

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ПОВІТРЯ НА ПРОЦЕСИ РУЙНУВАННЯ ЗРАЗКІВ ІЗ КОМПАКТНОГО ПОРИСТОГО ТИТАНУ ПРИ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ($T > 600^\circ \text{C}$)

Підвищений інтерес до аналізу методів зменшення впливу повітря на процеси руйнування зразків із компактного пористого титану при високих температурах має виключне важливе науково-практичне значення. Вивчення закономірностей структуро- і фазоутворення поруватих матеріалів дає можливість оптимізувати склад матеріалу для отримання очікуваних властивостей матеріалу. Також особливий інтерес становлять процеси електролітичного нанесення композиційних покриттів іонними розчинами. Оптимізування методів поверхневого зміцнення поруватих виробів дозволяє прогнозувати функціональні властивості (зносостійкість, термостійкість) оснастки, що працює при високих температурах.

Ключові слова: окисна плівка; електролітичне нанесення покриття; іонні розплави; інтерметалідний шар; карбід титану.

Формулювання проблеми. При металотермічному відновленні чотирихлористого титану утворюються окремі кристали металу. Розмір цих кристалів коливається від сотих долей мікрона до 10 мм і більше. У процесі відновлення і при високо-температурній витримці окремі кристали зростаються у губчастий блок. Як і будь-яке пористе тіло, титанова губка має велику удільну поверхню. Титан є хімічно активним елементом і вступає у взаємодію з оточуючими газами. Потрапляючи на повітря, ця поверхня контактує з газами, що входять до складу повітря – кисень, азот, водень. Ці гази утворюють із титаном тверді розчини внедріння і тому називаються елементами внедріння. Ступінь цієї взаємодії залежить від величини поверхні губки, характеру взаємодії титану з кожним із газів і температури. Розчиняючись у титані, вказані гази викривляють кристалічну решітку, збільшують жорсткість міжатомних зв'язків і зменшують здатність кристалів до пластичної деформації. Тому під впливом вказаних домішок твердість і міцність титану збільшується, а пластичність падає.

Загальні положення

Взаємодія титану з воднем. При взаємодії титану з воднем утворюється гідрид титану – TiH_2 . Водень є такою домішкою в титані, шкідливий вплив якої можна вважати незаперечним. Цей шкідливий вплив проявляється при будь-якій кількості водню в титані, що перевищують 0,007%. Водень сильно знижує ударну в'язкість і підвищує чутливість до надрізу.

Адсорбований при підвищених температурах водень не залишається тільки на поверхні. Водень

дифундує в титан із дуже великими швидкостями. Так, наприклад, при 500°C коефіцієнт дифузії водню в титан складає $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{сек}$. Висока швидкість дифузії водню в титан визначає високу інтенсивність їх взаємодії. Дифузія водню в титан відбувається крізь щілини й інші місця руйнування структури металу. За цим швидким процесом слідує повільна дифузія водню і розчинення його в металі з утворенням твердого розчину. Після того, як утворення твердого розчину буде закінчено, значна кількість водню може бути адсорбована на поверхні міжкристалічних щілин.

Поглинання водню титаном – процес зворотній, при температурі вище 800°C у вакуумі водень повністю може бути видалений із титану. Дегазація дозволить видалити один із продуктів реакції титану з водою, але окисні сполуки повністю залишаються в металі і призводять до погіршення його якості [1].

Взаємодія титану з киснем. Дослідженню окиснення титану присвячено багато робіт [1-4]. Титан взаємодіє з киснем при всіх температурах. При температурі $350\text{-}450^\circ \text{C}$, окисли, що утворюються на титані, складаються здебільшого з рутилу TiO_2 , а при $500\text{-}650^\circ \text{C}$ – утворюється рутил і невелика кількість Ti_3O_5 . Утворений при кімнатній температурі адсорбційний шар складається з хімічно зв'язаного кисню і слабо зв'язаних із поверхнею атомів газів.

Вплив кисню на основні механічні властивості титану зображено на рис. 1. Підвищуючи міцність, кисень, разом із тим, не сильно, а досить повільно знижує пластичні властивості.

