

УДК 621.793: 629.7: 004.94: 536.24

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАНЕСЕНИЯ ПЛАЗМЕННОГО АНТИФРИКЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ДЕТАЛЬ ТИПА «ШТОК С ПОРШНЕМ» ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

© Халитов Б.Л., Гиорбелидзе М.Г.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: b.khalitov@vk.com, m.giorbelidze@ssau.ru

Элементы гидросистемы авиационной техники являются ответственными изделиями, определяющими ресурс и работоспособность целого ряда агрегатов и систем [1]. Одним из таких элементов служит гидравлический цилиндр, представляющий собой емкость с рабочей жидкостью, внутри которой находится поршень со штоком, изготовленный из титанового сплава ВТ22. Наружная цилиндрическая поверхность такого поршня испытывает активное трение с гильзой. Кроме того, при выделении тепла и нагреве за счет трения титановый сплав интенсивно поглощает азот и кислород. В связи с большой растворимостью этих элементов на поверхности металла образуется альфированный слой. Возникновение данного слоя приводит к снижению пластичности. Экспериментально установлено, что более чем на половине всех изделий с альфированным слоем возникают трещины [2]. Решение данного вопроса возможно либо за счет регламентированной дорогостоящей замены детали на новую, либо за счет нанесения защитного покрытия специального состава [3–17].

Проведен анализ методов нанесения и антифрикционных материалов применительно к рассматриваемому штоку с поршнем. Благодаря значительному количеству достоинств был выбран плазменный метод нанесения покрытия системы ВКНА + БРА7. Данное покрытие состоит из двух металлических слоев. Никель-алюминиевый слой из материала ВКНА выполняет промежуточную роль в согласовании физико-механических свойств титанового сплава и антифрикционного бронзового сплава на основе БРА7. При нанесении такой системы покрытий плазменным методом некоторые технологические проблемы могут возникать с выбором оптимального режима нанесения материала ВКНА, так как это соединение обладает высокой температурой плавления порядка 1895°C и состоит из порошковых частиц с широким диапазоном размеров от 40 до 120 мкм.

В работе проведен входной гранулометрический анализ порошкового материала ВКНА и проведены мероприятия по его разделению на фракции с меньшим разбросом по размерам. В дальнейшем решалась задача по поиску оптимальных технологических режимов [5; 10; 11; 13; 15; 16], при которых условия нагрева частиц в газотермической плазме обеспечат их полное проплавление на всю глубину без активного испарения материала с поверхности частицы. Для решения данной задачи использовалось численное конечно-элементное моделирование нагрева и плавления частиц ВКНА в плазменной струе с учетом свойств материала и параметров плазменной струи [10; 15; 17]. Решалась нелинейная задача теплопроводности с учетом фазового перехода – плавления материала. Проведено математическое моделирование нагрева и плавления полученных фракций порошкового материала ВКНА, установлены поля распределения температур в материале частиц. На основе результатов моделирования разработаны

режимы, обеспечивающие проплавление всех размеров частиц порошка ВКНА, что позволит получить более качественное покрытие с высокой прочностью сцепления, малой пористостью и существенно меньшей разнотолщинностью, что важно для защиты конструкционного материала штока.

Библиографический список

1. Барвинок В.А., Богданович В.И., Дементьев С.Г. и др. Современные технологии в авиа- и ракетостроении: учебник для студентов высших учебных заведений / под ред. чл.-корр. РАН В.А. Барвинка. М.: Машиностроение, 2014. – 402 с.
2. Ильин А.А., Колачев Б.А., Польшкин И.С. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. М.: ВИЛС-МАТИ, 2009. 520 с.
3. Барвинок В.А. Плазма в технологии, надежность, ресурс. М.: Наука и технологии, 2005. 456 с.
4. Бобров Г.В., Ильин А.А., Спектор В.С. Теория и технология формирования неорганических покрытий. М.: Альфа-М, 2014. 925 с.
5. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Mathematical modelling of heating features of a cylindrical surface under plasma deposition // Journal of Physics: Conference Series. 2021. Vol. 174. Article number 012075.
6. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Ion-plasma treated parts quality improvement analysis based on the reliability theory criteria // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1118. Article number 012004.
7. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Ion-plasma coatings performance properties improvement obtained by arc deposition // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1118. Article number 012005.
8. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Main problems of mathematical modeling high energies plasma technologies // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 795. Article number 012004.
9. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Metallographic Study of Mesostructure-Ordered Plasma Ceramic Coatings // Key Engineering Materials. 2017. Vol. 743. P. 118–123.
10. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Mathematical simulation of surface heating during plasma spraying // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. Vol. 177. Article number 012057.
11. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Development of mathematical model of disperse particle motion in the plasma flow in the field of boundary layer during plasma spraying // Journal of Physics: Conference Series. 2018. Vol. 1096(1). Article number 012190.
12. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Calculation of residual stresses in plasma spray coatings taking into account the build-up process // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1368(4). Article number 042079.
13. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Mathematical simulation of particle impact on a fixed surface in the formation of powder coatings // Journal of Physics: Conference Series. 2019. Vol. 1368(4). Article number 042078.
14. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Determination of residual stresses in multi-layer plasma coatings // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 511. Article number 12005.
15. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Mathematical Model of Powder Material Particles Heating in Thermal Spraying // Key Engineering Materials. 2018. Vol. 769. P. 336–345.
16. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Mathematical modelling of powder material motion and transportation in high-temperature flow core during plasma coatings application // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 327. Article number 022036.
17. Bogdanovich V.I., Giorbelidze M.G. Analysis of the ceramic layer microstructure influence on plasma spray thermal barrier coating performance // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 286. Article number 012008.