

Стороженко М.С.Національний авіаційний університет,
м. Київ, Україна

E-mail: storozhenkomary@ukr.net

**МЕХАНІЗМИ ЗНОШУВАННЯ ПЛАЗМОВИХ
ПОКРИТТІВ СИСТЕМИ NiCrSiB-TiB₂ В
УМОВАХ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ БЕЗ МАСТИЛА**

УДК 621.762:531.43

В роботі досліджено зносостійкість плазмових покриттів на основі самофлюсівного сплаву NiCrSiB з добавками 10 %, 20 %, 40 % (мас.) дибориду титану в умовах тертя ковзання без мастила в парі зі сталевим контртілом. Встановлено, що зносостійкість плазмових покриттів системи NiCrSiB-TiB₂ зростає при збільшенні вмісту дибориду титану. Покриття НХТБ10 пошкоджується в результаті реалізації адгезійного механізму зношування. Виявлено, що на поверхнях тертя плазмових покриттів НХТБ20 та НХТБ40 формуються оксидні плівки на основі оксидів В₂О₃, TiO₂, Cr₂O₃, SiO₂ та NiO, які виконують роль твердого мастила та ефективно захищають поверхні тертя від пошкоджень. При збільшенні швидкості процеси формування та руйнування оксидних плівок інтенсифікуються, що призводить до збільшення інтенсивності зношування розроблених покриттів.

Ключові слова: самофлюсівний сплав, диборид титану, плазмове покриття, зносостійкість, механізм зношування, трибоокиснення, тертя.

Вступ

Терміни експлуатації машин та механізмів обмежуються в основному недостатньою зносостійкістю їх складових вузлів і деталей. Серед існуючих конструкторських, технологічних та експлуатаційних методів забезпечення зносостійкості одним з найбільш ефективних є створення на робочих поверхнях деталей захисного шару з заданими властивостями, які забезпечують максимальну міцність і довговічність при мінімальній вартості. Тому в даний час актуальна розробка композиційних металокерамічних покриттів, в яких можна керувати структурними ефектами, що дозволяє конструювати матеріал з необхідними експлуатаційними властивостями.

В якості основи зносостійких композиційних покриттів перспективними є самофлюсівні сплави NiCrBSi на основі нікелю з легуючими добавками хрому, кремнію, вуглецю та бору. В сплаві бор і кремній утворюють з нікелем та хромом легкоплавкі евтектики з температурою плавлення 950 - 1080 °С, а також відновлюють оксидні плівки на поверхні частин порошку з утворенням боросилікатних шлаків. Наявність в сплаві бору та вуглецю призводить до утворення в покритті боридів та карбідів хрому і нікелю [1]. Як правило, покриття з самофлюсівних сплавів наносять на робочі поверхні деталей методами газотермічного напилення з наступним їх оплавленням, під час якого відбувається очищення покриттів від оксидів та збільшується твердість за рахунок росту карбідних та боридних зерен.

В жорстких умовах експлуатації покриття системи NiCrBSi не завжди задовольняють вимогам по зносостійкості. Кількості зміцнюючих фаз в структурі покриттів недостатньо для ефективного запобігання процесам адгезійного схоплювання в умовах тертя без мастила та протидії пошкодженню поверхні твердими абразивними частинками в умовах інтенсивного абразивного зношування [2 - 5]. Для підвищення зносостійкості газотермічних покриттів системи NiCrSiB до складу порошків самофлюсівних сплавів вводять добавки тугоплавких сполук: карбіду вольфраму WC, карбіду титану TiC, карбіду хрому Cr₃C₂ [6, 7]. Введення таких добавок приводить до формування гетерофазної структури покриття, що складається з металевої матриці в якій рівномірно розподілені зерна зміцнюючих фаз. В умовах експлуатації пластична матриця ефективно запобігає крихкому руйнуванню, а тверді зерна карбідів сприймають основне контактне навантаження та збільшують зносостійкість покриттів.

При розробці композиційних покриттів для умов тертя ковзання без мастила важливим є вибір таких компонентів, які б не просто зміцнювали структуру покриття, а й сприяли формуванню на поверхнях контакту оксидних плівок, що перешкоджають адгезійній взаємодії спряжених поверхонь. Тому в якості зміцнюючої фази для покриттів на основі самофлюсівних сплавів перспективними є добавки дибориду титану, який характеризується високим рівнем твердості (33 ГПа), високою температурою плавлення (2980 °С) та малою густиною (4,52 г/см³) [8]. В умовах трибоокиснення дибориду титану імовірно утворення борного ангідриду В₂О₃ та рутилу TiO₂ [9]. В умовах тертя оксид бору сприяє формуванню на поверхнях тертя суцільної оксидної плівки, яка запобігає пошкодженню спряжених поверхонь [10, 11].

В Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича було розроблено композиційні порошків НХТБ на основі самофлюсівного сплаву NiCrBSi з добавками TiB₂ для напилення газотермічних покриттів [12].

Мета і постановка задачі

При розробці зносостійких покриттів важливо не тільки визначити їх триботехнічні властивості, а й вивчити механізми зношування, що дозволить цілеспрямовано впливати на трибосистему з метою вдосконалення її експлуатаційних властивостей. Дана стаття є продовженням робіт [12 - 13] по дослідженню поведінки газотермічних покриттів системи NiCrBSi - TiB₂ в умовах тертя ковзання без мастила.

