



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2016, Том 7, № 4, С. 321 – 324

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@pnu.edu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@pnu.edu.ru)

УДК 621.03:620.179.16

© 2016 г. А. В. Меднева,
Э. Х. Ри, д-р техн. наук,
Ри Хосен, д-р техн. наук,
И. О. Раменский

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск),

С. Н. Химухин, д-р техн. наук,

В. В. Гостищев, канд. техн. наук

(Институт материаловедения ХНЦ ДВО РАН, Хабаровск)

ЭЛЕКТРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ АЛЮМИНИДОВ НИКЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ

Приведены результаты исследований по использованию интерметаллидных сплавов для получения покрытий на стали 30 методом электроискрового легирования (ЭИЛ). Показано, что (NiAl) и NiAl-Mo позволяют сформировать покрытия удовлетворительного качества, а сплавы содержащие бориды не могут быть использованы для получения покрытий методом ЭИЛ.

Ключевые слова: алюминид никеля в качестве электродного материала, электроискровые покрытия, содержание элементов в основе и покрытия

A. V. Medneva, S. N. Khimukhin; V. V. Gostishchev, E.H. Ri, Ri Hosen,
I. O. Ramenskii

ELECTRODE MATERIALS OF NICKEL ALUMINIDE FOR ELECTRO SPARK DEPOSITION

The research results on the use of intermetallic alloys for the production of coatings on steel 30 by means of electro spark deposition (ESD) are submitted. It is shown that NiAl and NiAl-Mo allow to make coatings of satisfactory quality but on the contrary borides containing alloys should not be used for this purpose.

Keywords: nickel aluminides electrode material, electro spark coating, element composition of the substrate and coating

В современном производстве широко распространены технологии обеспечивающие получение функциональных покрытий на инструментальных и конструкционных материалах. Постоянное совершенствование аппаратного обеспечения, технологии процесса и расширение номенклатуры использования материалов позволяют обеспечить повышение физико-химических и функциональных свойств покрытий. Наиболее интенсивно наблюдается развитие технологий основанных на использовании концентрированных потоков энергии (плазма, лазер, взрыв и др.). Одной из таких современных технологий по получению покрытий является электроискровое легирование (ЭИЛ) [1]. Технология ЭИЛ основана на электроэрозионном процессе между двумя электродами, катодом (деталью) и анодом (материал для покрытия). До настоящего времени механизм возникновения собственно процесса - низковольтной (до 70 в) электрической искры достоверно не определен и является предметом для изучения [2]. При этом процесс формирования покрытий методом ЭИЛ фактически происходит посредством закалки расплава из жидкого состояния. Высокая скорость охлаждения, по разным оценкам достигающая $10^5 - 10^6$ с, с последующей кристаллизацией микрообъемов расплава приводит к подавлению диффузионных и релаксационных процессов в металле. На процесс формирования структуры и свойств покрытий влияние оказывает большое количество факторов, к которым относятся состав, структура и свойства электродных материалов и особенно анода [3]. В литературе указаны критерии отбора анодных материалов для ЭИЛ, но окончательные выводы о соответствии новых электродных материалов необходимым критериям можно сделать только после проведения эксперимента. С учетом уникальных свойств интерметаллидов на основе системы никель-алюминий с добавлением легирующих элементов, были получены и исследованы покрытия сформированные методом ЭИЛ на образцах стали 30.

При проведении ЭИЛ использовали аноды изготовленные из интерметаллидных сплавов NiAl, в том числе и легированные (NiAl-Mo, NiAl-Mo₂B₅, NiAl-Ni₂Al₃-W₂B₅) [4]. Аноды представляли собой бруски квадратного сечения (5x5x10 мм). В качестве подложки использовалась сталь 30 в нормализованном состоянии. Для определения оптимального времени обработки проводились эксперименты по определению максимального массопереноса анодного материала на катод. Для этого были построены зависимости массопереноса с обработкой образцов с поверхностями одинаковой площади в течение 3-10 минут. После каждого этапа нанесения покрытия электроды охлаждали до температуры окружающей среды естественным путем [5]. Структуру и свойства покрытий исследовали методами металлографии. Непосредственно после формирования структура покрытий выявляется в виде так называемого «белого слоя». Поэтому изучение особенностей структурного строения покрытий информативно можно исследовать только после проведения отжига (900° С). Дополнительно методом визуально - оптического контроля оценивали наличие оксидных плен на поверхности, с учетом этого и зависимостей массопереноса устанавливали оптимальное время обработки данным анодным материалом. Микрорентгеноспектральным методом с использованием растрового электронного микроскопа SU-70 Hitachi изучали концентрацию элементов в точках основы и покрытия. Микроструктурные исследования проводили с использованием оптического микроскопа «Planar Micro-200».

