

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН В ГОЛОВКАХ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ-238НБ

Черкашин Николай Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Cherkashin_NA@ssaa.ru.

Жильцов Сергей Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская государственная сельскохозяйственная академия.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Zhiltsov_SN@ssaa.ru.

Ключевые слова: напряжения, деформация, усталость, трещина.

Цель исследования – выявление максимально допустимого значения глубины трещины, не оказывающего влияния на нормальную работу двигателя. Материал головки – серый чугун СЧ25 подразумевает наличие графитовых включений, пластинчатой формы. Данная структура материала не является оптимальной для улучшения теплопередачи, что также повышает температурные напряжения по поверхности и по толщине огневого днища и приводит к появлению таких аварийных дефектов, как термоусталостные трещины межклапанных перемычек. Таким образом, этот дефект лимитирует ресурс ГБЦ. Исследование глубины термоусталостных трещин проводилось по приведенной методике. Результаты исследований величины этого дефекта для двигателя ЯМЗ-238НБ показали, что наибольшая динамика развития этого дефекта наблюдается в межклапанной перемычке между форсуночным отверстием и гнездом впускного клапана. Эта зона характеризуется наибольшими перепадами температур и механическими напряжениями по толщине и ширине этого участка, что наблюдается в период наработки 2000-3000 ч. Обоснована максимальная допустимая величина глубины термоусталостных трещин на огневом днище головок блоков цилиндров, при которой не возникает аварийных дефектов данной детали. Этой величиной следует считать 6,5 мм, так как остаточная неразрушенная толщина этой зоны обеспечивает ресурс данной детали до следующего капитального ремонта. Контроль глубины термоусталостных трещин позволит сэкономить запасные части при капитальном ремонте и определить возможность повторного использования головок блоков цилиндров двигателей.

Повторное использование деталей, отработавших свой ресурс, имеет важное народнохозяйственное значение. Двигатели внутреннего сгорания в течение срока службы ремонтируют до 5 раз. При этом доля затрат на запасные части сопоставима со стоимостью нового двигателя. Известно, что средняя цена одного капитального ремонта двигателя в АПК может составить от 98 до 220 тыс. р. и выше в зависимости от марки [1].

Одной из наиболее дорогостоящих операций при ремонте двигателя является замена головки блока цилиндров. При эксплуатации дизелей в головках блоков цилиндров (ГБЦ) двигателей в межклапанных перемычках, между отверстием под распылитель и гнездами клапанов появляются термоусталостные трещины (рис. 1), вызванные циклическим термическим и механическим воздействием на указанные зоны, особенно при неустановившихся режимах работы (запуск и выключение дизеля).

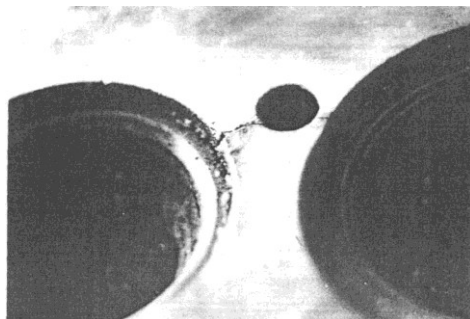


Рис. 1. Трещины в межклапанных перемычках головки блока цилиндров дизеля ЯМЗ-238НБ

Как правило, это большие перепады температур по ширине и толщине огневого днища; механическая напряженность, возникающая при монтаже деталей [2, 3, 4].

Сложная геометрия этой детали и материал – серый чугун СЧ25 усиливает данные факторы [5, 7]. В результате возникают пластические деформации, которые при своем развитии проявляются в виде трещин

в местах концентрации напряжений. Этими местами являются межклапанные перемычки огневого днища ГБЦ [4, 6].

Трещины в указанных местах определяют ресурс рассматриваемой детали, так как при своем дальнейшем развитии они нарушают герметичность системы жидкостного охлаждения.

Ресурс современных дизелей не превышает 7500-8000 моточасов [1]. Головка блока может заменяться в среднем 4 раза в течение всего срока службы дизеля из-за наличия трещин.

По результатам исследований, на ремонтных заводах Самарской области, среди поступающих в ремонт ГБЦ, данный дефект имеют от 40 до 72% данных деталей.

При увеличении глубины трещин до определенных значений происходит ослабление посадки вставных гнезд клапанов, снижение мощности двигателя, попадание охлаждающей жидкости в камеру сгорания и отработанных газов в охлаждающую систему двигателя.

Цель исследований – выявление максимально допустимого значения глубины трещины, не оказывающего влияния на нормальную работу двигателя.

Задача исследований – определить характер и динамику роста термоусталостных трещин головки блока цилиндров.

