично відсутні. Тому доцільно визначити таку похибку непрямим способом. Для цього спочатку знаходиться залежність між об'ємом заготовки до наплавлення та після за умови, що густина наплавлюваного металу не змінюється після наплавлення, а похибка частоти обертання заготовки на точність не впливає.

На рис. 1 показано схему наплавлення зовнішньої поверхні циліндричної заготовки дротом суцільного перетину.

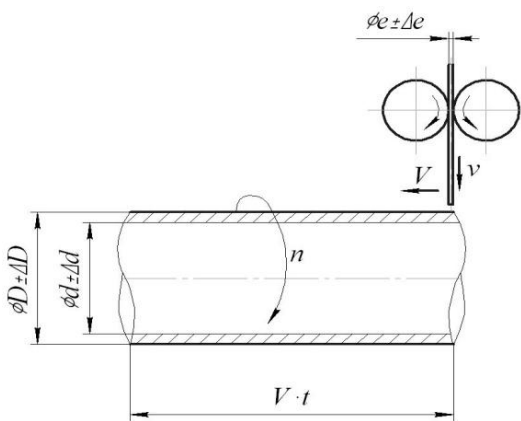


Рисунок 1 - Схема наплавлення циліндричної заготовки дротом суцільного перетину

d – діаметр заготовки до наплавлення; D – діаметр наплавленої заготовки; Δd – похибка на діаметр заготовки до наплавлення; ΔD – похибка на діаметр заготовки після наплавлення; e – діаметр електродного дроту; Δe – похибка на діаметр електродного дроту; v – швидкість подачі дроту в зону наплавлення; V – швидкість пересування дуги електрода вздовж осі наплавлюваної заготовки; t – час наплавлення.

Об'єм наплавленої заготовки діаметром D можна визначити як суму об'єму циліндричної заготовки (до наплавлення) діаметру d та об'єму наплавленого електродного дроту з урахуванням коефіцієнту втрат на розбризкування та угар ψ .

Тоді діаметр наплавленої заготовки у формі функції:

$$D = f(d, v, e, \psi, V) = (d^2 + v \cdot \frac{e^2}{V} \cdot (1 - \psi))^{0.5}. \quad (2)$$

У відповідності до схеми наплавленої трубчастої заготовки (рис. 2) її об'єм визначаємо як суму об'єму трубчастої заготовки (до наплавлення) діаметру d та об'єму наплавленого електродного дроту з урахуванням коефіцієнту втрат на розбризкування та угар ψ .

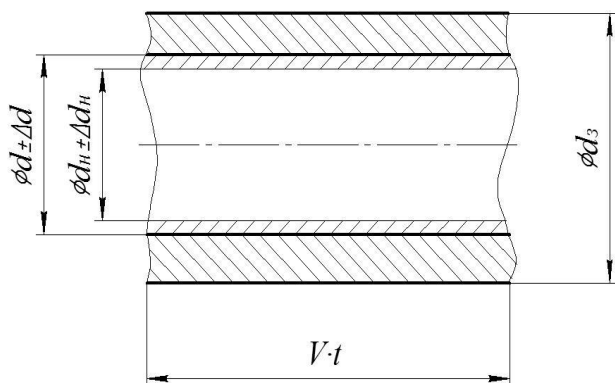


Рисунок 2 - Схема наплавленої циліндричної трубчастої заготовки

d – діаметр отвору заготовки до наплавлення; d_n – діаметр наплавленого отвору заготовки; Δd – похибка на діаметр заготовки до наплавлення; Δd_n – похибка на діаметр заготовки після наплавлення; V – швидкість пересування дуги електрода вздовж осі наплавлюваної заготовки; t – час наплавлення.

Крім похибки Δd та Δe на діаметр D також впливають:

- похибка на коефіцієнт втрат $\Delta \psi$, який залежить від багатьох параметрів зварювання;
- похибка швидкості подачі дроту Δv ;
- похибка швидкості пересування дуги ΔV вздовж осі заготовки, яка теж залежить від точності налаштування механізму пересування дуги, виду привода та ін..

Таким чином, об'єм наплавленої деталі можна записати, як

$$\left(\frac{\pi \cdot d_3^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_n^2}{4}\right) \cdot V \cdot t = \left(\frac{\pi \cdot d_3^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4}\right) \cdot V \cdot t + v \cdot t \cdot \frac{\pi \cdot e^2}{4} \cdot (1 - \psi). \quad (3)$$

Звідки внутрішній наплавлений діаметр заготовки у формі функції:

$$d_n = f(d, v, e, \psi, V) = \left(d^2 - v \cdot \frac{e^2}{V} \cdot (1 - \psi)\right)^{0,5}. \quad (4)$$

Знаючи усі ці похибки та функціональні залежності діаметра наплавленої заготовки (2) чи (4) можна знайти непрямым способом похибку величини D чи, відповідно d_n . Тобто при відомих абсолютних похибках всіх прямих величин: Δd , Δv , Δe , $\Delta \psi$, ΔV , за умови, що ці похибки малі у порівнянні із самими вимірюваними величинами d , v , e , ψ , V похибка шуканої величини ΔD обчислюється подібно повному диференціалу функції.

Отримуємо абсолютну похибку на діаметр наплавленої циліндричної деталі:

$$\Delta D(\Delta d_n) = \frac{1}{K} \cdot \sqrt{(K_1 \cdot \Delta_1)^2 + (K_2 \cdot \Delta_2)^2 + (K_3 \cdot \Delta_3)^2 + (K_4 \cdot \Delta_4)^2 + (K_5 \cdot \Delta_5)^2}. \quad (5)$$

У тому випадку, якщо поле розсіювання усіх складових сумарної похибки є нормальним, маємо $K=K_i=1$, в результаті чого рівняння (6) набуває вигляд:

$$\Delta D(\Delta d_n) = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}. \quad (6)$$

Так при наплавленні (зварюванні) в CO_2 коефіцієнт втрат металу на угар і розбризкування $\psi = 0,10 - 0,15$. При наплавленні (зварюванні) під шаром флюсу цей коефіцієнт є найменшим і коливається в межах $\psi = 0,01 - 0,02$, в середовищі аргону $\psi = 0,02 - 0,03$.

Таким чином можна визначити непрямым способом як складові абсолютної похибки діаметра наплавленої циліндричної заготовки, так і саму абсолютну похибку за імовірнісним методом.

Отриманні результати дозволяють оптимізувати розміри наплавленої заготовки, скорегувати режими наплавлення та її подальшу механічну обробку, що врешті приведе до економії електродного дроту, електричної енергії та зменшить припуски механічної обробки.

Осадчук Андрій Юрійович - інженер, Вінницький національний технічний університет.

Осадчук Андрій Андрійович - студент групи ЗВ-12б, Вінницький національний технічний університет.

ВПЛИВ МОЛІБДЕНУ НА ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЧАВУННИХ ПОВЕРХОНЬ МАТОЧИНИ ОПОРНОГО КОТКА ТАНКА Т-72

Шиліна О.П., к.т.н, доцент, Почхоходжаєв С.Б., магістр

Підвищення працездатності машин та обладнання, як і раніше, залишається одним із основних напрямків наукових та технологічних досліджень. Адже це дозволить скоротити витрати металу, підвищити продуктивність праці, знизити простій обладнання, викликаний необхідністю ремонту, а отже, буде сприяти збереженню трудових та матеріальних ресурсів. Вирішенням цієї проблеми є підвищення механічних характеристик, як конструкційних матеріалів так і робочих поверхневих шарів. Маточина опорного відомого котка танка Т-72 виготовлена із ковкого чавуну марки КЧ-33-8-Ф ГОСТ 1215-79.

Метою дослідження є стабілізація графітних включень в поверхневих наплавлених шарах та підвищення зносостійкості поверхневих шарів, нанесених наплавленням електродом на основі МНЧ-2 з додаванням в обмазку порошку молібдену.

Науково-технічною задачею, яка вирішувалась в даній роботі, є створення порошкової композиції обмазки для електродугового наплавлення з метою підвищення твердості покриття та стабілізації структури зносостійких чавунних поверхонь.

Для експерименту використовували стандартний електрод МНЧ-2, стрижень, якого є дріт НМЖМц 28-2,5-1,5 (Монель). Сплав НМЖМц 28-2,5-1,5 відрізняється високою корозійною стійкістю і високими механічними властивостями.

Хімічний склад електроду МНЧ-2 наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад електроду МНЧ-2

Mn	Ni	Fe	Cu
2,2	66,0	2,9	решта

Мідне осердя електроду при наплавленні на чавун сприяє графітизації вуглецю в чавуні, збільшує рідкоплинність, підвищує міцність та твердість наплавленого поверхневого шару.

Електрод попередньо очистили від стандартної обмазки. Часточки стандартної обмазки подрібнили до порошкоподібного стану та додали 1% молібдену.

Відомо, що молібден є легуючим елементом, який уповільнює процес графітизації вуглецю та сприяє карбідоутворенню у чавунах.