Мета роботи – дослідження закономірностей впливу структурно - фазового складу плазмових покриттів на основі самовлосівного сплаву NiCrBSi з добавками TiB₂ на зносостійкість та механізми зношування умовах тертя ковзання без мастила в умовах тертя ковзання без мастила в парі зі сталевим контртілом в широкому діапазоні швидкостей.

Об'єкти і методи дослідження

Для напилення плазмових покриттів використовували промисловий порошок марки ПР-НХ16СР3 (Cr-16, В-2,7, Si-3,2, С-0,75, Fe<5, Ni – осн.) і розроблені композиційні порошки НХТБ10, НХТБ20, НХТБ40 на основі самофлюсівного сплаву NiCrSiB з добавками 10%мас., 20%мас., 40%мас. дибориду титану відповідно. Для отримання композиційних порошків НХТБ змішували промисловий порошок ПР-НХ16СР3 (30 - 60 мкм) і порошок дибориду титану (2 - 3 мкм) в певних пропорціях. Отриману шихту брикетували і спікали в вакуумі при температурах 900 - 1400 °С. Встановлено, що в процесі спікання композитів відбувається хімічна взаємодія між компонентами системи, що призводить до формування зерен боридів хрому, які додатково зміцнюють структуру [12]. Отримані композити подрібнювали і просіювали через сита, відбираючи потрібну фракцію порошку (-100 + 63) мкм. Кожна частинка порошку НХТБ є конгломератом, що містить металевий сплав на основі нікелю та частинки боридів хрому та дибориду титану [12].

Покриття з розроблених композиційних порошків НХТБ та самофлюсівного сплаву NiCrSiB наносили на сталеві зразки методом плазмового напилювання на установці УПУ-3Д-М. Особливості технології та режими плазмового напилювання детально описані в роботі [12].

Розроблені покриття НХТБ характеризуються гетерофазною структурою, що складається з зерен дибориду титану та бориду хрому, які рівномірно розподілені в матриці на основі нікелю (рис. 1, б - г). Розмір зерен TiB₂ в структурі покриттів становить 2 - 3 мкм. Розмір включень бориду хрому CrB зменшується зі збільшенням вмісту дибориду титану в покритті і становить до 20 мкм.

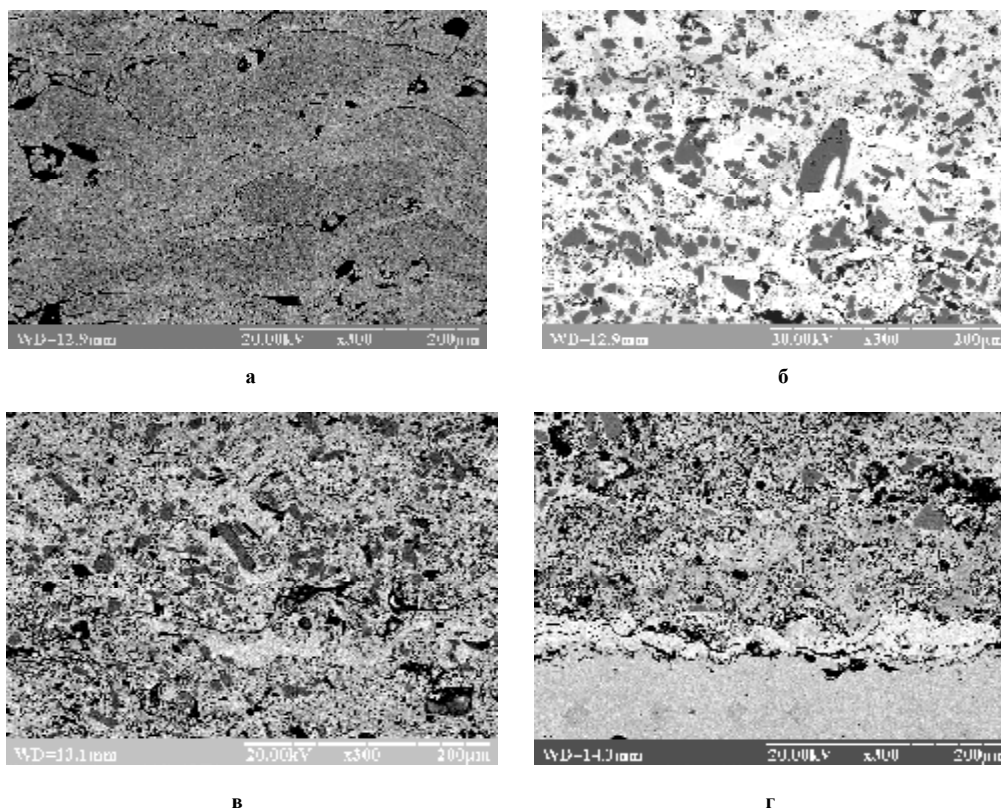


Рис. 1 – Мікроструктура плазмових покриттів:
 а – NiCrSiB; б – НХТБ10 (NiCrSiB-10мас.%TiB₂);
 в – НХТБ20 (NiCrSiB-20мас.%TiB₂); г – НХТБ40 (NiCrSiB-40мас.%TiB₂)

Триботехнічні дослідження розроблених покриттів НХТБ проводили в умовах тертя ковзання без мастила при кімнатній температурі за схемою стержень-диск (рис. 2). В якості зразків використовували сталеві стержні з нанесеними на їх поверхню покриттями. В якості контртіла використовували диск зі сталі 65Г. Триботехнічні випробування проводили при навантаженні $P = 5$ МПа, швидкостях $v = 4, 8, 12$ м/с, шлях тертя становив 5 км.