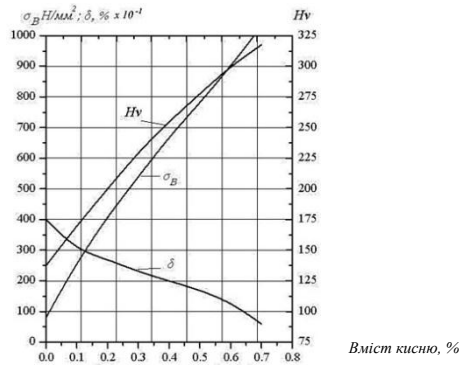


Рис. 1. Вплив кисню на механічні властивості титану

У початковий період процесу на швидкість росту окисної плівки значний вплив здійснює температура. Процес окиснення титану на повітрі в інтервалі 20-300° С можна розділити на три періоди:

1. Утворення окисної плівки за температури до 50° С.
2. Окислення титану в діапазоні температур від 60 до 140° С. У цьому інтервалі температур збільшення вмісту кисню описується лінійним рівнянням [2]:

$$\Delta A = 2,9 \cdot 10^{-4} (T - 50), \%$$

3. Окислення титану в діапазоні температур від 140 до 300° С. У цьому інтервалі температур збільшення вмісту кисню описується параболічним рівнянням [2]:

$$\Delta A = 2,9 \cdot 10^{-4} (T - 50) \cdot T / 140, \%$$

Інтенсивність насичення титану киснем характеризується графіком, зображеним на рис. 2.

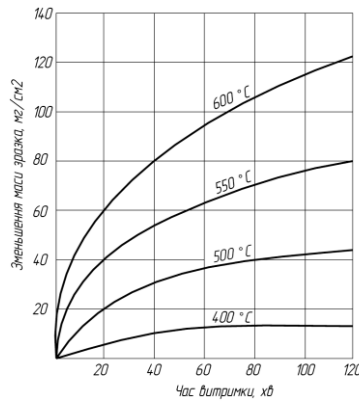


Рис. 2. Швидкість окислення титану киснем за різних температур

За температур, вищих ніж 400° С, структура плівки руйнується і швидкість окиснення титану різко зростає.

Взаємодія титану з азотом. У результаті хімічної взаємодії титану з азотом утворюється нітрид титану (TiN). Колір нітриду титану змінюється від світло-коричневого до бронзово-жовтого. На повітрі до 300° С титан незначно взаємодіє з азотом. Цей факт підтверджує, що на повітрі перш за все утворюється

окисна плівка, яка значною мірою захищає титан від взаємодії з азотом. При підвищенні температури до 400° С починається деяке розчинення окисної плівки вглиб металу, відбувається руйнування структури поверхневої плівки, у результаті цього взаємодія титану з азотом повітря інтенсифікується.

Інтенсивність насичення титану азотом характеризується графіком, зображеним на рис. 3.

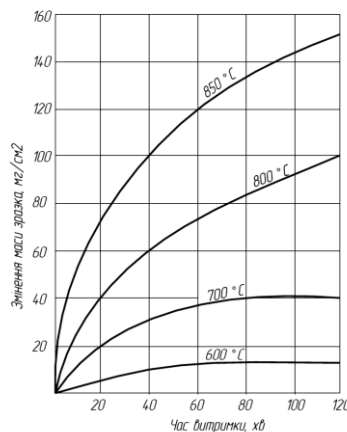


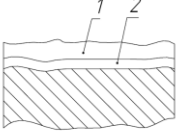
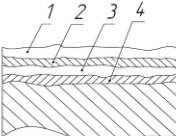
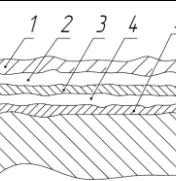
Рис. 3. Швидкість поглинання азоту титаном за різних температур

Азот здатен розчинятися в титані: до 550° С дифузія іонів азоту в глиб металу відбувається повільно, але різко зростає при 700° С [2].

Будова окисних шарів. Окалина, що утворюється на металі при нагріванні в повітрі, схематично зображена в табл. 1.