Сумісна дія елементів міді та молібдену повинна підвищити процес графітизації та утворенню в наплавленому шарі структури з дисперсними включеннями графіту, що сприяє поліпшенню механічних властивостей у наплавленному шарі

Наплавлення проводилось на зразках ковкого чавуну постійним струмом зворотної полярності, сила струму 160А.

Наступним етапом було виготовлення стандартних мікрошліфів наплавлених зразків.

Приготування шліфів для проведення металографічних дослідів здійснювалось за стандартними методиками. Травлення шліфів проводили розчином азотної кислоти ($HNO_3 + 5H_2O$).

Металографічний аналіз показав, що в процесі наплавлення чавуну мідне осердя електроду сприяло утворенню якісного поверхневого графітизованого шару. Додавання одного відсотку міді сприяло утворенню у поверхневому наплавленому шарі рівномірно розташованих крапель кулькоподібного графіту по полю мікрошліфа.

Таким чином, домішки молібдену змінили структуру зразка, і в перехідній зоні відбулось збільшення та подрібнення графітових включень. На полі шліфів зразка видно як змінилася кількість та форма графітових включень. Частинки графіту стали значно менші,

утворились дрібні частинки кулястого графіту. Отже, за рахунок молібдену ми отримали кулясту форму графіту в структурі перехідної зони шва, яка сприяє підвищенню зносостійкості поверхневого шару.

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

Почхоходжаєв Сргій - магістр групи ЗВ-15м, Вінницький національний технічний університет.

УДК 621.891:631.3

ВТОРИННІ СТРУКТУРИ НА ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Борак К.В. к.т.н.

Вивчення складності процесів зношування деталей машин і результати багатьох лабораторних досліджень зношування металів на випробувальних машинах показали, що метал поверхонь тертя в процесі зношування зазнає складних перетворень. Відбувається підвищення та зменшення твердості металу, термічні процеси гартування та відпуску, зміна хімічного складу внаслідок хімічних реакцій і дифузійних явищ [1]. Проведення багатьох сучасних досліджень підтверджує висновки Костецького Б.І., що вторинні структури, які утворюються на поверхні тертя являються одним з основних факторів, що визначають інтенсивність зношування [1].

Утворення вторинних структур на поверхні тертя робочих органів ґрунтообробних машин залежать в першу чергу від умов роботи (питомий тиск абразиву на поверхню тертя та швидкість відносного переміщення) та властивостей ґрунту (за визначенням проф. Ветохіна В.І. [2] в даному випадку слід розуміти не властивості ґрунту, а «параметри стану», що визначають поточний стан системи). Незважаючи на розуміння важливості даного питання для підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин, дане питання залишається повністю нерозкритим, оскільки не вивчено вплив характеристик ґрунту на інтенсивність та механізм утворення вторинних структур.

Також залишається невивченим процес переходу металу з одного шару в інший: «основний метал → зона пружних деформацій → зона пластичних деформацій → шар окисів і поверхневих з'єднань → відокремлення від поверхні» та при яких умовах даний процес може пропустити один чи декілька етапів.

Для встановлення закономірностей процесу утворення вторинних структур на поверхні тертя робочих органів ґрунтообробних машин необхідно провести експлуатаційні дослідження на всіх типах ґрунтів України, що дозволить досягнути зменшення інтенсивності зношування за рахунок врахування даних процесів під час проектування та вибору матеріалу.

Література

1. Костецкий Б.И. Сопротивление изнашиванию деталей машин / К.: Машгиз, 1959г. – 479 с.

2. Ветохін В.І. Деякі аспекти використання властивостей ґрунту при проектуванні ґрунтообробних процесів та знарядь / В.І. Ветохін // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України [“Техніка та енергетика АПК”]. – Київ: НУБіП України, 2015. Випуск 226. – С. 315-321.

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

ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТОГО КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО АУСТЕНИТА

Хессе О. (Hesse O.), Dipl.Ing., Капустян А.Е., ст. преподаватель,
Ефременко В.Г., д.т.н., проф. Бережный С.П., к.т.н., доц., Брыков М.Н., д.т.н.

Предложен способ упрочнения высокоуглеродистого низколегированного аустенита с сохранением пластических свойств. Образцы стали состава 1,2 %C, 3 %Mn, 2 %Si после закалки от 1000 °С (аустенит, 220 HV) подвергали изотермической выдержке при температуре 250 °С.

В результате исследований установлено, что изотермическая обработка высокоуглеродистого аустенита состава 1,2 %C; 3 %Mn; 2 %Si при температуре 250 °С обеспечивает протекание бейнитного превращения с его завершением через 8 сут. и образованием около 5% α -фазы в виде неупорядоченно расположенных пластин и игл толщиной около 100 нм и длиной 10-15 мкм (рис. 1). Твердость повышается до 300 HV. Эти изменения структуры значительно упрочняют материал без потери пластичности: сопротивление статическому изгибу увеличивается в 1,5 раза при относительной деформации на уровне 4%. Последующая обработка холодом при температуре -80 °С не оказывает существенного влияния на свойства стали. Значительное охрупчивание происходит только при охлаждении до температуры жидкого азота.

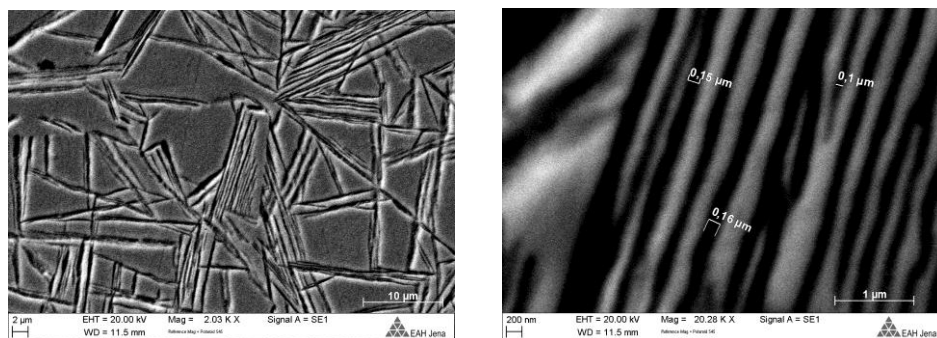


Рисунок 1 – Структура образца стали 120Г3С2 после закалки от 1000 °С и изотермической выдержки 8 сут. при 250 °С. РЭМ.

Таким образом, комбинация новой стали (120Г3С2) и новой обработки (закалка от 1000 °С с последующей выдержкой 8 сут. при 250 °С) позволяет получить сочетание «прочность-пластичность-износостойкость» гораздо выше, чем для классических инструментальных сталей после закалки без отпуска. С учетом того, что закаленные стали, как правило, отпускают (потеря износостойкости), преимущество высокоуглеродистых низколегированных сталей после бейнитной обработки становится еще более значительным.

Хессе О. (Hesse O.) - Dipl.Ing., FB SciTec/ Werkstoffprüfung, Эрнст Аббе Фаххохшуле Йена, Германия

Капустян А.Е. - старший преподаватель кафедры оборудования и технологии сварочного производства Запорожского национального технического университета.

Ефременко В.Г. - д.т.н., проф., профессор кафедры металловедения и термической обработки металлов Приазовского государственного технического университета.

Бережный С.П. - к.т.н., доц., доцент кафедры оборудования и технологии сварочного производства Запорожского национального технического университета.

Брыков М.Н. - д.т.н., заведующий кафедрой оборудования и технологии сварочного производства Запорожского национального технического университета.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ АНОДНО-ІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ НА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ

Диха О.В., д.т.н., проф., Діловий Р.В., магістрант, Облядрук Я.М., магістрант

Тривалий час вважалося, що покриття сформоване у режимі іскріння володіють більш низькими захисними властивостями, ніж традиційне анодне покриття. Через те анодування припиняли при напрузі більш низькій ніж напруга пробою. Порівняно недавно встановлено, що тривалий електроліз в умовах іскріння приводить до утворення досить товстих анодних покриттів, що перевищують за своїми властивостям плівки, отримані шляхом безіскрового оксидування. Аналіз анодно-іскрових покриттів показує, що в них поряд з оксидами металу підложки у великій кількості знаходяться атоми і групи атомів, які входять у склад електроліту. При цьому у товщі аморфного оксиду є ділянки розплаву, що застиг. Останнє засвідчує про сильний тепловий вплив електричного пробою на матеріал сформованого оксиду.

Найбільш вагомий вклад у дослідженні структури анодно-окисних покриттів привнесло застосування електронної мікроскопії. Результати цих випробувань виконані Келлером, Кантером, Робінсоном та іншими дослідниками дозволили запропонувати так звану модель пористої анодної окисної плівки. Згідно цієї моделі в перші ж секунди анодування на алюмінію утворюється безпористий бар'єрний шар, початок формування якого зв'язаний з відповідними активними центрами окислення на поверхні металу. З цих зародків виростають напівсферичні лінзоподібні мікроелементи. Під дією локального впливу іонів електроліту в бар'єрному шарі починають зароджуватися пори, кількість яких пов'язана з величиною напруження формуючого оксиду. Основними побічними процесами є утворення кисню і водню за рахунок електролізу в зоні іскрових розрядів.

