

психологического обеспечения систем «человек-машина»; постоянное стремление к самосовершенствованию и развитию своей квалификации и мастерства;

б) *профессионально-психологический компонент* состоит из совокупности инженерно-психологических и эргономических знаний, умений и навыков, связанных с организацией учета человеческого фактора в процессе проектирования, производства и

эксплуатации всех элементов системы «человек - машина».

#### Библиографический список

1. Гатен Ю.В. Инженерно-психологическая компетенция специалистов аэрокосмического профиля // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. 2017. № 4 (42). С. 185-188.

УДК62-756.9

### ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩЕЕ КОРРОЗИОННОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ ДЛЯ КОНТАКТОВ СИСТЕМЫ АКУСТИЧЕСКИХ ПОДВОДНЫХ МАЯКОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

©2018 Ю.П. Тарасенко<sup>1</sup>, Л.А. Кривина<sup>1</sup>, И.Н. Царева<sup>1</sup>, Ю.К. Леванов<sup>2</sup>, Я.А. Фель<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем машиностроения РАН - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук» (ИПМ РАН), г.Нижний Новгород

<sup>2</sup>ООО НПЦ «Трибоника, г.Нижний Новгород

### CONDUCTING CORROSION RESISTANT COVERING ON THE BASIS OF NICKEL FOR CONTACTS OF SYSTEM OF ACOUSTIC PODVODY BEACONS OF AIRCRAFTS

Tarasenko Y.P., Krivina L.A., Tsareva I.N., Fel' Y.A. (Institute of problems of mechanical engineering of the Russian Academy of Sciences - branch of Federal public budgetary scientific institution "Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences", Nizhny Novgorod, Russian Federation)

Levanov Y.K. (Tribonika Research and production center limited liability company, Nizhny Novgorod, Russian Federation)

*The microstructure, porosity, microhardness, the adhesion strength of a covering on the basis of Ni received by method of powder gasdynamic spraying are investigated. Tests of a voltage drop on an electrical link with the studied covering in a conducting medium on the basis of ocean water depending on a temporary factor are carried out. It is revealed that the stable behavior of electric potential (no more than 0,5 V) at deposition on an effective area of contacts from VT-3-1 alloy provides their reliable electrochemical protection in the environment of ocean water.*

Электрический контакт, изготовленный из сплава ВТ3-1 (ПИЛТ.713331.001), входит в конструкцию подводных акустических маяков (ПАМ) эксплуатирующихся во всех климатических зонах на воздушных судах различных авиакомпаний как отечественных, так и зарубежных. Возросшие требования к продолжительности работы ПАМ, в свою очередь, приводят к повышению стабильности физико-химических характеристик вышеуказанного контакта.

Задача разработки защитного покрытия на основе никеля методом газодинамического порошкового напыления, была подчинена

решению важной проблемы приборостроения, а именно, формированию слоя на поверхности электрических контактов из титанового сплава ВТ-3-1, обеспечивающих стабильный электрический потенциал (не выше 0,5 В) на протяжении 90 суток и высокую коррозионную стойкость в среде морской воды.

#### Результаты исследований

Методом газодинамического порошкового напыления на установке «Димет-403» на рабочую поверхность контакта наносили покрытие из порошковой смеси марки N3-

00-02 (содержание никеля - 57 %, оксида алюминия  $Al_2O_3$  (корунда) – 43 %).

Стендовые электрические испытания контактов с защитным покрытием проводили в среде морской воды на лабораторной установке. Фазовый состав порошковых покрытий исследовали методом рентгеноструктурного анализа на дифрактометре «Дрон-3М» с применением  $Cu-K\alpha$ -излучения в геометрии по Бреггу-Брентано. Металлографические исследования проводили на растровом электронном микроскопе «VEGA/TESCAN». Микротвёрдость измеряли на микротвёрдомере ПМТ-3 по ГОСТ 9450-76. Пористость покрытия определяли методом гидростатического взвешивания на аналитических весах VIBRA по ГОСТ 18898-89. Адгезионную прочность покрытий оценивали на поперечных шлифах методом микроиндентирования на приборе ПМТ-3 при нагрузке на индентор 2 Н.

На рис.1 приведены фотографии поперечных сечений контакта с покрытием, нанесённым на рабочую поверхность, (а) и самого покрытия Ni (б).

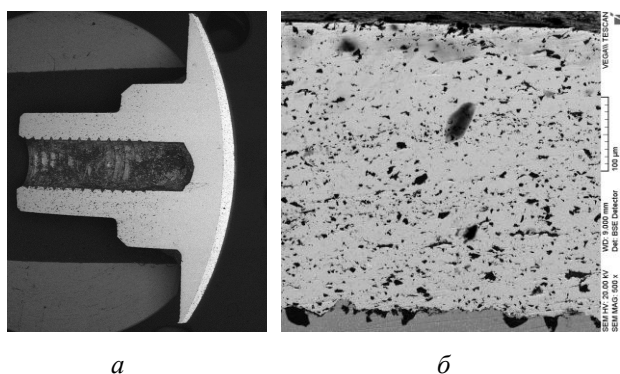


Рис. 1. Поперечные сечения электрического контакта с покрытием Ni (а),  $\times 20$  и защитного покрытия никеля (б),  $\times 20000$

При напылении порошковой смеси на поверхность контакта из титанового сплава ВТ-3-1 формируется покрытие на основе никеля с включениями корунда темного цвета (рис. 1б). Методом рентгеноструктурного анализа установлен двухфазный состав формируемого покрытия: Ni и  $\alpha-Al_2O_3$  (корунд). Основной фазой в покрытии является никель. Так как при газодинамическом напы-

лении температура нагрева не превышает  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , то окисления никеля не происходит.

Частицы корунда, содержащиеся в порошковой смеси, бомбардируют поверхность детали, формируя выраженный рельеф, и частично внедряются в подложку (рис.1а), обеспечивая высокую адгезионную прочность.

Толщина покрытия Ni в исходном состоянии составляет  $\sim 400$  мкм (рис. 1б). Общая пористость покрытия составляет 17,7 %, в том числе, закрытая пористость - 13,1 %, открытая - 4,6 %. Доля открытой пористости в общей пористости невелика по сравнению с закрытой, что является важным с точки зрения обеспечения защитных свойств. Среднее значение микротвёрдости никелевой матрицы покрытия составляет  $H_{200} = 2,4$  ГПа.

Испытания адгезионной прочности защитного покрытия никеля методом микроиндентирования показали удовлетворительную прочность сцепления с подложкой. На границе раздела «покрытие-основа» не обнаружено отслоений, трещин и искажений формы отпечатка от индентора.

В течение 90-дневных стендовых испытаний получено, что защитное покрытие на основе никеля толщиной  $\sim 400$  мкм, нанесённое на рабочую поверхность контакта из титанового сплава ВТ-3-1, находится в интервале с 0,3 В - 0,5 В при максимально допустимом уровне электрического потенциала не более 0,6 В.

### Выводы

В результате применения метода газодинамического напыления (на установке «Димет-403») разработано защитное покрытие на основе никеля с двухфазным составом (никель + корунд). Повышенная толщина покрытия ( $\sim 400$  мкм) в сочетании с низкой открытой пористостью  $\sim 4,6$  % и высокой адгезионной прочностью обуславливает стабильное поведение электрического потенциала (не более 0,5 В) при нанесении его на рабочую поверхность электрических контактов из сплава ВТ-3-1 и обеспечивает их надёжную электрохимическую защиту в среде морской воды более 90 дней.