

9. Effect of minor lanthanum on the microstructures, tensile and electrical properties of Al Fe alloys / Jiang, Hongxiang, Li, Shixin, Zheng, Qiuju [et. al] // Materials & design. – 2020. – Vol. 195. – 108991 p.

10. Степанчук А. М. Закономірності отримання порошків сплаву Fe-Al з дисперсно зміцненою структурою методом механічного диспергування розплаву // А. М. Степанчук, С. Ю. Тесля, Сунь Цихао, Д. Е. Чижська. Луцьк, Наукові нотатки, ЛДУ, 2023 – №71. – С. 21–27.

11. Найда Ю. И. Промышленное производство порошков сплавов меди методом ударного дробления струи расплава / Ю. И. Найда, А. Н. Степанчук, А. Ю. Найда // Порошковая металлургия. – 2006. – №1/2. – С.112–117.

12. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук: Підручник /А. М. Степанчук. – Київ: НТУУ «КПІ», 2006. – С. 226–316.

13. Кутателадзе С. С. Теплопередача при конденсации и кипении. – Москва: Госэнергоиздат, 1960. – 287 с.

Стечишин М. С., Лук'янюк М. В., Мартинюк А. В., Цепенюк М. І.
(ХНУ, м. Хмельницький; ТНТУ, м. Тернопіль)
МОДИФІКАЦІЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТИХ
ПЕРЕДАЧ БЕЗВОДНЕВИМ АЗОТУВАННЯМ В ТЛЮЧОМУ РОЗРЯДІ
E-mail: Adm_MV@ukr.net

Зубчаті колеса передач технологічних машин традиційно виготовляються із середньо вуглецевих та легованих сталей. Після виготовлення вони піддаються зміцненню поверхневою термічною обробкою для забезпечення твердої поверхні з м'якою серцевиною. Даний процес досить громіздкий, екологічно шкідливий та потребує значних енергетичних витрат. З метою забезпечення високих екологічних показників, зниження енергетичних витрат на термообробку, а також підвищення зносостійкості зубчатих коліс нами пропонується обмежитися модифікацією лише їх поверхневих шарів. Така модифікація сприятиме забезпеченню відповідності

специфічним умовам експлуатації зубчатих коліс, яка потребує твердої поверхні і м'якої серцевини [1, 2].

В умовах Подільського наукового фізико-технологічного центру (ПНФТЦ) проводилися дослідження з модифікації сталевих поверхонь шляхом безводневого азотування в тліючому розряді (БАТР). Дослідження виконувалися в два етапи: спочатку на зразках, а потім на зубчастих колесах виготовлених зі сталі 40Х.

Враховуючи економічну сторону досліджень, на першому етапі модифікаційні процеси проводилися на зразках циліндричної форми діаметром 5 мм і довжиною 20 мм, виготовлених зі сталі 40Х. Дослідження проводилися при різноманітних режимах БАТР, всього 27 режимів.

При цьому змінювалися основні параметри БАТР:

- процентний склад газової суміші (азот + аргон) від 20 % N_2 + 80 % Ar до 80 % N_2 + 20 % Ar з інтервалом 30 %;
- тиск в розрядній камері від 200 до 400 Па з інтервалом 100 Па;
- температура процесу від 560 °С до 600 °С з інтервалом 20 °С;
- тривалість процесу від 3-х до 4-х год, з інтервалом 30 хв.

В результаті оптимізації здійсненої за критеріями мікротвердості та товщини модифікованого шару для подальших досліджень на зносостійкість було вибрано наступні три режими модифікації зразків.

Режим 1:

- процентний склад робочої суміші – 80 % N_2 + 20 % Ar;
- тиск в розрядній камері під час модифікації – 350 Па;
- температура процесу модифікації – 580 °С;
- тривалість процесу модифікації – 4 год.

Режим 2:

- процентний склад робочої суміші – 20 % N_2 + 80 % Ar;
- тиск в розрядній камері під час модифікації – 200 Па;
- температура процесу модифікації – 560 °С;
- тривалість процесу модифікації – 4 год.

