

Реферат.

В работе представлены результаты исследований по восстановлению геометрических параметров фаски клапана дизельного двигателя ЯМЗ-238. Сделан анализ износов, существующих методов нанесения покрытий, проведены экспериментальные работы по нанесению упрочняющего слоя с использованием ТВЧ-борирования. Проведены сравнительные испытания на износостойкость, жаростойкость. Показаны увеличения жаростойкости восстановленного клапана в два раза по сравнению с жаростойкостью серийных клапанов. Разработан технологический процесс восстановления фаски.

Клапаны дизельного двигателя являются одними из наиболее нагруженных деталей и подвергаются различным видам изнашивания. В момент сгорания рабочей смеси в цилиндрах двигателя на клапан действуют силы давления газов. При посадке клапана в седло создаются циклические ударные нагрузки. В период рабочего хода в камере сгорания возникают высокие температуры. Во время открытия впускного клапана в камеру сгорания вместе с воздухом попадают частицы абразива, которые подвергают фаску износу.

Основные силы, на которые рассчитываются параметры клапана являются: сила давления газов, сила клапанных пружин, сила инерции. Доминирующими являются силы газов. Напряжения, возникающие от этих сил по данным исследованиям, составляют от 650 до 750 Мпа. Основной причиной износа является взаимное скольжение контактируемых поверхностей под действием указанных сил.

Одним из факторов, влияющих на износ, является теплонапряженность клапанов. Температуры нагрева выпускных и впускных клапанов и седел представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Температуры клапанов и седел

| Деталь | Клапан выпускной | Седло выпускное | Клапан впускной | Седло впускное |
|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Температура °C max | 800 | 450 | 400 | 250 |

На повышение температуры клапанов значительное влияние оказывает толщина слоя нагара. Такое влияние объясняется тем, что теплонапряженность нагара в 30-50 раз ниже чем чугуна и стали. Определенное влияние на долговечность клапанов оказывает газовая коррозия, которая ведёт к появлению на фаске клапана раковин и трещин, которые приводят к нарушению герметичности сопряжения и прогоранию клапана.

Впускные клапаны в отличие от выпускных работают при более низких температурах и менее подвержены действию коррозии.

Износ фасок впускных клапанов происходит за счёт содержащейся пыли всасываемого воздуха. При запыленности воздуха 0,1-1,0 г/м³ в каждом кубометре воздуха, проходящего через впускные каналы, поступает от 5 до 20 мг пыли. Таким образом, основными факторами, влияющими на износ впускных и выпускных клапанов, являются:

- циклические ударные нагрузки;
- высокая температура, действие агрессивных газов – для выпускного сопряжения;
- повышенное содержание пыли в рабочей зоне для впускного сопряжения.

Износ клапанного сопряжения вызывает повышенное утопание клапана в седле. Определение износа клапанного сопряжения производится измерением утопания головки клапана относительно плоскости головки блока цилиндров.

Утопание клапана в седле у новых двигателей в зависимости от марки двигателя колеблется в пределах от 0,5 до 1,5 мм. У изношенных клапанов этот размер увеличивается в 1,5-2 раза и для двигателя ЯМЗ-238 составляет от 1,5 до

2,5 мм. За счет износа фаски снижается рабочий объем и герметичность клапанной системы и как следствие снижается мощность двигателя (до 10%)[].

Основные дефекты клапана представлены на рисунке 1.



а



б



в



г

Рисунок 3 – Дефекты фаски клапана. а) эрозионный износ; б) прогар; в) износ; г) трещина.

Согласно исследованию [] среди дефектов клапанов можно выделить такие как износ рабочей фаски, прогар, трещины, эрозионный износ. Наиболее часто возникающим дефектом рабочей фаски клапана является её износ (до 40%) [].

Износ рабочей фаски может возникать при наработке двигателя до 2000 моточасов, что намного меньше заявленного срока работы двигателя. Именно в этот период целесообразно провести операцию по упрочнению фаски клапана.

Анализ существующих методов восстановления и упрочнения клапанов показал, что наиболее перспективным методом является наплавка порошковых материалов с использованием ТВЧ.

Целью исследования является разработка технологии восстановления фаски клапана порошковыми материалами с использованием ТВЧ. **Объектом исследования** является впускные и выпускные клапаны двигателя ЯМЗ-238.

Рабочая фаска выпускного клапана ЯМЗ-238 наплавлена жаропрочным сплавом типа «стеллит», к стержню приварен наконечник из легированной стали. Для повышения износостойкости торцы стержней впускных и выпускных клапанов закалены ТВЧ. Размер тарелок впускных клапанов 61,5 мм, выпускных клапанов -- 48 мм, толщина стержня 12 мм.

