Рис. 2. Детали ОАО «Амкодор», изготовленные с помощью ЭЛС

Таким образом, выбраны оптимальные технологические параметры ЭЛС деталей машиностроения из разнородных материалов: никелевый сплав INCO 713C и сталь 40Х, сталь 40Х и сталь 20ХГТ. Изготовлены опытные партии роторов турбокомпрессоров для ОАО «БЗА» и шестерен, валов, корпусов фрикциона для ОАО «Амкодор».

УДК 621.794.61:539.23

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ И АЛМАЗОПОДОБНОГО УГЛЕРОДА

Н. М. Чекан, С. И. Багаев, И. П. Акула, А. А. Паршуто
НИЦ «Плазмотег»
Физико-технического института НАН Беларуси, Минск

В настоящее время в машиностроении наблюдаются тенденции к замене деталей из сталей деталями из сплавов легких цветных металлов, таких как магний, алюминий, титан и цирконий, имеющих меньший удельный вес. Использование таких деталей приводит к снижению общего веса конструкции, что сказывается на улучшении эксплуатационных характеристиках изделия. Проблема снижения веса изделий при обеспечении надежности их функционирования является актуальной. В настоящей работе предлагается использовать для вышеуказанных целей новый композиционный материал на основе алюмооксидной керамики и алмазоподобного углерода.

Формирование композиционного материала проходило в три этапа. На первом этапе осуществлялась электролитно-плазменное полирование

основы из сплава алюминия 5052 в водном растворе на основе щавелевой кислоты [1]. На втором этапе на алюминии методом импульсного высоковольтного электрохимического оксидирования (ИВВЭО) формировался слой алюмооксидной керамики [2]. Подготовленные ИВВЭО образцы размещались в вакуумной камере и комбинированным методом физического и химического осаждения [3] осаждалось покрытие на основе алмазоподобного углерода.

Использование на первом этапе создания композиционного материала электролитно-плазменной полировки вместо традиционного химического травления позволило улучшить в среднем на 20 – 30 % характеристики формируемого оксидного покрытия.

На втором этапе в результате проведения ИВВЭО алюминия получаются равномерные термостабильные рентгеноаморфные слои оксида алюминия с хорошо видимой границей перехода между алюминиевой основой и алюмооксидной керамикой. Исследуемый образец имеет толщину 40 мкм и шероховатость порядка 0,25 мкм. На рис. 1 приведена фотография поверхности алюминиевой пластины, оксидированной в течение 40 мин при плотности тока 2 А/дм^2 и температуре 10 ºС.

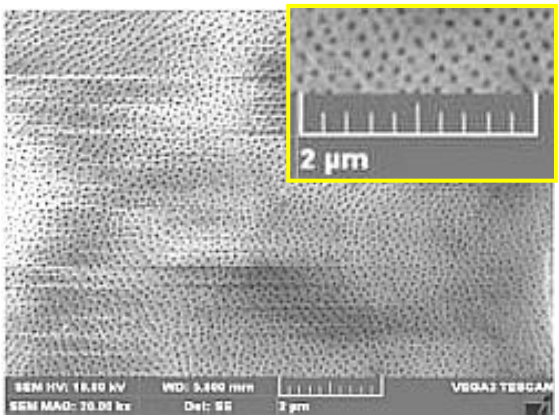

Рис. 1. Поверхность оксидированного алюминия 5052

Поверхность алюмооксидной керамики характеризуется глобулярной плотной структурой с малым количеством пор. На поверхности присутствуют микронеровности различной природы; при этом поверхность равномерная, без провалов и выступов. Размеры пор варьируются от 2 до 20 нм при расстоянии между ними от 5 нм до 1 мкм. Нанопоры в матрице оксида обеспечивают рост плотной керамики с гладкой поверхностью, не требующей дополнительной обработки для использования в парах трения. Соотношение количества атомов алюминия и кислорода составляет 1/1,425, что соответствует химической формуле $Al_2O_{2,85}$.

На заключительном этапе формирования композиционного материала на поверхность оксида алюминия комбинированным методом PVD-CVD наносился алмазоподобный углерод. Для примененного в данной работе комбинированного способа осаждения АПУ покрытий оптимальными условиями являются энергия ионов углерода 50 – 60 эВ при давлении реакционного газа порядка 1,0 Па. При данных условиях формируется тонкопленочный материал с максимальным содержанием sp^3 связей атомов углерода.