Режим 3:

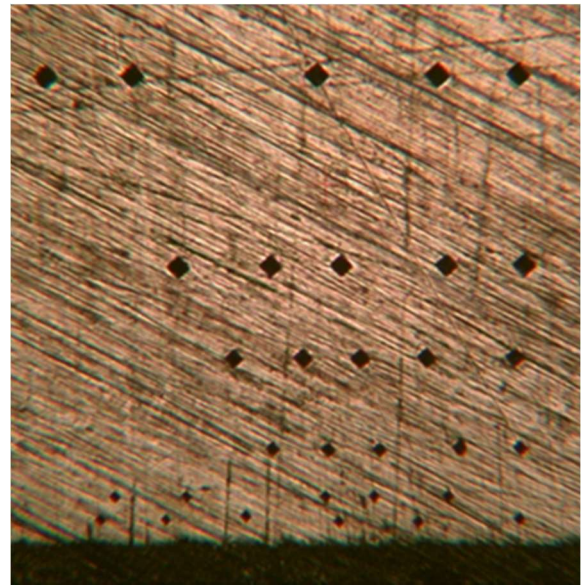
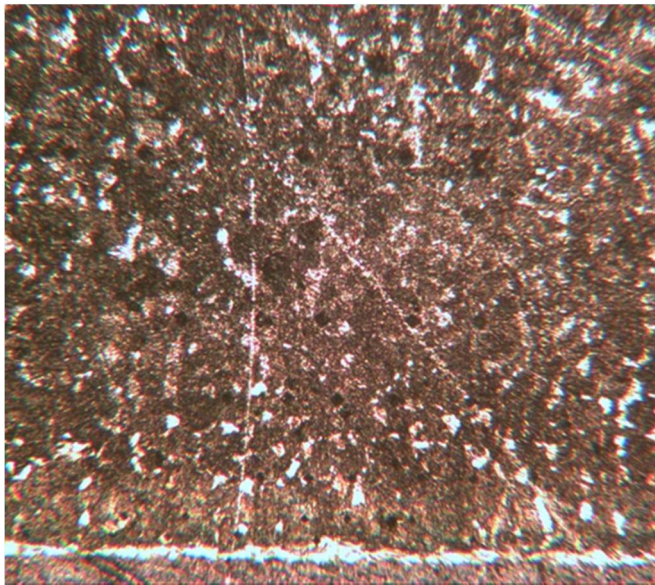
- процентний склад робочої суміші – 50 % N_2 + 50 % Ar;
- тиск в розрядній камері під час модифікації – 300 Па;
- температура процесу модифікації – 580 °C;
- тривалість процесу модифікації – 4 год.

Модифікація зразків за оптимальними режимами забезпечила мікротвердість поверхні в межах $HV_{0,1}$ 850...900 МПа.

Крім того був виконаний рентгеноструктурний аналіз модифікованих зразків. Результати рентгеноструктурного аналізу показують, що отриманий модифікований шар сягає глибини 0,15...0,2 мм. При цьому він складається з ϵ -фази та γ' -фази, яка являє собою нітриди заліза Fe_3N та Fe_4N . Під цим шаром знаходиться дифузійний шар, який складається з великих і дрібних голчастих утворень. Ідентифікація по мікротвердості показала, що великі включення являють собою γ' -фазу Fe_4N , а дрібні складаються з азотистого α -твердого розчину. Концентрація азоту, знижується від поверхні в глибину металу, а відповідно і твердість також [3].

Світлини мікрошліфів нетравленого і травленого зразків представлені на рис. 1. На другій світлині видніються сліди, від вимірювання мікротвердості поверхні приладом ПМТ-3. Збільшення розмірів слідів в напрямку від поверхні зразка до середини наглядно свідчить про зміну мікротвердості поверхневого шару. Таким чином, в результаті модифікації зразків, забезпечена тверда поверхня при м'якій серцевині, що повністю відповідає вимогам експлуатації коліс зубчатих передач [4].

Дослідження модифікованих та немодифікованих зразків на зносостійкість виконувалися на універсальній машині тертя 2168УМТ за інтенсивною технологією в режимі сухого тертя. Результати досліджень отримані методом порівняння результатів зношування модифікованих і немодифікованих зразків приведені нижче, на рис. 2.



