

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ТВЕРДОХЛІБОВА Світлана Василівна

ОСОБЛИВОСТІ РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СПЛАВІВ
У ВИСОКОВОЛЬТНОМУ КОНДЕНСОВАНОМУ ІСКРОВОМУ РОЗРЯДІ

01.04.07 - фізика твердого тіла

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1994



Дисертація є рукопис.

Робота зиконана в Дніпропетровському державному університеті.

Науковий керівник: академік АН України, доктор технічних наук, професор СПИРИДОНОВА І.М.

Офіційні опоненти: академік АН України, доктор технічних наук, професор ДІДМІК Р.П.,
доктор хімічних наук ГРИКІТ І.А.

Провідна установа: Інститут електроваріння ім.Є.О.Патона НАН України, м. Київ.

Захист відбудеться 22 11 1994 р. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 03.01.06 Дніпропетровського державного університету за адресою: 320625, ГСП-10, м.Дніпропетровськ, пр.Гагаріна, 72, корп.ІІ, ауд.300, УСФ

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Дніпропетровського державного університету.

Автореферат розісланий "21" 10 1994 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

УСФ
СПИРИДОНОВА І.М.
ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ДВ-31.117

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Широкого розповсюдження в світовій практиці здобули матеріали нового класу, а саме композиційні, завдяки комплексу унікальних властивостей. Особливості руйнування цих матеріалів визначаються екстремальними умовами експлуатації і являються специфічними для кожного їх складу. Відсутність засобів визначення механічних властивостей композитів завдає труднощів не тільки контролю їх якості, але і перспективності використання визначеного складу у певних випадках. У зв'язку з цим вивчення закономірностей електричного руйнування композиційних сплавів в контексті зі зміною їх механічних властивостей, обумовлених кількістю крихких структурних складових в зв'язуючому (матриці), постає актуальним в галузі фізики твердого тіла.

Мета і основні завдання наукового дослідження. Метою роботи є прогнозування механічних та експлуатаційних властивостей композиційних сплавів Fe-W-C та Fe-B-C та оцінка їх якості шляхом визначення спектроскопічних параметрів продуктів ерозії матриці. У зв'язку з цим вирішувались пов'язані між собою основні завдання:

1. Вивчення особливостей руйнування композиційних сплавів у процесі електричного обіскривання.
2. Дослідження поведінки інтенсивності ліній легуючих елементів в спектрах емісії від характеру та швидкості об'ємної електричної ерозії композитів.
3. Встановлення емпіричних моделей для прогнозування механічних властивостей досліджених композитів.
4. Вибір оптимального параметру показником якості матриці композитів.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що в ньому

вперше встановлена селективність електричної ерозії композиційних сплавів систем Fe-W-C та Fe-B-C. Виявлена електротермічна та електромеханічна природа селективного руйнування цих композитів. Розрахунками показано, що іонне травлення міжфазної поверхні породжено процесом, подібним до катодного розпилення. Електромеханічна природа електричного руйнування досліджених композитів обумовила існування виявленої залежності швидкості об'ємної електричної ерозії від механічних властивостей, визначених кількістю крихких структурних складових. На базі знайдених закономірностей електричного руйнування досліджених композитів одержані емпіричні моделі по параметру макронеоднорідності елементів крихкої фази матриці для прогнозування механічних властивостей цих матеріалів, завдяки їх адекватності результатам експерименту.

На захист виносяться такі наукові положення:

1. Електрична ерозія композиційних сплавів систем Fe-B-C та Fe-W-C є селективний процес, який має електротермічну та електромеханічну природу.
2. Під дією поодинокого іскрового розряду тривалістю 7.69 мкс на поверхню композита відбувається переважно руйнування крихких структурних складових міжфазної поверхні композиційних матеріалів з їх вилученням від зони електрода в хмару розряду.
3. Швидкість об'ємної електричної ерозії залежить від механічних властивостей композитів, обумовлених кількістю крихких структурних складових.
4. Прогнозування механічних властивостей композитів забезпечується визначенням параметру макронеоднорідності елемента крихкої фази.