Таблиця 1

Залежність будови окалини від температури витримки

Температура витримки	Схема будови окалини	Опис
700-800° С		1 – зовнішній світло-синій шар рутилу TiO ₂ ; 2 – внутрішній тонкий шар невідомого складу, що має бронзовий колір
825-850° С		Зовнішній шар складається з рутилу TiO ₂ різної окраски: 1 – жовто-коричневої; 2 – світло-синьої; 3 – темно-синьої; 4 – внутрішній шар має металевий вид і складається з TiO
875-1050° С		1 – шар має структуру рутилу TiO ₂ темно-синього кольору; 2 – структура дрібного порошку Ti ₂ O ₃ пурпурного кольору; 3 – шар складається з TiO і має металічний вигляд; 4 – шар складається з TiO і деякої кількості титану, також має металічний вигляд; 5 – шар має вигляд порошку і складається з титану і деякої кількості TiO

Крім окалини, на заготовці утворюється так званий змінений шар, який має підвищену міцність і знижену пластичність, що ускладнює подальшу обробку, а іноді й експлуатацію виробу. Цей шар, як правило, видаляється з виробу механічною обробкою або за допомогою травлення [1].

Постановка і розв'язання проблеми. Необхідно шукати шляхи зменшення впливу газової корозії на виріб. Можна запропонувати два шляхи зменшення впливу повітря на процеси руйнування зразків з компактного пористого титану при високих температурах:

1. Зміна структури матеріалу шляхом заміщення атомів кисню атомами вуглецю.

2. Нанесення на робочу поверхню виробу покриття.

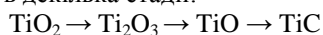
Зміна структури матеріалу шляхом заміщення атомів кисню атомами вуглецю. Хімічна сполука титану з вуглецем – карбід титану (TiC). Сплави титану з вуглецем досліджувалися до концентрації 20 % С, тобто саме до того вмісту вуглецю, при якому утворюється TiC. Карбід титану – це порошок, який має світло-сірий відтінок і відрізняється дуже високими характеристиками міцності, жароміцності і стійкості до дій деяких кислот (сірчаної і соляної).

Основні фізико-хімічні показники карбіду титану:

- температура плавлення – 3140° С;
- щільність – 4,92 г/см³ при 20° С;
- температура кипіння – 4300° С;
- середня теплопровідність – 0,068 Вт/(см·К);
- середній питомий опір – 2 · 10⁻⁶ (Ом·м).

Вперше ця сполука була отримана ще у 1887 році шляхом обробки титаністого чугуну в соляній кислоті. На сьогодні ця сполука отримується при прокалюванні діоксиду титану із сажею в особливих індукційних печах.

Отримання карбіду титану з діоксиду титану відбувається в декілька стадій:



Суміш TiO₂ із сажею набивається у графітові патрони, які завантажують у тиглі. Карбідизація може відбуватися [5]:

1) в атмосфері водню, температура печі 2000° С. Подрібнений і просіяний карбід титану містить 20-20,5 % загального вуглецю, з яких 1,0-2,0 % знаходиться у вигляді вільного вуглецю.

2) у вакуумі, утворення TiC починається при 800° С і швидко протікає при 1200-1400° С. Остаточна витримка тривалістю 0,5 години проводиться при 1900-1950° С. Подрібнений і просіяний карбід титану містить 19,5-20,3 % загального вуглецю, з яких 0,1-0,8 % знаходиться у вигляді вільного вуглецю;

3) в атмосфері СО, при поступовому прогріві шихти з 1400° С до 1900° С зовсім без витримки при температурі карбідизації отримуємо карбід титану з вмістом зв'язаного вуглецю 18,0-18,5 %.

Г. А. Меерсоном були проведені термодинамічні розрахунки [6]. Головний висновок із цих розрахунків: для отримання карбіду титану зі стабільно високим вмістом зв'язаного вуглецю (19 %) процес необхідно проводити у вакуумі.