а

б

Рис. 1. Мікросліф зразка: а – до травлення; б – травлений

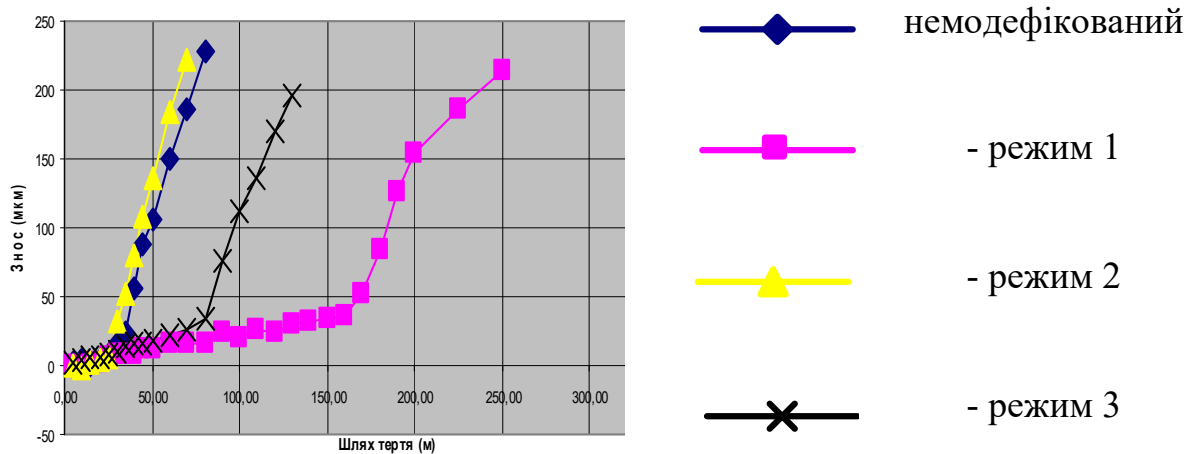


Рис. 2. Результати досліджень на зносостійкість зразків не модифікованих та модифікованих БАТР за трьома режимами

Другий етап досліджень проводився на натурних зразках, зубчастих колесах з подальшими випробуваннями їх в умовах виробництва. На фото (рис. 3) представлено зубчасті колеса, до і після модифікації з застосуванням БАТР.

Другий етап досліджень (випробування на натурних зразках, в умовах виробництва) в даний момент не закінчено.



Рис. 3. Зубчасті колеса до і після модифікації БАТР

Висновок:

Проведені дослідження способу поверхневої модифікації деталей зубчатих передач, безводневим азотуванням в тліючому розряді, виготовлених із сталі 40Х дозволяє прогнозувати ефективність даного методу для підвищення зносостійкості коліс зубчатих передач, а проведені попередні дослідження на зразках, за інтенсивною методикою дають можливість досить швидко виконувати оптимізацію режимів модифікації з врахуванням матеріалу деталі специфіки її експлуатації, конструктивних особливостей.

Література

1. Каплун В. Г. Ионное азотирование в безводородных средах: монография / В. Г. Каплун, П. В. Каплун. – Хмельницький: ХНУ, 2015. – 315 с.
2. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде: монография / И. М. Пастух. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2006. – 164 с.
3. Stechishina N.M. Influence of the parameters of hydrogen nitrogen nitrogen in a glow discharge on tribological and physico-chemical properties of steel 40X / N.M. Stechishina, M.S. Stechyshyn, A.V. Martynyuk, N.V. Lukianyuk,

V.V. Lyukhovets, Yu.M. Bilyk // Problems of Tribology. – Khmelnytskyi: KHNU, 2021. – V. 26 - №3/101. – P.31-41.

4. Stechychyn M. WEAR RESISTANCE OF NITROGENED STRUKTURAL STEEL WITH LIMITAND DRY FRICTION / M. Stechyshyn, V Oleksandrenko, M. Lukyanyuk // Actual problems of modern science. Monograf: Bydgoszcz, Poland – 2021. – P. 733-740.

**Стечишина Н. М., Олександренко Є. Г., Стечишин М. С., Лук'янюк М. В.
(ХНУ, м. Хмельницький)**

**КАРБООАЗОТУВАННЯ СТАЛЕЙ 12ХН3А, ХВГ і 40Х В ТЛЮЧОМУ
РОЗРЯДІ**

E-mail: oleksandrenkoyevhen@gmail.com

Технологічні параметри процесу карбоазотування в тліючому розряді значно впливають на фізико–механічні характеристики, структуру, фазовий склад і зносостійкість карбонітрідного шару, тому вивчення цього впливу є важливим завданням.

Дослідження проводилися на сталях: 12ХН3А, 40Х, ХВГ. Завданням досліджень було визначення залежності характеристик карбоазотованого шару (глибини, твердості, структури, фазового і хімічного складу) від основних параметрів технологічного процесу (тиску, складу насичувального середовища, температури і тривалості процесу). У якості робочих газів застосовувалися суміші азоту і аргону (75 % N₂ + 25 % Ar) і пропану C₃H₈, температура насичення змінювалася від 480 °С до 600 °С, тиск газової суміші в процесі дифузійного насичення – від 80 Па до 400 Па, тривалість процесу – від 20 хв до 240 хв. Технологічні параметри насичення вибиралися виходячи із результатів попередньо проведених досліджень [1].

В процесі дослідження використовувалися методи металографії, і хімічного аналізів, в результаті застосування яких визначалися наступні характеристики карбоазотованого шару: структура і товщина із застосуванням мікроскопів