Материалы и методы исследований. Исследование глубины термоусталостных трещин проводилось с помощью электропотенциального дефектоскопа ЭПД-6 (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид прибора ЭПД-6 с измерительным датчиком и объектом измерения

Принцип действия электропотенциального дефектоскопа основан на прохождении токов высокой частоты, в поверхностном слое металла огибающих различного рода препятствия и трещины (рис. 3). При помощи крайних электродов зонда к поверхности детали подводится ток высокой частоты, который, огибая трещину, создает разность потенциалов на ее краях. Чем больше эта разность потенциалов, тем больше глубина трещины.

Разность потенциалов замеряют при помощи средних контактов зонда, к которым подключены выводы стрелочного индикатора – селективного вольтметра.

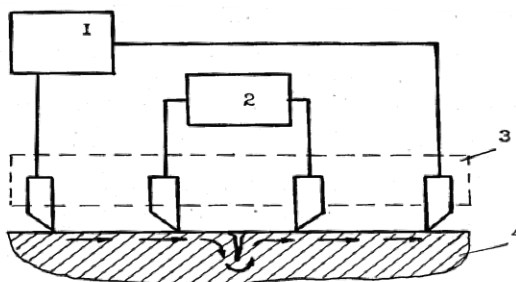


Рис. 3. Принцип действия прибора ЭПД-6:

1 – генератор стабильного тока; 2 – селективный вольтметр; 3 – четырехконтактный зонд; 4 – исследуемая деталь

Перед замером трещин прибор тарировался на специально изготовленных образцах из того же материала, что и материал головки цилиндров. Образец имел прорезь постепенно увеличивающейся глубины с отметками (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 мм). На поверхности без прорезей стрелка индикатора прибора выставлялась на ноль, затем при установке зонда на прорезь в образце определенной глубины совмещали стрелку вольтметра с делением шкалы, соответствующем глубине трещины.

Для исследования были взяты головки блока цилиндров двигателей ЯМЗ-238НБ после их разборки в условиях Большеглушицкого и Кротовского ремонтных заводов. На контроль были поставлены 134 головки цилиндров, бывших в эксплуатации. Результаты измерений были подвергнуты математической обработке.

Составлялся статистический ряд исходной информации с интервалом глубины трещин в 0,5 мм, затем определялись средние значения глубины трещины по уравнению

$$\bar{t} = \sum_{i=1}^n t_{ic} \cdot P_i,$$

где n – количество интервалов в статистическом ряду;

t_{ic} – значение середины i -го интервала;

P_i – опытная вероятность i -го интервала.

Опытная вероятность P_i определяется по формуле

$$P_i = \frac{m_i}{N},$$

где m_i – это количество случаев попадания информации в каждый интервал;

N – общее количество головок цилиндров, находящихся под наблюдением.

Точечной характеристикой рассеивания глубины трещин является среднее квадратичное отклонение, которое определялось по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i}.$$

Для обеспечения возможности расчета показателей надежности с необходимой точностью опытную информацию выравнивают, подбирая для ее описания тот или иной теоретический закон распределения (ТЗР).

Для этого определяют коэффициент вариации V :

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t}},$$

где c – начало смещения (сдвиг зоны рассеивания):

$$c = t_{1(\min)} - 0,5 A,$$

где A – величина интервала и определяется по формуле

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}.$$

Для всех обработанных опытных данных при определении глубины трещин коэффициенты вариации получились меньше 0,3, поэтому можно сказать, что полученный статистический ряд подчиняется закону нормального распределения (ЗНР).

Результаты исследований. После обработки статистического ряда получены точечные характеристики результатов измерения глубины термоусталостных трещин огневого днища ГБЦ (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики статистического ряда		
Параметр	К выпускному клапану	К впускному клапану
$\bar{t}$	2,453	6,111
σ	0,003	0,002
V	0,291	0,285
A	0,496	0,485

В таблице 1 приводятся основные параметры и их значения для теоретического закона распределения.

Наработка обследованных ГБЦ изменялась в широких пределах от 200 до 3000 ч, поэтому были построены зависимости изменения глубины трещин Δt в межклапанных перемычках от наработки T (рис. 4).

Эти зависимости показывают, что ограничивает ресурс ГБЦ дизеля ЯМЗ-238НБ рост трещины в перемычках между форсуночными отверстиями и гнездами впускных клапанов. Увеличение глубины трещин в этих перемычках в течение всей контрольной наработки значительно больше того же показателя в перемычках в сторону выпускного клапана. Наибольшая разница наблюдается после 2000 ч наработки.