В теперешній час технологія анодно-іскрових покриттів в загальному достатньо добре пропрацьована. Однак відсутність науково-обґрунтованих рекомендацій по вибору режимів технологічних процесів та характеристик властивостей в різних умовах експлуатації не дозволяють широко впроваджувати дану технологію.

Задачею даної роботи був аналіз процесів нанесення анодно-іскрових покриттів, вдосконалення технології та дослідження зносостійкості зразків, оброблених за вказаною і традиційною анодною технологією.

Аналіз отриманих результатів показує, що анодно-іскрове покриття за своїми властивостями перевершують покриття, отримані в умовах окисного анодування, сформовані в оптимальних режимах, але в однаковому електроліті з однією і тією ж концентрацією. Зносостійкість анодно-іскрових покриттів порівняно з гальванічними анодними покриттями при однаковому навантаженні виявилась майже в 2 рази вища. Коефіцієнт тертя покриттів змінювався в межах 0,1...0,14. Оптимальною тривалістю формування покриття прийнятий час 60 хвилин. Також встановлено, що на зносостійкість анодно-іскрових покриттів залежить не тільки від тривалості обробки, але й від інших параметрів процесу.

Диха Олександр Володимирович - д.т.н., проф., зав. кафедрою зносостійкості і надійності машин, Хмельницький національний університет.

Діловий Роман Володимирович - магістрант, Хмельницький національний університет.

Облядрук Ярослав Михайлович - магістрант, Хмельницький національний університет.

ПРИРОДА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ ДИСТОРСИИ

Ромбах В.П., Эдмондс, штат Вашингтон, США
vrombakh@yahoo.com

Интенсивное развитие техники, строительство гигантских сооружений, высокоскоростных видов транспорта, в которых одновременно на большие расстояния перевозятся сотни людей, привело к тому, что проблема безопасности стала особенно острой и актуальной. Однако теоретический анализ (интерпретация экспериментальных фактов и предсказание развития физических процессов) основан на классических, нередко ошибочных, положениях. Физика всегда составляла основу техники, но с середины 20 столетия создалась такая ситуация, при которой некоторые государственные стандарты, обязательные к исполнению, утверждены без учета научных открытий в физике.

Причиной многочисленных катастроф стало пренебрежение к классической теории пластичности Д.К. Максвелла и его предсказанием о том, что математическая теория прочности и разрушения не может быть написана на основе только классических представлений; предостережениями Р. Фейнмана о том, что математические модели и компьютерные программы не обязательно правильные. Основу математической теории должен составлять физический эксперимент.

Д.К. Максвелл (1850) написал классическую теорию пластичности (упругости), равной которой нет до сих пор. Но в письме к В. Томсону (1856) он приходит к выводу, что природа разрушения твердого тела обусловлена такими явлениями, которые невозможно описать, ограничиваясь классическими представлениями. Он не изменил свое мнение даже после того, когда сформулировал основы классической электродинамики. Максвелл предложил рассматривать полную энергию деформации U как сумму двух видов энергии: U_1 обусловленной симметричным сжатием, тогда как энергию дисторсии - без сжатия. Идея Максвелла принципиально отличается от всех других идей, считающихся теориями, в том числе максимальной энергии дисторсии.

Показано, что интерпретация работ Максвелла, предложенная П. Тимошенко (1953), была ошибочной, но не опровергнута до сих пор. Энергия U , предсказанная Максвеллом, интерпретируется в квантовой механике, как сумма энергии связи U_1 между атомами, и энергии локальных групп атомов U_2 , находящихся в метастабильном состоянии. Предложено уравнение, предназначенное для расчета потенциальной энергии дисторсии на основе экспериментальных параметров. Приведено сравнение метода анализа результатов экспериментальных исследований разрушения фюзеляжа с использованием коэффициентов интенсивности напряжений и уравнения NASGRO с методом автора, в котором используются атомные параметры материала и геометрические параметры изделия, на основе которых рассчитывается потенциальная энергия дисторсии. Дано определение усталости (степени износа), накопления усталости (скорости износа), критической усталости (критического износа)

Краеугольным камнем теории физического явления является проблема источника энергии, количественная оценка процессов ее преобразования из одного вида в другой. Максвеллом в работе "On the Equilibrium of Elastic Solids", опубликованной в 1850 году, была написана математическая теория пластичности для случая равновесного механического отклика материалов на механическое и тепловое воздействие. Механический отклик (распределение давлений и компрессий в твердом теле), рассчитанный теоретически, сопоставлялся с экспериментальными исследованиями, основанными на интерференции поляризованных лучей.

В 1856 Максвелл приходив до висновку, що природа потенціальної енергії руйнування обумовлена формуванням двох незалежних складових, одна з яких викликана компресією, друга - зміною форми без компресії, але тільки друга складова виконує роботу по руйнуванню.

Максвелл прийшов до висновку, що математична теорія руйнування може бути створена після того, коли експериментально буде встановлено природа формування потенціальної енергії руйнування. Експериментальні дані про атомну структуру твердого тіла, його формування та зміни на макро-, мезо- та атомному рівні були отримані в першій половині 20-го століття. В цей час були сформульовані основи квантової механіки, квантової електродинаміки, когерентної хімії, що дозволяють встановити природу формування та випромінювання потенціальної енергії руйнування. Однак успіхи науки в дослідженні взаємодії атомів залишилися не реалізованими в фізиці міцності та руйнування.

Квантомеханічний метод оцінки результатів експериментальних досліджень на основі фізичних параметрів, продемонстрований на прикладі фюзеляжа, дозволяє перейти до оцінки технічного стану, зносу, часу безпечної експлуатації, критичного стану елементів споруд та пристроїв незалежно від їх конструкції, складу, призначення, умов експлуатації.

Сучасна експериментальна техніка дозволяє вимірювати кількісно енергію доменів руйнування, в тому числі невідрушувальними методами, забезпечуючи можливість прогнозування зносу з метою запобігання катастрофічного руйнування.

УДК:633.853.32

ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗМІРІВ ТА ФОРМИ ДІЛЯНОК ЗОНИ ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ ПІД ЧАС ЗВАРЮВАННЯ

Тарасюк В.М., ст. гр. 13В-126, Бакалець Д.В., асист.,
Савуляк В.І., проф., д-р техн. наук

Значна кількість рамних конструкцій виготовляється із низьковуглецевих (Ст3) або ж низьколегованих (Сталь 09Г2С) залізвуглецевих сплавів. Одним із улюблених дефектів, що можуть виникати в процесі експлуатації рам транспорту є тріщини. Ремонт такого роду дефектів передбачає зварювання тріщини та приварювання навколо неї внапуск підсилюючої накладки. Незважаючи на те, що матеріал, з якого виготовляються рами транспортної техніки, є легкозварюємым, навколо зварного шва формується зона термічного впливу (ЗТВ). Ця зона охоплює основний метал, який не розплавився в процесі зварювання, проте змінив свою структуру та механічні властивості внаслідок нагрівання та охолодження. Такі зміни прискорюють деградацію матеріалу рами, так як в таких зонах відбувається накопичення незворотних мікропластичних деформацій в структурно-неоднорідних об'єктах металу, що призводить до зниження опору сталі втомному та корозійному руйнуванню. Зварний шов та зона термічного впливу навколо нього також є найбільш значущими структурно-неоднорідними об'єктами рамних конструкцій, в яких можливе зародження ділянки втомного або ж корозійного руйнування. Разом з тим окремими дослідженнями виявлено вплив техніки зварювання (положення електроду відносно деталей) на міцність зварних з'єднань внапуск.

Тому роботу присвячено розробці методики зварювання, що дозволить прогнозувати форму і розміри ЗТВ і, як наслідок, підвищити довговічність конструкції.

Вплив просторового положення електроду відносно деталей в процесі зварювання на конфігурацію ділянок ЗТВ визначали експериментально. Для схеми зварювання внапуск положення електроду відносно деталей визначається кутом до осі шва β та кутом в площині, перпендикулярній осі шва α (рис. 1).

