

**ВЛИЯНИЕ ИОННО-ЭЛЕКТРОННЫХ АКТИВАТОРОВ
НА ПРОЦЕСС САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ПЕРЕНОСА АЛЮМИНИЯ
НА ТУГОПЛАВКИЕ МЕТАЛЛЫ В ПОРОШКОВЫХ СМЕСЯХ
ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ**

© К. Р. Каримов, Я. Б. Чернов, В. В. Чебыкин, Е. С. Филатов, 2013

Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН,
Екатеринбург, Россия, karimov.kirill@gmail.com

Изучено влияние ионно-электронных активаторов (Li-LiCl, Ca-CaCl₂, Ba-BaCl₂) на кинетику процесса самопроизвольного переноса алюминия на Ti, Zr, Nb, Mo, Ta, армко-железо, Ст. 20 и сталь X18H10T в порошковых смесях при механической активации поверхности [1–3].

Образцы изучаемых материалов вместе с порошковой смесью, содержащей диффузант (алюминий, пудра ПАП-1), инертный твердый разбавитель (карбид вольфрама) и ионно-электронную добавку-активатор, помещаются в герметичный реактор, который заполняется аргоном. Реактор помещается в печь и приводится во вращение со скоростью 5–7 об./мин. Насыщение проводится при температуре 700–1000 °С и времени выдержки 1–5 ч. После окончания процесса, реактор охлаждается, образцы отделяются от смеси, тщательно промываются и исследуются гравиметрическим, металлографическим, рентгенофазовым и микрорентгеноспектральными методами.

В табл. 1 представлены усредненные значения привесов, получаемые при различных условиях на изучаемых подложках.

Таблица 1

Усредненные значения привесов, получаемые при различных условиях

Температура, °С	Время, ч	Привес, г/см ²							
		Ti	Zr	Nb	Ta	Mo	Армко-Fe	Ст.20	X18H10T
Активатор Li-LiCl									
700	5	36,9	69,5	3,2	-	18,0	32,6	-	74,1
800	5	74,8	66,7	5,8	-	30,7	56,8	-	86,7
Активатор Ca-CaCl ₂									
700	3	7,6	5,4	1,5	0,1	-	-	1,2	2,3
	5	9,8	6,7	-	-	-	-	1,5	2,5
800	3	5,7	7,1	2,0	2,6	-	-	6,3	6,0
	5	7,6	9,1	2,4	2,7	-	-	20,9	11,9
900	1	22,0	15,5	4,9	2,5	-	-	13,9	17,5
Активатор Ba-BaCl ₂									
1000	1	16,0	27,7	7,4	-	-	-	31,4	22,6
	5	21,0	38,8	4,0	-	-	-	46,5	33,2

Наибольшие привесы наблюдаются в случае использования добавки Li-LiCl. При температурах выше 800 °С наблюдается значительное налипание на образцы частиц инертного наполнителя, а так же капель алюминия, что значительно увеличивает привес и ухудшает качество покрытия.

В случае использования активатора Ca-CaCl₂ формируются покрытия меньшей толщины, однако при повышенных температурах (до 900 °С) не наблюдается налипания на образцы.

Активатор Ba-BaCl₂ является самым высокоплавким, однако его применение позволяет получать покрытия хорошего качества при температуре 1000 °С за 1 ч обработки.

Дополнительно было проведено компьютерное термодинамическое моделирование процессов переноса алюминия в присутствии различных активаторов. Показано, что в исследуемых условиях возможно формирование интерметаллидов LiAl, CaAl₂, CaAl₄, BaAl₄. Эти соединения могут облегчать доставку алюминия к поверхности насыщаемого материала.

Металлографические исследования образцов, полученных при указанных в таблице режимах, показывают формирование сплошных покрытий, полностью повторяющих профиль образца, равномерных по толщине и составу. Ниже приведены фотографии алюминидных покрытий на титане ВТ-1-0, сформированных в смеси с добавкой Li-LiCl за 5 ч при температурах 700 и 800 °С. Толщины покрытий 20 и 40 мкм соответственно.

