

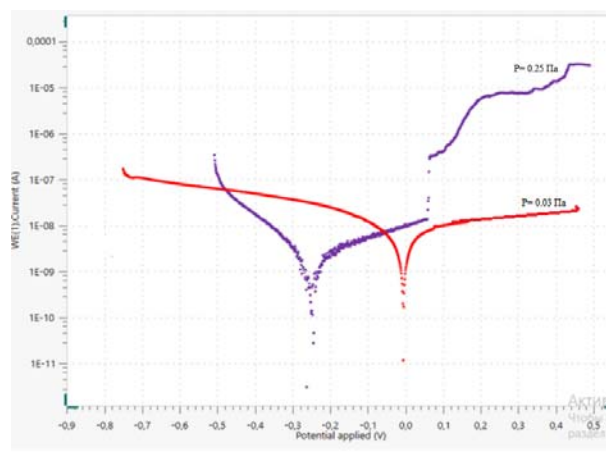


Рис. 2. Поляризационные кривые покрытий на основе (Al, Ti, Fe, Cr, Ni) сформированных при различном давлении реакционного газа

Установлено, что лучшей устойчивостью к коррозионному разрушению обладают покрытия, сформированные при более высоком давлении реакционного газа ($P_{\text{CO}_2} = 0,25 \text{ Па}$), о чем свидетельствует более низкое значение тока анодного растворения ($I_{\text{кор}} = 1,36 \cdot 10^{-8} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$). Однако поляризационная кривая для образца, осажденного при $P = 0,03 \text{ Па}$, отличается более широкой зоной пассивного состояния.

Л и т е р а т у р а

1. Synthesis of Al-Ti-Fe-Cr-Ni-N protective coatings by the method of vacuum-arc deposition from a separated vacuum flow / S. Latushkina, O. Posylkina, D. Kuis [et al.] // Materials Letters. – 2021. – Vol. 303. – P. 130527.
2. Многоэлементные покрытия (Zr-Ti-Al-Nb-Y)N, полученные вакуумно-дуговым осаждением / И. Н. Торьяник, В. М. Береснев, У. С. Немченко [и др.] // Физическая инженерия поверхности. – 2013. – Т. 11, № 4. – С. 420–426.

УДК 621.891

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ С УПРОЧНЕННОЙ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТЬЮ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Т. В. Атвиновская, И. И. Злотников

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Проведен анализ влияния жидких сред на особенности трения деталей из алюминиевых сплавов с нанесенным на них методом микродугового оксидирования оксидно-керамическим покрытием.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, нефтедобывающая промышленность, оксидирование, покрытие, трение, коррозионная стойкость, упрочнение.

PERFORMANCE OF PARTS MADE OF ALUMINUM ALLOYS WITH A SURFACE HARDENED BY MICRO-ARC OXIDATION IN FRICTION UNITS OF OIL FIELD EQUIPMENT

T. V. Atvinovskaya, I. I. Zlotnikov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

An analysis of the influence of liquid media on the friction characteristics of aluminum alloy parts coated with an oxide-ceramic coating using the MAO method was conducted.

Keywords: aluminum alloys, oil industry, oxidation, coating, friction, corrosion resistance, hardening.

Одной из областей, где интенсивно применяются алюминиевые сплавы, является нефтедобывающая промышленность, что связано с их высокой коррозионной стойкостью, особенно при добыче нефти в условиях воздействия агрессивных сред. Кроме того, такие детали позволяют снизить вес насосно-компрессорного оборудования, например, погружных многоступенчатых насосов, вследствие чего снижаются затраты на проведение спускоподъемных операций. Но применение изделий из алюминиевых сплавов тормозится низкой износостойкостью их рабочих поверхностей вследствие действия нагрузок при проведении операций по сборке, разборке и эксплуатации нефтепромыслового оборудования. Применение технологии микродугового оксидирования (МДО) позволяет получать на деталях из алюминиевых сплавов керамические покрытия, обладающие высокой механической прочностью и износостойкостью [1]. Однако недостатком МДО-покрытий при их использовании в узлах трения является высокий коэффициент трения, так как оксиды алюминия являются абразивными материалами. Известны попытки снижения коэффициента трения таких покрытий введением в керамическую матрицу антифрикционных частиц (графит, фуллерены и др.) [2], а также пропиткой полимерами [3]. Но все эти покрытия не нашли широкого применения в промышленности. Поэтому перспективным представляется использование деталей с нанесенным МДО-покрытием в узлах трения, функционирующих в условиях смазки жидкой средой, в которой они работают. К таким узлам трения относятся элементы насосно-компрессорного оборудования, применяемого в нефтепромысловой отрасли (запорная арматура, детали центробежных, лопастных, шибберных и других насосов, некоторые резьбовые соединения).

Цель работы – изучение влияния жидких сред на особенности трения деталей из алюминиевых сплавов с нанесенным на них методом МДО оксидно-керамическим покрытием.

В качестве образцов использовали алюминиевую фольгу марки АД1 толщиной 100 мкм, из которой изготавливали прямоугольные электроды размером 10 x 80 мм. Такие же покрытия наносили на поверхность роликов диаметром 30 мм и шириной 25 мм из сплава марки АМг6. На основе ранее проведенных исследований [4], в качестве электролита для МДО использовали раствор, содержащий натриевое жидкое стекло – 13 г/л и гидроксид калия – 2,5 г/л. Процесс МДО проводили в симметричном анодно-катодном режиме с использованием переменного тока частотой 50 Гц при постоянной плотности тока равной 6 А/дм², которую поддерживали, повышая в ручном режиме напряжение по мере роста толщины покрытия, начиная с нескольких вольт до конечного напряжения 400 В. Для испытаний на трение применяли лабораторную установку, схема узла трения которой приведена на рис. 1 [3].