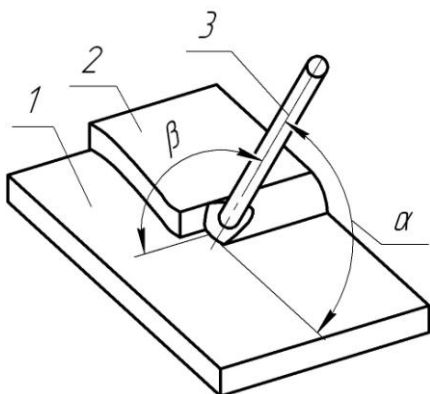


Рисунок 1 – Положення електроду під час зварювання внапуск

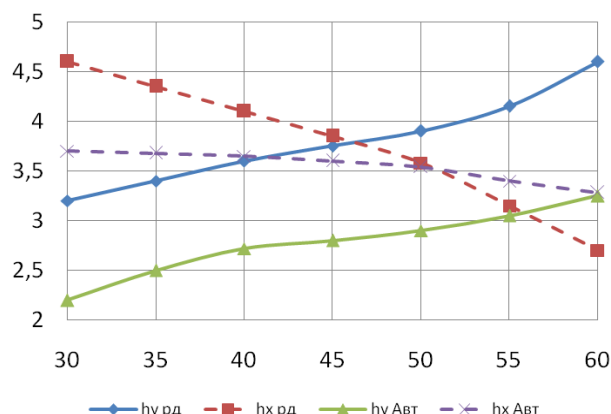


Рисунок 2 – Залежності глибини залягання ділянок рекристалізації від кута нахилу електроду α

Зміна останнього при зварюванні внапуск контролюється ГОСТ 5264-80 і може коливатись в межах $30 \dots 60^\circ$. В ході експериментальних досліджень зразки зварювались ручним дуговим зварюванням та автоматичним в середовищі CO_2 . Кут нахилу електроду α змінювали в межах $30 \dots 60^\circ$ з інтервалом 5° . Він визначає форму поперечного перерізу зварного шва, кількість і розподіл теплової енергії по об'єму деталей і відповідно форму і розміри ділянок ЗТВ.

Зі зварених деталей виготовляли макро- та мікрошліфи, за якими визначали розміри та границі ділянок ЗТВ. Порівнянням результатів вимірювання встановлено, що видима на макрошліфах зона термічного впливу збігається з границею ділянки рекристалізації, тому подальший аналіз проводили за її розмірами.

На основі отриманих даних побудовані залежності глибини ділянок рекристалізації відносно товщини матеріалу рами h_y та накладки h_x при різних кутах нахилу електроду для ручного дугового зварювання та автоматичного в середовищі CO_2 (рис. 2).

Основними для аналізу зміни міцності матеріалу рами в результаті фазових перетворень є значення h_y , оскільки вони характеризують глибину залягання ЗТВ в основному матеріалі, в якому, як показує досвід експлуатації, найчастіше виникають повторні руйнування. Слід зазначити, що характер зміни глибини залягання ділянок рекристалізації відносно товщини матеріалу при обох способах зварювання однаковий і зменшується із зміною кута α від 60° до 30° , однак при ручному дуговому зварюванні покритим електродом значення h_y дещо вищі, ніж автоматичним в середовищі CO_2 .

Використання отриманих результатів дозволяє прогнозувати форму і розміри ЗТВ і, як наслідок, підвищити довговічність конструкції рами.

Тарасюк Володимир Миколайович - студент групи ЗВ-126, Вінницький національний технічний університет.

Бакалець Дмитро Віталійович - асистент кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.

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

СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ВІДХОДІВ ЯК КОМПОНЕНТ ПЕТЛІ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

Березюк О.В., к.т.н., доц., Савуляк В.І., д.т.н., проф.

В Україні, через переважання у вітчизняному господарстві ресурсномістких технологій, великих масштабів набула проблема поводження з відходами. На рис. 1 показана петля якості, яка зв'язує в хронологічній послідовності найважливіші етапи життєвого циклу продукції.

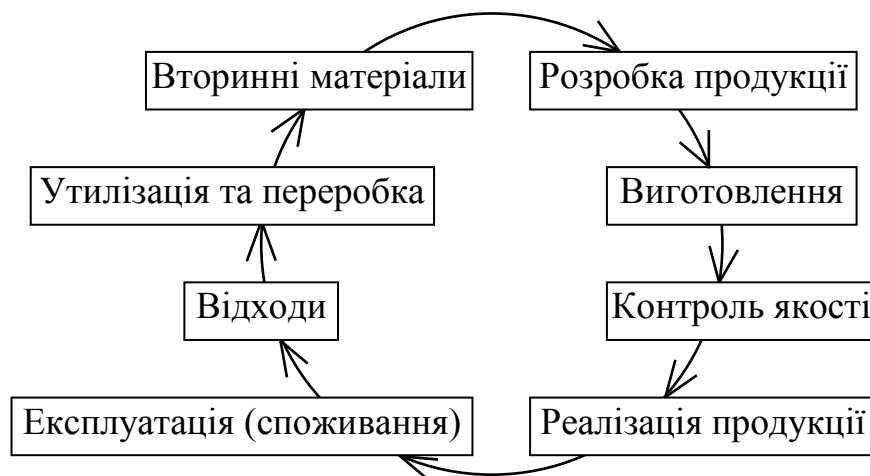


Рисунок 1 – Петля якості

На першому етапі під час розробки потрібно приймати конструкторські рішення, направлені на мінімізацію відходів та викидів при виробництві продукції.

Під час другого етапу – виготовлення перевага надається передовим ресурсозберігаючим технологіям виробництва, які сприятимуть зменшенню утворення відходів із врахуванням шкоди для навколишнього середовища.

Третій етап – контроль якості продукції значно продовжить її життєвий цикл, сприяючи відтермінуванню потрапляння її у відходи.

На четвертому етапі – реалізації продукції значну увагу треба приділити вибору пакувального матеріалу, надаючи перевагу паперу та картону, які швидко розкладаються на відміну від поліетилену та пластику.

Під час п'ятого етапу – експлуатації (споживання) потрібно подбати про якість споживання продукції. Критерієм якості споживання може бути мінімізація утворення відходів та викидів.

На останньому етапі життєвого циклу продукції необхідно створити умови, які б стимулювали здійснювати переробку чи використання відходів у виробничому процесі як вторинних ресурсів або утилізації відходів у вигляді різних видів енергії, що також може бути використана у виробництві. Одним із варіантів такого підходу може бути включення в ціну продукції витрат на її переробку чи утилізацію, які б поверталися покупцеві спеціальними приймальними пунктами відпрацьованої продукції.

Березюк Олег Володимирович - к.т.н., доц., доцент кафедри БЖД.

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

ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ВТРАТУ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ВАЛА ГРЕБНОГО ГВИНТА

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

Зіставлення статистики виникнення різних видів аварій показує, що аварійні випадки типу «втрата ходу і керованості» складають більше 50%. Аварії даного типу пов'язані в основному з відмовами елементів пропульсивного комплексу судна. 18% аварій пропульсивного комплексу судна пов'язано з відмовами валопроводів, що складає порядка 9% від загальної кількості аварій судна.

Найбільше число руйнувань гребних валів спостерігається в районі великого діаметра конуса. За результатами огляду 47 танкерів типу «Казбек»: 66% оглянутих валів мали тріщини в районі носового кінця кормового облицьовування, 13% - біля кормового кінця носового облицьовування, при цьому тільки в одному випадку була зафіксована тріщина на конусі гребного вала. Основною причиною вибраковування валів з'явилася втомна корозія.

Тріщини в гребних валах по місцю розташування можна звести до наступних основних типів:

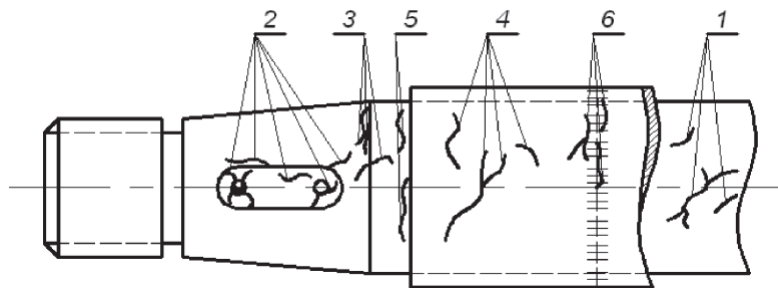


Рисунок 1 –

1 – безпосередньо у тілі вала; 2 – у пазі шпонки або біля нього з відходом в тіло, зокрема біля отворів для кріплення шпонки; 3 – біля місця переходу вала з конуса в циліндр кормового краю; 4 – безпосередньо в облицьовуваннях; 5 – біля кромки облицьовувань (у носових і кормових кінців облицьовувань); 6 – у зварних швах і навколошовних зонах облицьовувань.

Утворення тріщин в районі паза шпонки і отворів для кріплення шпонки в пазу цілком характерний для гребних валів і обумовлено тим, що паз і отвори є концентраторами напружень в тілі гребного вала.

Наявність тріщин в районі великого діаметру конуса посадки гвинта на вал обумовлена найбільшими навантаженнями на цій ділянці вала. Великий діаметр конуса гребного вала по суті є місцем закладення консольної частини гребного вала в корпусі судна, за допомогою опори дейдвуда.

Основною причиною виникнення тріщин біля крайок облицьовувань є електрохімічна корозія, що виникає із-за виникнення гальванічної пари (у разі виготовлення облицьовувань з кольорових металів), внаслідок чого по колу вала біля торців облицьовувань утворюються крупні корозійні виразки (завглибшки 10-12 мм), що призводить до зниження межі втоми за рахунок концентрації напружень.