Результаты трибологических испытаний композиционного материала представлены на рис. 2. По сравнению с образцом из чистого алюминия формирование слоя алюмооксидной керамики способствует снижению разброса значений коэффициента трения. Это достигается благодаря устранению эффекта залипания контртела на поверхности трения. В то же время коэффициент трения после приработки в течение 10 – 15 мин снижается незначительно – с 1,1 до 0,85, что явно недостаточно для использования в парах бессмазочного трения. Наличие слоя тонкопленочного покрытия алмазоподобного углерода приводит к существенному снижению коэффициента трения до 0,20 – 0,22. При этом разброс значений коэффициента трения снижается до крайне низких значений порядка 0,005 – 0,01 от его среднего значения. Это свидетельствует о практически полном отсутствии эффекта схватывания между контактирующими поверхностями.

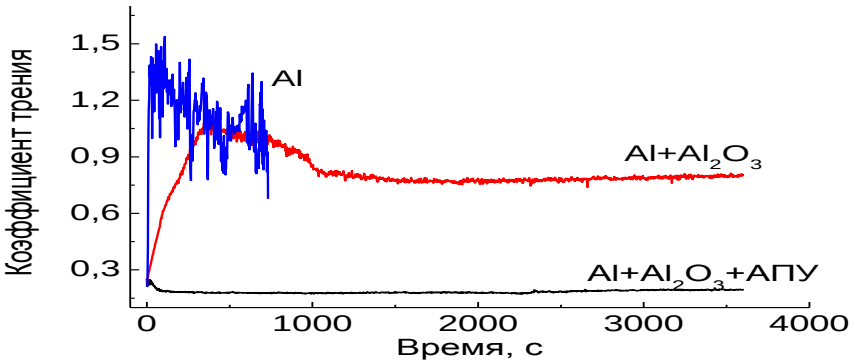

Рис. 2. Коэффициент трения композиционного материала

Таким образом, впервые обнаружен эффект влияния электролитно-плазменной полировки алюминия как метода предварительной подготовки металла перед оксидированием. Установлено, что микротвердость оксида алюминия с предварительной ЭПП оказалась больше на 20 – 30 % по сравнению с традиционной химической обработкой, при этом параметр шероховатости Ra поверхности снижается на 50 – 60 %. Метод импульсного высо-

ковольтного электрохимического оксидирования является эффективным для формирования оксидных слоев на алюминии. ИВВЭО формируются плотные равномерные оксидные слои. Толщина оксидного слоя достигает 60 мкм, микротвердость – 8 ГПа. Сформированный оксидный слой не требует дополнительной обработки поверхности для использования его как основы для нанесения износостойкого твердосмазочного АПУ и обеспечивает коэффициент трения на приемлемом уровне 0,2 и ниже. Разработан композиционный материал «электроплазменно модифицированный алюминий – аморфный нанопористый оксид алюминия – алмазоподобный углерод» для использования в узлах трения космических аппаратов, обладающий высокими механическими и трибологическими свойствами.

Литература

1. I.S Kulikov, A.Y. Kamanev, L.V. Klimova, S.I. Bahaev, Proceedings of 2th International Conference «Advanced methods and technologies of materials development and processing», Minsk, 1 (2007) 222.

2. A.A. Parshuto, S.I. Bahaev, A.E. Parshuto, S.E. Sergeenko, N.M. Chekan, Proceedings of 6th International Conference «Advanced methods and technologies of materials development and processing», Minsk, 2 (2011) 294.

3. Chekan, N. Nova Science Pub Inc, New York, (2012) 207.

УДК 669.13.018.255

НЕМАГНИТНЫЕ СТАЛИ ДЛЯ СЕЛЬХОЗМАШИНОСТРОЕНИЯ

Г. П. Горецкий[1], Н. Ф. Соловей[2], А. И. Гарост[3], Н. И. Урбанович[4]

[1] *Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси, Минск*

[2] *ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике, Гомель*

[3] *Белорусский государственный технологический университет, Минск*

[4] *Белорусский национальный технический университет, Минск*

Для защиты измельчающего аппарата кормоуборочных комбайнов от попадания ферромагнитных материалов в первом нижнем вальце питателя установлен датчик, обеспечивающий обнаружение металлических предметов. Датчик основан на появлении импульса ЭДС в катушке за счет изменения магнитного поля. Это обстоятельство заставляет изготавливать вальцы, в которых размещен датчик, из немагнитных материалов. Наиболее подходящей для этих целей является хромоникелевая сталь 20Х23Н18.