

УДК 620.22:669

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖАРСТОЙКИХ АЛЮМИНИДНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ АЛИТИРОВАНИЯ ПОГРУЖЕНИЕМ В РАСПЛАВ

В. П. КУЛЕВИЧ, А. И. БОГДАНОВ

Волгоградский государственный технический университет

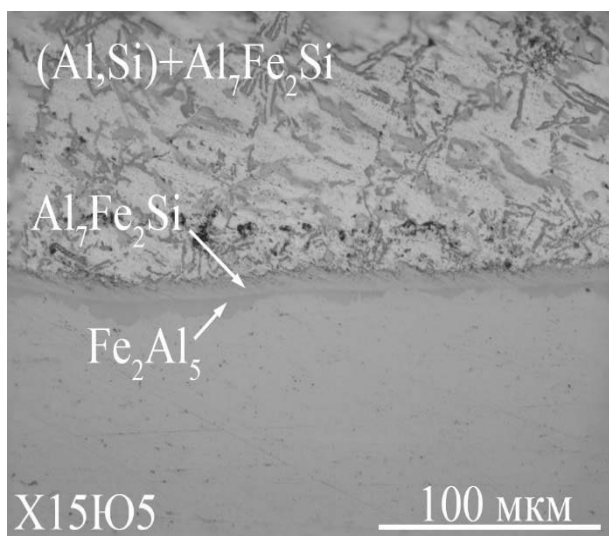
Волгоград, Россия

В работе рассмотрены особенности формирования жаростойких алюминидных покрытий на сплавах системы Fe–Cr–Al с применением технологии алитирования погружением в расплав.

Исследования проводили на прецизионных сплавах X15Ю5 и X23Ю5. Алитирование сплавов проводили в расплаве технически чистого алюминия и силумина с 12 % Si. Для формирования оптимальной структуры и фазового состава покрытия проводили термообработку алитированных сплавов при температурах до 1100 °С. Металлографические исследования проводили на оптическом микроскопе Olympus BX-61. Исследование химического и фазового состава проводили с применением электронной микроскопии (Versa 3D) и рентгеноструктурного анализа (Bruker D8 ADVANCE ECO).

Проведенные исследования позволили установить, что алитирование погружением в расплав алюминия сплавов X15Ю5 и X23Ю5 обеспечивает формирование структуры покрытия с диффузионной зоной, состоящей из интерметаллидов FeAl_3 и Fe_2Al_5 с включениями $(\text{Cr, Fe})_5\text{Al}_8$ и Cr_3Si . Замена расплава алюминия на силумин приводит к появлению в составе диффузионной зоны тройного интерметаллида $\text{Al}_7\text{Fe}_2\text{Si}$ (рис. 1).

а)



б)

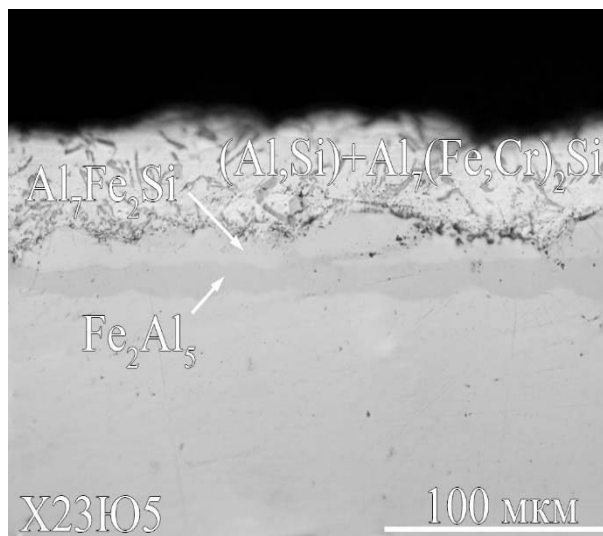
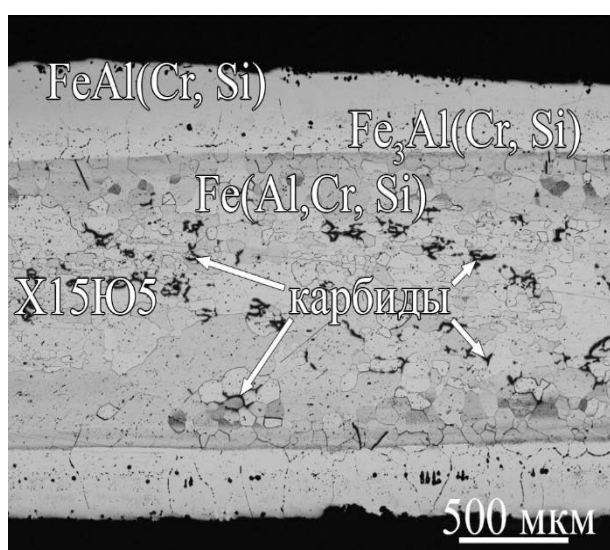


