

*Канд. техн. наук, доцент Сергиенко С.Н.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)  
канд. техн. наук, доцент Корсунов К.А.,  
аспирант Ашихмина Е.А.  
(ВУНУ им. В. Даля, г. Луганск, Украина)*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ НА КОРРОЗИОННУЮ И ЭРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ ИЗ СПЛАВА ЭИ-435**

*Описані результати з досліджень корозійної та ерозійної тривкості покриття із сплаву EI-435, нанесеного на титановий сплав OT4-1 методом плазмового напилення. Згідно отриманим даним покриття EI-435 має близькі з OT4-1 значення корозійної та ерозійної тривкості. Це дозволяє застосовувати покриття при експлуатації деталей в морському та тропічному кліматі в умовах пісочного ґрунту. Схожість значень корозійної та ерозійної тривкості сплавів дає можливість відновлювати деталі із сплаву OT4-1 більш дешевим сплавом EI-435. Дані статті можна застосувати в різних галузях промисловості.*

### **Проблема и ее связь с практическими задачами.**

Во время работы вертолетных двигателей детали компрессора подвергаются коррозии и довольно часто эрозии, особенно при эксплуатации вертолетов в морском климате и на песочных почвах. Одними из таких деталей являются кольца рабочих колес компрессора, соответственно, при ремонте двигателей в случае эрозии колец, выходящей за технические требования на деталь, кольцо необходимо заменить. Однако, поскольку стоимость кольца довольно высокая в связи с материалом детали (титановый сплав OT4-1), то экономически выгоднее кольцо восстановить до исходных размеров методом плазменного напыления. В качестве материала покрытия был выбран жаростойкий сплав ЭИ-435 (ХН78Т).

Восстановленные кольца подвергли испытаниям на коррозионную и эрозионную стойкость.

**Испытания на коррозионную стойкость.** Образцы колец (рис. 1 а) с напыленным покрытием выдержали в 5%-ном солевом растворе в течение 600 часов, с периодическим прогревом их до +300 °С (условия, имитирующие эксплуатацию двигателя в морском климате). После ис-

пытания на поверхности между слоем покрытия и основным материалом, а также между слоями покрытия были обнаружены пятна (округлой и удлиненной формы), точки и наросты темно-зеленого и светло-зеленого цвета, показанные на рис. 1 б.

Поскольку в сплав покрытия входит никель, то трудноудаляемые пятна, точки и наросты темно-зеленого цвета – это оксидообразные продукты коррозии никеля, а пятна и наросты светло-зеленого цвета – это солеобразные продукты коррозии никеля. Данные по поражению коррозией покрытия и ее оценка приведены в таблице 1. Оценка коррозионных поражений проводилась согласно ГОСТ 9.311-87.

Таблица 1 – Данные по коррозионным поражениям

№ образца	Испытуемая площадь, мм <sup>2</sup>	Пораженная площадь, мм <sup>2</sup>	Степень коррозии, %	Оценочный балл (max 10)
1	1154	32	2,77	5
2	1064	10	0,94	7
3	979	11	1,12	6
4	950	10	1,05	6
5	836	12	1,44	6

Примечание: согласно ГОСТ 9.311-87 оценочный балл 10 (max) – соответствует случаю, когда коррозионные поражения отсутствуют; оценочный балл 1 (min) – соответствует случаю, когда коррозионные поражения занимают 56 – 100 % площади поверхности.

Средний оценочный балл коррозионных поражений покрытия колец составляет 6 баллов, что говорит о достаточной коррозионной стойкости покрытия в условиях испытания.

**Испытания на эрозионную стойкость.** Образцы колец с напыленным покрытием обдували сжатым воздухом с кварцевым песком дисперсностью 100 – 300 мкм под углом 30 ° к поверхности покрытия. Диаметр сопла 20 мм. Давление воздуха составляло  $4 \cdot 10^5$  Па.