Остання стадія процесу (TiO → TiC) ускладнюється утворенням неперервного ряду твердих розчинів TiO → TiC. Якщо обмежитися тільки останньою стадією TiO + 2C ↔ TiC + CO, то слід розрахувати, що при постійній заміні атомів кисню на атоми вуглецю енергія міжатомного зв'язку Ti-O у решітці Ti-O-C неперервно зростає зі зменшенням концентрації кисню в твердому розчині. Тому рівноважний тиск p_{CO} повинен зменшуватися при цій температурі. Зменшуючи тиск СО, можна значно зменшити температуру повного видалення кисню з TiC. Наприклад, при тиску СО до 1,5 кПа вдається практично повністю видалити кисень з твердої фази вже при 1300° С, у той час як при атмосферному тиску СО це досягається при

температурах вище 2000° С. З іншого боку збільшення тиску до 15 кПа призводить до того, що оксид вуглецю починає відігравати роль окисника для карбіду титану. Тому для виробництва карбіду титану високої якості треба враховувати як температуру, так і тиск CO [5].

Виробництво карбіду титану з TiO_2 малопродуктивне внаслідок сильного газовиділення в процесі відновлення діоксиду титану. В твердосплавній промисловості використовують порошок карбіду титану з розміром частинок 1-5 мкм. Отриманий за вуглетермічним методом TiC підлягає розмолу протягом 48 годин, але і після цього порошки карбіду титану має широкий фракційний склад і забруднені матеріалами розмольних агрегатів [5].

За вуглетермічним методом отримується більша частина від загального випуску карбіду титану, але розроблені і методи отримання TiC з порошку титану (метод прямого синтезу без плавлення титану, метод саморозповсюджувального високотемпературного синтезу – СВС). Ці методи дуже детально розглянуті в [5]. За методом СВС можна отримати карбід титану, що містить 19,4 % зв'язаного вуглецю, а вільного – 0,2 %. Але для його здійснення треба виконати ряд вимог:

1. Зміст основного продукту в титановому порошок повинен бути не менше 99 %, а кисню – не більше 0,05 %.
2. Титановий порошок повинен бути полідисперсним у межах 90-100 мкм.
3. Матеріал повинен потрапляти в реактор таблетованим.
4. Максимальне завантаження реактора ємністю 10 л не повинна перевищувати 2,5 кг.
5. Рекомендується проводити 15-відсоткове розбавлення початкової шихти кінцевим продуктом [7].

Ці вимоги призводять до здорожчення отриманого карбіду титану. Але останнім часом проведені масштабні дослідження, які спрямовані на створення високо-економічних методів отримання карбіду титану. Значні перспективи відкриваються перед методами, які як сировину використовують відходи машинобудівного виробництва і бідні титанові руди замість дорогих і дефіцитних порошоків титану і діоксида титану.

Технологічні особливості високотемпературного електролітичного методу з іонних розплавів. Одним із найбільш ефективних технологічних шляхів підвищення надійності роботи виробу є нанесення на робочу поверхню покриття.

Покриття являє собою поверхневий шар виробу, цілеспрямовано створений на поверхні матеріалу підложки (деталі) і характеризується товщиною, хімічним складом і структурно-фазовим станом, що якісно відрізняється від аналогічних характеристик матеріалу основи.

Особливої уваги заслуговує високотемпературний електролітичний метод іонними розплавами зміцнення поруватих металічних матеріалів, який дозволяє провести рекристалізацію пресовки з одночасним сплавленням частинок за рахунок утворення інтерметалічних сполук із матеріалом покриття.

Спосіб полягає в тому, що в розчин солі металу занурюють пластину з того ж самого металу (анод) і виріб (катод), на який треба нанести покриття. При

пропусканні постійного електричного струму відбувається процес електролізу: пластина розчиняється, на поверхні виробу утворюється покриття.

Оптимальна щільність повинна бути нижча від граничної дифузійної. При більш високих щільностях струму різко зростає шорухуватість покриття. Від щільності струму залежить також розмір зерен в осаді. Чим вище щільність струму, тим дрібніші кристали, що утворюються в покритті.

