

**Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК.
Сб. науч. статей по материалам IV Междунар. науч.-практ. конф.
в рамках XI Междунар. агропром. выставки
"Агроуниверсал-2009" (г. Ставрополь, 18-20 марта, 2009 г.).
СтГАУ. - Ставрополь, 2009. - С. 81-84**

*А. Т. Лебедев, доцент
А. В. Захарин, ст. преподаватель
Р. А. Магомедов, ассистент
П. А. Лебедев, аспирант
(Ставропольский ГАУ)*

**НАНЕСЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОГО ПОКРЫТИЯ
НА РАБОЧУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ПЛУНЖЕРА
ТОПЛИВНОГО НАСОСА**

Основными элементами топливной системы высокого давления, лимитирующими её работоспособность, являются прецизионные детали топливоподкачивающего насоса, насоса высокого давления и форсунок. При этом до 30 % отказов топливных насосов высокого давления (ТНВД) приходится на плунжерные пары. В условиях рядовой эксплуатации их ресурс составляет 2–4 тыс. мото-ч. Невысокий ресурс плунжерных пар обусловлен низкой износостойкостью деталей соединения при работе в абразивной и коррозионной средах [1].

Детали плунжерных пар, работая в сложных условиях, испытывают высокие переменные давления, подвергаются воздействию температур газов, кокса и механических примесей, содержащихся в дизельном топливе. Условия работы прецизионных деталей также усложняются

минимальными значениями зазоров между рабочими направляющими поверхностями. Износостойкость прецизионных деталей зависит в значительной степени от качества поверхности, которое включает в себя шероховатость, физико-механические свойства, внутренние напряжения и микроструктуру поверхностного слоя металла, из которого изготовлены детали.

Изготовление плунжерных пар дизельной топливной аппаратуры предусматривает точность геометрических форм сопряженных поверхностей плунжера и гильзы в пределах 0,2–1,0 мкм, диаметральный зазор в пределах 0,8–3,0 мкм, шероховатость трущихся поверхностей по $R_a = 0,04$ мкм.

В качестве материала применяются высоколегированные стали марок ХВГ, ШХ15, 25Х5МА, Р18, 38ХМЮЛ, которые обеспечивают твердость рабочих поверхностей плунжера и втулки не менее HRC 62. Основным способом, повышающим качество и точность деталей прецизионных пар, является доводка поверхностей алмазными порошками и пастами. В результате доводки удаляется дефектный слой металла со следами локальных прижогов и грубыми рисками, которые образуются в процессе шлифования.

Операция шлифования характеризуется высокими мгновенными температурами в зоне контакта, возникшими в результате массового скоростного микрорезания большим числом абразивных зерен. Практически всегда процесс шлифования приводит к формированию в поверхностном слое деталей остаточных напряжений растяжения со значительным разбросом их величины [2, 3]. Кроме этого обработка металлов шлифованием приводит к образованию на его поверхности большого количества мелких трещин и других дефектов. Последующее полирование и доводка уменьшает шероховатость поверхности и удаляет наиболее мелкие трещины. При этом значительное количество трещин остается в поверхностном слое детали. В процессе полирования их вершины «заваливаются» и не обнаруживаются при контроле деталей. Кроме того, полирование, проводимое с небольшим съемом материала при малом внешнем усилии обработки, также создает в поверхностном слое детали, растягивающие остаточные напряжения. Таким образом, в связи с технологической наследственностью на поверхности деталей создаются остаточные напряжения растяжения, которые могут явиться причиной их износа и разрушения. Для исключения этого явления целесообразно использовать такую финишную операцию (не изменяющую геометрических характеристик изделия), которая позволила бы создать сжимающие остаточные напряжения на поверхности и тем самым обеспечила повышение усталостной прочности материала [3].