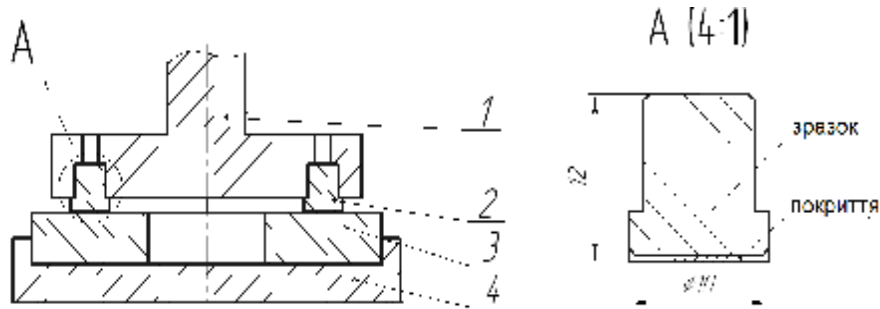


Рис. 2 – Схема триботехнічних випробувань покриттів:
1 – вал; 2 – зразок з покриттям;
3 – сталевий диск; 4 – фіксатор диску;

Для забезпечення плоского контакту між поверхнями спряжених тіл зразки припрацьовували перед кожним випробуванням. Для цього на поверхню диска наклеювали шліфувальний папір 400/800, по якому терли зразки до повного прилягання поверхонь. Потім використовували шліфувальний папір 2400 для фінішної обробки поверхні покриття, після чого шліфувальний папір знімали, поверхні стержня та диска протирали спиртом.

В процесі триботехнічних випробувань визначали лінійний знос зразків. Для виявлення механізмів зношування розроблених покриттів, вивчали поверхні тертя методом мікрорентгеноспектрального аналізу на електронному мікроскопі РЕМ.

Результати досліджень та їх обговорення

В умовах тертя ковзання без мастила в усьому діапазоні досліджуваних швидкостей композиційні покриття НХТБ на основі самофлюсівного сплаву з добавками дибориду титану мають менші значення інтенсивності зношування в порівнянні з покриттям NiCrSiB (рис. 3). Введення до самофлюсівного сплаву добавок дибориду титану в кількості 10% мас. призводить до зменшення інтенсивності зношування покриття НХТБ10 в 1,6 - 2 рази в порівнянні з покриттям NiCrSiB. З подальшим збільшенням вмісту TiB₂ до 20 - 40 % мас. спостерігається підвищення зносостійкості плазмових покриттів НХТБ. Покриття НХТБ40, що містить 40 % мас. дибориду титану характеризується найменшими значеннями інтенсивності зношування (6 - 15 мкм/км) серед розроблених покриттів в усьому інтервалі досліджуваних швидкостей. Зі збільшенням швидкості спостерігається загальна тенденція до збільшення інтенсивності зносу всіх досліджуваних плазмових покриттів.

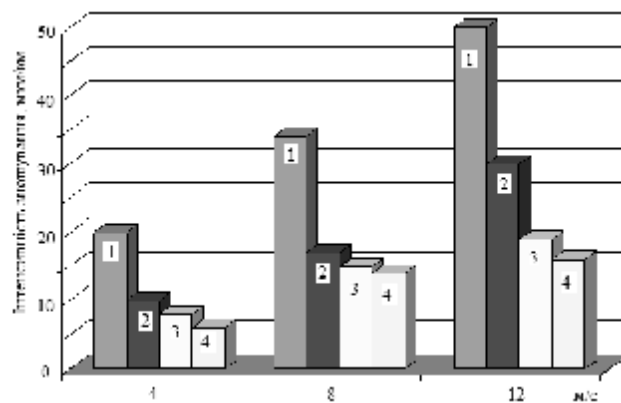


Рис. 3 – Інтенсивність зношування плазмових покриттів:
1 – NiCrSiB; 2 – НХТБ10;
3 – НХТБ20; 4 – НХТБ40

Для виявлення особливостей механізмів зношування розроблених покриттів в умовах тертя ковзання без мастила вивчали топографію та мікроструктуру поверхонь тертя зразків НХТБ (рис. 4 - 8).

Переважаюча більшість поверхні тертя зразка НХТБ10 після триботехнічних випробувань при швидкості $v = 8$ м/с являє собою поверхневий шар на основі нікелю, який покриває вихідну структуру покриття (рис. 4, а - б, табл. 1: спектр 1 - 2). При цьому поверхня тертя містить значну кількість пошкоджень в вигляді ритвин та подряпин. На деяких локальних ділянках, що характеризуються рівномірним та вигладженим рельєфом, виявлено плівки за участю оксидів заліза та нікелю (рис. 4, в - г, табл. 2: спектр 4).

