

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

Б.Л. Халитов

гр. 1310-270302D

г.о. Самара, Самарский университет

Научный руководитель:

М.Г. Гиорбелидзе

г.о. Самара, Самарский университет

Элементы гидросистемы авиационной техники являются ответственными изделиями, определяющими ресурс и работоспособность целого ряда агрегатов и систем [1]. Одним из таких элементов является гидравлический цилиндр, представляющий собой ёмкость 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 счёт 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 счёт регламентированной дорогостоящей замены детали на новую, либо за счёт нанесения защитного покрытия специального состава [3-17].

Проведён 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 слоёв. 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 °С и состоит из порошковых частиц с широким диапазоном размеров от 40 до 120 мкм.

В работе проведён 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 учётом свойств материала и параметров плазменной струи [10, 15, 17]. Решалась нелинейная задача теплопроводности с учётом 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 разнотолщиной, что важно для защиты конструкционного материала штока.

Список литературы:

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., Полькин 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.