Практична цінність. Одержані закономірності електричної ерозії можуть знайти застосування в галузі механіки при роз-

робці критеріїв працездатності композиційних матеріалів. Виявлена залежність швидкості електричної ерозії від властивостей композитів, обумовлених кількістю крихких структурних складових, дозволяє рекомендувати високовольтний конденсований іскровий розряд (ВКІР) як джерело ерозії для визначення схильності матеріалу до інтеркристалітного руйнування.

Реалізація наукових розробок. Розробки наукового дослідження реалізовані у відділі наплавки Інституту електрозварювання ім.Є.О.Патона при опрацюванні присадочного матеріалу з метою підвищення експлуатаційного ресурсу роботи наплавлених системом Fe-W-C виробів. Використання розроблених рекомендацій по спектросаналітичному контролю якості матриці та кількісних значень макронеоднорідності вольфраму в ній забезпечило підвищення вірогідності результатів в 1.5-2.0 рази при зменшенні трудомісткості в 2.6 рази у порівнянні з базовим мікрорентгеноспектральним методом. Собівартість спектросаналітичного контролю якості однієї показної проби складає 5731.56 грн в цінах на 01.09.93 р. Очікуваний економічний ефект від зменшення вартості спектросаналітичного контролю якості однієї партії дорівнює 3067844.4 грн супроти базового мікрорентгеноспектрального методу аналізу в цінах на 01.09.93.

Апробація роботи. Основні результати дисертації доповідались та обговорювались на: XIII і XIV конференціях по тепловій мікроскопії "Структура і міцність матеріалів у широкому діапазоні температур (м.Каунас, 1989, м.Воронеж, 1992); III школі по фізиці і технології електромагнітних впливів на структуру та механічні властивості кристалів (м.Воронеж, 1992); XI Міжнародній конференції по аналітичній атомній спектроскопії (м.Москва, 1990); Міжнародній конференції по композитам (м.Москва, 1990); Республіканських науково-технічних конферен-

ціях по властивостям та випробуванням наплавленого металу, сучасним методам контролю якості матеріалів металургійного виробництва (м.Київ, м.Тамбов, м.Дніпропетровськ, 1979-1993); підсумкових наукових конференціях Дніпропетровського державного університету (1974-1994).

Публікації. Основні положення дисертації відображені у 15 наукових працях (серед яких 5 авторських свідцтв) та 2 позитивних рішеннях на видачу патентів на засоби аналізу складу матриці і визначення абразивної зносостійкості композиційних та гетерогенних матеріалів. Список опублікованих наукових праць подається в кінці автореферату.

Особистий внесок дисертанта у розробку наукових положень, що виносяться на захист. Основні результати наукових положень отримані особисто автором та обмірковані з науковим керівником. Соавторами публікацій були одержані об'єкти дослідження. Вони приймали участь і в обговоренні отриманих результатів.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається із вступу, шести розділів та висновку. Зміст дисертації викладено на 231 стор., які включають 136 стор. друкованого тексту, 42 малюнки, 26 таблиць, перелік літератури із 176 назв та додатки.

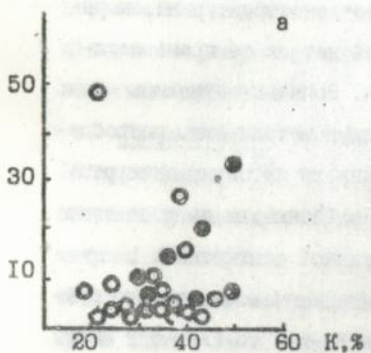
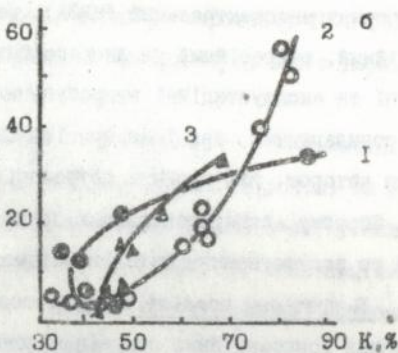
ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі викладено та проаналізовано сучасний стан питання про руйнування композиційних матеріалів і засобів його попередження.