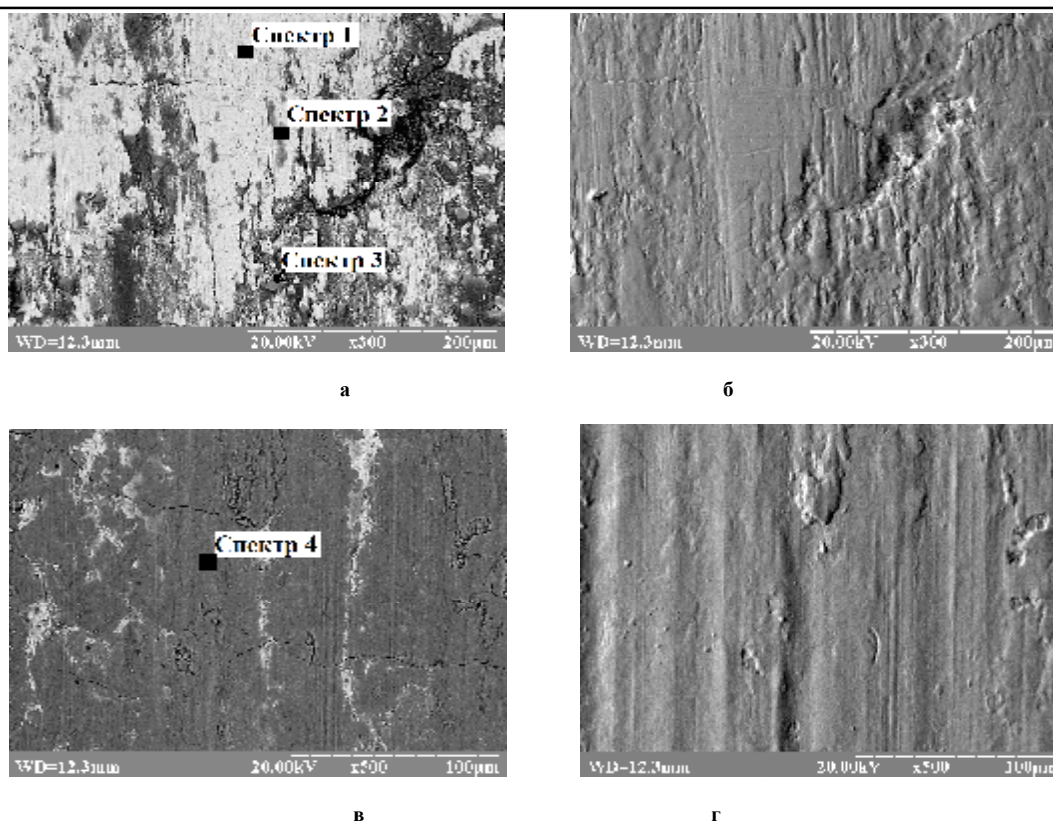


Рис. 4 – Мікроструктура та топографія характерних ділянок поверхні тертя плазмового покриття НХТБ10 після триботехнічних випробувань при швидкості $v = 8$ м/с

Поверхня тертя плазмового покриття НХТБ10 після триботехнічних випробувань при швидкості $v = 12$ м/с складається з трьох характерних ділянок, на яких виявлено значну кількість нікелю та заліза (рис. 5). На окремих ділянках, які мають вигладжену поверхню, також виявлено значну кількість кисню (рис. 5, табл. 1, спектр 5), що свідчить про утворення складних оксидних плівок нікелю та заліза. Ділянки білого кольору з шарувато-пелюстковою структурою являють собою поверхневий шар неокисленого нікелю (рис. 5, табл. 1, спектр 6). На поверхні тертя зразка НХТБ10 також було виявлено ділянки з шарувато-пелюстковою структурою та слідами виривів, які, імовірно, утворилися внаслідок адгезійної взаємодії з сталлю. За даними мікрорентгеноспектрального аналізу такі ділянки містять значну кількість нікелю, заліза та кисню (рис. 5, табл. 1, спектр 7).

Таблиця 1

Хімічний аналіз поверхні тертя покриття НХТБ 10 після триботехнічних випробувань при швидкості 8 і 12 м/с

Рисунок	Спектр	Вміст елементів [мас. %]					
		O	Ni	Cr	Ti	Fe	Si
Рис. 4 $v = 8$ м/с	№ 1	2,17	80,82	7,87	1,19	6,84	111
	№ 2	23,25	51,56	11,09	3,54	5,10	5,44
	№ 3	12,04	1,12	84,53	1,28	1,13	0,00
	№ 4	23,31	22,61	8,36	1,98	41,81	1,94
Рис. 5 $v = 12$ м/с	№ 5	25,6	25,72	2,70	7,84	34,18	3,96
	№ 6	3,39	58,98	5,01	1,98	29,96	1,94
	№ 7	34,42	28,09	10,82	4,04	16,61	6,03

На поверхні тертя плазмового покриття НХТБ20 після триботехнічних випробувань при швидкості 8 м/с виявлено формування плівок двох типів. Переважна більшість поверхні тертя зразка НХТБ20 покрита плівками на основі оксидів титану, нікелю, хрому та кремнію (рис. 6, табл. 2, спектр 2). При цьому в поверхневому шарі фактично не виявлено заліза (2 - 3 %). Також виявлено локальні ділянки, що являють собою поверхневий шар нікелю. (рис. 6, а - б, табл. 2, спектр 1).