Температура здійснює вплив на всі стадії формування гальванічного покриття. Від температури залежить швидкість дифузії осаджуваного металу в підложку, а це, у свою чергу, впливає на міцність зчеплення покриття з підложкою. Висока температура зменшує ускладнення переносу речовини на всіх стадіях процесу. До того ж, підвищення температури призводить до зародження меншої кількості кристалів.

Підвищення температури може сприяти злиттю кристалів і об'єднанню їх у суцільний шар. Порогова температура цього процесу перевищує на 0,4-0,5 % температуру плавлення. Ця температура є граничною для зростання суцільного шару. Не слід забувати, що з ростом температури збільшується розчинність металів у розплавлених електролітах, а при зменшенні температури ці розчинені метали випадають у осад. Тому для кожного процесу нанесення гальванічного покриття повинна бути встановлена оптимальна температура.

З усіх металів, що виділяються електролізом іонного розчину віддають перевагу алюмінію, оскільки він надає виробам значну міцність, корозійну стійкість і здатен зберігати свої властивості у покритті. Існують такі способи нанесення алюмінієвих покриттів:

- нанесення алюмінію у вакуумі;
- алюмініювання в порошках;
- електрохімічне алюмініювання.

Головними недоліками наведених способів осадження алюмінію є незадовільна структура покриття, погана адгезія, шлакоутворення на аноді.

Так, з метою зменшення утворення дендритів і покращення якості осаду, підвищення щільності струму під час високотемпературного електролітичного процесу, застосовували вібрацію [Пат. 51-25417 (Японія)], реверсійний струм, що дозволило отримати покриття з меншою поруватістю. Для отримання якісного покриття на титані необхідно додатково використовувати модифікатор. Існує декілька способів введення іонів металу-модифікатора в електроліт: добавка модифікатора у вигляді розчинної солі хлоридів свинцю, хрому; а також у вигляді анодів зі свинцю [А. с. 569665]. Останній спосіб модифікування катодного осаду дозволяє здійснити більш точне регулювання складу покриття і має кращу стабільність. Однак надлишок модифікатора (свинець, хром) погіршує якість алюмінієвого осаду, підсилює дендритоутворення, токсичність. До недоліків алюмінію з використанням додаткових свинцевих анодів слід також віднести ускладнення технологічної схеми, а також додаткові труднощі при автоматизації процесу нанесення покриття.

Тим не менш, надійних, стабільних результатів, які могли б бути впроваджені у виробництво, з урахуванням сукупності всіх необхідних вимог

(товщина покриття, адгезія, швидкість осадження металу, технологічність процесу), не було отримано. Для досягнення цієї мети було запропоновано вивчити можливість використовувати органічні поверхнево активні речовини (далі – ПАР) для регулювання осадження металу.

Одними з головних труднощів при підборі органічних ПАР у розплавах є низька термічна і хімічна стійкість цих сполук. Якщо як ПАР використовувати речовину, яка стимулює катодний процес (наприклад сульфаніловокислий калій, стеарат алюмінію), можна отримати порувате покриття, яке має дуже високу адгезію. У відсутності ПАР, як уже зазначалось, спостерігається велике дендритоутворення зі шламовиділенням, у зв'язку з чим товщина покриття не перевищує 20 мкм. Додавання до розплаву до 0,1 мол. % сульфаніловокислого калію призводить до

отримання покриття з великою адгезією товщиною до 100 мкм і поруватістю до 30 пор на 1 см² [А. с. 482251] [8].

Отже, високотемпературний електролітичний метод іонними розплавами зміцнення поруватих металічних матеріалів є технологічним і дешевим. Коригування розплаву повинне проводитись не раніше ніж через місяць роботи. При цьому покриття не змінює своїх фізичних властивостей.

Подальше вдосконалення технології може йти шляхом підбору нових ПАР із метою підвищення товщини покриття, а також інтенсифікації процесу.

Механізм структуроутворення поверхневого шару поруватого титану з алюмінідним покриттям. Розглянемо структуроутворення алюмінідних покриттів на поруватому титані (рис. 4).

