**Тепленко Марина Олександрівна. Структуроутворення композиційних градієнтних покриттів з підвищеною зносо- та корозійною стійкістю при електроіскровому масопереносі кераміки системи Al- Ti(Zr)-N-B: дисертація канд. техн. наук: 05.02.01 / НАН України; Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича. - К., 2003. - На обклад.: Академія наук України**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Тепленко М.О. Структуроутворення композиційних градієнтних покриттів з підвищеною зносо - та корозійною стійкістю при електроіскровому масопереносі кераміки системи Al-Ti(Zr)-N-B** -Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.01-матеріалознавство.-Інститут проблем матеріалознавства ім. И.Н. Францевича НАН України, Київ, 2003.  Мета роботи – створення керамічних покриттів з підвищеною зносо- та корозійною стійкістю на металевих сплавах за рахунок формування градієнтної структури при електроіскровому масопереносі електродних матеріалів нового покоління систем AlN-Ti(Zr)B2 та AlN-TiN без металевої зв‘язки. У роботі уперше встановлені особливості структуроутворення та фазових перетворень при електроіскровому масопереносі зазначених матеріалів, обумовлені різної змочуваністю легуючих компонентів матеріалом підложки і полягають у формуванні градієнтної по металу основи структури керамічних глобул на основі Al2O3, які армують модифіковану міжглобульну поверхню на основі металевого сплаву підложки. Вивчено стійкість ЕІЛ-покриттів до високотемпературної та електролітичної корозії в 3% розчині NaCl. Показано, що корозія визначається міжглобульною поверхнею за рахунок утворення в складі її окалини твердих розчинів Fe2O3-Al2O3-Cr2O3. Уперше проведені системні дослідження особливостей трибологічної поведінки ЕІЛ-покриттів в умовах сухого тертя ковзання в залежності від складу електрода, матеріалу підложки, режимів тертя і частоти імпульсів струму іскрового розряду. Результати обговорені в рамках концепції формування вторинних структур у процесі трибоокислення. Встановлено, що розроблені ЕІЛ-покриття в умовах сухого тертя при підвищених навантажувально-швидкісних параметрах перевершують своїх найближчих аналогів, представлених ЕІЛ-покриттями на основі TiВ2, TiN, ZrN, TiC з металевою зв'язкою (Mo, Fe, CrNi): коефіцієнт тертя знижується від 0,21-0,38 до 0,15-0,17, знос – у 3-4 рази. Показано можливість регулювати зносостійкістю покриттів шляхом пошарового ЕІЛ за рахунок зміни складу вторинних структур у процесі трибоокислення. | |
| |  | | --- | | 1. Уперше створені керамічні покриття на металевих сплавах з підвищеною зносо- nf корозійною стійкістю за рахунок формування градієнтної структури при електроіскровому масопереносі електродних матеріалів нового покоління на основі AlN без металевої зв‘язки. 2. Розроблено склади композиційних електродних матеріалів системи AlN-Ti(Zr)B2 і встановлені особливості структуроутворення, фазових перетворень при електроіскровому масопереносі цих матеріалів на металеві сплави, обумовлені різної змочуваністю легуючих компонентів матеріалом підложки, які полягають у формуванні градієнтної структури керамічних глобул на основі Al2O3 (за рахунок цілеспрямованого зменшення концентрації металу підложки до поверхні глобули) і міжглобульного модифікованого шару на основі металевого сплаву підложки. 3. На підставі комплексу досліджень структури і фазового складу (металографія, РФА, МРСА, методи ПЕМ і СЕМ) уперше встановлені наступні особливості формування ЕІЛ-покриття:   відмінність фазового складу і структури покриття від таких матеріалу легуючого електроду, обумовлена високотемпературним окислюванням компонентів у процесі нанесення, утворенням багаторівневої дискретної структури за рахунок різної змочуваності продуктів електроерозії електрода металевим сплавом підложки;  формування градієнтної структури спеченого шару глобул, що полягає в масопереносі металевого сплаву підложки в глобулу з цілеспрямованим зменшенням концентрації металу від межі розділу до поверхні покриття;  утворення в спеченому шарі глобули безпосередньо в процесі формування покриття твердих розчинів Al2O3-TiО2, Al2O3-SiО2, Fe2O3-Al2O3 і відповідних корозійностійких сполук (b-тіаліту, муліту, алюмінату заліза), що можуть відігравати роль твердого мастила, роблячи позитивний вплив на трибологічні параметри при сухому терті, а також на стійкість до високотемпературного окислювання;  формування у міжглобульному просторі модифікованого шару матеріалу підложки, що полягає в захоплені конвективними потоками розплаву компоненти продуктів електроерозії електрода, яка адгезійно-активно взаємодіє з матеріалом підложки не встигаючи повністю окислитися;  вплив матеріалу підложки на рівень дискретності керамічних покриттів: у ряді підложок сталь 45 – сталь 40Х – сплав ВТ6 суцільність покриття збільшується;  спільність у структурі ЕІЛ- і лазерних покриттів, що виявляється у формуванні глобул тонкодисперсного спеченого матеріалу за рахунок участі рідкої фази та мікропроцесів спікання при впливі концентрованого потоку енергії.   