

STRUCTURE, PHASE, CHEMICAL COMPOSITION AND SOME PROPERTIES OF SURFACE LAYERS OF BT6 ALLOY AFTER ALITATING AND ALUMOCHROMING

Loskutova T.V., Smokovych I.Y., Khyzhnyak V.G. Pogrebova I.S., Bobina M.M.

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine

The structure and some properties of the protective coatings obtained by alliteration and alumochromation of the titanium alloy BT6 were studied. The phase and chemical composition of the obtained one and two component coatings were established. The microhardness of diffusion layers was determined.

Keywords: structure, titanium alloy, coating, aluminizing, alumochromation

СТРУКТУРА, ФАЗОВИЙ, ХІМІЧНИЙ СКЛАД ТА ДЕЯКІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ СПЛАВУ BT6 ПІСЛЯ АЛІТУВАННЯ ТА АЛЮМОХРОМУВАННЯ

Лоскутова Т. В., Смокович І.Я., Хижняк В. Г., Погребова І.С., Бобіна М.М.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, пр.Перемоги, 37, корп.№9, 01056

Дифузійні покриття, нанесені на поверхню титану та його сплавів призводять до зміни хімічного складу, структури і властивостей поверхневого шару металу. Досить широке використання мають дифузійні покриття на основі нітридів, карбідів, інтерметалідів металів. Серед них особливої уваги заслуговують покриття на основі титану, хрому або алюмінію [1-4].

1. Методика експерименту

Покриття наносили на поверхню титанового сплаву BT6 порошковим методом в середовищі хлору за умов зниженого тиску. Вироби загрузали в контейнер разом з насичуючою сумішшю, яка складалася при алітуванні з 10,0 мас.% алюмінію, 87,0 мас.% Al_2O_3 , 3,0 мас.% NH_4Cl , при алюмохромуванні з 42,0 мас.% алюмінію, 28,0 мас.% хрому, 25,0 мас.% Al_2O_3 і 5,0 мас.% NH_4Cl .

Після цього контейнер герметизували, нагрівали до температури 1050°C та витримували протягом 3 годин.

Зразки титанового сплаву ВК8 після ХТО були досліджені сучасними методами фізичного матеріалознавства: рентгеноструктурним, мікрорентгеноспектральним, дюрOMETричним, металографічним.

2. Результати експерименту та їх обговорення

На поверхні сплаву ВТ6 після алітування утворилось дифузійне покриття, що мало матову сіру поверхню. Рентгеноструктурним аналізом встановлено, що його поверхневий шар складає фаза Al_3Ti , з тетрагональною кристалічною ґраткою: $a = 0,38400$ нм, $c = 0,85900$ нм (рис. 1(а)). З літературних даних відомо [1,5,6], що фаза Al_3Ti відзначається високою крихкістю за рахунок тетрагональності структури і може легко руйнуватися в процесі експлуатації. В отриманому в даній роботі алітованому покритті, як і роботах цих авторів, по всьому перерізу дифузійного шару спостерігалися тріщини (рис. 1).