Тріщини в зварних швах і навколошовних зонах облицьовувань є наслідком зміни механічних властивостей матеріалу, наявності високих залишкових напружень і істотної неоднорідності напружено-деформованого стану матеріалу через термічний вплив в процесі зварювання. А тріщини безпосередньо в тілі вала або облицьовування можуть бути наслідком неякісної механічної обробки або наявності металургійних дефектів матеріалу.

Втомні і корозійно-втомні процеси є основними причинами виникнення пошкоджень в гребних валах.

Kim Тетяна студентка, Вінницький національний технічний університет.

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

УДК 621.793.79

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАНЕСЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

Гайдамак О.Л., к.т.н., доцент, Савуляк В.І., д.т.н., професор, Кучерук В.Ю., д.т.н., професор, Рабінко А., студент

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. Основними елементами установки є нагрівач повітря 1 і розпилювач порошку 2.

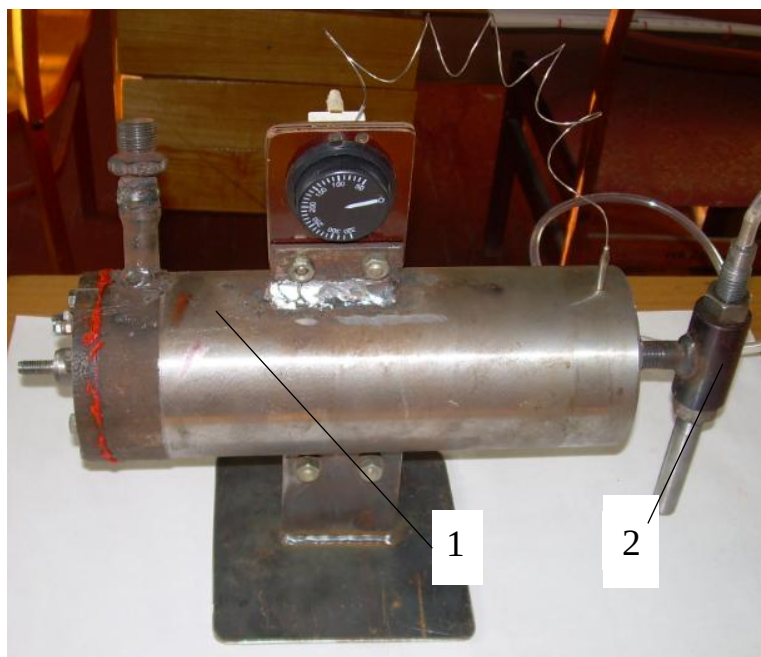


Рисунок 1 - Установка для газодинамічного нанесення функціональних покриттів. 1 – нагрівач повітря. 2 – розпилювач порошку

Нагрівач повітря 2 складається з ніхромового дроту навитого у вигляді спіралі через яку продувається стиснуте повітря яке далі потрапляє у розпилювач 2 де потік повітря прискорюється до швидкості близько швидкості звуку. В цей повітряний потік подається розпилювальний матеріал – порошок алюмінію, міді, цинку та інших кольорових металів. Розганяючись в нагрітому повітряному потоці порошок досягає поверхні зразка і утворює суцільне покриття.

Для забезпечення високої якості покриття та можливості регулювання параметрами процесу напилення установка показана на рисунку 1 має бути оснащена мікропроцесорною

системою для вимірювання та автоматичного регулювання параметрами які впливають на якість нанесеного покриття. Повинно бути забезпечено наступний алгоритм функціонування холодного газодинамічного нанесення покриття:

На стадії пуску.

1. Вмикається подача стиснутого повітря (0,5-1 МПа)

2. При досягненні заданого значення тиску (наприклад 0,6 МПа) автоматично вмикається подача напруги (220 В) на ніхромовий нагрівач повітря.

3. Після досягнення температури наприклад 320 °С вмикається подача напилювального порошку. Межі регулювання температури 200 -700°С.

На стадії роботи:

1. Повинна бути можливість регулювання кількості поданого порошку в межах 0,1 – 2 г/хв.

2. Для запобігання залипання порошку у ємності живильника порошок повинен періодично перемішуватись та піддаватись періодичній вібрації.

3. Контролювати кількість повітря, що проходить крізь нагрівач, м³/год.

4. Підтримувати температуру повітря на заданому значенні не залежно від кількості повітря, що проходить крізь нагрівач.

На стадії вимикання установки:

1. Припиняється подача порошку і напруги на нагрівач повітря.

2. Із затримкою часу 15 с вмикається подача стиснутого повітря.

Для автоматизації установки пропонується мікропроцесорна система з контролем таких величин як: тиск, температура, напруга і дозування маси порошку, що напилюється на поверхню. Система, побудована на основі мікроконтролера AVR ATmega128A-AU. AVR - це сімейство 8-розрядних RISC-мікроконтролерів фірми Atmel. Ці МК дозволяють вирішити безліч завдань вбудованих систем. Вони відрізняються від інших поширених в наш час мікроконтролерів більшою швидкістю роботи, більшою універсальністю. Крім того, вони дуже легко програмуються. Для вимірювання температури буде використано термопару типу К, J, Т, Е, оскільки потрібно вимірювати температуру до 700°С, Для вимірювання тиску можна використати п'єзоелектричний датчик тиску. Також у системі буде присутній дозатор по масі, що буде дозувати подачу розпилюваного порошку у межах 0,1-2 грами.

Принцип дії автоматизованої системи полягає у наступному. Спочатку оператор задає початкові данні (тиск, при якому вмикається подача напруги на ніхромову спіраль, температура, при якій буде подаватись через спеціальний канал порошок для розпилення та частку самого порошку) , після чого запускається установка. Після запуску установки стиснуте повітря потрапляє у холодну зону нагрівача, де датчик тиску реєструє поточний тиск. Після того, як датчик тиску вимірює значення задане оператором, мікроконтролер почне подавати напругу на ніхромову спіраль, де повітря буде розігріватися до певної температури. Після цього повітря потрапляє у розпилювач. Безпосередньо майже на самому виході з гармати термопара вимірює значення температури і мікроконтролер тримає температуру на заданому оператором рівні, змінюючи подачу напруги на ніхромовій спіралі. Після досягнення заданої температури, через спеціальний канал, дозатором подається певна кількість порошку для розпилення. Також мікроконтролер посилає сигнал на вібромотор та спеціальний гвинт, які знаходяться у ємності з порошком для уникання злипання його у каналі подачі.

Коли процес нанесення порошку закінчується, оператор нажимає на клавішу вимкнення приладу. При цьому мікроконтролер спочатку вмикає подачу порошку і напруги на ніхромову спіраль, потім, через 15 секунд припиняється подача повітря.

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

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

Кучерук В.Ю., д.т.н., професор завідувач кафедри метрології та промислової автоматики, Вінницький національний технічний університет.

Рабінко А., студент, Вінницький національний технічний університет.

ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ ТРИБОСИСТЕМ

Сорокатий Р.В., д.т.н., проф., Диха К.О., аспірант

На стадії проектування вузлів тертя недостатньо уваги приділяється розрахунковим методам аналізу процесів зношування й прогнозування ресурсу пара тертя за критерієм зношування, а також виявленню на цій стадії можливих відмов технічної системи внаслідок зношування вузлів тертя.

З огляду на важливість даної проблеми стає очевидною необхідність створення розрахункових інструментів для інженерного аналізу вузлів тертя. Як показав аналіз використання міцнісних розрахунків, ефективним інструментом в інженерній діяльності є САЕ - систем (Computer Aided Engineering), які дозволяють за допомогою розрахункових методів оцінити, як поведеться комп'ютерна модель вузла в реальних умовах експлуатації, допомагають переконатися в працездатності його в заданий період часу, без залучення більших витрат часу й засобів.

З огляду на інтенсивний розвиток комп'ютерної техніки й появу універсальних САЕ - пакетів для рішення інженерних задач, останнім часом застосовують спроби використання переваг чисельних методів для симуляції й аналізу фізичних процесів, що відбуваються в процесі зношування.

На сучасному етапі використання САЕ - систем у триботехніці йде по двох напрямках: перше – використання існуючих можливостей САЕ - пакетів для рішення окремих груп завдань, сполучених із процесами зношування (задачі напружено - деформованого стану, гідродинаміки, теплові й т.і.); друге – розробка інтегрованих модулів у САЕ - системах для розрахунку зношування пар тертя.

При розробці САЕ - систем для моделювання зношування вузлів тертя необхідно враховувати наявність різних по своїй фізичній природі процесів, що протікають на поверхнях тертя, і вплив на ці процеси великого числа детермінованих і випадкових взаємозалежних факторів.