В другому розділі приведені методи та техніка експерименту. Для дослідження особливостей руйнування композиційних сплавів, які були армовані частинками карбіду вольфраму (система Fe-W-C) і монокристалічними волокнами гемібориду заліза (природні композити системи Fe-B-C), були застосовані ваговий,

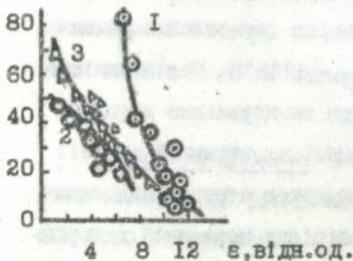
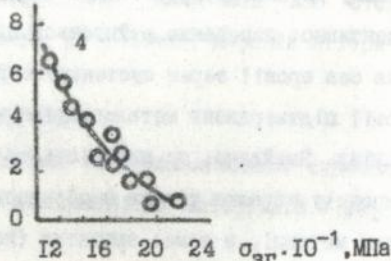
кількісний металографічний (МА), оптичний атомно-емісійний, мікрорентгеноспектральний (МРСА), рентгеноструктурний, кореляційний, регресійний та дисперсійний методи та прямі механічні та експлуатаційні випробування. Вони виконувались як за стандартними, так і за оригінальними методиками, розробленими автором, які пройшли метрологічну та патентну експертизу. Обробку експериментальних даних здійснювали за допомогою ЕОМ та застосуванням методів математичної статистики.

В третьому розділі вивчені особливості електричного руйнування композиційних сплавів систем Fe-W-C та Fe-B-C у ВКІР. Мікрофотографії плям обіскривання показали, що дія ВКІР приводить до селективної електричної ерозії композита, яка проявляється у переважному руйнуванні відносно легкоплавкої матриці з температурою плавлення $T_{пл}$ евтектик 1370-1420°K та крихких структурних складових, зокрема η -фази ($T_{пл} = 1643^\circ\text{K}$) Зміцнююча фаза з $T_{пл}$ реліту 2943°K, гемі - та моносбориду заліза - 1662-1875°K розрядом не руйнується, що притаманно термічному характеру ерозії. При цьому матриця руйнується також селективно: переважно руйнується відносно легкоплавка евтектика без ерозії зерен аустеніту з $T_{пл} = 1768^\circ\text{K}$. Селективність ерозії підтверджена металографічним та спектральним методами аналізу. Знайдено, що швидкість об'ємної електричної ерозії композиту корелює тільки з об'ємною часткою структурних складових матриці, а саме: евтектик (коефіцієнт кореляції r дорівнює 0.735...0.795) та крихких структурних складових, зокрема η -фази ($r = 0.899$), розташованих на міжфазній поверхні. При цьому значення r для "зв'язку" швидкість об'ємної електричної ерозії композиту - об'ємна частка наповнювача дорівнює 0.280...0.323 при табличному значенні $r_{0.95} = 0.389...0.476$, що свідчить про відсутність ерозії наповнювача (мал.1). На прикла-

$v \cdot 10^{12} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$

 $v \cdot 10^{12} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$

 $0 \quad 4 \quad 8 \quad 12 \quad 16 \quad \text{К, \%}$

а - наповнювач \bullet -частинки реліту, \circ -волокна гемібориду заліза;
б - матриця: 1 \bullet - $(\alpha+\eta)$ евтектика, 2 \circ - боридна або карбоборидна евтектика, 3 \blacktriangle - η -фаза

Мал.1. Залежність швидкості об'ємної електричної ерозії v від об'ємної частки структурних складових композиційних сплавів К

 $v \cdot 10^{12} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$

 $1.0 \quad 1.4 \quad 1.8 \quad \sigma_B^0 \cdot 10^{-3}, \text{ МПа}$
 $0 \quad 4 \quad 8 \quad a_H \cdot 10^{-5}, \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2}$
 $v \cdot 10^{12} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$


