

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОСТОЙКОСТИ УПРОЧНЯЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ РАБОЧЕЙ ФАСКИ ВЫПУСКНОГО КЛАПАНА

Волков Кирилл Георгиевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и ремонт машин», E-mail: wolkow-kirill@mail.ru

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет»

Аннотация: В работе приведена методика определения термостойкости упрочняющего покрытия методом термоциклирования. Приведены температурные, временные режимы. Описана методика анализа термостойкости по изменению массы образцов.

Ключевые слова: Термостойкость, упрочняющее покрытие, рабочая фаска клапана, термическое окисление.

Введение. Рабочая фаска выпускного клапана подвержена воздействию высокотемпературных высокоскоростных выхлопных газов. Для защиты рабочей поверхности головки клапана от износа, эрозии, коррозии и прогара применяют специальные покрытия на основе кобальта и никеля. Данная защита позволяет обеспечивать заданный срок службы клапана, который равен сроку службы двигателя. Однако нередко случаи раннего выхода из строя клапанов по причине абразивного, окислительного износа защитного покрытия. Интенсификация износа в немалой степени зависит от превышенных температур в камере сгорания и в выпускных трактах. Превышение нормальной температуры выхлопных газов наиболее ярко выражено при применении газового топлива. Температура продуктов сгорания газового топлива на 10...15% выше по отношению к бензину и на 40...45% выше по отношению к дизельному топливу. Вследствие повышенного температурного фона наблюдается сокращение срока службы клапана более чем на 50%. Для решения этой проблемы было разработано упрочняющее покрытие на основе никеля с добавлением керамических легирующих компонентов. [3, 5] Для оценки термостойкости разработанного упрочняющего покрытия появилась необходимость в создании подходящей методики испытаний. Это обусловлено отсутствием стандартных методик испытаний покрытий рабочей фаски клапанов.

Цель. Исходя из вышесказанного, основной целью данной работы является разработка методики испытаний упрочняющего покрытия рабочей фаски выпускного клапана.

Материалы и методы. Разработка методики основывалась на различных источниках информации, включая периодические издания и исследования, проведенные ранее по данной тематике.

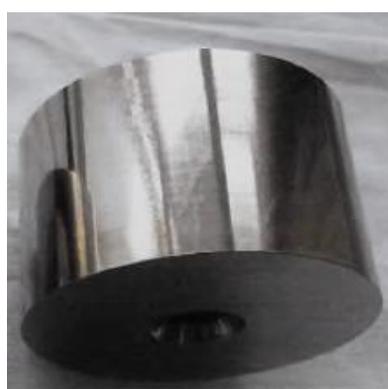
Результаты и их обсуждение. Методика определения термостойкости заключается в циклическом температурном нагружении образцов с упрочняющим покрытием. Для определения работоспособности испытываемого покрытия при

различных режимах работы двигателя приняты два значения температур 500°C и 800°C. Первое значение соответствует температуре выхлопных газов дизельных двигателей при номинальном режиме работы. Второе значение соответствует продуктам сгорания газового топлива на выходе из камеры сгорания. Выдержка при заданной температуре осуществляется в течение 60 мин. Этап выдержки имитирует установившийся режим работы двигателя. Охлаждение образцов выполняется до 100°C, после чего выполняются замеры. [1] В результате описанных воздействий происходят структурные изменения покрытия. Для определения изменений выполняется взвешивание образцов. По изменению массы образца после каждого цикла строится соответствующий график, на основании которого возможно описание проходящих процессов в упрочняющем слое. Нарастание массы испытываемого образца с малой скоростью говорит об образовании оксидной пленки на его поверхности, которая выполняет защитную функцию. Последующее уменьшение массы свидетельствует о диффузии газообразных продуктов окисления покрытия через оксидную пленку. Данный исход событий является наиболее благоприятным, так как покрытие приобретает защитную пленку без нарушения структуры. Монотонное, незначительное уменьшение массы также является благоприятным исходом эксперимента, так как в структуре покрытия не происходит структурных изменений и не происходит образование дефектов кристаллической решетки. Резкое увеличение массы является свидетельством разрушения материала. В данном случае происходит окисление не только приграничного слоя, но и всей толщины покрытия, что приводит к образованию дефектов структуры, ослаблению кристаллической связи исходных элементов. Колебательный характер изменения массы также приводит к разрушению и уносу покрытия, но в более продолжительный промежуток времени [2, 4].

В качестве образцов используются диски с центральным технологическим отверстием (Рисунок 1).