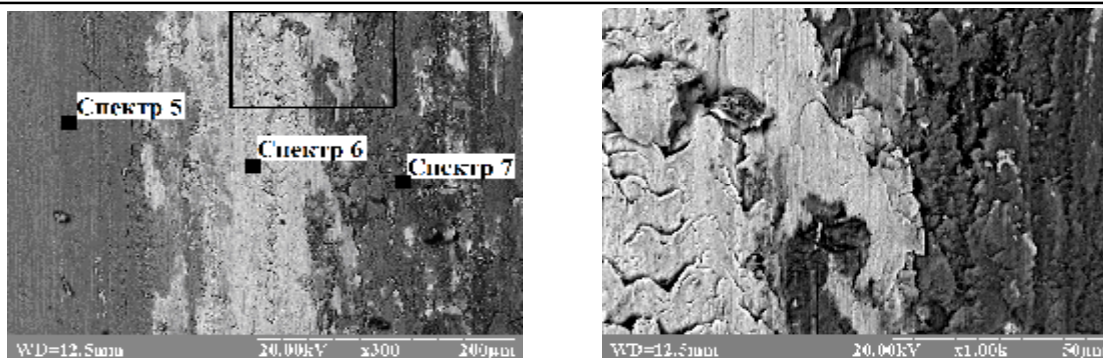


Рис. 5 – Мікроструктура та топографія характерних ділянок поверхні тертя плазмового покриття НХТБ10 після триботехнічних випробувань при швидкості $v = 12$ м/с

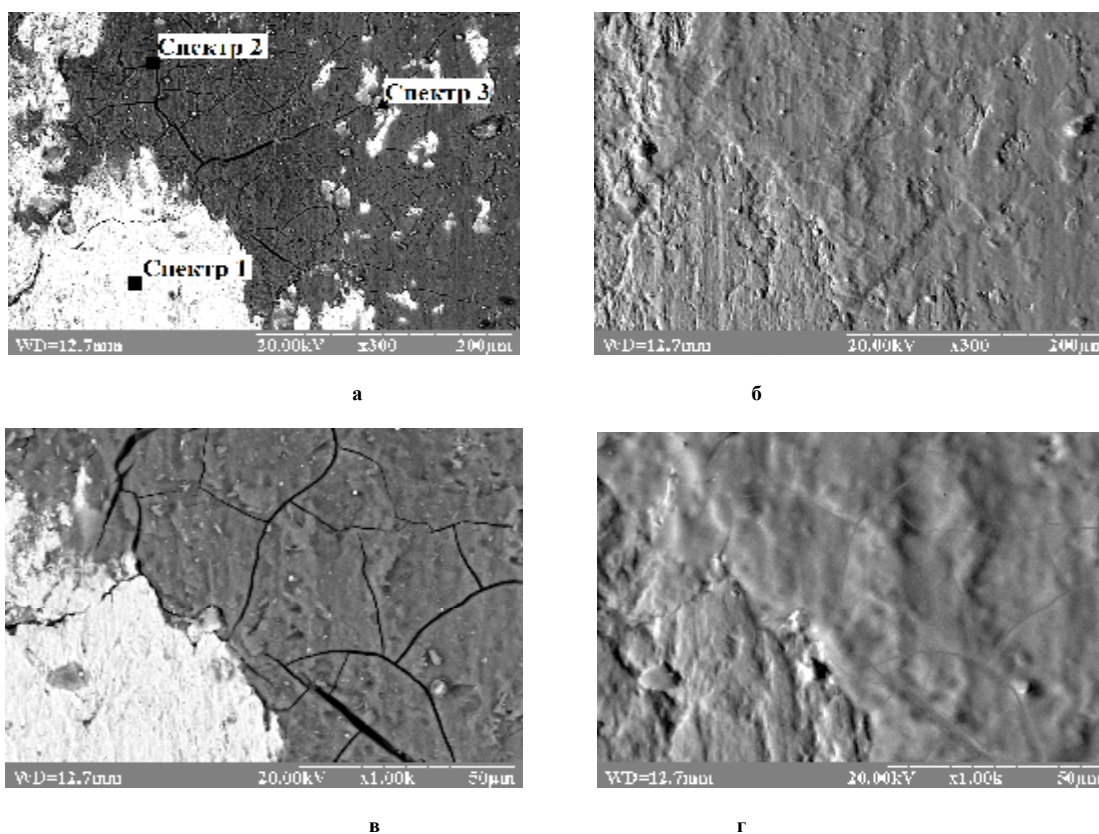


Рис. 6 – Мікроструктура та топографія характерних ділянок поверхні тертя плазмового покриття НХТБ20 після триботехнічних випробувань при швидкості $v = 8$ м/с