1. Встановлено закономірності високотемпературного окислювання й електролітичної корозії в 3% розчині NaCl дискретних керамічних композиційних покриттів на ст.40Х, які полягають у тім, що корозія визначається міжглобульної поверхнею за рахунок утворення в складі її окалини твердих розчинів Fe2O3-Al2O3-Cr2O3. 2. На базі трибологічних іспитів на машині тертя МТ-68 розроблених керамічних покриттів на сталях і титановому сплаві ВТ6 в умовах сухого тертя на повітрі при швидкостях ковзання 5-16 м/с і навантаженнях 2-3 МПа в парі з загартованою сталлю 65Г (HRC 58...62) встановлено наступні особливості трибологічної поведінки покриттів:   для всіх досліджених покриттів коефіцієнт тертя зменшується з ростом швидкості ковзання і збільшенням навантаження, що свідчить про ефективне формування вторинних структур у процесі трибоокислення;  трибологічні параметри покриттів залежать від матеріалу підложки. Інтенсивність зношування покриття AlN-ZrВ2-ZrSi2 на сплаві ВТ6 у 6 разів менше, ніж на сталі 45, що корелює зі збільшенням змочуваності металевим сплавом підложки і відповідно – суцільності покриттів;  встановлено вплив такого технологічного параметру нанесення покриттів, як частота імпульсів струму, і показано, що у діапазоні n=1200-1600 Гц спостерігається тенденція зниження інтенсивності зношування покриттів на величину 35% і мікромеханічних характеристик з ростом n при одночасному зменшенні коефіцієнту масопереносу, шорсткості і розміру зерна в покритті, що дозволяє розглядати величину n як інструмент для регулювання властивостями покриттів;  пошарове ЕІЛ з використанням електродів TiAl та AlN-ZrВ2-ZrSi2 зменшує інтенсивність зносу ЕІЛ-покриттів на сталі 45 у 6 разів і на КЕП(Ni-B)/ст. 45 - удвічі, що в рамках концепції утворення вторинних структур у процесі трибоокислення пояснюється формуванням у зоні трибоконтакту вторинних плівок обмежених твердих розчинів Al2O3-TiО2.   1. Уперше на базі технології одностадійного ЕІЛ з використанням керамічних електродних матеріалів нового покоління без металевої зв'язки систем AlN-TiВ2, AlN-ZrВ2-ZrSi2, AlN-TiN отримані композиційні градієнтні керамічні покриття, що володіють ефективним сполученням високої твердості, зносо- і корозійної стійкості в жорстких умовах експлуатації. В умовах сухого тертя при підвищених навантажувально-швидкісних параметрах розроблені покриття перевершують за рівнем трибологічних параметрів своїх найближчих аналогів, представлених ЕІЛ-покриттями на основі TiВ2, TiN, ZrN, TiC з металевою зв'язкою (Mo, Fe, CrNi). Інтенсивність зношування (I) і коефіцієнт тертя (f) розроблених покриттів складають 8-13 мкм/км і 0,15-0,17, відповідно, тоді як для зазначених аналогів ці величини рівні 25-54 мкм/км і 0,21-0,38 при невеликих швидкостях ковзання, а при підвищених швидкостях (v10 м/с) вони непрацездатні. Більш висока зносостійкість розроблених покриттів у порівнянні з покриттям-аналогом обумовлена формуванням у першому випадку градієнтної структури матеріалу глобули, у зовнішньому шарі якої концентрація металевого сплаву підложки мінімальна чи дорівнює нулю. 2. Дано практичні рекомендації із застосування розроблених покриттів:   для електроіскрового зміцнення деталей зі ст. 40Х (вали автомобілів, елементи підшипників, зубчасті колеса) і твердосплавних пластин, зокрема, для деревообробного інструмента (мається акт іспитів заводу “Херсонські комбайни”);  у парах тертя ковзання "ЕІЛ-покриття/сталь" для роботи у вакуумі;  для підвищення до 7 разів величини відносного однорідного подовження у вакуумі при температурі 1150оС сплаву молібдену ЦМ-10 (при пошаровому ЕІЛ), використовуваного для обшивання вузлів апаратів аерокосмічної техніки;  Електродні матеріали на основі AlN можуть бути використані також у виді як мішеней для одержання магнетронних покриттів високої твердості (30 ГПа) і термостійкості (до 900оC), так і порошків для нанесення зносостійких детонаційних покриттів (акт іспитів заводу 410 ГА додається). | |