Рис. 1. Структура покрытия на сплаве X15Ю5 (а) и X23Ю5 (б) после алитирования погружением в расплав силумина

Регулировать толщину получаемого покрытия можно как путем изменения температурно-временных условий процесса алитирования, так и за счет воздействия на алитируемый образец ультразвуковых колебаний. Ультразвуковое воздействие способствует уменьшению толщины формируемого покрытия, но не оказывает влияния на его структуру и фазовый состав.

Высокотемпературная термообработка алитированных образцов сопровождается изменением структуры и фазового состава покрытия в следующем порядке: $\text{Fe}_2\text{Al}_5(\text{Cr}) \rightarrow \text{FeAl}_2(\text{Cr}) \rightarrow \text{FeAl}(\text{Cr}) \rightarrow \text{Fe}_3\text{Al}(\text{Cr}) \rightarrow \alpha\text{Fe}(\text{Al}, \text{Cr})$ (рис. 2). Кремний в составе покрытия замедляет диффузионные процессы и входит в состав интерметаллидов $\text{Al}_7\text{Fe}_2\text{Si}$, $\text{Fe}_3(\text{Si}, \text{Al})_5$ и Cr_5Si_3 на ранних этапах трансформации покрытия.

а)



б)

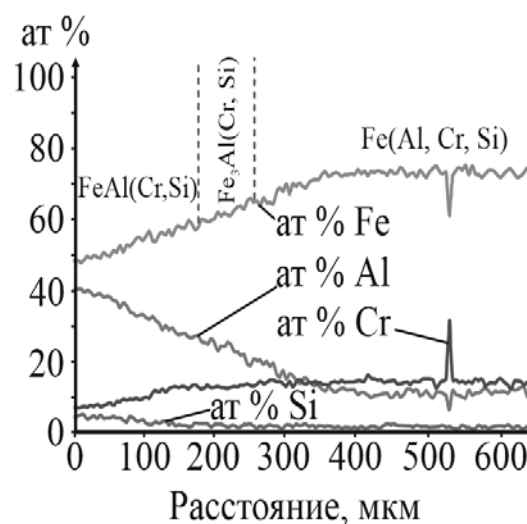


Рис. 2. Структура покрытия на сплаве X15Ю5 после термообработки 1100 °С, 20 ч (а) и распределение химических элементов по толщине покрытия (б)

Жаростойкость алюминидных покрытий во многом определяется структурой и фазовым составом оксидных пленок, формирующихся в процессе эксплуатационных нагревов. Проведенный рентгенофазовый анализ по методу скользящего пучка позволил установить, что окисление покрытий сопровождается формированием стабильной модификации Al_2O_3 .

Оценка жаростойкости алюминидных покрытий, проведенная в соответствии с ГОСТ 6130–71 и 9.312–89, позволила установить, что алюминидное покрытие на сплаве X15Ю5 дает возможность снизить глубину проникновения коррозии почти в 100 раз, а на сплаве X23Ю5 – в 4 раза. Время сохранения жаростойких свойств при 1100 °С для алитированного сплава X15Ю5 составило 5000 ч, а для X23Ю5 – 20000 ч.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10246, <https://rscf.ru/project/21-79-10246/>.