

А. В. Белоцкий, К. Б. Кармугин, О. В. Степанов

Титан и ванадий в сталях для азотирования

Резюме

Приведены результаты исследования влияния титана и ванадия на процесс азотирования сталей. Методами рентгеноструктурного и металлографического анализов, а также измерения микротвердости установлены особенности формирования азотированных слоев на сталях, легированных титаном и ванадием. Показана возможность повышения температуры процесса азотирования с целью его интенсификации.

A. V. Belots'ky, K. B. Karmugin, O. V. Stepanov

Titanium and vanadium in steels for nitriding

Summary

The research results of Ti and V influence on the nitriding process of steels are presented. Characteristic features of nitrified layers formation on steels alloyed with Ti and V were studied by X-ray diffraction (XRD) analysis, microstructural analysis and microhardness tests. The possibility of enhancement the nitriding efficiency due to the expansion of temperature interval of nitriding process is discussed.

УДК 669.017

Структура та властивості дифузійних покриттів з алюмінієм, хромом та нікелем на титановому сплаві ВТ6

І. Я. Смокович

Т. В. Лоскутова, кандидат технічних наук

В. Г. Хижняк, доктор технічних наук, професор

Національний технічний університет України «КПІ», Київ

Показана можливість алюмохромонікелювання титанового сплаву ВТ6 в порошковій суміші алюмінію, хрому, хлориду нікелю та хлориду амонію за умов зниженого тиску. Досліджено мікроструктуру, хімічний склад та микротвердість отриманих покриттів.

Для підвищення жаростійкості титану при середніх та високих температурах широкого поширення набули алюмінієві покриття [1, 2]. В свою чергу насичення металів хромом та нікелем на ряду з підвищенням корозійної стійкості, сприяє покращенню їх зносостійких властивостей [3, 4]. Тому особливий інтерес становлять комплексні покриття за участю хрому, алюмінію та нікелю, які поєднують позитивні властивості цих елементів.

Слід зазначити, що нікелювання, хромонікелювання, алюмонікелювання методами ХТО в газових середовищах хлору не відбувається внаслідок низького парціального тиску хлоридів нікелю NiCl_2 та відсутністю нижчого субхлориду нікелю NiCl , що робить неможливим протікання реакцій диспропорціювання типу $\text{NiCl} \rightarrow \text{NiCl}_2 + \text{Ni}$, яка лежить в основі циркуляційного способу насичення в газових середовищах [3]. Тому можливість отримання комплексних алюмохромохонікелевих покриттів на титанових сплавах шляхом дифузійного алюмохромування з додаванням нікелю у вигляді сполуки NiCl_2 може мати інноваційний характер, наукову та практичну значимість.

Метою роботи є дослідження структури та властивостей дифузійних покриттів за участю алюмінію, хрому та нікелю на титановому сплаві ВТ6.

В якості об'єкта дослідження обрано двофазний деформівний титановий сплав ВТ6, який знайшов широке використання в авіаційній, нафто-газовій та хімічній промисловості. Покриття наносили порошковим методом в середовищі хлору. Як джерело нікелю та хлору використовували хлорид амонію NH_4Cl та хлорид нікелю NiCl_2 . Відповідно до літературних джерел хлорид нікелю при $T = 980^\circ\text{C}$ здатен до сублімації, при чому можливе протікання реакцій його взаємодії з титаном і алюмінієм основи та насичуючої суміші: $\text{NiCl}_2 + \text{Me}$ (Al , Ti) з утворенням атомарного нікелю і хлоридів титану та алюмінію [5]. Період існування нікелю в атомарному (активному) стані можна вважати найприйнятнішим для його адсорбції поверхнею сплаву ВТ6 та проникнення в структурні складові дифузійного шару і основи матеріалу.

Знежирені вироби завантажували в контейнер разом з насичуючою сумішшю наступного складу (% по масі): (66 [38 алюмінію + 28 хрому] + 24 інертної речовини Al_2O_3 + 5,0 активатору NH_4Cl + 5,0 активатору NiCl_2). Після цього контейнер герметизували, нагрівали до температури 1050°C та витримували впродовж 6 годин за умов зниженого тиску 10^{-4} Па.

Структуру і хімічний склад покриттів визначали на скануючому електронному мікроскопі CamScan 4D та мікроаналізаторі INCA-200 Energy. Рентгеноструктурний аналіз проводили на установці ДРОН-3-М у монохроматичному Cu K_α випромінюванні. Мікротвердість вимірювали з використанням приладу ПМТ-3.

Згідно з результатами рентгеноструктурного аналізу основа шару відповідає фазі типу Al_3Ti . Також на дифрактограмі зафіксовано максимуми, які, вірогідніше за все, відповідають фазі CrAl_4 з певною кількістю нікелю [6].