Як теоретичну основу інтегрованих модулів при розробці САЕ - систем для триботехніки в роботі запропонований чисельний метод моделювання поведінки трибосистем – метод трибоелементів (МТЕ). В основу методу трибоелементів, покладений ітераційний підхід, що припускає розгляд ряду дискретних станів, через які проходить трибосистема в процесі функціонування. Метод, як і більшість методів комп'ютерного моделювання, заснований просторово - часової дискретизації, використовує уніфікований математичний апарат і методологічний підхід. МТЕ дозволяє використовувати комп'ютерні технології при моделюванні зношування різних типів вузлів тертя з урахуванням широкого спектра факторів, що впливають на протікання процесів зношування і їхніх змін у процесі функціонування трибосистеми.

Сорокатий Руслан Володимирович - д.т.н., проф., завідувач кафедри інформаційних технологій проектування, Хмельницький національний університет.

Диха Кирило Олександрович - аспірант, Хмельницький національний університет.

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МЕТОДОЛОГІЇ ТРИБОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Диха О.В., д.т.н., проф., Динько О.П., аспірант, Синюк В.В., аспірант

Складність і інтегруючий характер трибологічних процесів призводить до великої кількості методів досліджень і випробувань. Практично кожен дослідник в трибології створює свій інструмент і свій метод. Це одразу знецінює результати і робить їх не непорівнянними. Не випадково на сьогодні в трибології на відміну від міцності фактично відсутні довідники чи бази даних на зношування пар тертя. Їх просто не може бути до тих пір, доки не створена єдина основа експериментальної трибології. Створення бази трибологічних даних ускладнюється також наявністю великого числа факторів, що впливають на зношування.

Інтенсивність зносу різних пар тертя може відрізнятися в сотні раз. Також може відрізнятися знос однієї пари тертя в залежності від мастильного матеріалу, умов навантаження, температури, швидкості тощо. Головною ознакою зміни умов є зміна виду зношування. Вид зношування визначається його механізмом, з яких складається процес: деформування, руйнування, хімічні і фізичні процеси і т.д. Випробування на зношування можуть виконуватися з різною метою, зокрема: якісне порівняння матеріалів на зношування; вивчення механізму і виду зношування; визначення параметрів моделей, що описують кількісні закономірності процесу. У цьому аналізі нас будуть цікавити насамперед методи лабораторних випробувань на знос із визначенням таких параметрів моделей зношування, за допомогою яких надалі стає можливим розрахунковим шляхом оцінити знос реальних вузлів тертя машин, таких як підшипники ковзання, направляючі тощо.

Вирішальний вплив на метод випробувань має вид тертя: знос в умовах ретельного змащення і знос без змащення відрізняються і вимагають різних методів випробувань. Завдання класифікації видів зношування одне з найбільш складних у трибології.

Завдання систематизації та класифікації в будь - якій галузі, зокрема в трибології випробувань, відносяться до складних завдань статистики об'єктів нечислової природи і непарних множин, одного зі складних напрямків науки, що розвиваються.

В роботі запропонована розглядається методологічна основа для створення методів випробувань на знос на основі системного аналізу стосовно трибології. Використання системного підходу дозволило розробити класифікатора об'єктів, проблем, процесів, методів і результатів у трибології.

Диха Олександр Володимирович - д.т.н., проф., завідувач кафедри зносостійкості і надійності машин, Хмельницький національний університет.

Динько Олександр Павлович - аспірант, Хмельницький національний університет.

Синюк Валерій Валерійович - аспірант, Хмельницький національний університет.

ВПЛИВ ВУГЛЕЦЕВИХ ВОЛОКНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ НАПЛАВЛЕНОГО ВАЛКА

Савуляк В.І., д.т.н., проф., Шенфельд В.Й., к.т.н., ст. викл.,
Степанюк С.А. студент гр. ЗВ -11

Наплавлювання виконувалось методом автоматичного наплавлення у середовищі вуглекислого газу на установці УД-209М на таких режимах: $V_{\text{напл.}} = 11$ м/год; $U = 28$ В; $I = 80$ А; $V_{\text{др}} = 104$ м/год; $d_e = 1,4$ мм.

Реалізувати такі режими наплавлення дозволяє використання зварювального випрямляча «VARIO STAR 404», який є універсальним джерелом живлення, що дозволяє працювати в режимі жорсткої і падаючої зовнішньої характеристики.

В якості вуглецевих волокнистих матеріалів застосовували вуглецеву тканину марки УУТ-2 ТУ6-06 И 78-85, із щільністю 250 г/м^2 .

При порівнянні геометричних параметрів валка, наплавленого без застосування вуглецевої тканини (рис.1 б), з валком, наплавленим з застосуванням вуглецевої тканини (рис.1 а), видно, що ці параметри відрізняються. Висота валка, отриманого з застосуванням вуглецевої тканини, більша за висоту валка, отриманого без застосування вуглецевої тканини, на 1,88 мм, а ширина валка є меншою на 1,66 мм. Глибина проплавлення валка, отриманого при використанні вуглецевої тканини, виявилась меншою на 0,61 мм глибини проплавлення валка, отриманого без вуглецевої тканини. Причиною цього є те, що на розчинення вуглецевої тканини витрачається частина виділеної теплоти. Крім того, шар вуглецевої тканини виступає тепловим екраном між наплавленим валком та основним металом.

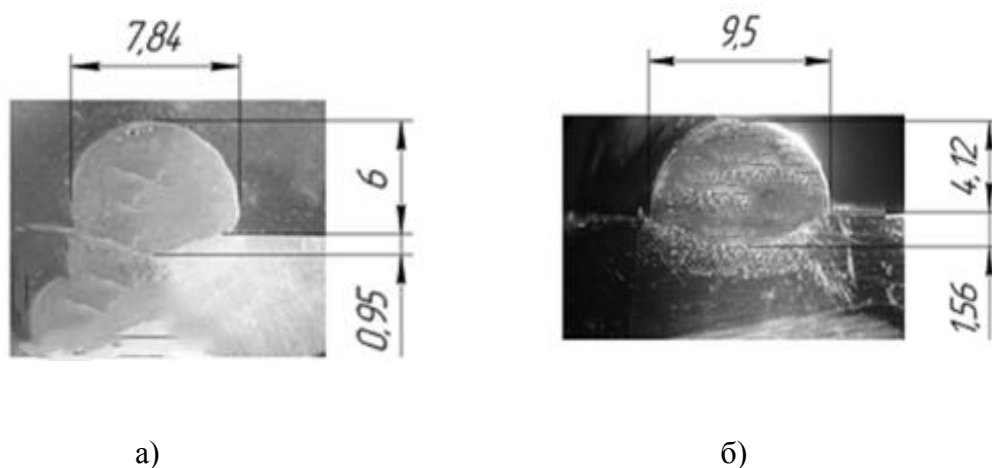


Рисунок 1 – Геометричні параметри наплавленого валка: а) з вуглецевою тканиною;
б) без вуглецевої тканини

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

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

Степанюк Сергей Анатолійович – студент групи ЗВ-11, Вінницький національний технічний університет.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ АВТОБУСА, ЩО ПРАЦЮЄ НА ДИЗЕЛЬНОМУ БІОПАЛИВІ, В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗАВАНТАЖЕННЯ

Ковбасенко С.В., к.т.н., доцент, Сімоненко В.В., асистент

Дизелі, завдяки своїм позитивним якостям, набули широкого розповсюдження в світі. Вони встановлюються на більшості автобусів, що працюють на міських маршрутах, однак це сприяє загостренню низки проблем, пов'язаних з виснаженням нафтових родовищ, забрудненням атмосфери токсичними викидами, глобальним потеплінням тощо. В умовах енергетичної залежності України відбувається постійне зростання цін на енергоносії, а норми викидів шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованими газами (ВГ) стають все жорсткішими, тому питання заміни традиційних палив нафтового походження з кожним днем стають дедалі актуальнішими.

Частковим вирішенням цих проблем є використання палив з відновлюваних джерел енергії, зокрема дизельного біопалива на основі олії ріпаку.

Дизельне біопаливо має низку переваг в порівнянні з традиційним дизельним паливом: при використанні такого палива знижується загальний вихід шкідливих речовин з відпрацьованими газами; майже не містить сірки та поліциклічних ароматичних вуглеводнів; при згорянні палив рослинного походження вивільнюється така кількість теплоти, яка була поглинена рослинами в процесі зростання, що дозволяє значно знизити гостроту проблем, пов'язаних з парниковим ефектом та тепловим забрудненням довкілля; виробництво палив із власної сировини робить державу енергетично та економічно незалежною від імпорту нафти.

Для визначення і порівняння паливно-економічних та екологічних показників автобуса, що працює на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі в Національному транспортному університеті була уточнена математична модель руху автобуса за режимами міського їздового циклу згідно з ГОСТ 20306-90. Математична модель дозволяє оцінити зміну експлуатаційних показників автобуса ПАЗ-32054 з дизелем 4Ч11,0/12,5 (Д-241), враховуючи зміну кількості пасажирів та умови дорожнього руху в режимах заданого їздового циклу.

