

**Венцель Є.С.,
Щукін О.В.**

Харківський національний
автомобільно-дорожній університет,
м. Харків, Україна
E-mail: supercar_88@mail.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ТЕРТЯ НОЖІВ АВТОГРЕЙДЕРУ З ІОННО - ПЛАЗМОВИМ ПОКРИТТЯМ

УДК 621.878

Наведено методику і результати рентгенівських та мікрорентгеноспектральних лабораторних досліджень ножів, які виготовлено зі сталі 65Г, з іонно-плазмовим покриттям TiN-Cr₂N та без нього. Встановлено, що підвищення зносостійкості покриття TiN-Cr₂N, при оптимальному значенні товщини 4 мкм, обумовлено наявністю титану, а корозіюстійкості – хрому. Титан та хром знаходяться безпосередньо в самому покритті і рівномірно розподілені по його структурі. Встановлено, що покриття TiN-Cr₂N при товщині 8 мкм відшаровується внаслідок відносно великої товщини. Покриття товщиною 1 мкм ненадійне для роботи фрагментів ножів автогрейдеру в абразивному середовищу через руйнування поверхневої плівки.

Ключові слова: ніж, знос, іонно-плазмове покриття, товщина, рентгеноспектральний аналіз.

Вступ

Серед широко розповсюджених у практиці машинобудування методів та способів щодо збільшення зносостійкості різальних елементів землерийно-транспортних машин (ЗТМ) не можна виділити такі, які не порушують структури матеріалу, зокрема, ножів автогрейдерів. Це пов'язано з головним недоліком більшості методів – зниження ударної в'язкості матеріалу ножів на тлі незначного збільшення їх зносостійкості.

У той же час, аналіз досвіду роботи різних галузей машинобудування показав істотне підвищення зносостійкості робочих поверхонь деталей машин за рахунок нанесення на них плазмових матеріалів [1 - 3]. Основними методами нанесення таких покриттів являють хімічне осадження з газової середовища і конденсація твердої речовини в умовах іонного бомбардування (КІБ) [2]. Найбільш раціональним методом є саме КІБ, тому що основною його перевагою є можливість регулювання температури процесу (~300 - 800 °С).

Зважаючи на те, що до ІПП пред'являються спеціальні вимоги, а саме висока зносостійкість та корозійна стійкість, було зроблено припущення, що такі покриття можуть задовольнити умови роботи ножів автогрейдеру в абразивному середовищі. При цьому на підставі отриманих результатів випробувань [4] на знос зразків на машині тертя СМЦ-2 для підвищення зносостійкості робочої поверхні ножів автогрейдеру було обрано захисне покриття на основі титану. Нанесення цього ІПП здійснювалось за допомогою установки Булат-3Т.

Результати експлуатаційних випробувань [5] показали, що застосування іонно-плазмового покриття (ІПП) TiN-Cr₂N товщиною 4 мкм методом КІБ не тільки дозволяє підвищити зносостійкість різальних елементів автогрейдерів зі сталі 65Г, майже в 2 рази, а й зберегти геометричну форму ножа, а також значення ударної в'язкості матеріалу, з якого він виготовлений. Це важливо при експлуатації автогрейдерів, робочі органи яких працюють в умовах постійно діючого динамічного і знакомінного навантаження.

Тому на наш погляд, доцільно було б дослідити структуру ІПП TiN-Cr₂N для того, що б встановити причину істотного збільшення зносостійкості різальних елементів (ножів) автогрейдерів.

Мета і постановка задачі

Метою цієї роботи є визначення причин підвищення зносостійкості за рахунок нанесення ІПП на поверхню ножів автогрейдеру з використанням методів мікроструктурного аналізу матеріалу.

Виклад матеріалів дослідження

Для отримання покриття на основі нітриду титану були використані титановий катод ВТ1-00 (ГОСТ 19807-91) і хромовий катод ВХ-2К (ГОСТ 19807-91). При цьому азот (ГОСТ 9293-74), що володіє чистотою 99,98 %, виступав в якості реакційного газу.

Захисне ІПП системи TiN-Cr₂N наносилося при режимах, наведених у табл. 1.

ІПП, що наносилося на поверхню ножів, складалось із злиття п'яти шарів, що чергуються, Cr₂N та чотирьох шарів TiN. В процесі нанесення багат шарового покриття відбувається відпуск сталі 65Г, який призводить до зниження твердості до HRC30. Після термообробки твердість підкладки відновлюється і становить HRC 50 - 54.