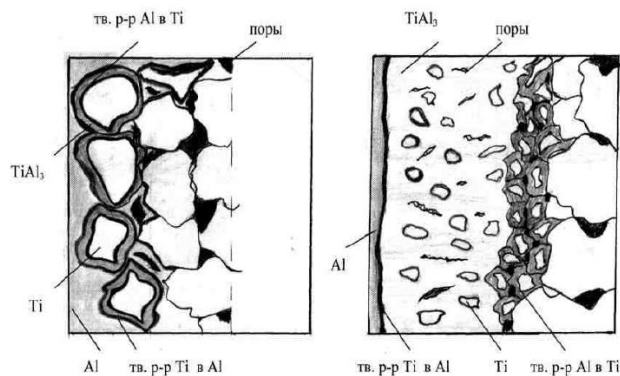


Рис. 4. Схема структуроутворення алюмінідних покриттів на поруватому титані: а) початок процесу насичення; б) кінець процесу насичення

Очевидно, що в початковий момент алюміній формує на титані поверхневий шар товщиною 100 мкм (рис. 4а). Згодом алюміній поступово переноситься вглиб титанової підложки за дифузією. На дифузії, в першу чергу, впливає катодна щільність струму і температура процесу. При цьому дифузія направлена до границь зерен титану, поступово насичуючи і плакуючи їх. Алюміній формує начебто кільце навколо зерна титану і тим самим збільшуючи їх об'єм. На границі розділу двох фаз (алюміній-титан) починають розвиватися два протилежно направлені процеси взаємодифузії. Алюміній намагається дифундувати в титан з утворенням твердого розчину алюмінію в титані. Атоми титану розчиняються в осадженому алюмінії та утворюють розчин титану в алюмінії. Між цими шарами формується інтерметалічний шар (Ti-Al). Таким чином, зерна титану плаковані одночасно трьома шарами. Встановлено, що матеріали покриття практично не заповнюють пори, а їх зменшення відбувається за рахунок збільшення товщини плакуючого шару й об'єму зерен. У процесі електроосадження температура призводить до розповсюдження цих процесів вглиб титанової площадки. При достатній концентрації інтерметалідного шару поверхнева енергія нової утвореної фази призводить до перебудови поверхневого шару. Зерна титану перегруповуються, зменшуючи розмір пор (рис. 4б). Із часом, відбувається перегруповування поверхневого шару глибиною до

450 мкм. Причому на поверхні площадки формується шар на основі електролітичного алюмінію і твердого розчину титану в алюмінії. Товщина такого шару 0 ... 15 мкм. За поверхневим шаром спостерігається дифузійний інтерметалічний шар (до 400 мкм), що складається з TiAl₃. У дифузійному шарі спостерігається α-Ti і дрібні пори. За дифузійним шаром, безпосередньо перед основною підложкою, формується проміжний прошарок глибиною не більш 30 ... 40 мкм. Фазовий склад підшарку являє собою α-Ti, TiAl₃ і тверді розчини алюмінію і титану. Наведена схема дозволяє глибше зрозуміти кінетику і механізм формування захисно-зміцнювальних інтерметалічних шарів на поруватих матеріалах. Таким чином, встановлено, що інтенсифікація процесу алюмініювання зразків із титанових пресовок призводить до змінення їх структури і фазового складу, зразок стає безпористим і однорідним. Виявлено, що на поверхні пористих матеріалів розрядка іонів покриття відбувається виключно на активних центрах зовнішньої поверхні зерен металу. У подальшому відновлені атоми покриття дифундують по зернах у різних напрямках і з різними швидкостями. При досягненні границь зерен дифузія атомів знижується, що призводить до насичення, створення відповідних хімічних сполук, росту зерен в об'ємі і, відповідно, зміцненню структури. Зосередження хімічних сполук на границі зерен призводить до створення зміцненого каркаса, що

сприяло підвищенню фізико-механічних характеристик пористого матеріалу [9].

Висновки. Було розглянуто два шляхи зменшення впливу повітря на процеси руйнування зразків з компактного пористого титану при високих температурах.

Детальний аналіз першого методу – зміна структури матеріалу шляхом заміщення атомів кисню атомами вуглецю – показав, що для отримання карбиду титану високої якості необхідно забезпечити

оптимальні тиск, температуру, подачу газу, а це призводить до труднощів апаратного оформлення процесу, а це, у свою чергу, – до дорожчання вихідного матеріалу.