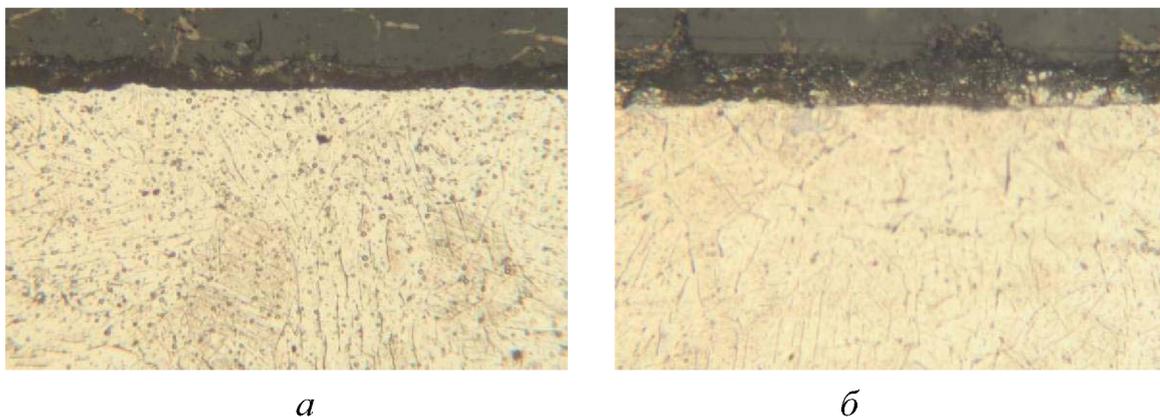


Рис. 1. Микрофотографии шлифов образцов из титана с алюминидным покрытием, полученным при 700 °С (а) и 800 °С (б). Толщина покрытия 20 и 40 мкм соответственно

По данным рентгенофазового анализа, на всех подложках формируются алюминидные слои в соответствии с конкретными фазовыми диаграммами. Для примера, приведена рентгенограмма образца титана с алюминидным покрытием, сформированным в смеси с добавкой активатора Ba-BaCl₂ при 1000 °С за 5 ч (рис. 2).

Для всех изучаемых материалов не удастся обнаружить всех имеющихся на диаграммах состояния [4] фаз. Это может быть связано с малой толщиной конкретных фаз, формирующихся в условиях эксперимента.

Результаты рентгенофазового анализа указывают на сложную структуру и фазовый состав диффузионной зоны. Это подтверждается и результатами микрорентгеноспектральных исследований.

Следует особо отметить наличие оксидных фаз в составе покрытия. На всех исследованных образцах присутствует оксидная пленка с поверхности. Толщина ее ниже, чем в тех случаях, когда перенос алюминия осуществляется без присутствия в смеси ионно-электронных активаторов.