Режими нанесення ІПП системи TiN-Cr ₂ N						
Матеріал емісійного катода	Струм на Cr, А	Струм на Ti, А	Напруга U , В	Струм I , А	Тиск P , Па	Час осадження t , хв
1-й етап: очищення, розігрів і активація іонами хрому.						
хром	80	-	90	2	1,33	7
2-й етап: наплення покриття в атмосфері азоту						
2 катода: 1-й хром 2-й титан	80	70	150	3	0,67	25

Металографічні дослідження ножів з ІПП TiN-Cr₂N після експлуатаційних випробувань проводили за допомогою мікроскопа МІМ-8 при збільшенні 500, 1000 з подальшим фотографуванням зображення. При цьому металографічні шліфи були отримані в результаті шліфування з використанням алмазної пасти. Разом з тим для виявлення мікроструктури сталі 65Г застосовували хімічне травлення шліфів в 3% спиртовому розчині азотної кислоти.

У результаті металографічних досліджень нами було встановлено, що ІПП TiN-Cr₂N володіє найкращою адгезією при товщині від 2 до 5 мікрон. В іншому випадку має місце порушення цілісності поверхневого шару. Як видно на прикладі рис. 1, а, при товщині покриття понад 5 мікрон в процесі зношування спостерігається його відшарування.

В результаті проведених лабораторних випробувань фрагментів ножа автогрейдеру з покриттям TiN-Cr₂N товщиною 1 мікрон спостерігалось його руйнування протягом перших кількох годин роботи (рис. 1, б).

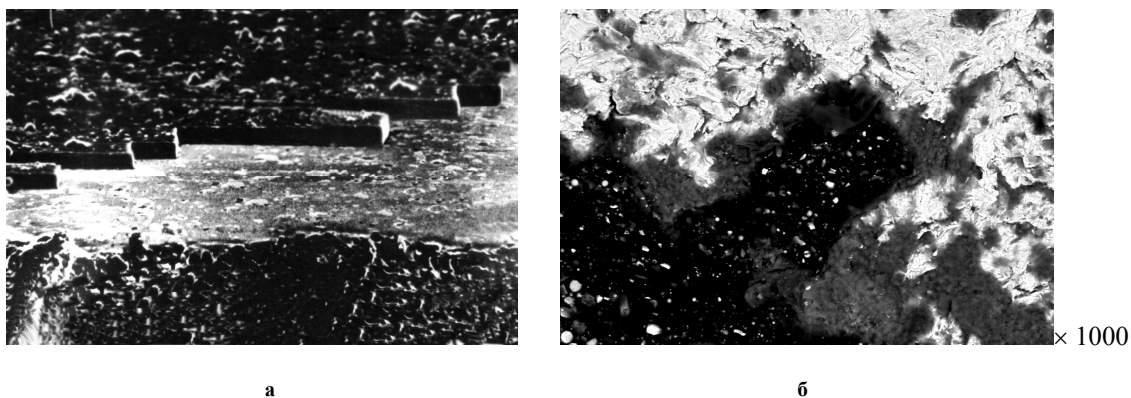


Рис. 1 – Відшарування покриття TiN-Cr₂N товщиною 8 мкм після зношування:
а – відшарування покриття TiN-Cr₂N товщиною 8 мкм;
б – руйнування покриття TiN-Cr₂N товщиною 1 мкм

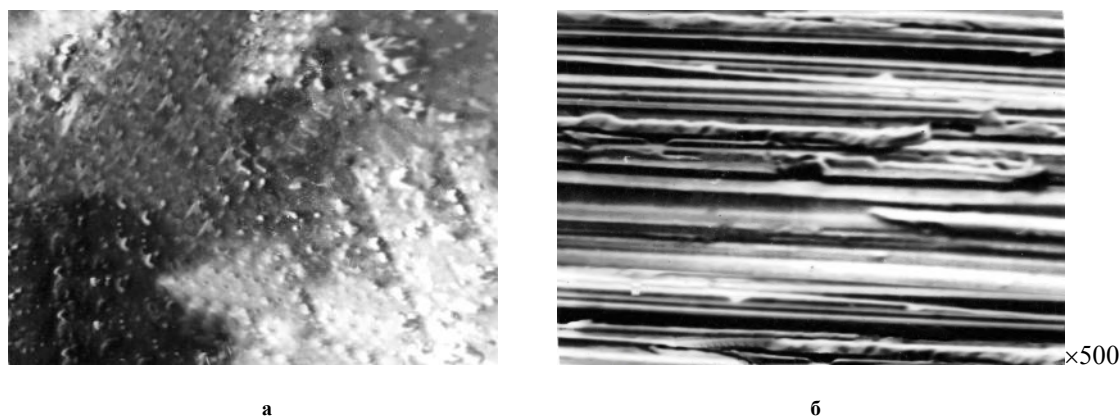


Рис. 2 – Поверхня фрагмента ножа зі сталі 65Г:
а – з покриттям TiN-Cr₂N товщиною 4 мкм;
б – після термообробки та шліфування без покриття

Крім того, як видно з рис. 2, покриття $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$ може значно згладити нерівності по поверхні, які можуть бути концентраторами напружень та сприяти швидкому руйнуванню поверхневої плівки.