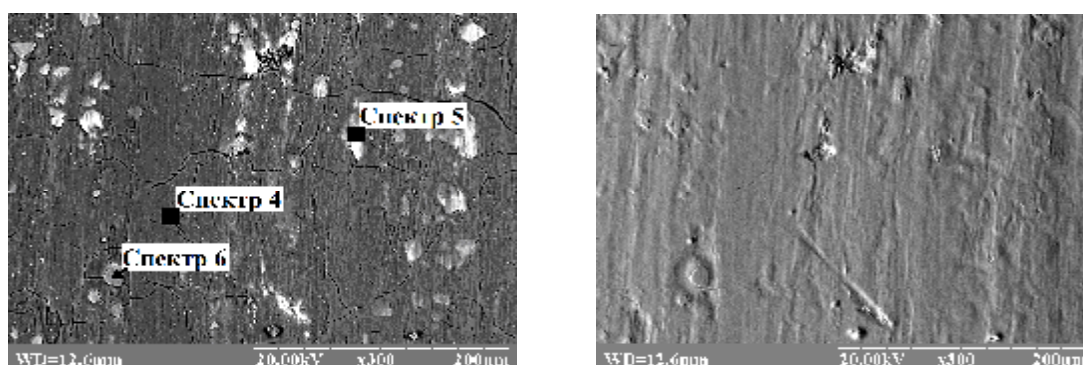


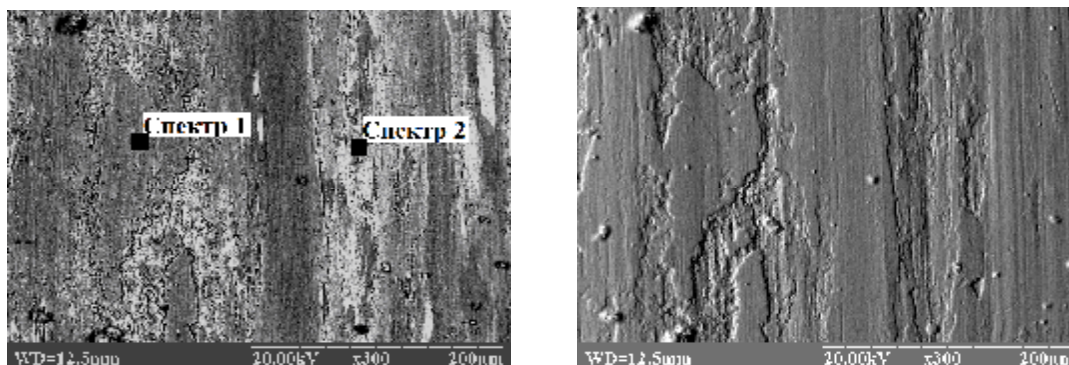
Рис. 7 – Мікроструктура та топографія характерних ділянок поверхні тертя плазмового покриття НХТБ20 після триботехнічних випробувань при швидкості $v = 12$ м/с

**Хімічний аналіз поверхні тертя покриття НХТБ 20
після триботехнічних випробувань при швидкості 8 і 12 м/с**

Рисунок	Спектр	Вміст елементів [мас, %]					
		O	Ni	Cr	Ti	Fe	Si
Рис. 6 $v = 8$ м/с	№ 1	1,05	87,84	2,41	0,86	7,44	0,41
	№ 2	43,81	12,93	17,39	15,53	2,77	7,57
	№ 3	10,44	0,48	82,16	5,28	1,64	0,00
Рис. 7 $v = 12$ м/с	№ 4	43,64	12,09	17,66	17,10	2,66	6,85
	№ 5	9,68	79,38	3,31	4,03	1,86	1,74
	№ 6	9,44	0,31	83,32	6,12	0,81	0,00

Збільшення швидкості випробувань до $v = 12$ м/с призводить до більш інтенсивного формування оксидних плівок на основі оксидів титану, нікелю, хрому та кремнію – вони покривають всю поверхню зразка НХТБ20 (рис. 7, табл. 2, спектр 4). На рис. 6 - 7 видно, що формування таких плівок сприяє вигладжуванню поверхні тертя та заліковуванню дефектів, при цьому плівки покритті сіткою тріщин. На поверхні тертя покриття НХТБ20 можна також спостерігати окремі зерна боридів хрому, що дещо виступають над поверхнею сформованих оксидних плівок (рис. 6 - 7, табл. 2, спектр 3; спектр 5).

За даними мікрорентгеноспектрального аналізу поверхня тертя плазмового покриття НХТБ40 після триботехнічних випробувань при швидкості 12 м/с також покрита плівками на основі оксидів титану, нікелю, хрому (рис. 8, табл. 3, спектр 1). Поверхня тертя зразка НХТБ40 має рельєфну структуру, що містить сліди утворення та відшарування оксидних плівок.



**Рис. 8 – Мікроструктурата топографія поверхні тертя плазмового покриття НХТБ40
після триботехнічних випробувань при швидкості $v = 12$ м/с**

**Хімічний аналіз поверхні тертя покриття НХТБ 40
після триботехнічних випробувань при швидкості 12 м/с**

Рисунок	Спектр	Вміст елементів [мас. %]					
		O	Ni	Cr	Ti	Fe	Si
Рис. 8	№ 1	43,81	21,77	9,74	18,44	2,14	1,74
	№ 2	2,85	72,53	7,60	12,03	3,08	1,91

Розвиток того чи іншого механізму зношування визначається структурою, фізико-механічними властивостями покриттів та швидкісно-навантажувальними параметрами триботехнічних випробувань. Механізми зношування розроблених покриттів НХТБ можна пояснити наступним чином.

В процесі тертя під дією високих навантажень та швидкостей в локальних точках контакту стержня та диска розвиваються високі температури. В результаті відбувається інтенсивне нагрівання зразка з покриттям, що, в свою чергу, призводить до збільшення пластичності металевої матриці. В умовах триботехнічних випробувань плазмового покриття НХТБ10 нікель, що є основною складовою матриці, інтенсивно деформується і намазується на поверхню боридних зерен. Матеріал сталевого контртіла також деформується, окислюється і частково переноситься на більш тверду поверхню покриття НХТБ10. Тому на поверхні тертя НХТБ10 відбувається формування оксидних плівок за участю оксидів нікелю, заліза та хрому. Внаслідок інтенсивної пластичної деформації поверхневого шару покриття НХТБ10 ці плівки руйнуються, а тому не захищають поверхні тертя від пошкоджень. При збільшенні швидкості випробувань відбувається інтенсифікація процесів пластичної деформації поверхонь, що призводить до їх адгезійної взаємодії і, як наслідок, до збільшення інтенсивності зношування покриття НХТБ10.