Анализируя полученные результаты необходимо отметить, что анодные материалы NiAl и NiAl-Mo достаточно удовлетворительно переносятся на катод и формируют покрытия. Остальные анодные материалы и особенно NiAl-Mo₂B₅, NiAl-Ni₂Al₃-W₂B₅ практически не переносятся на катод. Не привела к положительным результатам и проведенная термическая обработка анодных материалов. Электроискровая обработка в условиях защитных сред также не обеспечивает получение сплошного слоя на катоде

указанными материалами. Поэтому для получения покрытий методом ЭИЛ использовали анодные материалы из NiAl и NiAl-Mo (рис.1).

На рис.1, а приведены зависимости изменения массы катода от времени электроискровой обработки. Исходя из проведенного в процессе нанесения покрытия визуально-оптического контроля поверхности катодов, было определено, что оптимальное время обработки при использовании NiAl анода составляет 8 минут, а NiAl-Mo – 4 минуты. При этом как следует из результатов изменения массы катода (рис. 1, а), количество материала в случае использования легированного алюминид никеля переносится в два раза больше, что, по-видимому, объясняется разупрочнением включений фазы Mo. Изучение структуры позволило установить отсутствие в покрытиях дефектных участков. Покрытие состоит из двух фаз, основная фаза - интерметаллид NiAl и фазы заявленных легирующих элементов (рис. 1, а, б). Отличительной особенностью микроструктуры исходного анодного материала и покрытий, является более мелкое зерно в последнем случае и относительно более равномерное распределение легирующих элементов. Для определения элементного состава в покрытиях и основе был проведен рентгено-спектральный анализ в локальных точках, результаты которого приведены в табл. 1 и 2. Анализ проводили по точкам расположенным в верхней области покрытия и в основе непосредственно под покрытием, эта область идентифицирована как зона термического влияния (ЗТВ).