Хімічний склад покриттів, сформованих при комплексному алюмохромохонікелюванні сплаву ВТ6, та розподіл елементів за товщиною покриттів за даними мікрорентгеноспектрального аналізу наведені на рис. 1.

Встановлено, що кількість алюмінію в фазі Al_3Ti за перерізом покриття змінюється від 63,0 % (по масі) на поверхні до 59,5 % (по масі) на межі поділу покриття-матриця. Кількість хрому, титану, ванадію залишається практично стабільною і складає 16,0 – 19,0 % по масі, 22,1 – 25,2 % (по масі), 1,3 – 4,1 % (по масі), відповідно. Крім того, в покритті наявні зони на основі алюмінію з підвищеним вмістом нікелю (до 11,2 % по масі) і хрому (до 24,3 % по масі) та незначною кількістю титану (до 1,3 % по масі). Відповідно до

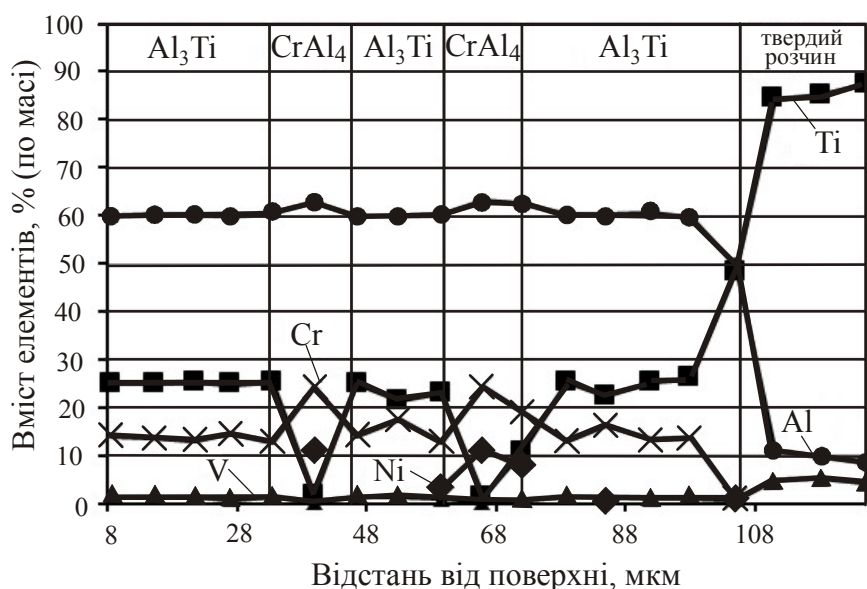


Рис.1. Розподіл елементів за перерізом дифузійного шару, отриманого комплексним алюмохромонікелюванням титанового сплаву ВТ6.

наведених даних хімічного складу цю сполуку можна ідентифікувати як фазу CrAl_4 , в якій частина хрому заміщена нікелем та титаном.

Спостерігається дифузія алюмінію в матрицю з утворенням шару твердого розчину в титані. Концентрація алюмінію становить 9,7 – 11,0 % (по масі) за границею зона сполук – твердий розчин і плавно знижується до основи.

Мікроструктура отриманого за даною технологією дифузійного шару має чітко виражену границю розділу покриття – основа. Зона твердого розчину алюмінію, яка розташована безпосередньо під зоною сполук, не відрізняється структурно від зони основного сплаву. В структурі покриття (рис. 2) виділяються світлі включення фази CrAl_4 неправильної форми з розгалуженою границею. Максимальний вміст цих включень в покритті спостерігається на відстані 30 – 70 мкм від межі з основою.

Згідно до діаграми стану Ni – Al – Cr [6], сполука CrAl_4 утворюється за перитектичною реакцією: рідина + $\text{Al}_9\text{Cr}_4 \rightarrow \text{CrAl}_4$ при температурі 1030 °С. Її формування в процесі охолодження від температур ХТО з рідкої фази допускає реалізацію в певних локальних ділянках покриття рідкофазного стану з вмістом хрому близько 25 % (по масі). Саме цим можна пояснити розвинену границю між включеннями фаз CrAl_4 та Al_3Ti .

Мікротвердість зони сполук достатньо висока: основа шару на базі фази Al_3Ti – 10,0 – 12,0 ГПа, фази CrAl_4 – 11,0 – 13,5 ГПа. Мікротвердість перехідної зони за товщиною змінюється від 4,0 – 8,0 ГПа до мікротвердості основи – 2,5 – 3,0 ГПа і досягає максимуму на глибині 200,0 – 250,0 мкм.

