

Лабораторная работа №1

«Исследование шатунных болтов двигателя ДВС ЯМЗ-236 с целью определения причин их разрушения»

Обстоятельства: При эксплуатации после ремонта двигатель ЯМЗ-236 вышел из строя: разрушение шатунных болтов, повреждение гильзы обрыв крышки шатуна, разрушение поршня, повреждение шатуна.

Задача исследования: Ответить на вопрос: *Какова причина разрушения шатунных болтов, представленной на исследование?*

При выполнении данного заключения использована научно-техническая, справочная и нормативная литература:

1. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: Учебник для вузов/ В.Н. Луканин, К.А. Морозов, М.Г. Шатров и др.; Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд. перераб. - М.: Высш. школа, 2007. – 479 с.

2. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование: Учебник для вузов/ В.Н. Луканин, И.В. Алексеев, М.Г. Шатров и др.; Под ред. В.Н. Луканина и М.Г. Шатрова. – 3-е изд. перераб. - М.: Высш. школа, 2007. – 400 с.

3. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей/ Под. Ред. А.С. Орлина и М.Г. Круглова. М.: Машиностроение, 1990. – 283 с.

4. Колчин А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей/ А. И. Колчин, В. П. Демидов. М.: Высш. шк., 2002. – 496 с.

5. Хрулев А.Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. Издательство «За рулем», 1999. - 440 с.

6. ГОСТ 2999-75 (СТ СЭВ 470-77). Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу (введен Постановлением Госстандарта СССР от 28.07.1975 N 1956).

7. ГОСТ Р 53557-2009 Автомобильные транспортные средства. Болты шатунные. Общие технические требования и методы испытаний

Термины и определения:

Предел прочности - механическое напряжение, выше которого происходит разрушение материала.

Предел выносливости - наибольшее напряжение, при котором материал в состоянии выдержать заданное большое число циклов нагружения.

Прочность – это способность конструкции выдерживать заданную нагрузку, не разрушаясь.

Разрушение - это нарушение целостности материала, при котором прекращается процесс упругой и пластической деформации.

Твёрдость - свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твёрдого тела, а также свойство более твёрдого тела проникать в другие материалы.

Усталость материала – постепенное накопление повреждений в материале под действием переменных напряжений, приводящих к образованию трещин в материале и разрушению.

Усталостное разрушение – разрушение материала под действием повторно-переменных напряжений.

Приборы, оборудование и инструменты, использованные при проведении исследования:

- фотоаппарат Nikon Coolpix P330;
- микротвердомер ПМТ – 3 (заводской номер 59001).

ИССЛЕДОВАНИЕ:

Для исследований были предоставлены:

- фрагменты разрушенных шатунных болтов, а также новые шатунные болты двигателя ЯМЗ-236 (фото 1, 2);
- поврежденный шатун двигателя ЯМЗ-236.



Фото 1 – Фрагменты шатунных болтов, представленных на исследование



Фото 2 – Новые шатунные болты, представленные на исследование



Фото 3 – Поврежденный шатун двигателя ЯМЗ-236

Исследование шатунных болтов проводилось в лабораториях ФГБОУ ВО «СибАДИ» в дневное время, при смешанном освещении, при нормируемых условиях по температуре и влажности воздуха.

При осмотре фрагментов разрушенных шатунных болтов (далее болтов), представленной для исследований, было установлено:

- 1) Болты имеют следы механических повреждений (обломы) (фото 4 а, б).



а)



б)

Фото 4 - Поверхности, образовавшиеся после разрушения болтов

В результате исследование поверхностей, образовавшихся после разрушения болтов, было определено:

- длинный болт имеет поверхность излома характерную для усталостного разрушения (присутствуют зоны прогрессивно растущей трещины и долома; имеется переходная зона между участком усталостного развития трещины и зоной долома);

- короткий болт имеет поверхность излома характерную для хрупкого разрушения (поверхность излома имеет кристаллическую шероховатую структуру).

2) На наружных поверхностях болтов имеются многочисленные риски – следы механической обработки.

При осмотре поврежденного шатуна, было установлено:

1) Шатун имеет следы значительных механических повреждений (пластические деформации) (фото 5 а, б);

2) Состояние рабочей поверхности нижней головки шатуна (сохранились следы хонингования поверхности) свидетельствует об отсутствии проворота вкладышей шатунного подшипника (фото б).