Результати розрахунків на математичній моделі руху автобуса, що працює на традиційному дизельному паливі та дизельному біопаливі за режимами міського їздового циклу згідно ГОСТ 20306-90, наведено на рис. 1. Показана характеристика описує витрату палива $G_{\text{пал}}$, витрату палива в тепловому еквіваленті $Q_{\text{пал}}$, а також масових викидів ШР з ВГ дизеля при збільшенні кількості пасажирів автобуса від 0 до 39 чоловік.

Аналіз результатів розрахунків вказує на підвищення масової витрати дизельного біопалива, в порівнянні з традиційним дизельним паливом, на 11,45% при русі без пасажирів і 14,34% при повному завантаженні. Витрата дизельного біопалива в тепловому еквіваленті на 0,87% нижче витрати традиційного дизельного палива при русі без пасажирів і на 1,7% вища при повному завантаженні автобуса.

Масові викиди оксиду вуглецю G_{CO} при роботі на дизельному біопаливі зростають, в порівнянні з традиційним дизельним паливом на 31,39% при русі автобуса без пасажирів та на 33,57% – при повному завантаженні. Масові викиди вуглеводнів G_{CmHn} на при роботі на дизельному біопаливі знижуються на 23%, в порівнянні з традиційним дизельним паливом.

В порівнянні з традиційним нафтовим паливом, масові викиди оксидів азоту G_{NOx} при роботі на дизельному біопаливі зростають, на 5,57% при русі автобуса без пасажирів та на 8,32% – при повному завантаженні.

При русі на дизельному біопаливі масові викиди сажі G_{C} знижуються, в порівнянні з дизельним паливом, відповідно на 18,24% при русі без пасажирів і 16,45% – при повному завантаженні.

Сумарні масові викиди ШР $G_{\Sigma\text{CO}}$, приведені до викидів CO , при русі на дизельному біопаливі знижуються від 2 до 3%, в порівнянні з традиційним нафтовим паливом.

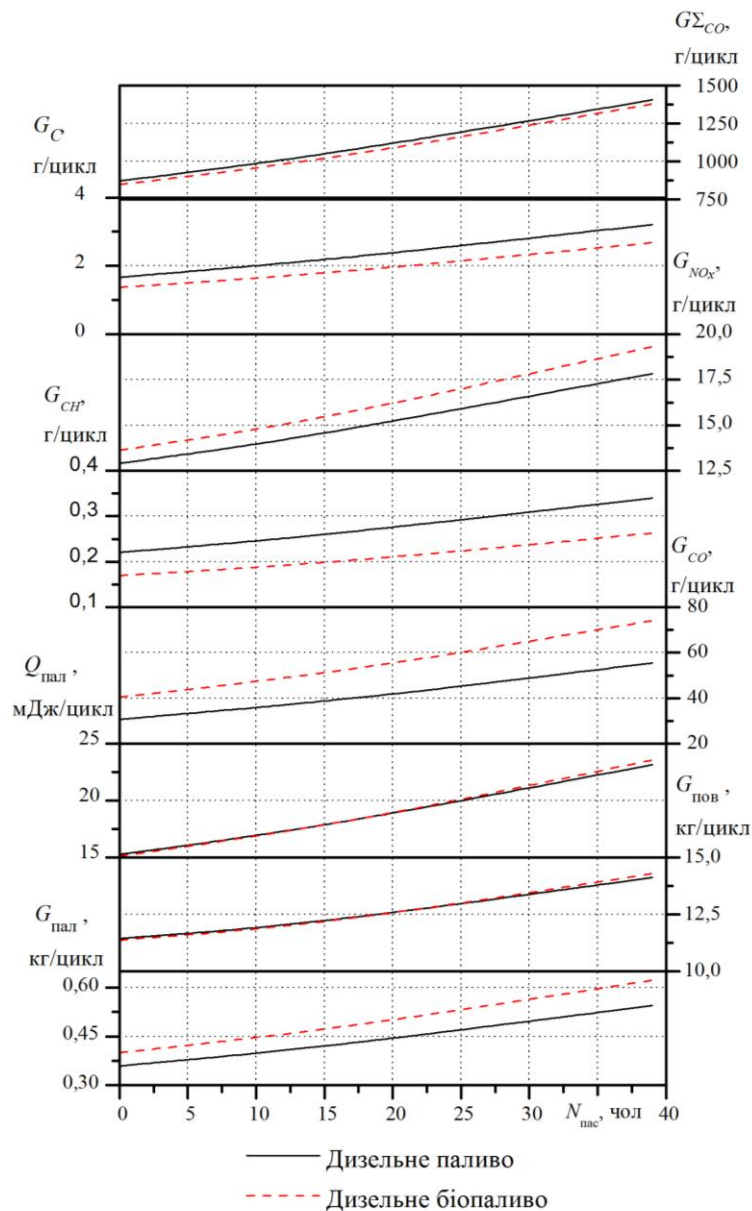


Рисунок 1 - Витрата палива та масові шкідливі викиди міського автобуса в залежності від кількості пасажирів

Висновок. За результатами розрахунків на математичній моделі руху автобуса в умовах міського їздового циклу встановлено, що при роботі на дизельному біопаливі масова витрата палива за цикл зростає в межах 12% при русі автобуса без пасажирів і на 14% – при повному завантаженні. Однак в перерахунку в тепловому еквіваленті витрата дизельного біопалива практично не змінюється, в порівнянні з традиційним нафтовим паливом.

Результати розрахунків на математичній моделі засвідчили поліпшення екологічних показників автобуса при роботі на дизельному біопаливі в режимах міського їздового циклу, а саме зниження сумарних масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами за цикл при використанні дизельного біопалива на 3% як при русі автобуса без пасажирів, так і при русі з максимальним завантаженням.

Ковбасенко Сергій Володимирович - к.т.н., доцент кафедри дорожніх машин, Національний транспортний університет (Київ).

Сімоненко Віталій Васильович - асистент кафедри дорожніх машин, Національний транспортний університет (Київ).

ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ ХОЛОДНИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Посвятенко Е.К., д.т.н., проф., Аксьом П.А., аспірант

У процесі досліджень авторами запропоновано і практично реалізовано новий метод холодного пластичного деформування (ХПД) – поперечний стиск з відповідним обладнанням та оснасткою. Метод забезпечує плавне регулювання деформації зразків із аустенітних сталей до 40–50% при зростанні твердості до 65%.

Деформування виконувалось на гідравлічному пресі ПММ-200, що допускає плавне регулювання сили стиску до 2 мН. Як зразки використовувались циліндричні заготовки діаметром 14 – 20 мм із сталей: 12Х15Г9НД (AISI 201); 08Х18Н10 (AISI 304); 110Г13Л (А 128) і 40Х13 (AISI 420). Перші сталі трьох марок були парамагнітними, а остання – магнітною. Мазильно-охолоджувальними рідинами (МОР) служили оливи рослинного походження: ріпакова, соняшникова та льняна, а також для порівняння – сульфозфрезол Р.

Дослідження мікроструктури показало утворення текстури. Установлено також, що використання ХПД призводить до часткової втрати аустенітними сталями парамагнітних властивостей, що пояснюється частковим перетворенням аустеніту при деформації у магнітні складові мікроструктури.

Найкращим напрямком поліпшення оброблюваності деталей із аустенітних сталей різанням є попереднє ХПД із поєднанням застосування МОР на основі олив рослинного походження. Про поліпшення оброблюваності свідчать зменшення коефіцієнта усадки стружки, довжини контакту стружки з передньою поверхнею інструменту, а також радіуса валика стружки (рис. 1).



а



б

Рисунок 1 – Фрагменти стружкоутворення при вільному ортогональному різанні сталі 12Х15Г9НД (AISI 201), зміцненої по схемі поперечного стиску з деформацією 44,3%, у середовищі ріпакової оливи (а) та сульфозфрезолу Р (б). х 5

Посвятенко Едуард Карпович – д.т.н., проф., проф. кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Національного транспортного університету, м. Київ.

Аксьом Петро Андрійович – аспірант кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Національного транспортного університету, м. Київ.

ОЦЕНКА АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Белик А.Г., к.т.н., доц., Вакула С.С., инж.

Многообразие условий работы деталей машин, а также материалов, используемых в технике, обуславливает различные виды взаимодействия поверхностей и, следовательно, различные виды изнашивания. Наиболее распространенным является абразивный износ. Абразивное изнашивание может протекать в условиях трения поверхностного слоя детали об абразивное сплошное тело, отдельные абразивные частицы, которые могут быть в потоке жидкости или воздуха при нормальных или повышенных температурах и в агрессивной среде.

Для испытания наплавленных износостойких слоев использовали метод испытаний при трении об абразивную прослойку, известный как метод Бринелля-Хаворта, рис.1.

