**Дурягіна Зоя Антонівна. Закономірності створення бар'єрних шарів з регульованим структурно-фазовим станом для оптимізації властивостей конструкційних матеріалів енергетичного обладнання : дис... д-ра техн. наук: 05.16.01 / Донецький національний технічний ун-т. - Донецьк, 2005**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | Дурягіна З.А. Закономірності створення бар’єрних шарів з регульованим структурно-фазовим станом для оптимізації властивостей конструкційних матеріалів енергетичного обладнання. – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.16.01 – Металознавство та термічна обробка металів. –Донецький національний технічний університет, Донецьк, 2005.  Розроблено науково-технологічні принципи керованого захисту поверхні корозійнотривких сталей і ванадієвих сплавів від деградації структури і властивостей у розплавах Pb та Li17Pb83 формуванням бар’єрних шарів - покриттів методами інженерії поверхні.  Встановлено оптимальні режими вибраних методів інженерії поверхні для цілеспрямованої зміни властивостей поверхні залежно від структурного класу матеріалів та умов експлуатації та запропоновано оптимальні системи лазерного легування корозійнотривких сталей у комбінаціях: 12Х18Н10Т + Zr, 07Х13АГ20 + Zr, 04Х16Н11М3Т + Nb, ЭП450 + (Si+B).  Встановлена кореляція між структурою розплавів Pb і Li17Pb83, коефіцієнтами їхнього поверхневого натягу, факторами структурної когерентності та інтенсивністю деструктивних процесів на границі розділу системи “сталь–розплав”.  Розроблено узагальнювальні методологічні принципи комп’ютерного моделювання оптимального структурно-фазового стану поверхні на основі моніторингу і системного аналізу кореляційних залежностей між структурно-геометричними параметрами поверхні конструкційних матеріалів та їхніми функціональними властивостями Для цього спеціально розроблена і адаптована архітектура нейромережі, оптимізована методика її навчання, вдосконалена функція активації нейронів.  .Ефективність запропонованих науково-технологічних рішень роботи підтверджена їхнім промисловим використанням на ТЕС Західного регіону України. Наукові результати роботи використано у проектній документації ВАТ “Львів - ОРГРЕС”, у навчальному процесі при підготовці бакалаврів і магістрів з прикладного матеріалознавства, а задачі комп’ютерного моделювання – при тестуванні професійного програмного пакета “func\*net Express“ Version 1.0 ITAMM & parcs IT – Consulting GmbH. | |
| |  | | --- | | Основний результат роботи – вирішення актуальної науково-практичної проблеми, що пов’язана з розробленням принципів керованого захисту поверхні корозійнотривких сталей і ванадієвих сплавів від деградації структури і властивостей у розплавах Pb і Li17Pb83 формуванням на них бар’єрних шарів-покриттів методами інженерії поверхні.  1. Розроблені науково-технологічні принципи цілеспрямованої зміни структурно-фазового стану поверхні КМ на границі розділу системи “сталь –розплав”, що полягають у:  а) встановленні псевдорівноваги на міжфазній границі з урахуванням напряму і кінетики її руху при концентраційному, без концентраційного і при термічному перенесенні маси;  б) скеруванні через міжфазну границю системи “сталь – розплав” зустрічних потоків сегрегованих до поверхні сталі елементів (Ti, Cr) і транспортованих у зону реакційної дифузії елементів (V, Mo, Nb, Cr, Zr, Si, B, N) через розплав:  для ферито-мартенситних сталей у режимі додатного ізотермічного перенесення маси з константою швидкості росту захисних дифузійних шарів 1.6\*10-6см\*с-1/2;  для сталей аустенітного класу у режимі від’ємного масоперенесення з константою швидкості руху границі ушкодженого шару 5\*10-7см\*с-1/2;  с) використанні методів інженерії поверхні для модифікування оплавленої поверхні сталі наперед встановленими елементами (Nb, Zr, Si, B, N), які братимуть участь у процесах реакційної дифузії з утворенням фаз, стійких до дії розплавів Pb та Li17Pb83.  2. За встановленими температурно-активаційними параметрами утворення дифузійних шарів у системах “сталь 20Х13 – Nb, Mo, V, Cr” визначено оптимальні режими формування захисних покриттів викристалізацією розчинених у розплаві Li17Pb83дифузантів (в кількості 5 мас. %) під час його охолодження від температури 1000 0С із швидкістю 2...4 К/хв. Ванадієві покриття рекомендовані для захисту поверхні сталей ферито-мартенситного класу від деградації у розплаві Li17Pb83 при температурах, вищих за 550 0С, а хромисті і молібденові покриття – до температури 500 0С.  3. Встановлені оптимальні режими формування захисних бар’єрних шарів при лазерному оплавленні поверхні корозійнотривких сталей залежно від їхнього структурного класу та морфологічні ознаки будови таких шарів, що забезпечуватимуть їхню оптимальну корозійно-механічну тривкість:  а) для ферито-мартенситних сталей густина потужності випромінювання повинна становити 1,8\*105 Вт/см2, тривалість імпульсу 4,5 мс, діаметр сфокусованої плями 1,5 мм, коефіцієнт перекриття плям 0,5. Відбувається зменшення розміру блоків мозаїки (D), порівняно з неоплавленим станом, від 447 до 123 , і збільшення густини дислокацій (r) від 1.5\*1011 до 19.8\*1011см-2;  б) для аустенітних сталей формування аналогічних за будовою і властивостями поверхневих шарів відбувається при густині потужності випромінювання 2,8\*105 Вт/см2із збереженням незмінними інших параметрів. А зміна структурних характеристик оплавленої поверхні, порівняно із вихідним станом, відповідно становить: D від 447 до 218 ; r від 1.5\*1011до 6.3\*1011см-2.  