а)



б)

Фото 5 – Состояние верхней и нижней головок шатуна



Фото 6 - Состояние рабочей поверхности нижней головки шатуна

Для исследования прочностных свойств материала от фрагментов разрушенных шатунных болтов, а также новых шатунных болтов были отделены образцы (фото 7).



Фото 7 – Образцы для исследования

Для оценки прочностных свойств материала было произведено определение значения микротвердости материала отобранных образцов по методу Виккерса. Определение твердости проводилось в соответствии с ГОСТ 2999-75 (СТ СЭВ 470-77). "Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу".

Измерение микротвердости основано на вдавливании алмазного наконечника в форме правильной четырехгранной пирамиды в образец (изделие) под действием нагрузки P , приложенной в течение определенного времени, и измерении диагоналей отпечатка d_1 , d_2 , оставшихся на поверхности образца после снятия нагрузки.

Твердость определялась на подготовленных в соответствии с ГОСТ 2999-75 фрагментах образцов - микрошлифе (специально изготовленный образец для определения микроструктуры и микротвердости материала).

Для измерений использовался микротвердомер ПМТ – 3 (заводской номер 59001 (Фото 8, 9)).



Фото 8 - Микротвердомер ПМТ-3

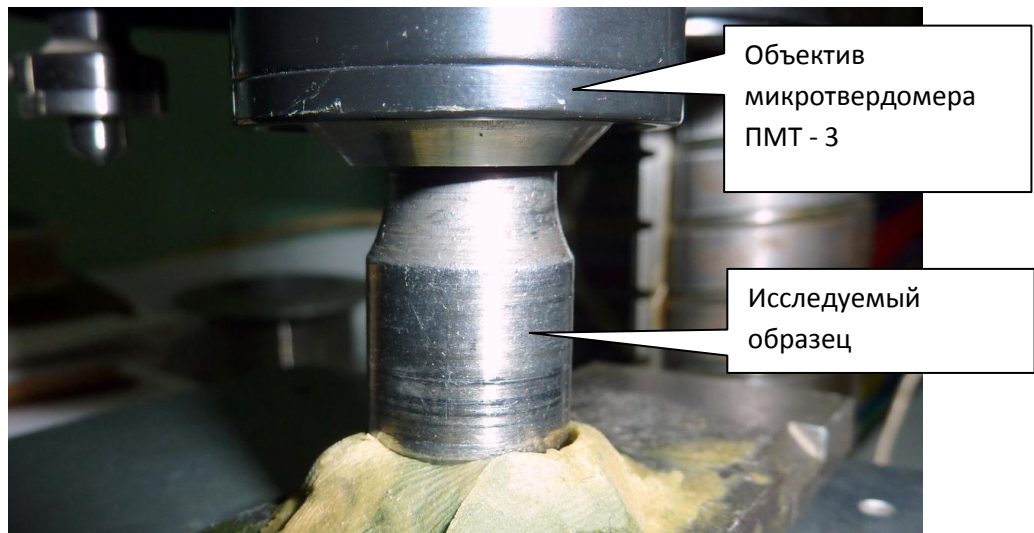


Фото 9 – Образец в процессе исследования

Обработка полученных результатов (Фото 10) проводилась по методике в соответствии с ГОСТ 2999-75 (СТ СЭВ 470-77).