На цих фотографіях покриття виглядає у вигляді світлої смуги, яка має чітку межу зі сталлю і при цьому не трується ніталем (3 % HNO_3). За покриттям має місце перехідна зона, яка відрізняється тим, що вона відносно добре трується ніталем і володіє товщиною 4 - 5 мікрон.

При цьому в результаті проведення мікрорентгеноспектральний аналізу було встановлено, що більша частину титану знаходиться саме в самому покритті. Лише деяка його частина розташовується в перехідній зоні (рис. 3).

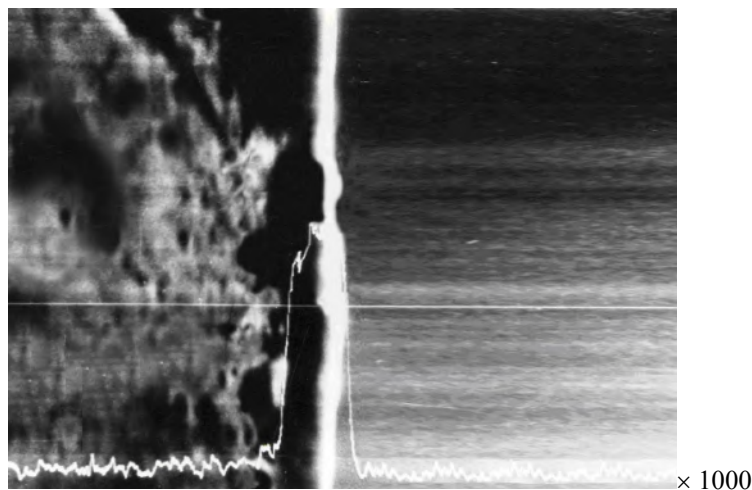


Рис. 3 – Розподіл титану в самому покритті $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$ і перехідній зоні

Метод якісного рентгенівського аналізу, який проводився за допомогою установки УРС 50, дозволив простежити розподіл хімічних елементів в покритті системи $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$, перехідній зоні і матриці, а також виявити включення різного роду. При цьому суть методу полягав у наступному: пучок електронів при взаємодії з атомами, розташованими на поверхні зразка (пластини), генерував рентгенівське випромінювання. При цьому вимірювання довжини хвилі і інтенсивності випромінювання дозволило визначити наявність тих чи інших елементів. У свою чергу інтенсивність випромінювання характеризується числом імпульсів, що виникають за певний відрізок часу переміщення зразка.

Результати вимірювань у міру переміщення на задану відстань зразків за допомогою мікрозонда друкувалися на самописному потенціометрі. Залежність інтенсивності випромінювання від координат місця розташування точок фіксувалася на діафрагмовій папері, що дозволило в подальшому визначити концентрацію елементів з похибкою до 2 %.

Сканування електронного пучка на поверхні пластини дозволило отримати дані поверхневого шару. Однак, зображення, які вийшли за рахунок відображення в електронах, являють собою якісну характеристику хімічного складу покриття, але такі відомості зумовлюють визначення взаємозв'язку концентрації покриття і мікроструктури поверхневого шару.

Необхідно відзначити, що на рентгенограмі можна виділити лінії, які характеризуються наступними фазами: TiN , $\alpha\text{-Ti}$, $\alpha\text{-Fe}$. Визначення наявності Cr_2N досить суб'єктивний процес. Це пов'язано з тим, що лінії такого з'єднання зазвичай збігаються з лініями інших з'єднань. У нашому випадку хром не був виявлений, але це не говорить про його повній відсутності. Даний факт пояснюється тим, що представлений метод може бути недостатньо чутливий для виявлення хрому.