1 - Fe-W-C-сплави, 2 - сталь типу ОЗХІІНІОМ2ТІ, 3 - Fe-B-C-сплави, 4 - Fe-C-Cr-B-сплави

Мал.2. Залежність швидкості об'ємної електричної ерозії від механічних і експлуатаційних властивостей структурно-неоднорідних матеріалів

ді композитів із вмістом вольфраму або бору та хромонікельових сталей продемонстровано проявлення електромеханічного характеру їх селективного руйнування, що відбивається у зростанні швидкості об'ємної електричної ерозії в 3 і більше разів при підвищенні кількості крихких фаз, таких як карбіди, карбобориди і бориди металів, розташованих на міжфазній поверхні композитів. Результати виконаного дисперсійного аналізу (табл. I) не тільки підтверджують значимість електротермічного та електромеханічного характеру селективного руйнування, але і свідчать про домінанту електромеханічної ерозії при наявності у матриці структурних складових з різним рівнем мікрокрихкості. s_o^2 , s_E^2 і s_γ^2 - вибіркові дисперсії, пов'язані з випадковістю та факторами E (термічної стійкості евтектичних матриць) і γ (мікрокрихкості структурних складових евтектик). σ_E^2 і σ_γ^2 - дисперсії впливу факторів E і γ на швидкість ерозії сплава відповідно. $F_{0.95}^{\text{табл}}(E) = 18.50$; $F_{0.95}^{\text{табл}}(\gamma) = 19.20$.

Таблиця I

Результати двофакторного дисперсійного аналізу формування швидкості об'ємної електричної ерозії композиційних сплавів

$s_o^2 \cdot 10^{22}$	$s_E^2 \cdot 10^{22}$	$s_\gamma^2 \cdot 10^{22}$	$\sigma_E^2 \cdot 10^{22}$	$\sigma_\gamma^2 \cdot 10^{22}$	s_E^2/s_o^2	s_γ^2/s_o^2
0.033	1.245	2.517	0.403	1.242	37.72	76.27

Крім того, селективність електричної ерозії композитів було підтверджено поведінкою інтенсивності спектральних ліній елементів. При цьому спостерігали послаблення або підсилення інтенсивності ліній в залежності від характеру та швидкості ерозії як в цілому композитів, так і структурних складових їх матриць. Свідком селективності електричної ерозії гетерогенної матриці є і той факт, що процес обіскривання задовільно описується моделлю стадійного впливу структури на результати

спектрального аналізу, запропонованої Ю.М.Буравльовим.

Переважає руйнування крихких структурних складових створює сприятливі умови для підвищення інтенсивності ліній елементів крихкої фази, зокрема $\text{V I } 249.678 \text{ нм}$, $\text{W II } 239.7 \text{ нм}$, $\text{Cr II } 279.2 \text{ нм}$, $\text{Ti I } 308.8 \text{ нм}$, що свідчить про електромеханічний характер селективної ерозії композитів. При цьому була встановлена пряма залежність спектроскопічних параметрів продуктів ерозії матриці (інтенсивності спектральних ліній та макронеоднорідності елементів крихкої фази) від швидкості об'ємної електричної ерозії композитів, що створює передумови для вживання цих параметрів характеристиками, чутливими до змін механічних і експлуатаційних властивостей композиту, обумовлених кількістю крихких структурних складових в матриці.

В четвертому розділі наведені результати дослідження та використання проявлення електромеханічного характеру селективної електричної ерозії згаданих композиційних сплавів. Отримані емпіричні обернені залежності швидкості об'ємної електричної ерозії від механічних (границі міцності при стиску σ_B^C та тріскмісцевому згину $\sigma_{зг}$, ударної в'язкості a_H) та експлуатаційних (відносно абразивної зносостійкості ϵ) властивостей, обумовлених кількістю крихких структурних складових на міжфазній поверхні як композитів, так і хромонікельових сталей (мал.2). Причому тенденція одержаних залежностей узгоджується з такими для чистих металів та титанонікельових сплавів. Проте для композитів величина та швидкість об'ємної електричної ерозії приблизно на порядок нижчі за такі для чистих металів внаслідок підвищення експлуатаційного та міцностного ресурсів, порівняно з останніми. Відзначено збіг (у межах похибки) значень швидкості об'ємної електричної ерозії композитів і хромонікельових сталей з

поліпшеними властивостями з такими (по даним і.А.Грикіта) для титанонікельових сплавів, які мають відносно високу в'язкість.