Вміст твердих зерен боридів хрому та титану в структурі покриттів НХТБ20 та НХТБ40 вищий в порівнянні з покриттям НХТБ10, а тому вони більш ефективно запобігають пластичній деформації матриці та сприймають основне навантаження під час тертя. Крім того, зерна тугоплавких сполук приймають активну участь в формуванні оксидних плівок на поверхні тертя покриттів НХТБ20 та НХТБ40. Приймаючи до уваги результати мікрорентгеноспектрального аналізу поверхонь тертя, можна припустити, що в процесі триботехнічних випробувань на поверхні плазмових покриттів НХТБ20 та НХТБ40 відбувається формування оксидної плівки, що являє собою механічну суміш оксидів В₂О₃, TiO₂, Cr₂O₃, SiO₂ та NiO. В процесі тертя оксидна плівка пом'якшується, оплавляється, покриває поверхню зразків і виконує роль мастила, запобігаючи пошкодженню покриттів НХТБ20 та НХТБ40. Отже, механо-хімічний (оксидний) механізм зношування є основним для плазмових покриттів НХТБ на основі самофлюсівного сплаву NiCrSiB з добавками 20 та 40 % мас. дибориду титану.

Слід зазначити, що на процеси формування та руйнування оксидних плівок впливають два основні фактори. З одного боку, збільшення вмісту включень дибориду титану в структурі покриттів сприяє більш інтенсивному та рівномірному утворенню оксидних плівок. З іншого боку, при збільшенні швидкості випробувань процеси формування оксидних плівок інтенсифікуються, товщина плівок зростає, а тому вони легко руйнуються та виносяться з зони контакту, що призводить до збільшення інтенсивності зношення покриттів НХТБ20 та НХТБ40.

Висновки

Таким чином, добавки дибориду титану призводять до збільшення зносостійкості плазмових покриттів на основі самофлюсівного сплаву NiCrSiB. Покриття НХТБ10 характеризується високими значеннями інтенсивності зношування, оскільки в процесі тертя реалізується адгезійний механізм зношування, що призводить до значних пошкоджень поверхонь тертя.

В умовах тертя ковзання плазмових покриттів НХТБ20 та НХТБ40 тверді зерна боридів титану та хрому перешкоджають пластичній деформації матриці на основі нікелю та сприяють формуванню на поверхнях тертя оксидних плівок, що складаються з оксидів В₂О₃, TiO₂, Cr₂O₃, SiO₂ та NiO. Такі плівки ефективно запобігають адгезійній взаємодії покриттів зі сталлю та виконують роль твердого мастила.

Зі збільшенням швидкості процеси формування та руйнування оксидних плівок інтенсифікуються, що призводить до збільшення інтенсивності зношування плазмових покриттів НХТБ20 та НХТБ40.

Література

1. Борисов Ю.С. Плазменные порошковые покрытия / Ю.С. Борисов, А.Л. Борисова – К.: Техніка, 1986. – 233 с.
2. Kulu P. Recycled hard metal-base wear-resistance composite coatings / P. Kulu, J. Halling // *Journal of Thermal Spray Technology*. – 1998. – V.7. – P. 173-178.
3. Rodríguez J. An experimental study of wear performance of NiCrBSi thermal spray coatings / J. Rodríguez, A. Martín, R. Fernández, J. Fernández // *Wear*. – 2003. – V. 255. – P.950-955.
4. Miguel S.J. Tribological study of NiCrBSi coating obtained by different process // S.J. Miguel, J.M. Guilemany, J.M. Vizcain // *Tribol. Int.* – 2003. – V.36. – P. 181-187.
5. Houdkova S. Comparative study of thermally sprayed coatings under different types of wear conditions for hard chromium replacement / S. Houdkova, F. Zaha'ika, M. Kas'parova', L. M. Berger // *Tribol. Lett.* – 2011. – V.43. – P. 139-154.
6. Sari N.J. Improvement of wear resistance of wire drawing rolls with Cr-Ni-B-Si+WC thermal spraying powders / N.J. Sari, M. Yilmaz // *Surface and Coatings Technology*. – 2008. – V.202. – P. 3136-3141.
7. Клинская-Руденская Н.А. О влиянии тугоплавких добавок на структуру и свойства покрытий из самофлюсующихся сплавов / Н.А. Клинская-Руденская, Б.П. Кузьмин // *Физика и химия обработки материалов* – 1996. – № 1. – С. 55-61.
8. Самсонов Г.В. Бор, его соединения и сплавы / Г.В. Самсонов, Л.Я. Марковский, А.Ф. Жигач, М.Г. Валяшко. – К.: Изд-во АН УССР, 1960. – 590 с.
9. Войтович Р.Ф. Высокотемпературное окисление боридов металлов IV группы / Р.Ф. Войтович, Э.А. Пугач // *Порошковая металлургия*. – №2. – 1975. – С. 57-62.
10. Пашечко М. Окислення бору та вуглецю в композитних матеріалах пар тертя / М. Пашечко, А. Кондир, Л. Богун. // Спецвипуск журналу "ФХММ". – 2002. – Т.1. – №3. – С.293-297
11. Пашечко М.І. Механізми утворення оксидів на контактних поверхнях під час тертя матеріалів, що містять залізо та бор / М. Пашечко, А. Кондир, Л. Богун // *Проблеми трибології*. – №2. – 2003. – С. 139-143.
12. Уманский А. П. Влияние добавок TiB₂ на структуру и свойства плазменных покрытий на основе NiCrSiB / А.П. Уманский, А.Е. Терентьев, М.С. Стороженко, А.А. Бондаренко // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2012. – №10 (97). – С. 50-55.
13. Sliding wear behaviour of NiCrSiB-TiB₂ plasma sprayed coatings / O. Umanskyi, I. Hussainova, M. Storozhenko, O. Terentjev, M. Antonov: Processing of the 9th Baltic-Buylgarian Conference on Biomechanic and Mechanics. - Riga, Latvia. - June 17-18, 2013. - P. 250-258.