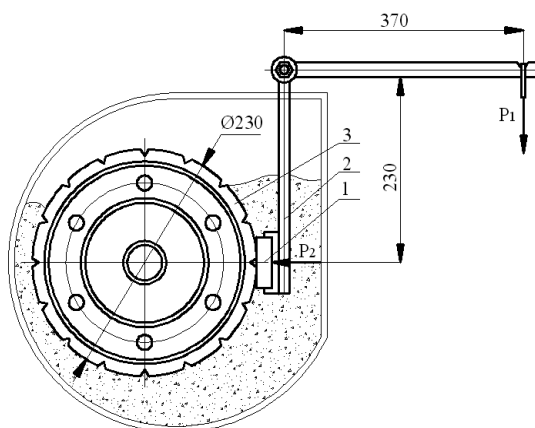


Рисунок 1 – Схема испытаний на абразивную износостойкость по методу Бринелля-Хаворта

По данному методу к вращающемуся резиновому диску 3 под заданной нагрузкой (P_2), определяемой весом груза P_1 , прижимается своей плоской стороной образец 1. Резиновый диск захватывает из бункера определенное количество абразива (кварцевый или морской песок, корунд). Абразивные частицы протираются по поверхности образца, обеспечивая его изнашивание - потерю массы образца.

При исследовании на износ наплавленного металла использовали абразивную среду: песок (морской) и колошниковую пыль доменной печи. Перед испытаниями был определен фракционный состав этих абразивных материалов до испытаний. Фракционный состав определялся путем рассеивания ситами разных номеров. После определения фракционного состава песка и колошниковой пыли производится взвешивание порций абразива для испытаний.

Данная методика, соответствует реальным условиям эксплуатации ряда деталей машин – рабочие органы сельхозтехники, землеройных или почвообрабатывающих машин, доменного и агломерационного оборудования и т.д. Полученный коэффициент износостойкости может быть качественным параметром (т.е. параметром сравнения) при выборе марки стали, способа наплавки или упрочнения.

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

Вакула Сергей Сергеевич – инженер кафедры «Металлургия и технология сварочного производства» Государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет».

УПРОЧНЕНИЕ ЛИТОЙ ЧАШИ ШЛАКОВОЗА РЁБРАМИ ЖЕСТКОСТИ, ЗАКРЕПЛЕННЫМИ СВАРКОЙ

Лоза А.В., ст. преп., ГВУЗ «ПГТУ»

Применение шлаковозов на металлургических предприятиях связано с проблемой обеспечения надёжности их работы. В ходе эксплуатации высокие температурные и механические нагрузки приводят к возникновению остаточных деформаций чаши в районе опорного кольца шлаковоза (т.н. «утяжка»), что снижает его надёжность и уменьшает ресурс работы. Возникновение остаточных деформаций обусловлено нагревом стального корпуса литой чаши выше температур 560-580 °С. При этих температурах прочностные характеристики углеродистой стали снижаются, что приводит к изменению геометрии чаши и ухудшению условий её опорожнения. Применяемые литые рёбра жесткости на чашах выполняют свою функцию недостаточно эффективно. Во второй половине срока эксплуатации чаши остаточные деформации могут достигать 150-200 мм.

Для решения указанной проблемы было выполнено моделирование состояния корпуса литой чаши во время эксплуатации с применением МКЭ. Задача решалась на основе численного анализа напряженно-деформированного состояния чаши для упругой модели. В расчетах принято допущение о равномерном распределении свойств материала корпуса (механические и теплофизические характеристики зависят от температуры). Влияние дефектов литья не рассматривалось. Результаты моделирования показывают, что прогибы стенки могут быть уменьшены. Предложено техническое решение в виде дополнительных ребер жесткости из катаных заготовок. Рёбра закрепляют на корпусе чаши методом сварки выше зоны опорного кольца в месте развития максимальных деформаций. Форма дополнительных ребер жесткости конструктивно выполнена таким образом, чтобы ребро работало на растяжение, препятствуя деформации утяжки. Литые ребра не могут выполнять такую функцию надёжно, т.к. внутренние литейные дефекты снижают прочностные свойства металла, что особенно важно в месте крепления ребра к корпусу. Схема нагружения ребер обеспечивает уменьшение радиальных усилий на корпус чаши при эксплуатации, что снижает его деформацию в несколько раз. Технология упрочнения литой чаши сварными элементами с гарантированным уровнем прочности обладает простотой и надёжностью и может быть реализована как на стадии изготовления, так и во время промежуточных ремонтов (рис.1).



Рисунок 1 – Фрагмент чаши с дополнительными рёбрами жесткости

Результаты исследования могут быть использованы при совершенствовании конструкции чаш шлаковозов с целью увеличения их срока эксплуатации.

Лоза Аркадий Васильевич – ст. преп. кафедры теоретической и прикладной механики Приазовского государственного технического университета.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ФОРМИ ПЕРЕРІЗУ НЕРОЗ'ЄМНОГО З'ЄДНАННЯ РІЗНОТОВЩИННИХ ДЕТАЛЕЙ НА ЖОЛОБЛЕННЯ РАМНО-ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Поступайло О.В., інженер

Форма та елементи нероз'ємного з'єднання напряму впливають на вихідні параметри такі як залишкові деформації та внутрішні напруження. В свою чергу на форма з'єднання різновтовщинних деталей впливають вимоги міцності чи конструктивні особливості.

Користуючись математичним моделюванням методом кінцевого елементного аналізу досліджено залежності форми нероз'ємного з'єднання та деформацій викликаних тепловим впливом процесу. Залишкові деформації в свою чергу залежали від швидкості охолодження та значень деформації які мали місце в процесі створення нероз'ємного з'єднання. Модель представляє собою вирізаний елемент різновтовщинної конструкції.

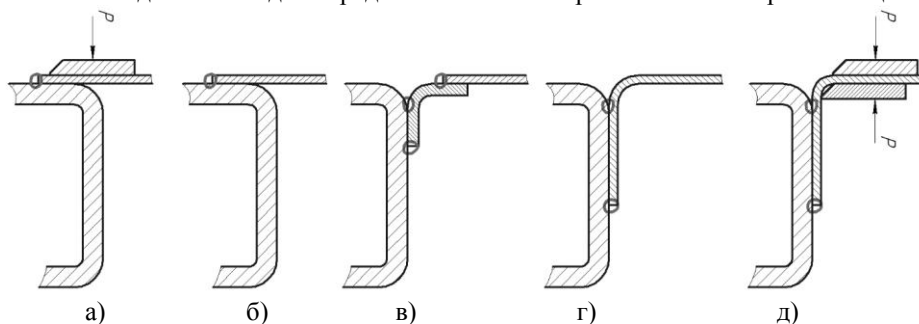


Рисунок 1 – Варіанти перерізу нероз'ємного з'єднання

Так як виконання зварювання відбуватиметься зворотно-поступальним методом з довжиною ділянок 100 мм, то вважаємо вплив попередньої ділянки на нову, відсутнім. З'єднання у перерізах, які мають третю деталь або більше одного зварного шва (рис. 1 в, г, д) виконуються з параметрами довжини 10 мм та кроком 100 мм. Варіанти зображені на рисунку 1а та д, використовують одну чи дві відповідно, мідні пластини. Закріплення мідних пластин забезпечується прикладанням сил (магніти, затискачі) на притискання їх до оболонкового тіла. Варіант перерізу відображений на рисунку 1в зображає використання третього тіла для послідовної зміни теплоємності елементів та фактично може вважатись частиною масивної рами. Моделювання всіх варіантів проходило при однакових вхідних параметрах потужності та значень конвективного теплообміну.

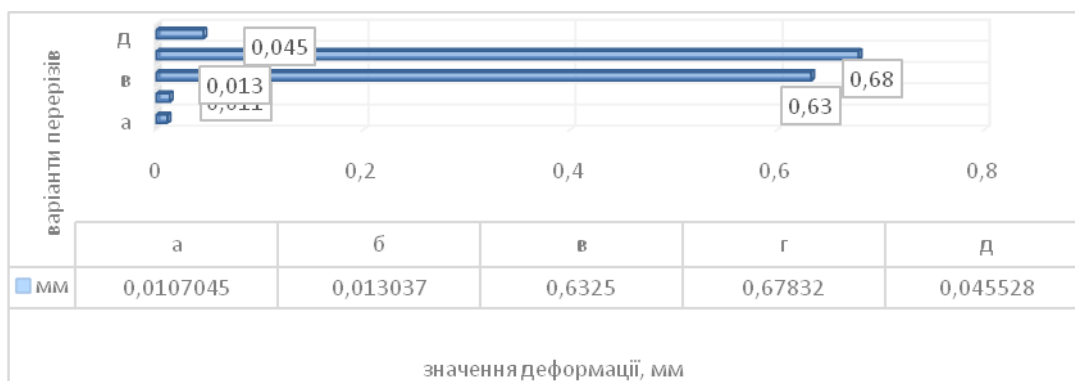


Рисунок 2. Максимальні деформації в залежності від варіанту перерізу з'єднання

Порівняння значень максимальної деформації листового тіла приведені на рисунку 2. За числовими значеннями математичної моделі можливе чітке виділення оптимального перерізу з'єднання або його альтернатив в залежності від технічного завдання.

Поступайло Олександр Володимирович – інженер кафедри технології підвищення зносостійкості, Вінницький національний технічний університет.