На підставі знайдених залежностей швидкості об'ємної електричної ерозії від властивостей композиту, з одного боку, та від спектроскопічних параметрів матриці і продуктів її ерозії, з іншого боку, устновлена кореляція між механічними і експлуатаційними властивостями композитів та спектроскопічними параметрами матриці і продуктів її ерозії у ВКІР. Отримані залежності, описані емпіричними моделями для прогнозування цих властивостей композитів систем Fe-W-C і Fe-B-C (табл.2). Аналіз дисперсій регресій і випадкових спостережень виявив, що моделі по фактору гетерогенності матриці адекватні результатам експерименту.

Таблиця 2

Емпіричні моделі для прогнозування механічних і експлуатаційних властивостей композиційних сплавів

Матеріал	Емпіричні моделі	r	S _r
Fe-W-C	$\epsilon = 0.00014F_W^2 - 0.045F_W + 11.61$	0.992	0.051
Fe-B-C	$\epsilon = 3.31 - 0.017F_B$	0.992	0.033
Fe-B-C	$\sigma_B^3 = 0.014F_B^2 - 6.3F_B + 1657$	0.980	0.021
Fe-C-Cr-B	$\sigma_{3r} = 0.055F_{Cr}^2 - 6F_{Cr} + 272.87$	0.936	0.082

r- коефіцієнт кореляції, S_r- відносне стандартне відхилення

Для оцінки питомої ваги факторів, які впливають на процес електричної ерозії композитів, проведено розрахунок балансу енергії, виділеної на поверхні залізного електроду (катода) при гальмуванні іонів, у поодинокому іскровому розряді по формулі:

$$Q = 0.24Ujts = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

де $Q_1 = T_{кип}/2 \sqrt{c\rho\lambda\eta} S$, $Q_2 = Q_{пл} + Q_{кип} + Q_{вип}$, $Q_3 = mv^2/2$,

$$Q_4 = \alpha_{max} E_t N_A m/A, \quad m = \nu\rho, \quad \nu = 0.11\pi d^2 n.$$

Область руйнування знаходили із розв'язання рівняння теплопровідності $\Delta T/\Delta t = a \nabla^2 T$:

$$T(r, z, t) = \int_0^{2\pi} \int_0^{\infty} \int_0^t \frac{q}{[4\pi a(t-t_1)]^{3/2}} \exp\left(-\frac{R^2}{4a(t-t_1)}\right) r_1 dt_1 dr_1 d\varphi,$$

де Q - енергія, яка виділена на поверхні електроду при гальмуванні іонів: U - катодне падіння потенціалу, j - густина іонного струму, τ - тривалість поодинокого іскрового розряду, S - площа поодинокі лунки; Q_1 - енергія, яка поширена в глиб електроду за рахунок теплопровідності; $T_{\text{кип}}$ - температура кипіння, c - теплоємність, ρ - густина, χ - теплопровідність речовини електроду; Q_2 - енергія, яка витрачена на нагрівання, плавлення і випаровування маси металу m ; Q_3 - енергія, яка використана на передачу факелу кінетичної енергії руху: v - швидкість руху пари з масою m , яка вилітає з поодинокі лунки-форсунки у вигляді факелу; Q_4 - енергія, яка витрачена на розпилення катоду, подібне кожному: α_{max} - коефіцієнт акомодациї, E_t - мінімальна енергія, володія якою іон зможе вибити атом із твердого тіла, $N m/A_A$ - кількість вибитих атомів під час дії поодинокі іскрового розряду, A - атомна вага, N_A - число Авогадро, m, V - маса і об'єм зруйнованої розрядом речовини електроду, d і h - діаметр і глибина поодинокі лунки, T - температура, a - коефіцієнт температуропровідності, ∇^2 - оператор Лапласа, q - густина теплового потоку, t - тривалість поодинокі іскрового розряду, $R^2 = r^2 + r_1^2 + z^2 - 2gr_1 \cos\varphi$, r_0 - радіус джерела.

