

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УПРОЧНЕНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ
ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ СИСТЕМЫ
COMMON RAIL ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ
МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ДИСКРЕТНОГО
ПОКРЫТИЯ**

RESTORATION AND HARDENING OF PRECISION PARTS
OF COMMON RAIL SYSTEM FUEL EQUIPMENT
BY FORMING AMULTICOMPONENTDISCRETECOATING

Лойко В. А¹, канд. техн. наук, доц., **Сёмин Е. В**², ст. преп.,

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь,

²Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Республика Беларусь

V. Loyko¹, Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

Y. Siomin², Senior Lecturer,

¹Belarusian national technical University, Minsk, Belarus,

²Belarusian state agrarian technical University, Minsk, Belarus

В настоящей статье рассматривается вопрос о возможности восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры системы CommonRail путем формирования многокомпонентного дискретного покрытия вакуумно-плазменным напылением.

This article discusses the possibility of restoring and strengthening precision parts of the fuel equipment of the Common Rail system by forming a multicomponent discrete coating by vacuum-plasma spraying.

Ключевые слова: топливная аппаратура, прецизионные детали, анализ, восстановление, упрочнение, плунжер, многокомпонентность, дискретность, скорость осаждения ионов.

Keywords: fuel equipment, precision parts, analysis, restoration, hardening, plunger, multicomponence, discreteness, ion deposition rate.

ВВЕДЕНИЕ

В современном ремонтном производстве любые решения проблем уменьшения износа поверхностей пар трения деталей дизель-

ной топливной аппаратуры, обеспечения постоянства трибологических свойств контактных сопряжений в течение всего срока службы деталей актуальны и востребованы.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Система впрыска Common Rail является самой современной системой впрыска топлива дизельных двигателей [1].

Главным преимуществом системы Common Rail является широкий диапазон регулирования давления топлива и момента начала впрыска, которые достигнуты за счет разделения процессов создания давления и впрыска.

Одним из ключевых элементов топливной системы Common Rail является топливный насос высокого давления (ТНВД). В процессе работы плунжерная пара топливного ТНВД системы Common Rail испытывает различные виды разрушений, такие как усталостное, абразивное, эрозионное и другие, что приводит к образованию на рабочих поверхностях как плунжера, так и втулки выкрашиваний, отслаиваний, царапин и задиров [1].

Отличительной особенностью прецизионных деталей топливной аппаратуры системы Common Rail является потеря их работоспособности при незначительных величинах износа рабочих поверхностей (до 8 мкм) [2].

Перспективным направлением решения задачи восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры системы Common Rail является нанесение износостойких, антифрикционных покрытий строго контролируемой толщины с жестким допуском на отклонение от ее равномерности по упрочняемой (восстанавливаемой) поверхности. В этом случае не потребуются последующие термическая и дорогостоящая механическая обработки деталей.

Наиболее перспективным методом решения этой задачи является использование *PVD*-процессов, в частности 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 [2].

Известно, что однородное сплошное покрытие обладает значительными напряжениями, которые приводят к растрескиванию. Снизить остаточные напряжения возможно путем формирования дискретного покрытия [2].

Формирование дискретности компонентного слоя осуществляется за счет различной скорости осаждения ионов. Скорость осаждения тонкопленочного компонентного слоя определяется из условия:

$$A = M \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{r^2}, \quad (1)$$

где M – постоянный параметр, пропорциональный скорости распыления;

α – угол распыления;

β – угол конденсации;

r – расстояние до подложки.

Угол конденсации – это угол между нормалью к поверхности и вектором конденсации. Учитывая, что наклон подложки при напылении будет отсутствовать, влияние основного осаждаемого потока на толщину пленки потока можно регулировать изменением скорости осаждением ионов, за счет чего будет достигаться структура дискретного характера с различной толщиной напыляемого слоя. Принимая во внимание что скорость распыления и скорость травления определяется в основном интенсивностью дополнительного ионного пучка, то изменяя скорость травления можно изменять и скорость осаждения, и, как следствие, толщину покрытия.

Метод напыления осуществлялся следующим образом. Вакуумный объем, содержащий анод и катод, откачивают до давления 10–4 Па, после чего производят напуск инертного газа (обычно это аргон при давлении 1–10 Па). Для зажигания тлеющего разряда между катодом и анодом подается высокое напряжение 1–10 кВ. Положительные ионы инертного газа, источником которого является плазма тлеющего разряда, ускоряются в электрическом поле и бомбардируют катод, вызывая его распыление. Распыленные атомы попадают на подложку и оседают в виде тонкой пленки.

Для восстановления и упрочнения рабочей поверхности плунжера ТНВД системы Common Rail было предложено трехкомпо-

нентное дискретное покрытие, состоящего из слоя CrN с повышенной адгезионной прочностью к подложке, твердого слоя $Ti-Cr-N$ с максимальными значениями износостойкости, и «мягкого» слоя оксикарбонитрида титана для обеспечения максимальной притирки трущейся пары, основываясь на методе избирательного переноса [3].

Формирование трехкомпонентной структуры слоя будет происходить одновременно с использованием двух катодов на основе хрома и титана, а также введением в камеру двух газов – азота и углекислого газа. Дискретность будет достигаться за счет изменения скорости осаждения ионов, что позволит снизить остаточные напряжения до необходимого минимума.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование композиционных структур дискретного строения вакуумно-плазменным напылением, позволило заложить теоретические основы для обоснования способа восстановления и упрочнения прецизионных деталей топливной аппаратуры системы Common Rail. Преимущества применения трехмерных композитов на основе комбинированных твердых и твердосмазочных структур предоставляют дополнительные резервы для повышения трибологических характеристик антифрикционных упрочняющих покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник Bosch, перевод с англ. – М.: ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 896 с.
2. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В. А. Лойко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2008. – 192 с.
3. 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.

Представлено 14.04.2022