Впускной клапан изготавливают из стали ЭН107. Клапан подвергают закаливанию с последующим отпуском. Твердость HRC 35-40. Твердость торца стержня клапана HRC 50-57. Выпускной клапан сварной, к верхней части стержня клапана стыковой сваркой приварен наконечник, который изготовлен из стали 40ХН, а клапан - из стали ЭН69. Выпускной клапан подвергают закалке и отпуску, твердость HRC 25-30, твердость торца стержня клапана на глубине 2-3 мм равна HRC 50-57.

Материалы и методы.

Наплавку фаски клапана производили на индукционном нагревателе СВЧ-40АВ с использованием одновиткового медного индуктора изготовленного из медной охлаждаемой трубки диаметром 6мм. В качестве порошкового материала использовали смесь карбида бора В₄С и флюса П-0,66 в соотношении 90% на 10% с добавлением к этой смеси 70% порошка ПГ-С27. В подготовленную порошковую смесь вносится клей, который позволяет наносить её на фаску.

После просушки фаска клапана помещается в индуктор и оплавляется токами высокой частоты. Режимы наплавки подобраны экспериментально: частота тока 200КГц, частота вращения клапана 35 об/мин, время 100 сек. После

остывания фаска клапана обрабатывается на специализированном шлифовальном станке.

Общий вид клапана после выполнения технологических этапов представлен на рисунке 2.



а



б



в



г

Рисунок 2 – Общий вид клапана. а) с нанесённой обмазкой, б) при наплавке ТВЧ, в) после наплавки, г) после механической обработки.

Испытания на износостойкость

Для оценки эффективности восстановления фаски клапана были проведены стендовые испытания на трение и износ на трибометре TRB-S-DE по следующему режиму нагрузки на контртело (шарик диаметром 6мм) 5Н, минимальная скорость 8 м/с, время испытания 5 часов. По результатам испытания определялся коэффициент трения и относительная износостойкость нового и восстановленного клапанов.

Результаты испытаний представлены в таблицах 2-3.

Таблица 2 – Изменение массы образцов после испытаний

| Номер образца | Масса до | | Масса после | | Износ | |
|---------------|----------|---------|-------------|---------|---------|--------|
| | Образец | Шарик | Образец | Шарик | Образец | Шарик |
| №1 | 94,3936 | 38,6300 | 94,3915 | 38,6299 | 0,0021 | 0,0001 |
| №2 | 36,5294 | 38,6297 | 36,5288 | 38,6296 | 0,0006 | 0,0001 |

Таблица 3 – Относительная износостойкость

| Номер образца | (Е) Относительная износостойкость | Математическое ожидание |
|---------------|-----------------------------------|-------------------------|
| №1 | 1 | 0,0021 |
| №2 | 3,5 | 0,0006 |

Результаты и их обсуждение

При испытании на трение получены следующие данные. Для нового клапана коэффициент трения составил 0,089, а для восстановленного 0,07. Уменьшение коэффициента трения произошло по-видимому из-за наличия в структуре наплавленного металла элементов, которые способствуют смягчению контактирующих поверхностей при сухом трении. Вместе с этим относительная износостойкость восстановленного образца увеличилась в 3,5 раза по сравнению с новым.

Испытания на жаропрочность

Лабораторные исследования по жаропрочности упрочненных клапанов проводили на кафедре эксплуатации и ремонта машин Удмуртского государственного аграрного университета с использованием специальной установки []. Оба клапана сначала притирались к седлу до размера пояска

приработки $0,8 \pm 0,05$ мм. Далее происходило 217 циклов нагружения, что соответствует 50 часам испытаний. Контрольные замеры производились каждые 10 часов испытаний (рисунки 3 и 4).

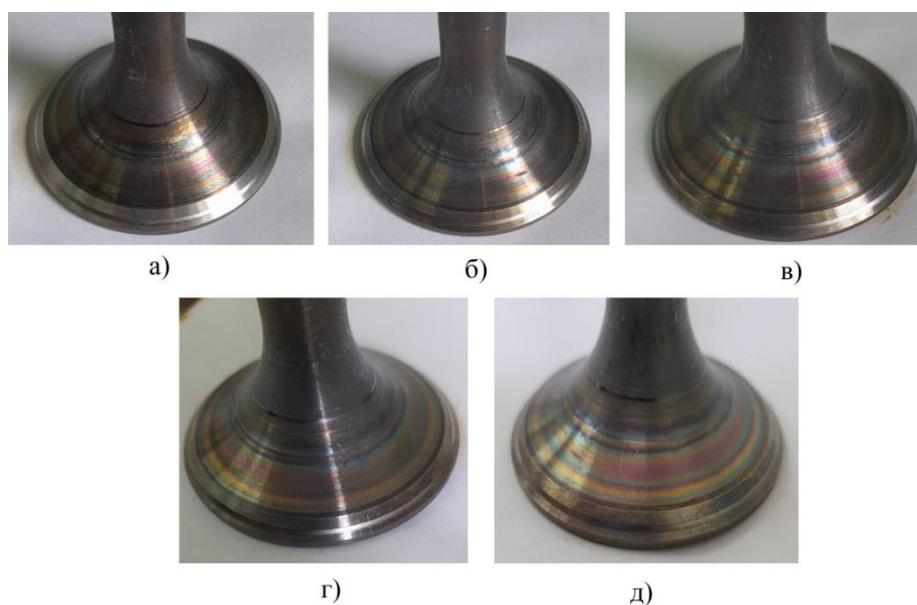


Рисунок 3 – Новый клапан при стендовых исследованиях. а) после 1-го контрольного замера; б) после 2-го контрольного замера; в) после 3-го контрольного замера; г) после 4-го контрольного замера; д) после 5-го контрольного замера;