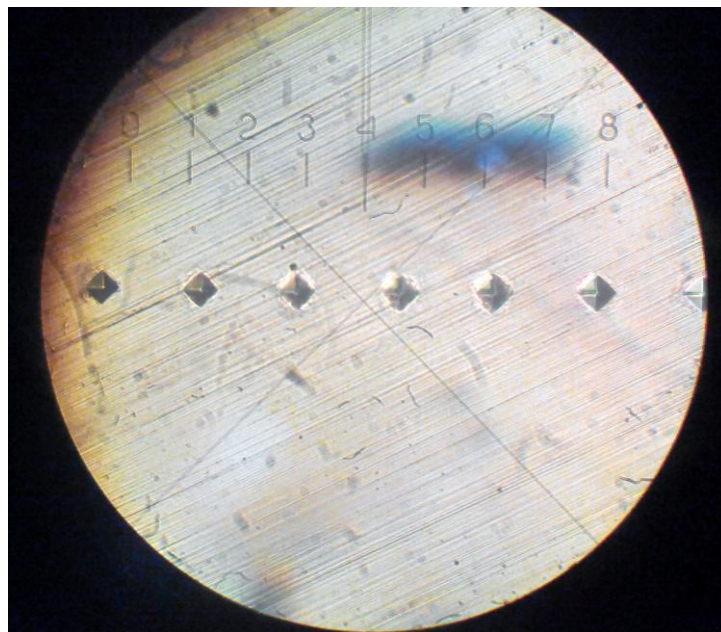


Фото 10 - Отпечаток на микрошлифе после вдавливания алмазной пирамидки.

Для определения твердости по Виккерсу берут среднее арифметическое значение длин обеих диагоналей (Рис. 1). Разность диагоналей одного отпечатка не должна превышать 2% от меньшей из них.

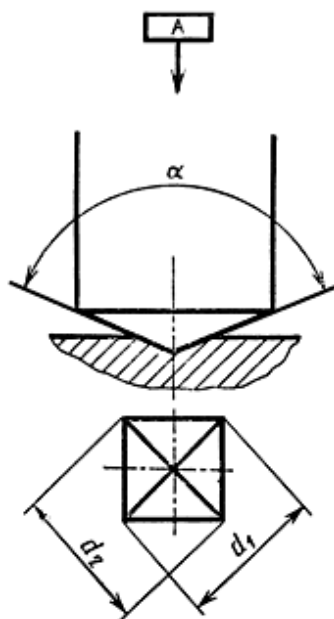


Рис 1. Отпечаток алмазной пирамидки.

Результаты измерений твердости приведены в таблицах 1, 2, 3.

В таблице 1 указаны:

D – контролируемая диагональ отпечатка алмазной пирамиды; (Рис.1);

H_{μ} – микротвердость по Виккерсу для нагрузки;

HRC – твёрдость по Роквеллу.

Таблица 1 - Результаты измерений микротвердости материала фрагмента разрушенного длинного болта

№ измерения	d	H_{μ}	Фактическая твердость, HRC	Заданная твердость, HRC
1	61	254	26	29 – 45 [7]
2	64	232	23	
3	63	239	24	
4	66	217	20	
5	66	217	20	
6	62	247	25	
7	62	247	25	
8	65	225	22	
9	66	217	20	
10	66	217	20	
			Среднее значение 22,5	

Таблица 2 - Результаты измерений микротвердости материала фрагмента разрушенного короткого болта

№ измерения	d	H _μ	Фактическая твердость, HRC	Заданная твердость, HRC
1	62	247	25	29 – 45 [7]
2	61	254	26	
3	62	247	25	
4	64	232	23	
5	64	232	23	
6	60	263	27	
7	65	225	22	
8	63	239	24	
9	64	232	23	
10	61	254	26	
			Среднее значение 24,4	

Таблица 3 - Результаты измерений микротвердости материала нового болта

№ измерения	d	H _μ	Фактическая твердость, HRC	Заданная твердость, HRC
1	58	290	29	29 – 45 [7]
2	58	290	29	
3	59	271	28	
4	57	293	31	
5	60	263	27	
6	57	293	31	
7	55	314	34	
8	57	314	31	
9	58	290	29	
10	57	314	31	
			Среднее значение 30	

Определённое значение твёрдости материала фрагментов разрушенных болтов ниже требуемого, следовательно материал фрагментов разрушенных болтов пониженными прочностными характеристиками, в том числе пониженными пределом прочности и пределом выносливости.

Шатунные болты при работе ДВС подвергаются воздействию значительной периодической многократно повторяющиеся (циклической) нагрузки, вызывающей появление в материале болтов повторно-переменных напряжений. Если величина повторно-переменных напряжений будет

превышать предел выносливости, то по прошествии какого-то промежутка времени произойдет усталостное разрушение болтов. Следует отметить, что наличие на поверхности детали механических дефектов – риск значительно снижает усталостную прочность.

Вывод: Поломка длинного шатунного болта произошла в результате усталостного разрушения материала, вследствие его недостаточной прочности и наличия на поверхности риск – следов механической обработки. Поломка короткого шатунного болта произошла под действием на данный болт усилия, превышающих предельно – допустимое значение вследствие поломки длинного шатунного болта.