

**Общество с ограниченной ответственностью
«АБО»**

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБ УГОЛОВНОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Мне, эксперту ООО «АБО» [REDACTED], имеющему высшее образование с присуждением степени магистра техники и технологии по направлению «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств», степень кандидата технических наук по направлению «Технология машиностроения», ученое звание доцента по специальности «Технология машиностроения», стаж работы по специальности с 2007 года, стаж работы экспертом с 2010 года, разъяснены и понятны права и обязанности эксперта, предусмотренные ст. 85 ГПК РФ, ст. 16, 17 ФЗ РФ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации». Об ответственности за дачу заведомо ложного заключения по ст. 307 УК РФ предупрежден.

04.10.2018г.

Эксперт [REDACTED]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТА [REDACTED]

Вопросы, поставленные на разрешение эксперта:

Какова причина образования дефекта наружного кольца роликового подшипника ([REDACTED] №8021)?

Является ли данный дефект следствием производственного характера (возникший в процессе изготовления), либо вызван ненадлежащей эксплуатацией объекта исследования?

ВВЕДЕНИЕ

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.

Настоящая экспертиза проводилась [REDACTED] при естественном освещении.

1. Используемые инструменты и оборудование:

1. Штангенциркуль по [ГОСТ 166-89](#) «Штангенциркули. Технические условия» длиной 370 мм, ценой деления 1 мм, допустимой погрешностью $\pm 0,05$ мм.
2. Линейка измерительная по ГОСТ 427-75 «Линейки измерительные металлические. Технические условия» длиной 155 мм, ценой деления 1мм, допустимой погрешностью $\pm 0,60$.
3. Микроскоп по ГОСТ 8074-82 «Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования».
4. Рулетки пятиметровой измерительной металлической. Соответствует ГОСТ 75502-98 «Рулетки измерительные металлические. Технические условия». Свидетельство о поверке №217412 от 24.06.2015г.
5. Зеркальный фотоаппарат Canon EOS 1100D.

2. Перечень используемой литературы:

1. ГОСТ 22975-78 Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Роквеллу при малых нагрузках (по Супер-Роквеллу) (с Изменениями N 1, 2).
2. ГОСТ 801-78 Сталь подшипниковая. Технические условия.
3. ГОСТ 520-71 Подшипники шариковые и роликовые. Технические требования.
4. ТУ ВНИИШШ 048-1-00 Подшипники качения для железнодорожного подвижного состава. Подшипники шариковые, роликовые цилиндрические и сферические. Технические условия.

3. Для проведения товароведческой экспертизы предоставлено:

1. Наружное кольцо роликового подшипника ([REDACTED] №8021).

4. Метод исследования: органолептический, оптический, измерительный, химический.

5. Используемые программы: Для обработки, полученных изображений использовался программный комплекс ACDSSee Pro 9.1.0.453 (x64).

6. Исследовательская часть:

Общие сведения о роликовом подшипнике.

Подшипник — сборочный узел, являющийся частью опоры или упора и поддерживающий вал, ось или иную подвижную конструкцию с заданной жёсткостью. Фиксирует положение в пространстве, обеспечивает вращение, качение с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передаёт нагрузку от движущегося узла на другие части конструкции. Имеет длительный срок эксплуатации.

Подшипник состоит:

- тело качения (роликовые подшипники);
- сепаратор;
- сальник;
- наружное кольцо;
- внутреннее кольцо.



Рисунок 1 – Устройство подшипника

Перед процессом проверки наружного кольца подшипника была произведена настройка и проверка измерительных приборов по ГОСТ 166-89, ГОСТ 427-75.

При проведении исследований использовалась экспертная методика, в которую входит совокупность методов, приемов и технических средств, применяемых в определенной последовательности при исследовании объектов и их свойств данного рода исследований при решении ее специфических задач.

При внешнем осмотре наружного кольца подшипника на момент проведения экспертизы обнаружены:

- следы эксплуатации на внутренней поверхности наружного кольца подшипника;
- усталостное выкрашивание материала на внутренней поверхности наружного кольца подшипника (рисунок 2);
- пятна цветов побежалости, расположенные на внутренней поверхности наружного кольца подшипника (рисунок 2);
- следы начальной стадии коррозии металла на внешней поверхности наружного кольца подшипника (рисунок 2).