Исследованиями [4], проведенными в НПЦ «Плазмацентр» (г. Санкт-Петербург), установлено, что при финишном плазменном упрочнении (ФПУ)

образца из стали X12M, прошедшей механическую, термическую и абразивную обработки, микротвердость поверхности после ФПУ увеличивается минимум в 1,5–2 раза, а параметры шероховатости поверхности после ФПУ не изменяются. Наносимое при ФПУ покрытие обладает свойствами диэлектрика и препятствует схватыванию контактируемых поверхностей, а также характеризуется коррозионной стойкостью и жаростойкостью.

Для нанесения тонкопленочного покрытия на поверхность плунжера топливного насоса была использована установка УФПУ-111 лаборатории учебного научно-производственного центра «Восстановление и упрочнение деталей машин» кафедры технического сервиса и ремонта машин СтГАУ. Перед нанесением покрытия плунжер подвергался очистке, обезжириванию и предварительному подогреву до температуры 60...80 °С для активизации частиц поверхностного слоя. Нанесение покрытия осуществляется при атмосферном давлении (на воздухе). Для исключения перегрева поступательная скорость плунжера, относительно дуги плазмотрона, находилась в пределах 0,2–0,3 м/с. Количество обработок составляло 5, что обеспечивает формирование покрытия толщиной около 3 мкм. Анализ равномерности нанесения покрытия и его толщины осуществлялся при проведении металлографических исследований микрошлифов, выполненных из плунжера топливного насоса 4УТНМ, с помощью инвертированного металлографического микроскопа Axiovert 40 MAT (Carl Zeiss, Германия). Результаты представлены на рисунке 1 при разном увеличении образцов.

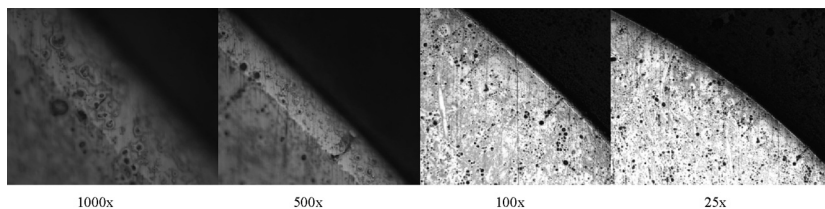


Рисунок 1 – Микрошлифы плунжера, обработанного ФПУ

На фотографиях микрошлифов, выполненных при 1000-, 500-, 100- и 25-кратном увеличении, отчетливо виден слой покрытия, равномерно нанесенного по периметру плунжера. Толщина покрытия установлена на микрошлифах при 1000х- и 500х-кратном увеличении. При пятикратной обработке среднее значение толщины покрытия составляет 2,85–3,12 мкм и характеризуется четким копированием подложки (первоначальной поверхности) плунжера.

Сравнительный анализ шероховатости рабочей поверхности плунжера до и после нанесения покрытия, показывает незначительное изменение шероховатости по параметру Ra с 0,036 мкм до 0,038 мкм.

Таким образом, технология ФПУ позволяет формировать на поверхности плунжера топливного насоса тонкопленочное покрытие с толщиной до 3 мкм. Нанесенное покрытие обладает повышенной твердостью, химической инертностью, низким коэффициентом трения и не изменяет своих свойств до температур 1200 °С. Покрытие является барьерным слоем, препятствующим схватыванию при адгезионном износе плунжерных пар.

Список литературы

1. Болдин, Н. И. Диффузионное борохромирование как метод восстановления и упрочнения деталей топливной аппаратуры дизелей (на примере плунжерных пар топливных насосов типа УТН) : автореф. дис. ... канд. тех. наук / Н. И. Болдин. – М., 1991.
2. Биргер, И. А. Остаточные напряжения / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1963. – 252 с.
3. Маталин, А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Тополянский, П. А. Влияние финишного плазменного упрочнения на остаточные напряжения поверхностного слоя инструментальных материалов / П. А. Тополянский // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки : материалы 7-й Международной практической конференции-выставки, 12–15 апреля 2005 г. – СПб. : Изд. СПбГПУ, 2005. – С. 334–340.