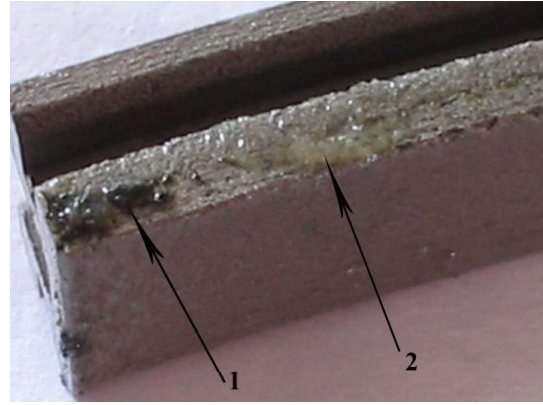
Среднее арифметическое значение потери массы образца с покрытием ЭИ-435 – 0,09% за 1 секунду. Скорость эрозии (для сплава ЭИ-435) при таких условиях составляет 0,008 г/с.

Для сравнения с полученными данными образцы колец обдували со стороны основного материала при тех же условиях.

Среднее арифметическое значение потери массы образца (материал ОТ4-1) – 0,07% за 1 секунду. Скорость эрозии (для сплава ОТ4-1) при таких условиях составляет 0,006 г/с.



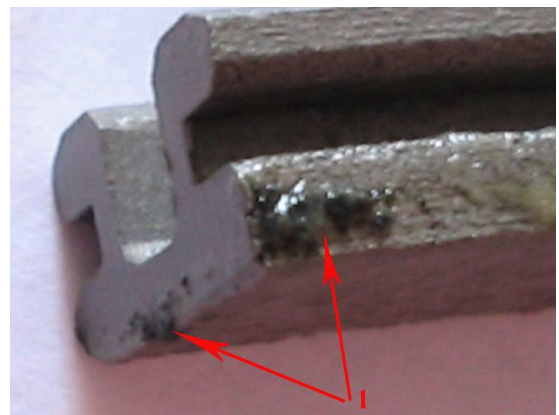
а) общий вид образца



б) солеобразные и оксидообразные коррозионные поражения



в) оксидообразные коррозионные поражения на границе покрытие-основа



г) оксидообразные коррозионные поражения на покрытии (торец образца)

1 – оксидообразные коррозионные поражения;  
2 – солеобразные коррозионные поражения

Рисунок 1 – Образцы колец с коррозионными поражениями после испытания

**Выводы.** Полученные данные по коррозионной и эрозионной стойкости покрытия из сплава ЭИ-435, нанесенного на титановый сплав ОТ4-1, говорят о следующем.

При эксплуатации вертолета в тропическом или морском климате двигатель работает в воздушной среде, в которой возможно наличие паров (или мелких капель) морской воды, а, следовательно, при работе в указанных условиях по истечении 600 летних часов степень коррозии покрытия будет незначительна.

А это, в свою очередь, означает, что испытываемое покрытие удовлетворяет техническим требованиям на коррозионную стойкость детали.

При работе двигателя в условиях песочных почв эрозионный износ внутренней поверхности восстановленных колец сплавом ЭИ-435 будет практически такой же, как и новых колец. Соответственно, такое покрытие удовлетворяет и техническим требованиям на эрозионную стойкость детали.

Вышеприведенные данные по коррозионной и эрозионной стойкости покрытия из сплава ЭИ-435 можно применить в различных отраслях промышленности при ремонте и восстановлении изделий.

*Описаны результаты испытаний на коррозионную и эрозионную стойкости покрытия из сплава ЭИ-435, нанесенного на титановый сплав ОТ4-1 методом плазменного напыления. Согласно полученным данным покрытие ЭИ-435 имеет близкие с ОТ4-1 значения коррозионной и эрозионной стойкости. Это позволяет применять покрытие при работе деталей в морском и тропическом климате в условиях песочных почв. Сходство значений коррозионной и эрозионной стойкости сплавов дает возможность восстанавливать детали из сплава ОТ4-1 более дешевым сплавом ЭИ-435. Данные статьи применимы в различных отраслях промышленности*

*There are description of results of corrosion and erosion of plasma coating (alloy EI-435) on the titan alloy OT4-1. Facts of this article can be use in the different branches of industry.*

#### **Библиографический список.**

1. Восстановление изношенных деталей авиатехники газотермическими покрытиями: Выпуск №5977. – М., 1988. –80 с.
2. ГОСТ 9.311-87. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Метод оценки коррозионных поражений. – Введ. 01.07.88. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 10 с.