Поступила в редакцію 28.11.2013

Storozhenko M.S. **Wear mechanisms of NiCrSiB-TiB₂ plasma-sprayed coatings under dry sliding conditions.**

In this work the wear behavior of NiCrSiB-TiB₂ coatings against steel counter-body under dry sliding conditions is studied. The NiCrSiB-based coatings with 10wt.%, 20wt.%, 40wt.% of titanium diboride particles content were sprayed by plasma technique. The heterogeneous structure of plasma sprayed NiCrSiB-20wt.%TiB₂ coating consists of the nickel-based matrix, titanium diboride and chromium boride grains. Wear rates of NiCrSiB-TiB₂ coatings were examined using pin-on-disk tester at sliding speed of 4, 8, 12 m/s and at constant load applied to the pin of 5MPa. The worn surfaces were observed using scanning electron microscopy.

It has been determined, that the addition of 10 wt.% titanium boride into the NiCrSiB alloy results in the increase of plasma sprayed coating wear resistance as compared with NiCrSiB coating. However, adhesive wear mechanism is proved to be a dominant for NiCrSiB-10wt%TiB₂ coating. The subsequent increase of TiB₂ content in nickel-based self-fluxing alloy up to 20-40 wt. % results in increase of plasma sprayed coatings wear-resistance. Hard TiB₂ and CrB grains prevent the deformation of nickel matrix and promote formation of oxide films (TiO₂, B₂O₃, NiO, Cr₂O₃) that further serve as protective layer.

Key words: self - fluxing alloy, titanium diboride, plasma-sprayed coating, wear resistance, wear mechanism, oxide films.

References

1. Borisov Ju.S., Borisova A.L. Plazmennye poroshkovye pokrytija. K.: Tehnika, 1986.. 233s.
2. Kulu P., Halling J. Recycled hard metal-base wear-resistance composite coatings. Journal of Thermal Spray Technology. 1998. V.7. P. 173-178.
3. Rodríguez J., Martín A., Fernández R., Fernández J. An experimental study of wear performance of NiCrBSi thermal spray coatings. Wear. 2003. V. 255. P. 950-955.
4. Miguel S.J., Guilemany J.M., Vizcain J.M. Tribological study of NiCrBSi coating obtained by different process. Tribol. Int. 2003. V.36. P. 181-187.
5. Houdkova S., Zaha'lka F., Kas'parova M. L., Berger M. Comparative study of thermally sprayed coatings under different types of wear conditions for hard chromium replacement. Tribol. Lett. 2011. V.43. P. 139-154.
6. Sari N.J., Yilmaz M. Improvement of wear resistance of wire drawing rolls with Cr-Ni-B-Si+WC thermal spraying powders. Surface and Coatings Technology. 2008. V.202. P. 3136-3141.
7. Klinskaja-Rudenskaja N.A., Kuz'min B.P. O vlijanii tugoplavkih dobavok na strukturu i svojstva pokrytij iz samofljusujushhhsja splavov. Fizika i himija obrabotki materialov. 1996. N 1. S. 55-61.
8. Samsonov G.V., Markovskij L.Ja., Zhigach A.F., Valjashko M.G. Bor, ego soedinenija i splavy. K. Izdvo AN USSR, 1960. 590s.
9. Vojtovich R.F., Pugach Je.A. Vysokotemperaturnoe okislenie boridov metallov IV grupy. Poroshkovaja metallurgija. №2. 1975. S. 57-62.
10. Pashechko M., Kondir A., Bogun L. Okislennja boru ta vuglecju u kompozitnih materialah par tertja. Specvipusk zhurnalu "FHMM". 2002. T.1. №3. S.293-297.
11. Pashechko M.I., Kondir A., Bogun L. Mehanizmi utvorennja oksidiv na kontaktnih poverhnjah pid chas tertja materialiv, shho mistjat' zalizo ta bor. Problemi tribologii. №2. 2003. S. 139 -143.
12. Umanskij A. P., Terent'ev A.E., Storozhenko M.S., Bondarenko A.A. Vlijanie dobavok TiB₂ na strukturu i svojstva plazmennyh pokrytij na osnove NiCrSiB. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. 2012. №10 (97). S.50-55.
13. Umanskyi O., Hussainova I., Storozhenko M., Terentjev O., Antonov M. Sliding wear behaviour of NiCrSiB-TiB₂ plasma sprayed coatings. Processing of the 9th Baltic-Buylgarian Conference on Biomechanic and Mechanics. Riga, Latvia. June 17-18, 2013. P. 250-258.