Товщина алюмохромонікелевого покриття за прийнятих умов насичення становить 100,0 – 110,0 мкм, що має позитивний ефект його використання з метою підвищення жаростійких властивостей сплаву ВТ6. Утворення локальних

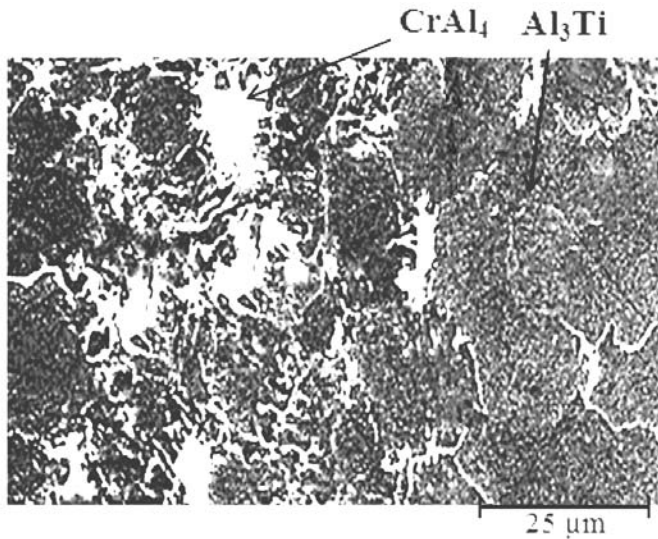


Рис. 2. Мікроструктура комплексного хромоалітованого покриття, отриманого на титановому сплаві ВТ6.

фаз на основі алюмінію, хрому, нікелю та титану в складі основного покриття може бути перспективним щодо протидії високотемпературному окисленню.

Товщину покриттів можна варіювати, змінюючи час витримки виробів при ХТО.

Таким чином, показано можливість комплексного насичення титанового сплаву ВТ6 алюмінієм, хромом, нікелем в порошковій суміші алюмінію, хрому, хлориду амонію та хлориду нікелю.

Література

1. Серeda Б.П., Палехова И.В. Получение двухкомпонентных покрытий на основе титана методом СВС Палехова. // МиТОМ. – 2003. – № 11. – С. 30 – 32.
2. Ляхович Л.С. Перспективы химико-термической обработки титана и его сплавов. // Защитные покрытия на металлах. – 1976. – № 10. – С. 20 – 24.
3. Ворошнин Л.Г., Менделеева О.Л., Сметкин В.А. Теория и технология химико-термической обработки. – М.: Новое знание, 2010. – 304 с.
4. Земсков Г.В., Коган Р.Л. Многокомпонентное диффузионное насыщение металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
5. Справочник химика: основные свойства неорганических и органических соединений / Под. ред. Никольского Б. П. – М.: Химия, 1964. – 1168 с.
6. Captain Kevin M. Jaansalu. Air Vehicle Research Phase Diagram Modelling: Nickel - Aluminum - Chromium System Detachment DCIEM Air Vehicle Research Detachment National Defence Headquarters . Ottawa, Ontario K1A 0K2, DCIEM No. 98-TM-37. – CANADA, 1998.

Одержано 02.01.13

И. Я. Смокович, Т. В. Лоскутова, В. Г. Хижняк

Структура и свойства диффузионных покрытий с алюминием, хромом и никелем на титановом сплаве ВТ6

Резюме

Показана возможность комплексного алюмохромоникелирования титанового сплава ВТ6 в порошковой смеси алюминия, хрома, хлорида аммония и хлорида никеля в условиях пониженного давления. Исследованы микроструктура, химический состав и микротвердость полученных покрытий.

I. Ya. Smokovych, T. V. Loskutova, V. G. Khyzhnyak

Structure and properties of diffusion coatings of aluminium, chromium and nickel on the ВТ6 titanium alloy

Summary

It is provided the possibility of complex saturation of the ВТ6 titanium alloy in a powder mixture of aluminium, chromium, ammonia chloride and nickel chloride under reduced pressure. The microstructure, chemical composition and microhardness of the obtained coatings were studied.

Шановні колеги!

Триває передплата на науково-технічний журнал «Металознавство та обробка металів» на 2013 р.
Для регулярного одержання журналу потрібно перерахувати вартість заказаних номерів на розрахунковий рахунок Фізико-технологічного інституту металів та сплавів НАН України.
Вартість одного номера журналу – 30 грн., передплата на рік – 120 грн.

Ціна архівних номерів 1995 – 2012 рр. – 10 грн.

Розрахунковий рахунок для передплатників, спонсорів і рекламодавців:

банк ГУДКСУ в м. Києві, р/р 31252272210215, код банку 820019.

Отримувач – ФТІМС НАН України, ЗКПО 05417153,
з посиланням на журнал "ММ".

Копію документа передплати та відомості про передплатника
просимо надсилати до редакції,
вказавши номер і дату платіжного документа.