Згідно з розрахунком, селективність електричної ерозиї, якій притаманне переважне руйнування міжфазної поверхні композитів, обумовлена процесом, подібним до катодного розпилення: $Q_1 = Q_2 \sim 15\%$, $Q_3 \sim 4\%$, $Q_4 \sim 66\%$ від виділеної енергії.

Акцентовано увагу на тому, що в інтегральному ефекті ерозії композитів у ВКІР певну роль, поряд с випаровуванням, відіграє крихке руйнування, обумовлене, як і для електроіскрової обробки, значними термічними напруженнями, які породжені високим градієнтом температур. Він с.гає до $2 \cdot 10^6$ град/см в умовах експерименту на глибині поодинокого кратеру від плоского джерела тепла. Певно в час поодинокого розряду чиниться відділення дрібних частинок (луски) електроду, завдяки крихкому руйнуванню структурних складових, і вилучення їх із зснн композиту у хмару розряду. На підставі літературних та власних експериментальних даних запропонована модель механізму електричного руйнування досліджених композитів у ВКІР з тривалістю пугу 7.69 мкс.

В п'ятому розділі виконано статистичний аналіз і отримано техніко-економічні показники контролю якості матриці з залученням параметрів масової частки с і макронеоднорідності F елементів крихкої фази. Дисперсійним аналізом доведено, що фактор F вносить значно більший вклад (приблизно F 4 рази) у формування властивостей композитів і тому більш чутливий до їх змін порівняно з фактором с. Тільки для параметру F, на відміну від с, приймальний q_0 та браковочний q_m рівні якості відповідають вимогам ДЕСТ І8242-82. Достовірність контролю з показником якості F матриці становить 83...86%, що в 1.5-2.0 рази перевищує таку для параметру с при знянні трудомісткості в 2.6 рази порівняно з параметром с, вимірним базовим МРСА методом. Собівартість спектроаналітичного контролю якості матриці дорівнює 5731,56 крб в цінах на 01.10.93 р. Очікуваний економічний ефект від зниження вартості спектрального, порівняно з базовим МРСА методом, контролю якості однієї партії об'ємом 36 виробів становить 306/844.4 крб (на 01.10.93).

В шостому розділі викладено алгоритм визначення елементів крихкої фази матриці та продемонстрована достовірність отриманих емпіричних моделей на прикладі композитів систем Fe-W-C і Fe-B-C. Кількісне вимірювання параметру F_w вольфраму у матриці, збагаченої цим елементом, завдяки міжфазній взаємодії у композитах із вмістом вольфраму, та непряме визначення відносної абразивної зносостійкості по емпіричній моделі $\epsilon = f(F_w)$ дозволили виявити з вірогідністю 78.9% (порівняно з прямими вимірюваннями) доцільність легування цих сплавів титаном до 1 ваг.% порівняно з ніобієм та ванадієм.

Завдяки прогнозу, здобутому по емпіричній моделі $\sigma_{3T} = f(F_{Cr})$ з вимірюванням макронеоднорідності хрому F_{Cr} у матриці сплавів із вмістом бору, установлена доцільність легування матриці ванадієм з оптимальною кількістю цього елемента по відношенню до вуглецю V/C, яка становить 0.29...0.36 ат.%.

