Малахов А.Ю., Перекрестов А.Е., Перекрестова В.А.
Получение износостойких покрытий на алюминий содержащих материалах

*Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-01-2019-131

idsp: ljjournal-01-2019-131

Аннотация

Рассматривается технология получения износостойкого покрытия в сочетании методов ионно-плазменного азотирования и магнетронно-плазменного легирования. Экспериментально подтверждается формирование на алюминий содержащих материалах износостойкого покрытия поверхностного слоя, состоящего из мелкодисперсных частиц вольфрама и эвтектики на основе различных металлов.

Ключевые слова: ионно-плазменное азотирование, магнетронно-плазменное легирование, износостойкие покрытия, алюминий содержащие материалы.

Abstract

The technology of obtaining a wear-resistant coating in the combination of methods of ion-plasma nitriding and magnetron-plasma doping is considered. Experimentally confirmed the formation of aluminum-containing materials wear-resistant coating of the surface layer, consisting of fine particles of tungsten and eutectics based on various metals.

Keywords: ion-plasma nitriding, magnetron-plasma doping, wear-resistant coatings, aluminum-containing materials.

Изделия машиностроения в процессе работы изнашиваются как от силы трения, так и от воздействия газов при высоких температурах, вследствие чего изменяется их геометрическая форма, появляются трещины и коррозионный износ. Алюминий, благодаря своим свойствам нашел широкое применение при изготовлении изделий машиностроения. В силу этого, актуальным является совершенствование способов повышения эксплуатационных свойств деталей, изготовленных из алюминий-содержащих материалов [1].

Для упрочнения алюминий содержащих материалов широко применяются методы поверхностного упрочнения [2]. Среди которых наибольший интерес представляют – нанесение покрытий и поверхностное легирование методами химико-термической обработки, ионно-плазменными и магнетронным методом. Данные методы позволяют модифицировать поверхность изделия не только за счет изменения физико-механических свойств поверхности матрицы, но и за счет изменения химического состава, что приводит к существенному отличию кристаллохимических, физико-механических и теплофизических свойств от соответствующих свойств материала основы, которые значительно улучшают свойства последнего.

Получение готового продукта одним способом или методом, основанном на единственном физическом и химическом явлении, в современном машиностроении является уникальным случаем. В основном результат достигается при выполнении определенной последовательности действий, каждая из которых решает одну или несколько смежных задач, что собственно и определяет технологию. Или же один метод ускоряет процессы другого метода воздействия [3]. На данном этапе развития науки ранние открытые методы настолько сильно исследованы, что не позволяют создавать прорывных технологий. Комбинирование или совмещение различных по сути процессов дают зачастую уникальные результаты [4, 5, 6].

Авторами статьи предлагается оригинальная комбинированная технология модифицирования поверхности изделий, изготовленных из алюминий содержащих материалов. Предлагаемая технология состоит из 3 этапов, включающих в себя 4 процесса.

На первом этапе требуется получить оксид вольфрама на поверхности изделия. На втором этапе проводится ионно-плазменное азотирование, которое включает в себя сразу два процесса: 1- восстановление вольфрама из оксида и 2 -получение азотированного слоя в матрице. Итоговым этапом является магнетронно-плазменное легирование, в процессе которого происходит закрепление восстановленного мелкодисперсного вольфрама на поверхности изделия. Нанесение слоя оксида вольфрама WO₃ производится путем распыления вольфрамового электрода в кислородосодержащей атмосфере на установке при температуре процесса 500 С по реакции $2W+3O_2 \rightarrow 2WO_3$. Далее на этапе ионно-плазменного азотирования происходит Получение вольфрама на поверхности изделия в результате восстановления вольфрама водородом из оксида вольфрама и получение азотированного слоя в матрице.

С целью изучения результатов предложенной технологии предлагается произвести исследование структуры и фазового состава ионно-модифицированных слоев. Для исследования в качестве материалов использовались образцы из алюминиевого сплава Д16 и алюминий-содержащих сплавов 08Ю, 20ХГР и ХН60Ю. В таблице 1 представлены данные по химическому составу образцов.

Таблица 1.

Химический анализ образцов исследования

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	As	Mg
08Ю	0,081	0,015	0,88	0,012	0,006	0,020	0,011	0,004	-
20ХГР	0,235	0,22	0,92	0,013	0,002	1,25	0,16	0,004	-
ХН60 Ю	0,09	0,68	0,17	0,011	0,003	17,27	57,53	-	-
Д16	-	0,45	0,38	-	-	-	0,05	-	1,57
	Mo	Cu	Al	Ti	V	Ba	Nb	Fe	Zn
08Ю	<0,005	0,011	0,070	<0,002	<0,005	-	0,020	основа	-
20ХГР	0,075	0,15	0,023	0,003	0,008	-	0,021	основа	-
ХН60 Ю	-	-	3,07	0,03	-	0,05	-	23,7	0,075
Д16	-	4,57	основа	0,02	-	-	-	0,43	0,12

На рисунке 1 представлена микроструктура модифицированного слоя по предложенной технологии на сплаве Д16. В связи с тем, что температура плавления сплава Д16 гораздо ниже температуры плавления кобальта, то в качестве связующего материала использовался цинк. В данном случае значение твердости модифицированного слоя осталось сопоставимым со значением твердости матрицы. Но так как в поверхностном слое теперь присутствуют мелкодисперсные вкрапления вольфрама, можно сделать предположение о повышении износостойкости поверхности по методу Шарпи.