4. Показано, що захисні властивості бар’єрних шарів, одержаних модифікуванням поверхні КМ атомами робочого газу при обробленні імпульсною плазмою вищі, ніж після їхнього лазерного оплавлення. Зокрема, встановлено оптимальний режим обробки азотною плазмою (потужність випромінювання 150 Дж/см2, пришвидшувальне напруження 34 кВ, тиск плазми 100 мм м.ст.), що дає змогу на глибині 30...40 мкм формувати дрібнокристалічну структуру з розміром комірок 0,1..1 мкм для ферито-мартенситних сталей і 0,2...0,3 мкм, відповідно, для аустенітних сталей, з кутами їхньої розорієнтації у межах 1...5.  5. Запропоновано оптимальні системи лазерного легування корозійнотривких сталей у комбінаціях: 12Х18Н10Т+Zr, 07Х13АГ20+Zr, 04Х16Н11М3Т+Nb, ЭП450+(Si+B) на основі моніторингу деградації їхньої структури і властивостей після ізотермічних випробувань у розплавах Pb і Li17Pb83 і термодинамічного прогнозу імовірності утворення на їх поверхні вторинних фаз (карбідів Cr7C3, ZrC, TiC, NbC, Cr23C6; нітридів ZrN, TiN, ZrN0,89, ZrN0,74, Fe4N, ZrN0,69, VN, NbN, BN, ZrN0,56, Si3N4; боридів TiB2, ZrB2,VB2, NbB2, Mo2B5; силіцидів Zr6Si5, Zr5Si3, V5Si3, Zr3Si2, V5Si2, Zr2Si), стійких у означених розплавах.  6. Показано, що корозійнотривкі сталі аустенітного класу системи Fe-Cr-Mn-N, як у вихідному стані, так і після лазерного легування Zr або Si+B характеризуються вищою стабільністю структури і властивостей у розплавах Pb і Li17Pb83 за температур 450...700 0С на витримках до 10000 годин, ніж сталі аустенітного класу системи Fe-Cr-Ni-Ti.  7. Встановлено оптимальний склад ванадієвих сплавів V – Cr (3,9...15,5 %) – Ті (5...18,75 %), які не схильні до розшарування і фрагментації структури у розплаві Li17Pb83до 800 0С завдяки поверхневій сегрегації Ті, інтенсивність якої зростає із збільшенням в них вмісту Ті. Під час його взаємодії із дифундуючими до міжфазної границі технологічними домішками (O, N) розплавів відбувається утворення нітридних і оксинітридних фаз. Сформовані в такий спосіб бар’єрні шари організують (самоорганізують) захист поверхні від деградації.  8. Показано, що за переміщеннями екстремумів неперервної функції структурних факторів S(q) розплавів Pb i Li17Pb83та за ступенем структурної когерентності між дальнім порядком у розташуванні атомів на поверхні сталі і ближнім порядком атомної забудови розплавів можна прогнозувати зміну коефіцієнта поверхневого натягу, а відтак і змочуваність сталі розплавами.  9. Показана ефективність і доцільність використання нейронномережевого комп’ютерного моделювання за моделлю ФМТФ для розв’язання задач прикладного матеріалознавства. Для цього розроблена і адаптована архітектура нейромережі, вдосконалена функція активації нейронів, оптимізована методика навчання. Кількісний прогноз динаміки зміни сертифікованих структурно-геометричних параметрів мікротопографії поверхні (Sr1, Sr2) свідчить про збільшення безпечного інтервалу експлуатації корозійнотривких сталей у евтектичному розплаві за температур, вищих за 500 С, до 20000...25000 год .  10. Практичні рекомендації за результатами роботи істотно поповнюють експериментальну базу даних про методи захисту КМ енергомашинобудування від дії розплавів Pb і Li17Pb83, що необхідно враховувати під час створення ядерних енергетичних установок нового покоління підвищеної безпеки та реалізації проектів з розроблення дослідного термоядерного реактора.  Під патронатом Галременерго на Добротвірській, Бурштинській ТЕС і ВАТ “ЛьвівОРГРЕС” пройшли перевірку запропоновані у роботі ідеі і технічні рішення, що відображено у відповідній нормативній документації. Цим підтверджена коректність висунутих теоретичних положень і практичних рекомендацій, що розширює сферу їхнього використання на обладнанні теплоенергетики. Зокрема, на Добротвірській ТЕС здійснено відновлення робочих кромок лопаток циліндра низького тиску турбіни К100-90-6 із сталі 20Х13 плазмовим наплавленням порошком ніобію, що вдвічі ефективніше ніж традиційний захист за допомогою стелітових пластин, а очікуваний економічний ефект від впровадження цієї рекомендації становить 121052 гривні.  Розширено сферу використання професійного програмного пакета “func\*net Express“ Version 1.0 ITAMM & parcs IT – Consulting GmbH на прикладні задачі матеріалознавства, що дає змогу прогнозувати динаміку зміни функціональних властивостей поверхні та заощаджувати витрати і час на здійснення трудомістких експериментів. | |