

УДК 62.772:621.43.031

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА
ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ
ДИСКРЕТНОГО СТРОЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ
И УПРОЧНЕНИИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ
ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМ
НАПЫЛЕНИЕМ**

TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE PROCESS OF FORMING
A SURFACE LAYER OF A DISCRETE STRUCTURE DURING
THE RESTORATION AND STRENGTHENING
OF PRECISION PARTS OF FUEL EQUIPMENT
BY VACUUM-PLASMA DEPOSITION

Е.В. Сёмин¹, ассистент, **В.А. Лойко²**, канд. техн. наук, доц.,

В.С. Ивашко², д-р техн. наук, проф.,

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Беларусь

Y.Siomin¹, assistant,

V. Loyko², Ph.D. in Engineering, Associate professor,

V. Ivashko², Doctor of technical Sciences, Professor,

¹Belarusian state agrarian technical University,

г. Minsk, Belarus

²Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

На основании выполненного анализа возможных способов восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры предложена технология формирования упрочняющего композиционного дискретного покрытия для восстановления работоспособности плунжерной пары, исходя из величины износа плунжера.

Based on the analysis of possible ways to restore and strengthen precision parts of fuel equipment, a technology for forming a reinforcing composite discrete coating for restoring the performance of the plunger pair, based on the amount of wear of the plunger, is proposed.

Ключевые слова: восстановление, упрочнение, анализ, плунжер, вакуумно-плазменное напыление, композиционное дискретное покрытие.

Keywords: restoration, hardening, analysis, plunger, vacuum-plasma deposition, composite discrete coating.

ВВЕДЕНИЕ

В современном ремонтном производстве значительная часть способов восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры не обеспечивают восстановления деталей со значительным износом и в большей степени носят упрочняющий характер.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ И ПРЕДЛАГАЕМАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДИСКРЕТНОГО СТРОЕНИЯ

В технологиях восстановления и упрочнения прецизионных деталей дизельной топливной аппаратуры применяемые материалы покрытий можно условно классифицировать на три группы в зависимости от микротвердости создаваемого поверхностного слоя.

К первой группе относятся покрытия, микротвердость которых не превышает 6 ГПа (микротвердость ниже основного материала).

В результате химического взаимодействия основного металла и активных элементов раствора при алюмохромофосфатировании [1] прецизионных деталей топливной аппаратуры в поверхностном слое образуются оксиды и интерметаллидные соединения (типа фосфидов Fe, Al, Cr и др.), способствующие предотвращению непосредственного взаимодействия трущихся металлов, уменьшению параметров шероховатости и повышению износостойкости плунжерных пар.

Одним из важнейших преимуществ эпиламирования, т. е. нанесения фторорганических поверхностно-активных веществ (эпиламов) [3], является то, что оно не меняет структуру обрабатываемой твердой поверхности, а лишь модифицирует ее, придавая поверхности антифрикционные, антиадгезионные, защитные и другие полезные для поверхностей трения свойства.

Получили известность электроискровая наплавка и ряд других методов восстановления и упрочнения, однако эти технологии формирования упрочняющего покрытия обладают недостатками: отсут-

стствует возможность восстановления плунжерной пары со значительным износом (более 2 мкм), многостадийность процессов и невозможность получения композиционного покрытия.

Ко второй группе относятся покрытия, твердость которых составляет 6–10 ГПа (микротвердость равная значению микротвердости основного материала).

Недостатки способа электролитического хромирования[5]: высокая трудоемкость процесса, крупнозернистость структуры полученного покрытия, необходимость окончательной обработки поверхности (доводка, шлифовка, притирка).

Недостатки способа диффузионной металлизации: высокая трудоемкость процесса [6], сложность создания композиционного покрытия.

К третьей группе относятся покрытия, твердость которых составляет 10–14 ГПа (порядок твердости, превышающий твердость абразивных частиц).

Существенным недостатком ионно-плазменного напыления покрытия $TiN-Cu-MoS_2$ [7] является низкая адгезионная прочность покрытия, вследствие отсутствия специального адгезионного.

Известен способ нанесения покрытий с использованием физического (PVD) и химического (CVD) осаждения покрытий из паровой фазы. Мировые компании, оказывающие услуги на рынке напыления деталей автокомпонентов, наносят на детали топливной аппаратуры многокомпонентные, многослойные, композиционные и другие виды покрытий.

Рассмотренные выше технологии, а также знание конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов, связанных с износостойкостью деталей топливной аппаратуры, позволили сформулировать методологию выбора оптимального процесса нанесения покрытий с целью упрочнения и восстановления прецизионных деталей. Исследования по изучению характера и величине износа плунжерной пары показывают, что износ плунжера в сопряжении «плунжер-втулка» может составлять до 10 мкм.

Наиболее перспективным методом решения этой задачи является использование PVD-процессов, вакуумно-плазменной технологии нанесения многослойных износостойких композиций, включающих твердый слой на основе фаз внедрения переходных металлов IVa-VIa

групп Периодической системы элементов, которые отличаются высокой твердостью, термической и химической устойчивостью, высокой адгезией и малым коэффициентом трения по углеродистой стали [8].

При этом формируют дискретные по составу, структуре, следовательно, по физико-механическим и триботехническим свойствам покрытия, включающие от одного до трех слоев различных по толщине и структуре, в зависимости от величины износа плунжера.

При значении износа плунжера близкому к 10 мкм рекомендуется формирование трехкомпонентного дискретного покрытия, состоящего из твердого адгезионного слоя TiC толщиной до 6 мкм с максимальными значениями стойкости к сдвигающим напряжениям и упругой деформации, индексом пластичности и модулем упругости, близкими к модулю упругости подложки, затем твердого барьерного слоя TiN с повышенной теплостойкостью толщиной до 2 мкм и наружного «мягкого» слоя твердой смазки MoS₂ толщиной до 2 мкм для уменьшения трения и обеспечения максимальной притирки трущейся пары.

В зависимости от величины износа плунжера рекомендуется формирование композиционного дискретного покрытия с меньшей или толщиной слоев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные теоретические исследования позволили предложить способ нанесения композиционного дискретного покрытия для восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимофеев, С.С. Повышение износостойкости плунжерных пар. / С.С.Тимофеев. // Инженерия поверхности и реновация изделий. Материалы 10-й МНТК. 24–28 мая 2010 г., Киев: АТМ Украины. 2010. С. 194–196.
2. Заблоцкий, Ю.В. Исследование влияния органических покрытий на работу элементов топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей. /Ю.В. Заблоцкий // Судовые энергетические установки. Одесса: ОНМА. 2015. № 35. С. 83–91.

3. Кривашин, А.Ю., Королев, А.Е., Достовалов, В.В. Установка для электролитического восстановления плунжерных пар. / А.Ю. Кривашин, А.Е. Королев, В.В. Достовалов. // Достижения науки – агропромышленному производству. Материалы I МНТК. Челябинск: ЧГАА. 2011. Ч. IV. С. 31–34.

4. Кодинцев, Н.П. Упрочнение плунжерных пар топливных насосов высокого давления. / Н.П. Кодинцев // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 11. С. 16–18.

5. Остапчук, В.Н. Разработка способов восстановления изношенных поверхностей деталей средств транспорта. / В.Н. Остапчук // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. 2013. Вип. 142. С. 72–80.

6. Лойко, В. А. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В. А. Лойко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2008. –192 с.

Представлено 20.05.2020