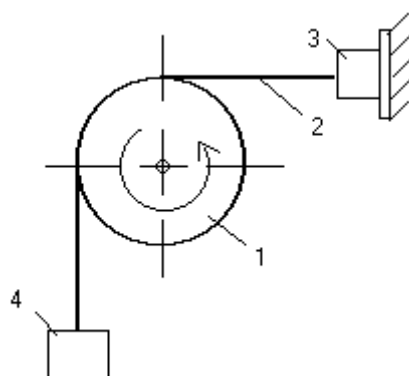


Рис. 1. Схема узла трения установки:
1 – вращающийся ролик; 2 – алюминиевая фольга; 3 – динамометр; 4 – груз

По данной методике фольга с исследуемым покрытием скользит с заданной нагрузкой и скоростью по вращающемуся ролику с таким же покрытием. При необходимости смазочная среда подавалась в зону трения капельным методом. Силу натяжения T_0 в сбегавшей ветви задавали с помощью сменных грузов, прикрепленных к нижнему краю фольги. Силу натяжения T в набегающей ветви измеряли с помощью динамометра. Скорость скольжения фольги по ролику задавали частотой вращения ролика. Во всех экспериментах скорость скольжения составляла $v = 0,1$ м/с (частота вращения ролика $\omega = 1,1$ об/с). Для расчета коэффициента трения f использовали формулу Эйлера: $T = T_0 e^{fa}$. В применяемой установке угол охвата ролика фольгой $\alpha = \pi/2$, поэтому коэффициент трения $f = \frac{2}{\pi} \ln \frac{T}{T_0}$.

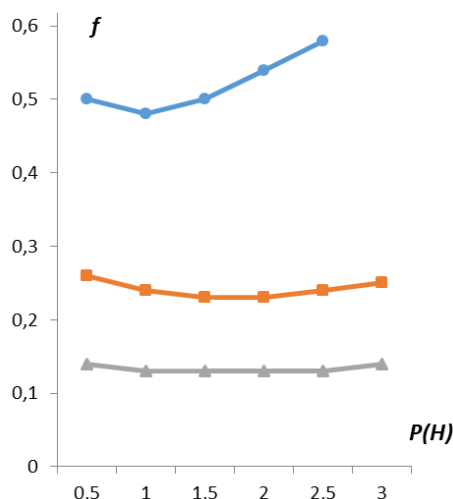


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения f от нагрузки P при смазывании различными средами:
1 – воздух; 2 – вода; 3 – минеральное масло И-20

На рис. 2 приведены результаты испытаний покрытий. Как следует из этих данных, коэффициент трения покрытий на воздухе имеет высокое значение, с ростом нагрузки увеличивается, а при нагрузке более 2,5 Н начинается разрушение покры-

тий. При смазывании водой коэффициент трения в 2 раза меньше, имеет тенденцию к снижению, а при нагрузке более 2,5 Н немного повышается. Последнее вероятно связано с затруднением проникновения воды в зону трения при повышении нагрузки. При трении со смазкой минеральным маслом И-20 коэффициент трения становится еще меньше, быстро снижается и стабилизируется на уровне около 0,12. Повышения коэффициента трения с ростом нагрузки не наблюдается, что можно объяснить высокой проникающей способностью масла по сравнению с водой (краевой угол смачивания покрытия водой $\theta = 60^\circ$, а маслом $\theta = 20^\circ$).

Таким образом, детали из алюминиевых сплавов с оксидно-керамическим покрытием, полученным методом МДО, могут успешно применяться в узлах трения, характеризующихся невысокими контактными давлениями и скоростями скольжения и работающими в устройствах, где их смазывание обеспечивается жидкой средой, в которой они эксплуатируются. При этом очень высокая коррозионная стойкость оксидно-керамических покрытий обеспечивает защиту таких узлов трения от воздействия агрессивных сред.

Литература

1. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов : в 2 т. / под ред. И. В. Суминова. – М. : Техносфера, 2011. – Т. 2. – 511 с.
2. Особенности формирования износостойких слоев на поверхности модифицированного фуллеренами МДО-покрытия при трении / П. А. Витязь, А. И. Комаров, В. И. Комарова, Т. А. Кузнецова // Трение и износ. – 2011. – Т. 32, № 4. – С. 313–325.
3. Злотников, И. И. Повышение антифрикционных свойств керамических покрытий, полученных методом МДО на алюминиевых сплавах / И. И. Злотников, В. М. Шаповалов // Трение и износ. – 2019. – Т. 40, № 5. – С. 128–131.
4. Злотников, И. И. Исследование свойств модифицированных керамических покрытий, получаемых методом микроплазменного анодирования на поверхности алюминия / И. И. Злотников, О. И. Проневич, А. П. Сологубов // Вестник Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – 2019. – № 1. – С. 35–40.

УДК 620.178

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЦЕМЕНТАЦИИ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 18ХГТ, 20ХН3А И 16CrMnS5

Е. П. Поздняков¹, И. Н. Степанкин², А. Д. Левкина¹,
Д. В. Куйс³, С. Н. Лежнев⁴

¹ Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

² ЭлитПартнер, г. Минск, Республика Беларусь

³ Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», г. Минск

⁴ Рудненский индустриальный институт, Республика Казахстан

Проведены испытания на контактную усталость в условиях воздействия пульсирующих напряжений величиной 1100 МПа.

Ключевые слова: цементация, повышение твердости, микротвердость поверхности, износостойкость.