Рисунок 1. Микроструктура поверхностного слоя, полученного на сплаве Д16. Увеличение $\times 500$ раз.

Для исследования микроструктуры слоев использовался микроскоп AXIOVERT 25CA (Германия). Микроструктура модифицированного слоя, представленная на рисунке 2 была получена на сплаве ХН60Ю. Для этого сплава значение температуры плавления исходного материала позволило использовать в качестве связующего материала Кобальт. В результате чего на поверхности было получено износостойкое покрытие, состоящее из механической смеси мелкодисперсного вольфрама и эвтектики на основе кобальта. Также стоит отметить, что в отличие от алюминиевого сплава, на сплаве ХН60Ю произошло образование диффузионного нитридного подслоя.

Рисунок 2. Микроструктура поверхностного слоя, полученного на стали ХН60Ю. Увеличение $\times 500$ раз.

Толщина полученного покрытия 50 -60 мкм, а толщина переходного слоя 10-15 мкм. ДюрOMETрический анализ для определения микротвердости слоев производился с помощью микротвердомера ПМТ-3. Значение и распределение твердости по слою материала ХН60Ю представлены на рисунке 3.

Рисунок 3. Распределение твердости по толщине слоя на стали ХН60Ю

Для исследования пленки оксида вольфрама применялся метод растровой электронной микроскопии JEOL JSM-6480LV(Япония). Данный метод позволяет получить РЭМ-изображения во вторичных электронах и исследовать распределение элементов по глубине слоя. Было установлено, что происходит достаточно большой массовый перенос вольфрама на поверхность изделия (рис.4).

Рисунок 4. Спектр элементов, полученных на сплаве марки ХН60Ю

Химический состав исследованных образцов W - 85,74 %; О – 14,26%. На рисунке 5 представлено РЭМ-изображение поверхности покрытия.

Рисунок 5. РЭМ-изображение поверхности покрытия на сплаве марки ХН60Ю

Рисунок 6 иллюстрирует распределение элементов в покрытии, где в качестве связующего элемента выступает кобальт.

Рисунок 6. Спектр элементов, полученных на сплаве марки ХН60Ю

Рисунок 7. РЭМ-изображение поверхности покрытия на сплаве марки ХН60Ю

На рисунке 8 представлено распределение элементов в покрытии, где в качестве связующего элемента выступает цинк.

Рисунок 8. Спектр элементов, полученных на сплаве марки ХН60Ю

Таким образом можно говорить об экспериментальном подтверждении формирования износостойкого поверхностного слоя, состоящего из мелкодисперсных частиц вольфрама и эвтектики на основе различных металлов, следовательно, о перспективности использования разработанного оригинального комбинированного способа получения упрочняющих покрытий на алюминий-содержащих материалах.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 18-33-00992.*

1. Перекрестов А.Е., Германова В.А., Особенности алюминиевых блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 5-3. С. 110-112.
2. Перекрестов А.Е., Германова В.А., Ким А.Е. Повышение срока службы деталей цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания, изготовленных из алюминиевых сплавов. Механизация строительства. 2017. № 2. С. 9-12.
3. Britvin L.N., Gaevskii V.V., Germanova V.A., Nigmatzyanov R.I., Prihod'ko V.M. Surface modification by combined thermochemical and ultrasound treatment. Russian Engineering Research. 2017. Т. 37. № 12. С. 1087-1089.
4. Бритвин Л.Н., Гаевский В.В., Германова В.А., Нигметзянов Р.И., Приходько В.М. Модифицирование поверхностного слоя в установке химико-термической обработки с наложением ультразвуковых колебаний. СТИН. 2017. № 7. С. 20-23.
5. Петрова Л.Г., Александров В.А., Малахов А.Ю., Перекрестов А.Е. Интенсификация процесса азотирования конструкционной низкоуглеродистой стали путем формирования каталитической пленки оксида меди. Упрочняющие технологии и покрытия. 2015. № 3 (123). С. 37-43.
6. Петрова Л.Г., Александров В.А., Малахов А.Ю., Перекрестов А.Е. Научное обоснование технологии азотирования сталей с нанесением каталитических оксидных пленок для повышения износостойкости изделий машиностроения. Научные технологии в машиностроении. 2015. № 11 (53). С. 17-24.