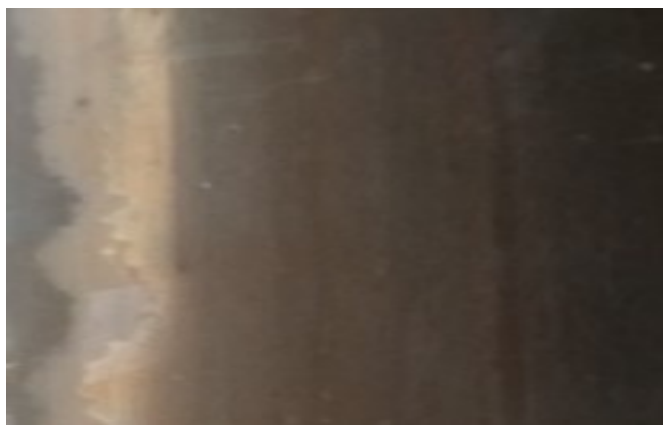
Оценка характера разрыва и его причин выполнялась с помощью исследовательского микроскопа CARL ZEISS AXIO OBSERVER Z1M инвертированного для работы в отраженном свете



а) усталостное выкрашивание материала на внутренней поверхности наружного кольца подшипника



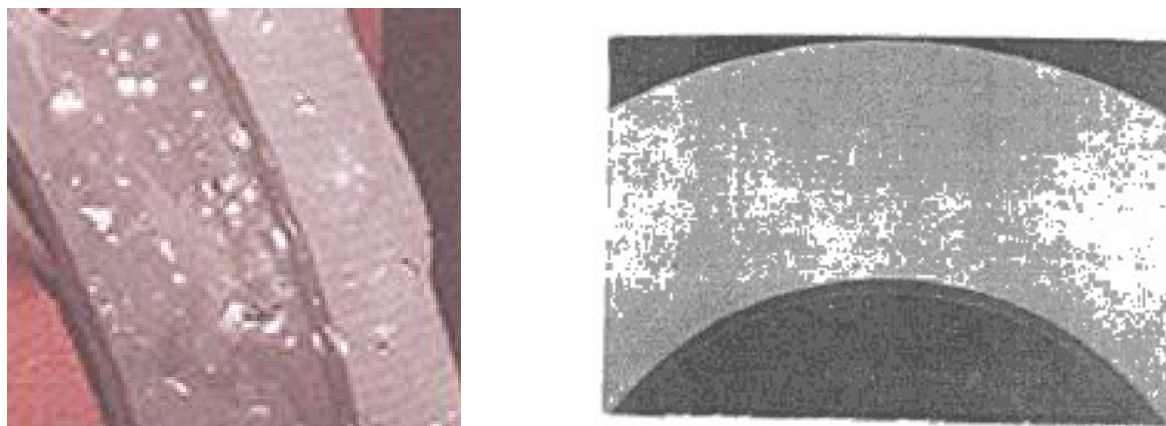
б) следы начальной стадии коррозии металла на внешней поверхности наружного кольца подшипника



в) пятна цветов побежалости, расположенные на внутренней поверхности наружного кольца подшипника

Рисунок 2 – Наружное кольцо подшипника

Расслоение подшипника - естественная причина разрушения подшипников, правильно смонтированных и используемых. Если давление Герца не превышает 2000 N/mm, подшипники имеют срок службы, практически обусловленный только смазкой и чистотой. В действительности давление между элементами качения и кольцами обычно составляет от 3 000 до 3 500 N/mm и усталостные повреждения подшипника, чередуясь с напряжениями на сдвиг, приводят к расслоению металла. Проведенные исследования подтверждают пагубное влияние на усталость подшипников неметаллических включений в сталь, в частности: нерастворимые карбиды, остатки окислов и сернистых соединений, шлаки, попавшие при плавке (рисунок 3).



а - газовые включения и пористость внутри материала б - точечная неоднородность и дефекты макроструктуры

Рисунок 3 – Микроструктура внутренней поверхности наружного кольца подшипника при многократном увеличении

Выкрашивание (расслоение) - процесс длительный, который ускоряется, в той или иной степени, после появления первых трещинок. Локализованное и преждевременное выкрашивание характеризует такие аномалии, как неоднородность структуры материала, перегрузка, дефекты кристаллической решётки, плохая геометрия посадочного гнезда.

Усталостное разрушение является следствием переменных напряжений сдвига непосредственно под поверхностью качения в зоне действия нагрузки. Эти напряжения обуславливают образование трещин, которые постепенно распространяются к поверхности. Когда по таким трещинам перекатываются тела качения, происходит отделение частиц материала. Такой процесс характеризуется образованием усталостных раковин, который со временем прогрессирует до тех пор, пока подшипник становится непригодным для работы.

