

нального назначения, в том числе коленчатых валов, валов коробок передач, ступиц колес, распредвалов и др.

Показано, что установка обеспечивает получение порошков с высокими уровнем свойств и выходом порошков мелких фракций. Экспериментально подтверждена возможность применения полученных порошков для нанесения качественных напыленных покрытий.

Abstract

The information has been provided on small-sized facility for producing sputtered powders of alloys based on copper and aluminum, designed to reinforce new and restore worn surfaces by applying gas flame coating, as well as corrosion protection of parts of agricultural machinery, technological regimes and characteristics of powders. The high quality of the coatings produced using the manufactured powders has been experimentally confirmed.

УДК 621.651

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ

**А.Т. Лебедев д.т.н., профессор, П.А. Лебедев к.т.н.,
Р.А. Магомедов к.т.н., Р.В. Павлюк к.т.н., В.А. Васин.
ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный
университет», г. Ставрополь, Российская Федерация**

Приведены результаты эксперимента по определению износостойкости восстановленных плунжерных пар комбинированным способом.

Современные неблагоприятные экономические условия, в которых находятся сельскохозяйственные предприятия, требуют для снижения себестоимости производимой продукции внедрения ресурсосберегающих технологий. Одним из путей ресурсосбережения является применение альтернативных топлив, применение которых способствует снижению затрат на их приобретение, но не влияет на его перерасход, обусловленный техническим состоянием прецизионных деталей топливной аппаратуры.

В условиях рядовой эксплуатации невысокий ресурс плунжерных пар обусловлен низкой износостойкостью рабочих поверхностей деталей соединения при работе в абразивной и коррозионной средах с неравномерными нагрузками. Абразивные частицы, находящиеся в топливе имеют высокую микротвердость, которая значительно превосходит микротвердость рабочих поверхностей плунжерных пар. В процессе эксплуатации

прецизионных пар происходит схватывание контактируемых поверхностей. Увеличение износа плунжерных пар влияет на увеличение часового расхода топлива, дымности отработавших газов [1, 2, 3], повышает неравномерность цикловой подачи топлива по секциям [4]. Но при работе на номинальных оборотах изношенные плунжерные пары обеспечивают в достаточной степени необходимые параметры для работы топливного насоса высокого давления [5, 6]. Это объясняется тем, что при высокой скорости перемещения плунжера топливо не успевает перетекать в зазор между плунжером и втулкой. С уменьшением оборотов увеличивается перетекание топлива в зазор и неравномерность подачи по секциям [7].

Проведенный анализ литературных источников и патентный поиск показали, что для восстановления и упрочнения прецизионных деталей применяется ряд способов, каждый из которых в отдельности не обеспечивает необходимой износостойкости. Поэтому для повышения ресурса плунжерных пар нами предлагается два направления: упрочнение на этапе комплектования и восстановление рабочих поверхностей на этапе ремонта [8, 9, 10].

Восстановление рабочих поверхностей включает три основных технологических операции: электроискровая обработка, безабразивная ультразвуковая финишная обработка и финишное плазменное упрочнение.

После восстановления плунжерных пар, с применением электроискровой и механической обработки измеряли твердость восстановленного слоя, и был составлен статистический ряд, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Статистический ряд твердости восстановленного слоя.

Интервал	4714	4886	5057,5	5229	5401	5572	5744
	4886	5057	5229,1	5401	5572	5744	5916
Середина интервала	4800	4972	5143,3	5315	5487	5658	5830
Опытная частота в i -ом интервале, m_i	2	4	5	7	13	9	7
Опытная вероятность в i -м интервале, P_i	0,04	0,08	0,1	0,14	0,26	0,18	0,14
Накопленная опытная вероятность $\sum P_i$	0,04	0,12	0,22	0,36	0,62	0,8	0,94
Дифференциальная функция, $f(HR)$	0,3	0,45	0,61	0,76	0,87	0,94	0,97

Среднее значение твердости поверхностного слоя наносимого электроискровой установкой составило $HRV=5110\text{МПа}$ (рис. 1), при среднем квадратическом отклонении $\sigma=419\text{МПа}$, с коэффициентом вариации $V=1,06$, а параметр $b=1,82$ и коэффициентом $K_B=0,99$. Из рисунка 1 видно, что 20%

плунжерных пар, обработанных электроискровой обработкой имеют твердость не превышающую $HRV=5110\text{МПа}$.

Последующей технологической операцией является безабразивная ультразвуковая финишная обработка, после обработки плунжерных пар данной технологией проводились повторные измерения твердости рабочих поверхностей, результаты представлены в таблице 2.