Одержані результати узгоджуються з даними прямих вимірювань механічних і експлуатаційних властивостей, МРСА, МА та електронімікроскопічного методів аналізу композиційних сплавів Fe-W-C та Fe-B-C.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ РОБОТИ

1. Проведені дослідження особливостей електричної ерозії композиційних сплавів систем Fe-W-C та Fe-B-C. Розроблені емпіричні моделі для прогнозування властивостей композитів та контролю їх якості, які використані для оцінювання доцільності легування матриці композитів.

2. Установлена селективність електричної ерозії досліджених композитів, яка проявляється у переважному руйнуванні відносно легкоплавкої (легкотопкої) матриці та її крихких структурних складових. Подані докази спільних закономірностей електричного руйнування як для композитів систем Fe-W-C

та Fe-W-C, так і для хромо-нікельових сталей, класичного взірця інтеркристалітного руйнування.

3. Розроблена модель механізму електричного руйнування композиційних сплавів. Виявлена електротермічна та електро-механічна природа селективної електричної ерозії, показано участь у ній процесів, подібних до катодного розпилення.

4. На підставі виявленої чутливості кінетичних характеристик об'ємної ерозії до структурного фактору доведено можливість використання ВКІР для визначення схильності сплавів до інтеркристалітного руйнування.

5. Виявлена кореляція механічних та експлуатаційних властивостей із спектроскопічними параметрами матриці та продуктів її ерозії. Запропоновано емпіричний параметр гетерогенності матриці, а саме макронеоднорідність елементу крихкої фази.

6. Отримані емпіричні моделі для прогнозування властивостей композиційних сплавів по параметру макронеоднорідності елементів крихкої фази, що дозволило виявити доцільність легування матриці сплавів систем Fe-W-C титаном до 1 ваг.%. Fe-W-C - ванадієм при його вмісті по відношенню до вуглецю 0.29-0.36%. Легування цими елементами сприяє зниженню кількості крихких карбідів і карбоборидів на міжфазній поверхні, що проявляється у значному (на порядок) зменшенні або зникненні гетерогенності матриці і, таким чином, підвищенні якості композиційних сплавів.

7. Розроблено новий засіб контролю якості композиційних сплавів, який базується на використанні параметру макронеоднорідності елементів крихкої фази показником якості. Новий засіб забезпечує підвищення вірогідності контролю в 1.5-2.0 рази при зниженні трудомісткості в 2.6 рази порівняно з базовим МРСА методом. Очікуваний економічний ефект від зниження вар-

тості спектроаналітичного, порівняно з МРСА методом, контролю якості матриці однієї партії об'ємом 36 виробів дорівнює 3067844.4 крб в цінах на 01.10.93 р.

Основний зміст дисертації достатньо повно відображено в наступних публікаціях:

1. Твердохлебова С.В. Эффективное использование электроискрового разряда для испытания матрицы композиционного материала // Изв. вузов. Черная металлург. - 1994. - № I. - С. 56-59.
2. Твердохлебова С.В. Прогнозирование механических свойств композиционных материалов // Изв. вузов. Черная металлург. - 1993. - № 5. - С. 54-58.
3. Твердохлебова С.В., Спиридонова И.М. Влияние легирования на однородность распределения бора в борсодержащих сплавах // Изв. вузов. Черная металлург. - 1992. - № I. - С. 92-95.
4. Твердохлебова С.В., Спиридонова И.М. Изучение химической макронеоднородности наплавленного металла // Изв. вузов. Черная металлург. - 1991. - № 7. - С. 72-74.
5. Твердохлебова С.В., Спиридонова И.М., Бондаренко А.М. Спектральный анализ борсодержащих сплавов // Заводская лаборатория. - 1990. - № II. - С. 46-49.
6. Твердохлебова С.В., Бондаренко А.М. Спектральный анализ бористых сплавов // Завод. лабор. - 1985. - № 8. - С. 33-34.
7. Твердохлебова С.В., Цикора И.Л., Спиридонова И.М. Спектральный анализ железоборуглеродистых сплавов // Завод. лабор. - 1975. - № II. - С. 1338-1340.
8. А.с. 1731833 (СССР) МКИ С21Д 1/40. - СССР - Заявлено 03.11.89. Способ определения ударной вязкости сплавов / С.В.Твердохлебова, И.М.Спиридонова, Ю.Н.Тарен // Открытия. Изобретения. - 1992. - № 17. - С. 113.
9. А.с. 1643619 (СССР) МКИ G01N 23/00. - СССР - Заявлено 05.