При анализе зависимостей (рис. 4), видно, что большое изменение глубины трещин при малой наработке объясняется тем, что сечение межклапанных перемычек становится тоньше после расточки под вставное гнездо клапана при ремонте. Также существенно влияет на рост термических трещин эксплуатация двигателей и механические напряжения при сборке и монтаже ГБЦ.

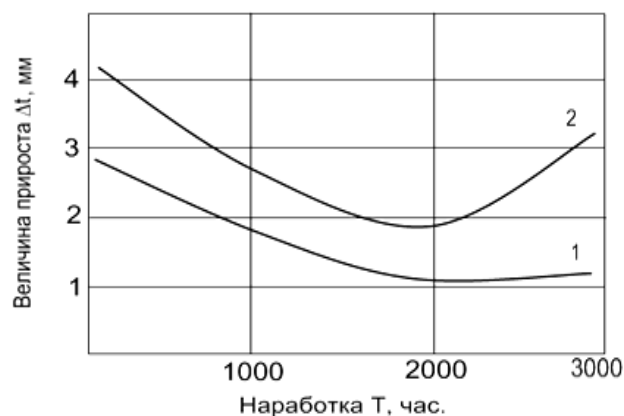


Рис. 4. Зависимость прироста глубины трещин в межклапанных перемычках Δt от наработки Т:
1 и 2 – для перемычек в сторону выпускного и впускного клапанов соответственно

Максимальной глубиной трещин межклапанных перемычек, при достижении которой необходимо выбраковывать головки цилиндров двигателя ЯМЗ-238НБ, является 6,5 мм, так как из-за увеличения глубины трещины на 3 мм к следующему ремонту этот показатель превысит 10 мм, а именно, на 10 мм выполняется расточка под вставное гнездо впускного клапана. Следовательно, трещина в межклапанной перемычке будет ослаблять посадку гнезда клапана, что может привести к аварийному дефекту (выпадение гнезда клапана) и последующему ремонту двигателя.

Данный дефект возникает и в перемычках выпускного клапана, но значительно позже, чем в перемычках в сторону впускного клапана, так как в первом случае глубина расточки составляет 12 мм и увеличение глубины трещин меньше.

Заключение. Проведенные исследования развития трещин межклапанных перемычек головок блоков цилиндров двигателя ЯМЗ-238НБ показали, что максимальный рост трещин происходит в перемычке от форсуночного отверстия в сторону впускного клапана, где находится зона максимальной концентрации как термических, так и монтажных напряжений.

Наибольшее увеличение трещин происходит после достижения наработки 2000 ч и более. Максимальной глубиной трещин межклапанных перемычек, при достижении которой необходимо выбраковывать головки цилиндров двигателя ЯМЗ-238НБ, является 6,5 мм, так как из-за увеличения глубины трещины на 3 мм к следующему ремонту этот показатель превысит 10 мм.

Библиографический список

1. Галенко, И. Ю. Увеличение послеремонтного ресурса двигателей / И. Ю. Галенко, С. Н. Жильцов, О. В. Шарымов // Сельский механизатор. – 2014. – №10. – С. 32-37.
2. Черкашин, Н. А. Пути повышения долговечности головок цилиндров тракторных дизелей // Известия Самарской ГСХА. – Самара, 2011. – С. 86-89.
3. Черкашин, Н. А. Снижение напряжений в межклапанных перемычках головок цилиндров дизелей / Н. А. Черкашин, В. В. Шигаева, Г. Н. Дмитриев // Достижение науки агропромышленному комплексу : сб. науч. тр. – Самара, 2014. – С. 268-271.
4. Межецкий, Г. Д. Определение ресурса головок блоков дизельных двигателей / Г. Д. Межецкий, Н. А. Черкашин // Ресурсосберегающие методы использования сельскохозяйственной техники : сб. науч. тр. – Ульяновск, 2007. – С. 67-71
5. Черкашин, Н. А. Результаты исследований термостойкости конструкционных материалов для изготовления головки блока цилиндров / Н. А. Черкашин, С. Н. Жильцов // Известия Самарской ГСХА. – Самара, 2015. – №3. – С. 46-49.
6. Межецкий, Г. Д. Механика образования трещин в деталях двигателей внутреннего сгорания при малоцикловом термоусталостном режиме / Г. Д. Межецкий, В. В. Чекмарев, Д. В. Межецкий // Вестник Саратовского ГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2009. – №10. – С. 54-58.
7. Бондаренко, С. И. Влияние формы графита на термическую стойкость чугуна [Электронный ресурс] / С. И. Бондаренко, И. П. Гладкий // Вестник ХНАДУ. – 2006. – №33. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-formy-grafita-na-termicheskuyu> (дата обращения: 28.04.2014).