Длительное воздействие на металл повторно–переменных напряжений приводит к образованию трещин и разрушению при напряжении ниже предела текучести. Постепенное накопление повреждений в металле под действием циклических нагрузок, приводит к образованию трещин и разрушению, называется усталостью. Усталостное выкрашивание обладает специфическими признаками и можно выделить три зоны:

- место зарождения трещины;
- зона стабильного развития трещины, которая чаще всего характеризуется линиями усталости, представляющие собой примерно концентрические контуры. Фокус этих контуров находится в месте зарождения усталостной трещины. Поверхность этой зоны гладкая, притертая. Такой характер поверхности является результатом наклёпа, вызываемого повторяющимися нажатиями двух поверхностей трещины одна на другую или их взаимным трением при перемене знака напряжения.
- зона долома – результат заключительной стадии усталостного разрушения, протекающий хрупкому механизму. Соответственно излом в этой зоне имеет волокнистый

или кристаллический вид (рисунок 3).



а – характерный вид усталостного излома

б – схема усталостного излома

Рисунок 3 - Усталостный излом

Наиболее характерной деталью поверхности излома являются линии усталости в зоне стабильного развития трещины. Отдельные линии характеризуют последовательное расположение фронта трещины, где происходят задержки при её распространении в металле. Линии остановки фронта трещины могут образовываться в результате:

- изменения величины циклических нагрузок;
- избирательного окисления или коррозии отдельных зон поверхности излома;
- небольшой местной пластической деформации в области высокой концентрации напряжений у вершины трещины.

Расположение линий усталости и величина промежутков между ними могут быть использованы для качественной оценки скорости распространения трещин.

Наличие значительных размеров каждой трех зон усталостного излома позволяет судить о низкой скорости распространения трещины и значительных временных интервалах.

Появление цветов побежалости и характер пятен на внутренней поверхности наружного кольца подшипника свидетельствует о схватывании поверхностей. Возникновению схватывания в данном случае способствовало ослабление посадки из-за усталостного выкрашивания материала кольца, что способствовало увеличению момента сопротивления в подшипнике и возникновению перегрева подшипника выше допустимой температуры. Цвета побежалости представляют собой окисную плёнку, образующуюся при многократном нагревании подшипника.

Коррозия подшипника проявляется в виде пятен от красного до черного цвета, затем в виде зон начального процесса отслоения материала. Причиной данных дефектов может быть химическое воздействие окисленного масла, агрессивных продуктов окружающей среды, электрохимической реакции с образованием ржавчины от чрезмерной конденсации.

Причины возникновения дефектов:

- расслоение поверхностного слоя со стороны внутренней поверхности наружного кольца подшипника, выкрашивание (расслоение). Причина производственный дефект в микроструктуре поверхностного слоя со стороны внутренней поверхности наружного кольца подшипника, сопровождающийся выкрашивание поверхностного слоя материала в местах, где сконцентрированы не металлические включения в сталь, в частности: нерастворимые карбиды, остатки окислов и сернистых соединений, шлаки, попавшие при плавке.

- цвета побежалости. Причина ослабление посадки из-за наличия пористости в

микроструктуре материала поверхностного слоя со стороны внутренней поверхности наружного кольца подшипника, что привело к усталостному выкрашиванию материала кольца, а также способствовало увеличению момента сопротивления в подшипнике и возникновению перегрева подшипника свыше допустимой температуры.

- следы начальной стадии коррозии металла на внешней поверхности наружного кольца подшипника.

Выявленные дефекты:

- расслоение поверхностного слоя со стороны внутренней поверхности наружного кольца подшипника, выкрашивание (расслоение) и цвета побежалости **относится к производственным (возникшим в процессе изготовления);**

- следы начальной стадии коррозии металла на внешней поверхности наружного кольца подшипника **относится к непроизводственным.**

8. ВЫВОДЫ:

8.1. Какова причина образования дефекта наружного кольца роликового подшипника (36- [REDACTED] №8021)?

Причина образования дефектов:

- производственный дефект в микроструктуре поверхностного слоя со стороны внутренней поверхности наружного кольца подшипника, сопровождающийся выкрашиванием поверхностного слоя материала в местах, где сконцентрированы неметаллические включения в сталь, в частности: нерастворимые карбиды, остатки окислов и сернистых соединений, шлаки, попавшие при плавке;

- ослабление посадки из-за наличия пористости в микроструктуре материала поверхностного слоя со стороны внутренней поверхности наружного кольца подшипника, что привело к усталостному выкрашиванию материала кольца, а также способствовало увеличению момента сопротивления в подшипнике и возникновению перегрева подшипника свыше допустимой температуры;

8.2. Является ли данный дефект следствием производственного характера (возникший в процессе изготовления), либо вызван ненадлежащей эксплуатацией объекта исследования?

Выявленные дефекты:

- расслоение поверхностного слоя со стороны внутренней поверхности наружного кольца подшипника, выкрашивание (расслоение) и цвета побежалости **относится к производственным (возникшим в процессе изготовления);**

- следы начальной стадии коррозии металла на внешней поверхности наружного кольца подшипника **к непроизводственным.**

Эксперт

Н.И. [REDACTED]