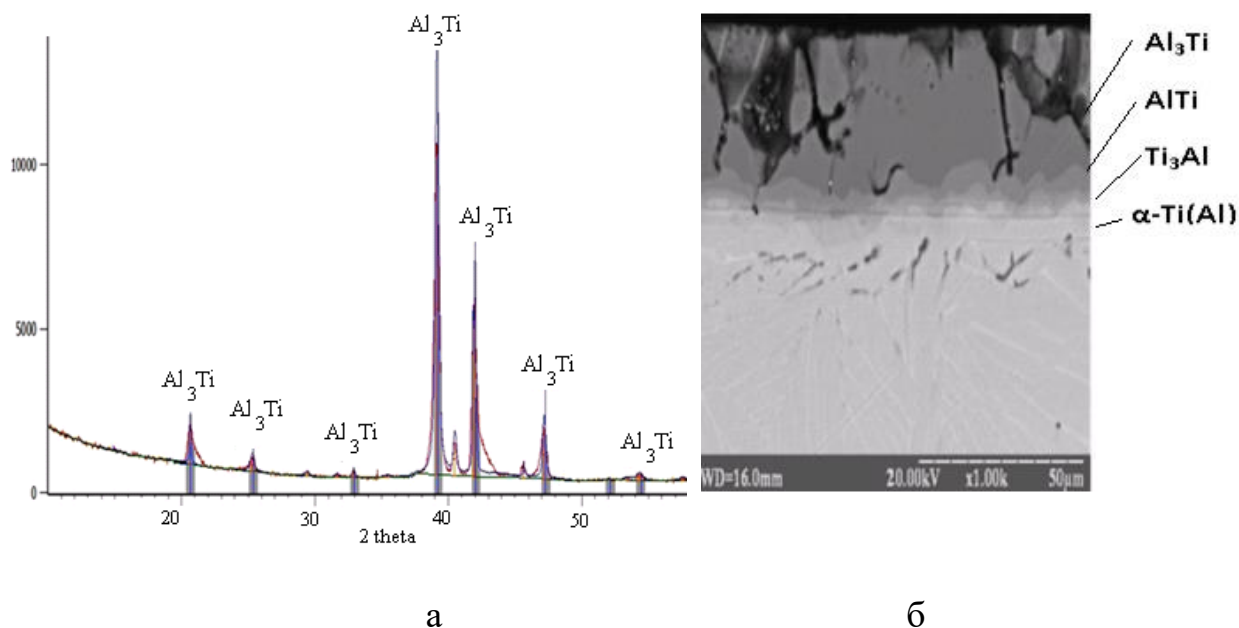


Рис. 1 . Дифрактограма (а) та мікроструктура (б) сплаву ВТ6 з алітованими покриттями. Температура нанесення 1050°C , час витримки 3 години

Це може призводити до руйнування алітованого покриття і обмежує застосування даного виду покриттів, як самостійного, з метою захисту титанового сплаву ВТ6 від окислення.

Методом мікрорентгеноспектрального аналізу встановлено, що фаза Al_3Ti розчиняється 52,0-59,0 мас.% алюмінію, 40,0-42,0 мас.% титану у при поверхневих зонах та 49,9 мас.% алюмінію та титану на відстані 22,0-23,0 мкм від поверхні зразка. Кількість ванадію, що входить до складу сплаву ВТ6, в зоні існування Al_3Ti коливається у межах 1 мас. %. По мірі просування вглиб покриття по перерізу дифузійного шару вміст алюмінію знижується і становить 34,8 мас.%, титану – 65,2 мас.%, ванадію – 0,5 мас.%. Таке співвідношення компонентів згідно діаграми рівноважного стану системи Al–Ti відповідає фазі AlTi [7].

Наступним розташовується шар $AlTi_3$ з кількісним співвідношенням алюмінію та титану 19,2 мас.% і 80,8 мас.%, відповідно. В даному шарі розчиняється певна кількість ванадію (до 1,1 мас.%). За прийнятих умов алітування спостерігається дифузія алюмінію в матрицю сплаву з утворенням шару твердого розчину алюмінію в титані $\alpha-Ti(Al)$. На границі розділу шар сполук – твердий розчин концентрація алюмінію становить 3,5 мас.%, і плавно знижується до основи. Проникнення алюмінію в основу сплаву спостерігається на глибину 50,0-70,0 мкм від поверхні.

Мікроструктурним аналізом встановлено, що дифузійний шар має сірий колір, в структурі якого можна виділити три зони, що ідуть паралельно фронту дифузії з чітко вираженою границею розділу з основою, (рис. 1(б)). Перша зона фазового складу Al_3Ti темно-сірого кольору має товщину 23,0-25,0 мкм. По всьому перерізу її спостерігаються тріщини, які повністю перетинають даний шар до границі розділу з шаром AlTi. Шар AlTi має світло-сірий колір, рівномірний та практично безпористий. Його товщина становить 4-6 мкм. Безпосередньо до основи примикає суцільний шар на основі фази $AlTi_3$, товщиною 5,0-6,0 мкм. Зона твердого розчину алюмінію, яка розташована безпосередньо під зоною сполук не відрізняється структурно від зони основного сплаву. Результати металографічного аналізу добре співпадають з результатами мікрорентгеноспектрального аналізу.

Мікротвердість зони сполук отриманого в даній роботі алітованого покриття виявилась достатньо високою і досягла на зовнішній стороні Al_3Ti - 6,82 ГПа, на внутрішніх $AlTi$ та $AlTi_3$ зонах – 6,14-5,39 ГПа.

Таким чином, однокомпонентне алітування титанового сплаву ВТ6 веде до утворення на поверхні сплаву дифузійного покриття на основі фази Al_3Ti , що має природну крихкість і в процесі експлуатації може легко руйнуватися. Доцільно модифікувати алітовані покриття хромом, з метою підвищення його пластичності та, відповідно, експлуатаційних властивостей.