Висновок

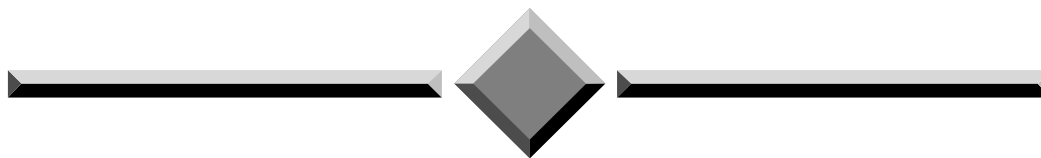
Результати рентгенівських і мікрорентгеноспектральних досліджень показали, що підвищення зносостійкості ножів автогрейдеру з покриттям $\text{TiN-Cr}_2\text{N}$, при встановленому оптимальному значенні товщини ППП 4 мкм, обумовлено наявністю титану, а корозіоностійкість - хрому. Обидва елементи знахо-

дяться в самому покритті і рівномірно розподілені по його структурі, що також сприяє зменшенню зносу ножів.

Покриття TiN-Cr₂N товщиною 8 мкм зовсім ненадійне, бо схильне до відшаровування внаслідок відносно великої товщини. Покриття товщиною 1 мкм зовсім не впливає на зносостійкість матеріалу при роботі фрагментів ножів автогрейдера в абразиві через миттєве руйнування поверхневої плівки.

Література

1. Роик Т.А. Повышение износо- и коррозионной стойкости деталей объемного гидропривода нанесением ионно-плазменных покрытий / Т.А. Роик, Д.Б. Глушкова, Ю.В. Рыжков. – Харьков, 2012. – 112 с.
2. Роик Т.А. Повышение стойкости пресс-форм литья под давлением медных сплавов / Т.А. Роик, Д.Б. Глушкова. – Харьков, 2013. – 108 с.
3. Венцель Е.С. Повышение износостойкости рабочих органов землеройно-транспортных машин : монография / Е.С. Венцель, А.В. Щукин. – Харьков, 2015. – 106 с.
4. Венцель Е.С. Збільшення зносостійкості ножів землеройно-транспортних машин / Е.С. Венцель, О.В. Щукін // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2015. – № 2. – С. 30-35.
5. Венцель Е.С. Исследование износа режущих элементов землеройно-транспортных машин с ионно-плазменным покрытием / Е.С. Венцель, Д.Б. Глушкова, А.В. Щукин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2013. – №4. – С. 143-147.



Проблеми трибології “Problems of Tribology”

E-mail: tribosensor@gmail.com

Поступила в редакцію 27.11.2015

Ventsel Ye. S., Shchukin O. V. Research friction surface grader blades with ion-plasma coating.

The use of ion plasma coating TiN-Cr₂N thickness of 4 micrometers by condensation of ion bombardment can increase the wear resistance of cutting elements graders steel 65G 2 times, maintain the geometrical shape of the knife, as well as the value of the toughness of the material from which it is made.

The main goal of the research was to determine the reasons for the increase of wear resistance of the cutting elements graders.

Metallographic studies were performed using a microscope MIM-8 500 increases, 1000, followed by photographing an image. As a result metallographic investigations we have found that Cr₂N-TiN coating has the best adhesion with a thickness of 2 to 5 microns, otherwise there is a violation of the integrity of the surface layer.

As a result of electron microprobe analysis, it was found that the portion of titanium is prevalent in the coating.

The method of quality X-ray analysis, which was conducted by setting the MSD 50 allowed to trace the distribution of chemical elements in the coating of TiN-Cr₂N, the transition zone and the matrix, as well as to identify the inclusion of various kinds.

The results of X-ray and micro X-ray spectral studies have shown that increasing the wear-resistant coatings TiN-Cr₂N, established at the optimum value of thickness 4 microns, due to the presence of titanium and corrosion resistance - chrome.

Keywords: knife, wear, ion-plasma coating, thickness, X-ray analysis.

References

1. Roik T.A., Glushkova D.B., Ryzhkov Yu.V. Povyshenie iznoso- i korrozionnoj stojkosti detalej obemnogo gidroprivoda nanesseniem ionno-plazmennyyx pokrytij. Har'kov, 2012. 112 p.
2. Roik T.A., Glushkova D.B. Povyshenie stojkosti press-form litya pod davleniem mednyx splavov. Xarkov, 2013. 108 p.
3. Vencel E.S., Shhukin A.V. Povyshenie iznosostojkosti rabochix organov zemlerojno-transportnyx mashin : monografiya. Har'kov, 2015. 106 p.
4. Vencel E.S., Shhukin O.V. Zbilshennya znosostijkosti nozhiv zemlerijno-transportnix mashin. Problemi tribologii (Problems of Tribology). 2015, No 2. pp. 30–35.
5. Vencel E.S., Glushkova D.B., Shhukin A.V. Issledovanie iznosa rezhushhix elementov zemlerojno-transportnyx mashin s ionno-plazmennym pokrytiem: Vestnik BGTU im. V.G. Shuxova. 2013, No4, pp. 143–147.