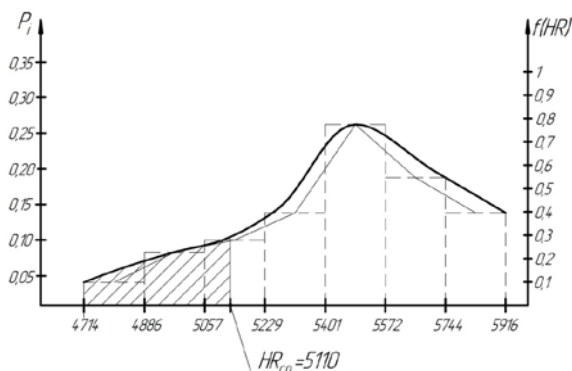


Рисунок 1 – Экспериментальное распределение твердости после ЭИО изношенных плунжерных пар

Среднее значение твердости после безабразивной ультразвуковой финишной обработки составило $HRV=8423\text{МПа}$ (рис. 2), при среднем квадратическом отклонении $\sigma = 325\text{МПа}$, с коэффициентом вариации $V = 0,46$, а параметр $b = 1,45$ и коэффициентом $K_B = 0,91$.

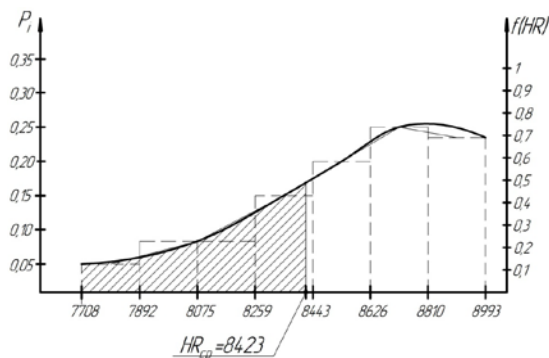


Рисунок 2 – Экспериментальное распределение твердости после БУФО изношенных плунжерных пар

На рисунке 2 представлено распределение твердости восстановленных плунжерных пар после безабразивной ультразвуковой обработки, из которого видно, что применение данной технологической операции обеспечивается у 70% обработанных деталей твердость превышающую среднее значение этого показателя.

Таблица 2 – Статистический ряд значений твердости восстановленного слоя

Интервал	7708	7892	8075,4	8259	8443	8626	8810
	7892	8075	8259	8443	8626	8810	8993
Середина интервала	7800	7984	8167,2	8351	8534	8718	8902
<i>Опытная частота в i-ом интервале, m_i</i>	2	3	3	6	8	10	7
<i>Опытная вероятность в i-м интервале, P_i</i>	0,05	0,08	0,08	0,15	0,2	0,25	0,18
<i>Накопленная опытная вероятность $\sum P_i$</i>	0,05	0,13	0,21	0,36	0,56	0,81	0,99
<i>Дифференциальная функция, $f(HR)$</i>	0,05	0,14	0,31	0,52	0,73	0,88	0,96

Полученные данные свидетельствуют о том, что после применения технологических операций твердость поверхностного слоя соответствует твердости новой плунжерной пары, но для придания особых физико-механических свойств поверхностному слою и сохранению тех, которые были созданы предыдущими операциями, производят формирование прочного тонкопленочного покрытия при помощи финишного плазменного упрочнения (ФПУ).

Экспериментальным путем было установлено, что для эффективного применения ФПУ необходимо от пяти до семи циклов нанесения покрытия на рабочие поверхности плунжерных пар. Это объясняется тем, что после пятого цикла обработки ФПУ исследуемых образцов микротвердость рабочей поверхности превышает микротвердость абразивных частиц находящихся в топливе [11]. С дальнейшим увеличением количества обработок исследуемых образцов микротвердость рабочих поверхностей увеличивалась незначительно, а после девятого цикла обработки наблюдалось снижение микротвердости.

Поэтому для повышения износостойкости рабочих поверхностей плунжерных пар необходимо применять до семи циклов обработки рабочих поверхностей ФПУ, однако большее количество циклов приводит к удорожанию процесса и не дает экономического эффекта.

Экспериментальными исследованиями износостойкости образцов было установлено, что у серийных и экспериментальных плунжерных пар скорость изнашивания максимальна при максимальном давлении в зоне контакта и максимальной скорости относительного перемещения [12]. Основываясь на полученных экспериментальных данных и прогнозировании предельного состояния прецизионных деталей, разработана модель формирования постепенного отказа для серийных и экспериментальных плунжерных пар (рис. 3).