Другий метод – нанесення на робочу поверхню виробу гальванічних покриттів з іонних розплавів – забезпечує інтенсифікацію процесу, покращує зчеплення покриття з підложкою, з'являється можливість заміни електродів на нетоксичні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пульцин Н. М. Титановые сплавы и их применение в машиностроении / Н. М. Пульцин. – М. : Машгиз, 1962. – 168 с.
2. Сергеев В. В. Металлургия титана / В. В. Сергеев, Н. В. Галицкий, В. П. Киселев, В. М. Козлов. – М. : Металлургия, 1971. – 320 с.
3. Михайлов-Михеев П. Б. Новый промышленный металл – титан / П. Б. Михайлов-Михеев. – М. : Машгиз, 1964. – 254 с.
4. Корнилов И. И. Диаграммы состояния систем на основе титана / И. И. Корнилов, П. Б. Бутберг // Сб. Итоги науки. Технические науки. – Т. 2. – 1968.
5. Кипарисов С. С. Карбид титана. Получение, свойства, применение / С. С. Кипарисов, Ю. В. Левинский, А. П. Петров. – М. : Металлургия, 1987. – 216 с.
6. Меерсон Г. А. Неорганические материалы / Г. А. Меерсон. – М. : АН СССР, 1970. – 350 с.
7. Прокудина В. К. Процессы горения в химической технологии и металлургии / В. К. Прокудина, В. И. Ратников, В. М. Маслов ; АН СССР. Ин-т химической физики. – 1975. – С. 136–138.
8. Делимарский Ю. К. Гальванические покрытия из ионных расплавов / Ю. К. Делимарский. – К. : Техника, 1983. – 166 с.
9. Кунин Л. Л. Поверхностные явления в металлах / Л. Л. Кунин. – М. : Гос. науч.-техн. изд-во литературы по черной и цветной металлургии, 1975. – 295 с.

А. Е. Головка,

Черноморский государственный университет им. Петра Могилы, г. Николаев, Украина

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ВОЗДУХА НА ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ИЗ КОМПАКТНОГО ПОРИСТОГО ТИТАНА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ($T > 600^{\circ} \text{C}$)

Повышенный интерес к анализу методов уменьшения влияния воздуха на процессы разрушения образцов из компактного пористого титана при высоких температурах имеет исключительно важное научно-практическое значение. Изучение закономерностей структуро- и фазообразования пористых материалов дает возможность оптимизировать состав материала для получения ожидаемых свойств материала. Также особенный интерес представляют процессы электролитического нанесения композиционных покрытий ионными растворами. Оптимизирование методов поверхностного упрочнения пористых изделий позволяет прогнозировать функциональные свойства (износостойкость, термостойкость) оснастки, которая работает при высоких температурах.

Ключевые слова: окисная пленка; электролитическое нанесение покрытия; ионные расплавы; интерметаллидный слой; карбид титана.

А. Ye. Holovko,

Petro Mohyla Black Sea State University, Mykolaiv, Ukraine

ANALYSIS METHODS TO REDUCE THE INFLUENCE OF AIR ON THE PROCESSES OF DESTRUCTION OF SAMPLES FROM THE COMPACT POROUS TITANIUM AT HIGH TEMPERATURES ($T > 600^{\circ} \text{C}$)

Increased interest in the analysis methods to reduce the impact of air samples from the processes of destruction of compact porous titanium at high temperatures is extremely important scientific and practical importance. The study of patterns of structure and phase formation of porous materials, gives you the opportunity to optimize the composition material to obtain the expected properties of the material. Also of particular interest are the processes of electrolytic deposition of composite coatings ionic solutions. Optimization methods for surface hardening porous products allows to predict functional properties (wear resistance, heat resistance) snap, which operates at high temperatures.

Key words: oxide film; electrolytic coating melts; intermetallic layer; titanium carbide.

Рецензенти: *Клименко Л. П.*, д. т. н. професор;
Андреев В. І. к. т. н., доцент.