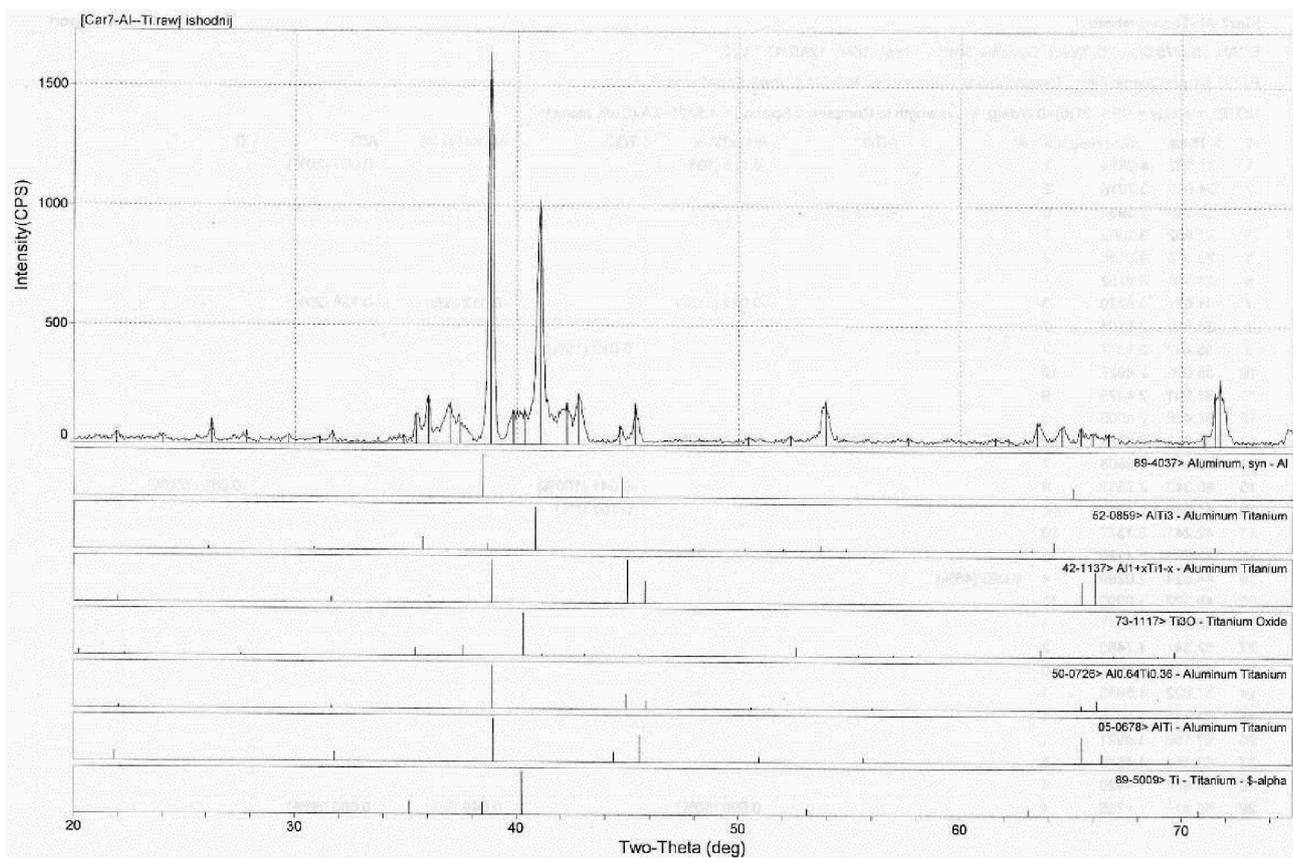


Рис. 2. Рентгенограмма образца титана с алюминидным покрытием, сформированным в смеси с добавкой активатора Ва- BaCl_2 при 1000 °С за 5 ч

Заключение

1. Проведено исследование влияния ионно-электронных добавок на кинетику формирования алюминидных покрытий на тугоплавких металлах и сплавах методом термодиффузионного насыщения с механической активацией поверхности.

2. При температурах 700–1000 °С за 1–5 ч на всех изучаемых материалах образуются ровные сплошные покрытия хорошего качества.

3. Выбор ионно-электронного активатора сложным образом влияет на процесс самопроизвольного переноса алюминия. В общем случае, можно утверждать, что добавка активатора ведет к уменьшению содержания кислорода в покрытии.

4. Максимальные привесы и толщины покрытий наблюдаются в случае использования активатора Li-LiCl. Применение этой добавки позволяет вести процесс при меньшей температуре.

5. Применение в качестве активатора Ва- BaCl_2 позволяет получать качественные покрытия при высоких температурах за меньшее время.

Список литературы

1. Пат. 2221898 РФ С 20 С23/40 Способ термодиффузионной обработки металлов и сплавов / Чебыкин В. В., Чернов Я. Б., Анфиногенов А. И. Заявл. 19.11.2001 г. Оpubл. 29.01.2004 г.

2. Каримов К. Р., Чернов Я. Б., Чебыкин В. В. Способ получения термодиффузионных алюминидных покрытий на титане и его сплавах // XIV Рос. конф. по физ. химии и электрохимии расплавленных и твердых электролитов. 2007. Т. 2. С. 184.

3. Karimov K. R., Chernov Ya. B., Chebykin V. V. Application of diffusion aluminide coatings on titanium and its alloys during mechanochemical activation of surface. 2008 Joint Symposium on Molten Salts. 2008. P. 504.

4. Диаграммы состояния двойных металлических систем : справочник : В 3 т. / под. общ. ред. Н. П. Лякишева. М.: Машиностроение, 1996.