а)



б)

**Рисунок 1 – Испытуемые образцы с упрочняющим покрытием
а) торец образца; б) цилиндрическая поверхность образца**

Диаметр приведенных на рисунке 1 образцов равен 50 мм, ширина 30 мм, диаметр отверстия 12 мм. Технологическое отверстие используется при наплавке покрытия для базирования на вращающейся оправке лазерной установки.

Вследствие этого на поверхность отверстия не наносится упрочняющее покрытие, что может привести к значительным погрешностям при замерах. Решением данной проблемы является применение заглушки с нанесенным покрытием на торцах. Для установки данной заглушки применяется переходная посадка, что обеспечивает минимальный зазор в соединении. Данное решение позволяет уменьшить воздействие кислорода атмосферы на поверхности без покрытия при высоких температурах.

Для обеспечения заданных режимов термоциклирования используется лабораторная электропечь СНОЛ 1.6.2.5.1/9-ИЗ. Перед загрузкой испытуемых образцов производится нагрев камеры печи до заданной температуры (500°C для первого этапа и 800°C для второго). При достижении запланированного значения температуры в печи производится загрузка испытуемых образцов с начальной температурой 20°C. Затем, после восстановления заданной температуры (при открытой двери, во время загрузки образцов, происходит интенсивное остывание камеры электропечи) производится выдержка в течении 60 мин. После этого печь отключается от сети, дверь камеры открывается с обеспечением максимального зазора 10мм, рекомендованного производителем лабораторного оборудования. Данный этап имитирует остывание клапана после остановки двигателя внутреннего сгорания.

Измерение массы образцов до испытаний и после каждого цикла выполняются лабораторными весами ВЛТЭ-310. Результаты замеров вносятся в таблицу. Затем производится вычисление разницы между массой образца на текущем этапе и предыдущем:

$$\Delta m = m_i - m_{i-1};$$

По полученным значениям строится график, затем производится описание процессов, протекающих в покрытии, делается заключение о возможности использования упрочняющего покрытия рабочей фаски выпускного клапана.

Заключение. В работе рассмотрена методика исследования упрочняющего покрытия рабочей фаски выпускного клапана. Разработаны образцы, позволяющие минимизировать погрешности измерений, возникающих при окислении, короблении поверхностных слоев непокрытых упрочняющим составом. Приведена методика анализа работоспособности покрытия по изменению массы образца.

Библиографический список

1. Волков, К. Г. Температурный режим стендовых испытаний клапанов автотракторных двигателей / К. Г. Волков, А. Г. Ипатов // Теория и практика адаптивной селекции растений : Материалы Национальной научно-практической конференции, с. Июльское, 20 июля 2022 года. – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2022. – С. 173-176.
2. Волков, К. Г. Упрочняющие керамические покрытия рабочей фаски клапанов автотракторных двигателей / К. Г. Волков, А. Г. Ипатов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы : материалы Международной научно-практической конференции, Саранск,

- 24–25 ноября 2021 года. – Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2022. – С. 301-307.
3. Восстановление и упрочнение рабочей фаски клапана двигателя внутреннего сгорания методом селективной лазерной наплавки (SLM) / К. Г. Волков, А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский, С. Н. Шмыков // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2022. – № 9. – С. 20-26.
 4. Ивенин, С. В. Быстрое термическое окисление карбида кремния / С. В. Ивенин, Ф. Ю. Крестьянсков // Огарёв-Online. – 2014. – № 3(17). – С. 7.
 5. Пашков, П. В. Ремонт деталей газораспределительного механизма двигателя КАМАЗ-740 / П. В. Пашков, А. С. Германович, А. Е. Ломовских // Новые технологии и технические средства для эффективного развития АПК : материалы национальной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра, Воронеж, 26 февраля 2019 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. – С. 229-233.
 6. Агробиотехнология-2021 : Сборник статей Международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – 1320 с. – ISBN 978-5-9675-1855-3. – EDN NWTQEX.
 7. Вклад студентов в развитие аграрной науки : Сборник статей студенческой научно-практической конференции, Москва, 31 октября 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – 134 с. – ISBN 978-5-9675-1702-0. – EDN YTLELB.
 8. Вклад студентов в развитие аграрной науки : Сборник статей студенческой научно-практической конференции, Москва, 30 октября 2019 года. – Москва: Редакция журнала "Механизация и электрификация сельского хозяйства", 2019. – 170 с. – EDN WFMJGQ.