- 05.89. Способ получения стандартных образцов борсодержащих сплавов/ С.В.Твердохлебова, И.М.Спиридонова, П.П.Остроуменко, А.М.Бондаренко// Открытия. Изобретения.- 1991.- № 15.- С. 99.
10. А.с. 1651172 (СССР) МКИ G01N 23/00.-СССР- Заявлено 05.05.89. Способ определения равномерности распределения легирующе-легирующих элементов в сплавах/ С.В.Твердохлебова, И.М.Спиридонова, П.П.Остроуменко// Открытия. Изобретения.- № 19. - С. 173.
11. А.с. 1226204 (СССР) МКИ G01N 21/64. - СССР - Заявлено 30.10.84. Способ количественной оценки термической устойчивости фаз металлов и сплавов/ С.В.Твердохлебова, И.М.Спиридонова, Ю.Н.Таран// Открытия. Изобретения. - 1986. - № 14. - С. 45.
12. А.с. 1319434 (СССР) МКИ С 23 09/10. - СССР. - Заявлено 25.11.86. Порслок для наплавки/ А.М.Бондаренко, Г.В.Зинковский, О.Д.Макаренко, И.М.Спиридонова, С.В.Твердохлебова и др.// Для служебного пользования.
13. Твердохлебова С.В. Спектроаналитический контроль качества матрицы композиционных материалов/В сб. докл. семинара секции "Спектральный анализ" НТО металлургов Украины. - Днепропетровск: Пороги. - 1993. - С. 30-45.
14. Спиридонова И.М., Твердохлебова С.В. Исследование стабильности фаз внедрения в бористых сплавах/ Вопросы формирования метастабильных структур сплавов. - Днепропетровск: ДГУ, 1981. - С. 174-181.
15. Твердохлебова С.В., Спиридонова И.М. Особенности разрушения борсодержащих сплавов в условиях интенсивного теплового воздействия/ Тез. докл. Всесоюз. конф. - Каунас.- 1989. - С. 157.

Твердохлебова С.В. Особенности разрушения композиционных сплавов в высоковольтном конденсированном искровом разряде.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 - физика твердого тела, Днепропетровский госуниверситет, Днепропетровск, 1994.

Защищается рукопись, которая содержит результаты экспериментального исследования особенностей электрического разрушения композиционных сплавов систем Fe-W-C и Fe-B-C в зависимости от их механических и эксплуатационных свойств, обусловленных количеством хрупких структурных составляющих в матрице. Разработаны эмпирические модели прогнозирования свойств по макронеоднородности элементов охрупчивающей фазы матрицы, которые использованы для оценки целесообразности ее легирования и контроля качества композитов. Осуществлена реализация полученных разработок, приводятся данные об их эффективности.

Tverdokhlebova S.V. Destruction peculiarities of composited alloys in high voltage condensed spark discharge.

This thesis is submitted for the award of Candidate of Technical Science degree in solid state Physics-speciality 01.04.07, Dnepropetrovsk State University, Dnepropetrovsk, 1994.

Manuscript contains the results of experimental investigation of peculiarities of electrical destruction of composited alloys in the systems Fe-W-C and Fe-B-C, dependent on its mechanical and operational characteristics, conditional quantity of brittle phases in the matrix. Empirical models have been developed, predicted the properties, by means of the determination of macroheterogeneous elements of brittle phases in the matrix, have been used for the estimation of expedient alloying and quality control of composited alloys. The developed technologies have been realized with the economical effectiveness.

Ключові слова:

електрична ерозія, композиційний сплав, кришка фаза матриці,
макронеоднорідність елементів, механічні і експлуатаційні
властивості.

for

тип. КТУ зак. 573-100

454338

AB 31.117

AB 31.117