При проведенні процесу алюмохромування за рекомендованими режимами покриття, відповідно до даних мікроструктурного, рентгеноструктурного аналізів, складається з алюмінідів титану Al_3Ti , Al_2Ti , $AlTi$, $AlTi_3$, які розташовані паралельно фронту дифузії із чітко вираженою границею розділу: зовнішній шар на основі Al_3Ti , проміжний Al_2Ti , під яким розташовується шар $AlTi$, безпосередньо до основи примикає алюмінід титану $AlTi_3$ (рис. 2). Крім того, на зовнішній стороні покриття зафіксовано фазу $Al_3(Ti,Cr)$. Визначено, що дана фаза містить 59,9-60,5 мас. % алюмінію, 7,9-8,0 мас.% хрому.

Мікротвердість алюмохромових покриттів досить висока і змінюється по перерізу покриття наступним чином: $Al_3(Ti,Cr)$ - 7,4 ГПа, Al_3Ti – 8,9 ГПа, Al_2Ti – 7,9 ГПа, дещо знижується в наступних зонах алюмінідів титану: $AlTi$ – 4,8 ГПа, $AlTi_3$ – 3,6 ГПа, . Отримані покриття мають гладку сіру поверхню, жодних сколів, тріщин чи відшарувань дифузійних шарів не спостерігається.

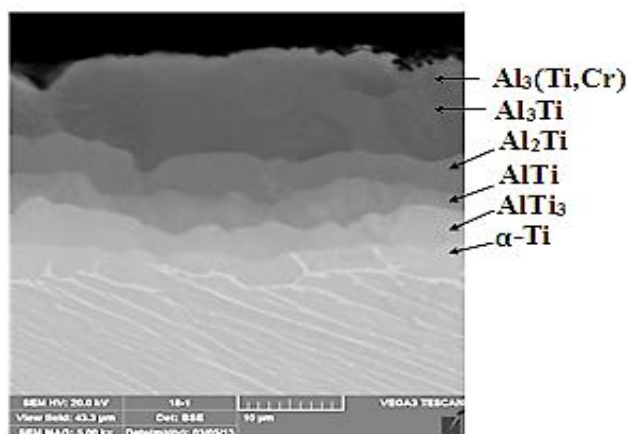


Рис. 2 Мікроструктура покриттів, отриманих алюмохромуванням сплаву ВТ6. Температура нанесення 1050°C, час – 3 години

3. Висновки

Отже, однокомпонентне алітування титанового сплаву ВТ6 веде до утворення на поверхні фази Al_3Ti , що має природну крихкість і в процесі експлуатації може легко руйнуватися. Покриття отримані алюмохромуванням сплаву ВТ6 суцільні, рівномірно розташовані по перетину зразків. Отримані покриття мають досить високу мікротвердість (до 8,9 – 7,9ГПа), що повинно привести до покращення зносостійких властивостей сплаву ВТ6. Формування на поверхні фази $Al_3(Ti, Cr)$, що містить в своєму складі хром та алюміній, може сприяти утворенню на поверхні під час окислення суцільних плівок Al_2O_3 , Cr_2O_3 та сприяти підвищенню жаростійкості.

Література

- [1] Ворошнин Л. Г. Теория и технология химико – термической обработки / Л. Г. Ворошнин, О. Л. Менделеева, В. А. Сметкин – М.: Новое знание, 2010. – 304 с.
- [2] Ляхович Л. С. Перспективы химико-термической обработки титана и его сплавов / Л. С. Ляхович // Защитные покрытия на металлах. – 1976. - №10. – С. 20 – 24.
- [3] Zhou W. Effect of pre-oxidation on aluminized coating and their oxidation resistance of Ti alloy / W. Zhou, Y.G. Zhao, Q. D. Qin, W. Li, B. Xu // Materials Letters. – 60. – 2006. – P. 414
- [4] Хижняк В.Г., Аршук М.В, Лоскутова Т.В., / Хромоалитированные слои с участием нитрида титана на стали 12Х18Н10Т // МИТОИ, 2016 №4, с. 45-49
- [5] Серета Б. П. Получение двухкомпонентных покрытий на основе титана методом СВС / Б. П. Серета, И.В. Палехова // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. -2003. - №11. – С. 30 - 32.
- [6] Мубояджян С. А. Ионно-плазменные диффузионные алюминидные покрытия для лопаток газовых турбин (строение и свойства) / С. А. Мубояджян, С. А. Будиновский, В. В. Терехова // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. – 2003. – №1. – С. 14-21.
- [7] Диаграммы состояния двойных металлических систем: справ. в 3 т. / [ред. Н. П. Лякишева]. - М: Машиностроение, 1996. – Т.1 - 996 с.