Рисунок 4 – Восстановленный клапан при стендовых исследованиях. а) после 1-го контрольного замера; б) после 2-го контрольного замера; в) после 3-го контрольного замера; г) после 4-го контрольного замера; д) после 5-го контрольного замера;

Интенсивности образования поясков приработки представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Интенсивность приработки нового клапана.

| № | Наработка, ч | Кол-во циклов нагружения | Кол-во двойных ходов | Ширина пояска, мм |
|---|--------------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0,8 |
| 2 | 10 | 44 | $9 \cdot 10^5$ | 1,0 |
| 3 | 20 | 87 | $18 \cdot 10^5$ | 1,08 |
| 4 | 30 | 130 | $27 \cdot 10^5$ | 1,12 |
| 5 | 40 | 174 | $36 \cdot 10^5$ | 1,17 |
| 6 | 50 | 217 | $45 \cdot 10^5$ | 1,23 |

Таблица 5 – Интенсивность приработки восстановленного клапана.

| № | Наработка, ч | Кол-во циклов нагружения | Кол-во двойных ходов | Ширина пояска, мм |
|---|--------------|--------------------------|----------------------|-------------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0,8 |
| 2 | 10 | 44 | $9 \cdot 10^5$ | 0,95 |
| 3 | 20 | 87 | $18 \cdot 10^5$ | 1,02 |
| 4 | 30 | 130 | $27 \cdot 10^5$ | 1,07 |
| 5 | 40 | 174 | $36 \cdot 10^5$ | 1,12 |
| 6 | 50 | 217 | $45 \cdot 10^5$ | 1,18 |

Результаты и их обсуждение

По результатам исследований построена графическая характеристика изменения ширины пояска приработки в зависимости от наработки с экстраполяцией данных до достижения предельного состояния рабочей фаски выпускного клапана, соответствующего ширине пояска приработки 2 мм.

По полученным результатам можно сделать вывод, что покрытие рабочей фаски нового клапана обладает ресурсом 4870 часов, в то время как покрытие восстановленного клапана обладает ресурсом в 7700 часов (данные с учетом коэффициента ускорения $K=10$ при эксплуатации автотракторной техники и специализированных самоходных машинах с ДВС, работающими на газообразном топливе).

В результате проведенных исследований были построены зависимости интенсивности образования пояска приработки от наработки сопряжения «клапан-седло» (рисунок 5).

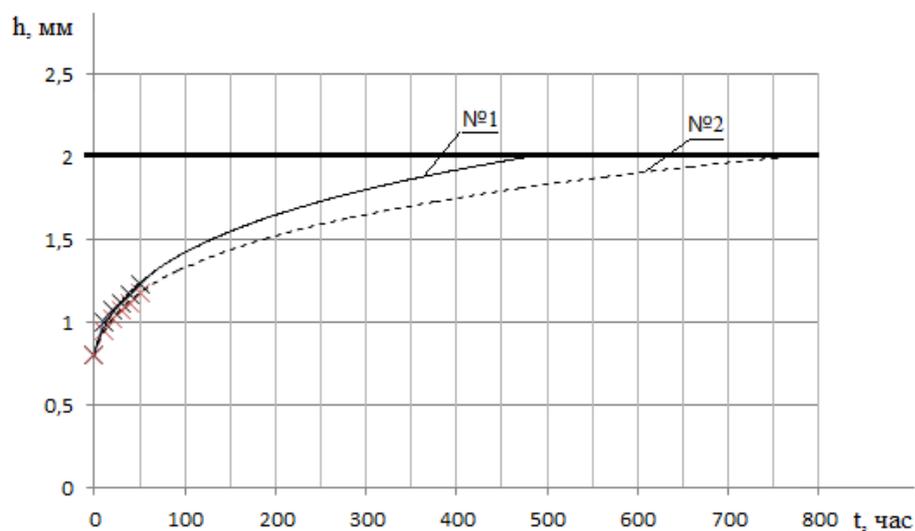


Рисунок 5 – Зависимость изменения ширины пояса приработки от наработки образца №1 и №2

Как видно из рисунка 5 интенсивность изменения ширины пояса приработки от наработки у восстановленного клапана ниже на 58% по сравнению с новым клапаном, из чего можно сделать вывод, что восстановленный клапан обладает вдвое большей жаропрочностью чем новый.