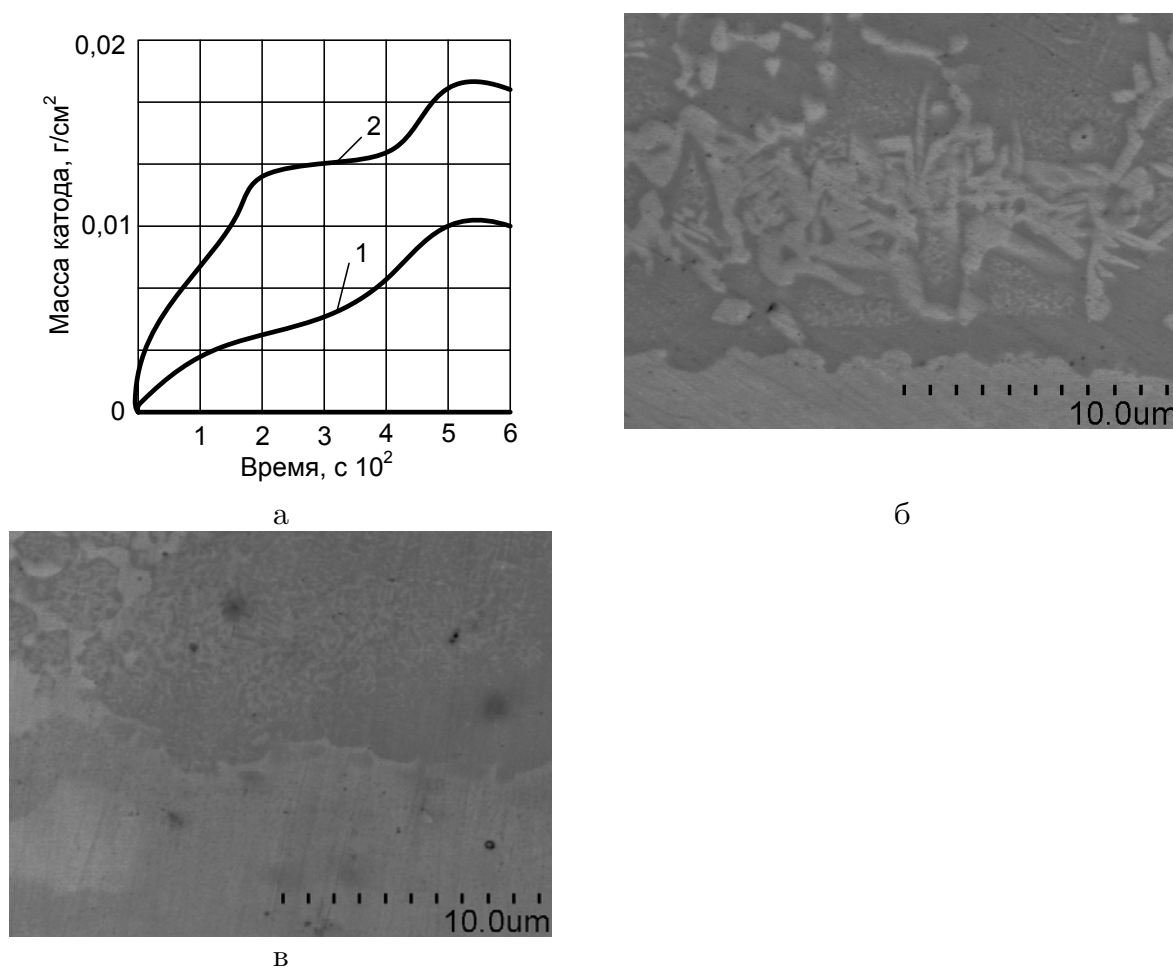


Рис. 1. Изменение массы при ЭИЛ стали 30 и структура покрытий: а – масса катода в зависимости от времени обработки: 1 – NiAl; 2 - NiAl-Mo; б – покрытие NiAl; в – покрытие NiAl-Mo

Таблица 1

Среднее содержание элементов в образцах с покрытием NiAl

Место анализа	Содержание элементов, мас.%					Содержание элементов, ат.%				
	Ni	Al	Fe	Mn	Si	Ni	Al	Fe	Mn	Si
Покрытие	50.3	6.5	42.0	-	-	44.0	12.4	38.7	-	-
ЗТВ	8.6	1.4	88.1	0.12	0.67	7.8	2.8	84.0	0.6	0.2

Таблица 2

Среднее содержание элементов в образцах с покрытием NiAl-Mo

Место анализа	Содержание элементов, мас.%						Содержание элементов, ат.%					
	Ni	Al	Mo	Fe	Mn	Si	Ni	Al	Mo	Fe	Mn	Si
Покрытие	37.8	16.2	0.3	43.5	0.18	0.09	29.2	27.3	0.1	35.3	0.15	0.1
ЗТВ	5.0	2.2	-	88.7	-	0.15	4.2	4.1	-	78.0	-	0.2

Таким образом, проведенным экспериментом установлены условия формирования покрытий из легированных интерметаллидных сплавов. При этом использование сплавов интерметаллидов легированных боридами в качестве анодных материалов для ЭИЛ не рекомендовано.

Работа выполнена с использованием приборной базы Центра коллективного пользования «Прикладное материаловедение», Тихоокеанский государственный университет (г. Хабаровск).

Список литературы

- [1] Химухин С.Н., Структура и свойства металлов и сплавов при электроискровом воздействии: монография / С.Н. Химухин, Хосен Ри, Э.Х.Ри- Хабаровск.: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 127 с.
- [2] Химухин, С.Н. Условия возникновения искрового процесса при низковольтной электроискровой обработке / С.Н. Химухин // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2007. – № 1. – С. 12–15.
- [3] Теслина М.А., Химухин С.Н., Ри Хосен, Ри Э.Х. Формирование, микроструктура и свойства слоя на сталях при низковольтном электроискровом легировании // Упрочняющие технологии и покрытия 2011. №4 С. 7-11
- [4] Ри Хосен Синтез алюминиды никеля, упрочненного боридом молибдена / Ри Хосен, В.В. Гостищев, А.В. Меднева, С.Н. Химухин, И.А. Астапов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – №II – 1(26). – 2016. – с. 71-75
- [5] Гиль А.В. Влияние нагрева электродов на изменение их массы при электроискровой обработке / А.В. Гиль, С.Н. Химухин, Е.А. Ледков., Е.В. Муромцева, В.М. Давыдов, Упрочняющие технологии и покрытия № 3. 2010. № 3. – С. 26-30.