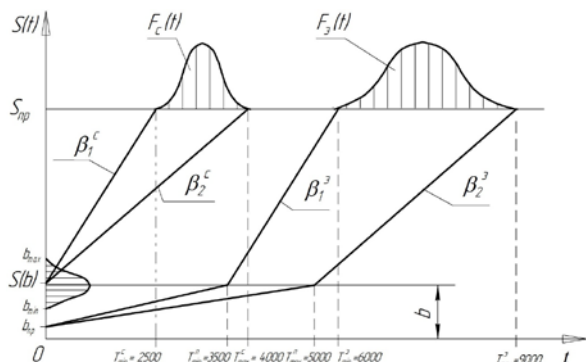


Рисунок 3 – Модель формирования постепенного отказа серийных и экспериментальных плунжерных пар

При максимальных значениях давления в зоне контакта и скорости относительного перемещения, процесс изнашивания рабочих поверхностей серийных и экспериментальных плунжерных пар будет происходить со скоростью $\beta_1^c = 9 \text{ мкм}$ и $\beta_1^s = 0,85 \text{ мкм}$ за 1000ч соответственно. При такой скорости изнашивания прогнозируемый ресурс серийных плунжерных пар составит $T_{\min}^c = 2500 \text{ ч}$, что в 2,4 раза меньше ресурса экспериментальных пар. При минимальных значениях давления в зоне контакта и скорости относительного перемещения, скорость изнашивания рабочих поверхностей серийных и экспериментальных плунжерных пар составит $\beta_2^c = 5,5 \text{ мкм}$ и $\beta_2^s = 0,57 \text{ мкм}$ за 1000ч соответственно. При таких показателях ресурс экспериментальных плунжерных пар составит $T_{\max}^s = 9000 \text{ ч}$, что в 2,25 раза больше ресурса серийных плунжерных пар.

Таким образом, разработанный способ восстановления прецизионных деталей позволяет обеспечить повышение ресурса плунжерных пар в 2,25... 2,4 раза, что подтверждает целесообразность реализации предлагаемой технологии восстановления.

Литература

1. Лебедев, А.Т. К вопросу повышения эффективности использования дизельной техники / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев, Р.А. Магомедов, А.В. Захарин, Р.В. Павлюк, Н.А. Марьин // Научное обозрение. 2012. №10. С. 167-171.
2. Лебедев, П.А. Способы снижения расхода топлива при выполнении сельскохозяйственных работ / П.А. Лебедев, В.С. Цховребов, В.А. Халюткин, В.А. Васин, Б.В. Малюченко // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 3. С. 47-49.
3. Лебедев, А.Т. Повышение эффективности работы топливной аппаратуры дизельных двигателей / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев, В.А. Васин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2011. №7. С. 43-45.
4. Лебедев, П.А. Улучшение параметров топливоподачи топливных насосов высокого давления / П.А. Лебедев // Техника в сельском хозяйстве. 2011. №6. С. 25-26.
5. Лебедев, А.Т. Закономерности изменения параметров топливоподачи от технического состояния плунжерных пар ТНВД / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев, В.А. Васин, Д.И. Макаренко, Р.А. Магомедов // Сборник научных трудов SWorld. Одесса. 2012. Т.7. №4 с. 58-62.
6. Лебедев, П.А. Режимы работы двигателей и расход топлива / П.А. Лебедев, А.Т. Лебедев // Сельский механизатор. 2011. №12. С. 30-31.
7. Лебедев, П.А. Повышение ресурса плунжерных пар топливных насосов высокого давления дизельных энергосредств сельскохозяйственного назначения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. Зерноград, 2012. 164с.
8. Лебедев, А.Т. Восстановление работоспособности плунжерных пар / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 1. С. 23-24.
9. Лебедев, А.Т. Повышение износостойкости плунжера топливного насоса / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 1. С. 24-25.
10. Пат. 2423214 Российская Федерация. Способ восстановления прецизионных деталей [Текст] / А.Т. Лебедев, Р.А. Магомедов, П.А. Лебедев [и др]. - № 2009147528; Заявлено 21.12.2009; опубл. 10.07.2011.
11. Лебедев, А.Т. Повышение ресурса плунжерных пар / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев, В.А. Васин, Д.И. Макаренко, Р.А. Магомедов, М.А. Кобозев // Сборник научных трудов SWorld. Одесса. 2013. Т.10. №2. с. 79-83.
12. Лебедев, А.Т. Влияние интенсивности изнашивания плунжерных пар на их ресурс и эффективность ТНВД / А.Т. Лебедев, П.А. Лебедев, В.А. Васин, Д.И. Макаренко, Р.А. Магомедов // Сборник научных трудов SWorld. Одесса. 2012. Т.7. №4. с. 62-64.

Abstract

Results of carrying out of experiment by definition of wear resistance of the restored precision pairs, are resulted by the combined way of restoration.