



LIT-11661-00-PF

Руководство по идентификации неисправностей деталей

©2001 Yamaha Motor Corporation, США.

Апрель 2001

Все права защищены. Любая перепечатка
или несанкционированное использование

без письменного разрешения
Yamaha Motor Corporation, США.
строго запрещены.

*Технические характеристики, функции
и опции подлежат изменению
без специального уведомления.*

01-136

К ЧИТАТЕЛЮ

В данном руководстве приведено множество примеров неисправностей деталей. Каждый рисунок сопровождается объяснениями и описанием возможных причин неисправности. Приведенные причины неисправностей **необязательно являются единственными условиями, вызвавшими данную неисправность детали**. При анализе неисправностей обязательно рассматривайте все факторы, касающиеся эксплуатации и технического обслуживания машины.

Большинство приведенных неисправностей являются вторичными, то есть эти неисправности могли быть вызваны каким-либо другими проблемами. **Обязательно старайтесь найти первоначальную проблемную область при диагностике неисправности отказавшей детали**. Помните, что данное руководство не может помочь вам выявить все причины неисправностей деталей.

УВЕДОМЛЕНИЕ

Информация на указанных ниже страницах воспроизведена на основании разрешения Deree & Company, с1994 Deree & Company. Все права защищены.
Страницы I-1-8, II-1~6, IV-1~15, V-1~5, VI-1~16

I. СОДЕРЖАНИЕ

I. ПОРШНИ, КОЛЬЦА, ЦИЛИНДРЫ

Введение.....	I-1
Идентификация неисправностей поршней	I-1
Детонация	I-1
Преждевременное зажигание	I-2
Задирание и заедание.....	I-3
Идентификация неисправностей колец.....	I-4
Износ	I-4
Обкалывание	I-5
Задирание и заедание.....	I-5
Разрыв	I-6
Прилипание.....	I-6
Идентификация неисправностей цилиндров	I-7
Износ	I-7
Химическая коррозия	I-7
Царапины	I-8
Разные неисправности – поршни, кольца, цилиндры.....	I-9

II. ОПОРНЫЕ ПОДШИПНИКИ

Введение.....	II-1
Загрязнение	II-1
Недостаток смазки.....	II-2
Перекус	II-4
Перегрузка	II-5
Коррозия.....	II-6

III. КЛАПАННАЯ ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА

Введение.....	III-1
Идентификация неисправностей клапанов.....	III-1
Деформация седла клапана	III-1
Отложения на клапанах	III-2
Слишком малый зазор кулачка.....	III-3
Прогорание клапана	III-3
Эрозия	III-4
Тепловая усталость	III-4
Точечная коррозия.....	III-4
Разломы	III-5
Износ	III-6
Разные неисправности – клапанная зубчатая передача.....	III-7
Смещение седла клапана	III-7
Коробление клапана.....	III-7
Износ качающегося рычага.....	III-7
Износ распределительного вала	III-8

IV. НЕИСПРАВНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И СВЯЗАННЫХ С НИМИ ДЕТАЛЕЙ

Введение.....	IV-1
Терминология зубчатых колес.....	IV-1
Общие категории неисправностей.....	IV-2
Износ	IV-2
Точечная коррозия, растрескивание, разрушение корпуса	IV-4
Усталость	IV-7
Ударная нагрузка.....	IV-10
Образование волнистой, гребневидной поверхности, пластическая деформация.....	IV-10

Сочетание эффектов	IV-12
Особые категории неисправностей	IV-13
Зубья кольцевого зубчатого колеса	IV-13
Кольцевое зубчатое колесо и ведущая шестерня.....	IV-14
Ведущая шестерня.....	IV-14
Промежуточный вал реверса трансмиссии	IV-15
Разные неисправности – зубчатые колеса и связанные с ними детали	IV-16
Сломанные зубья зубчатого колеса	IV-16
Сломанное зубчатое колесо	IV-16
Закругленные зацепляющие захваты зубчатого колеса	IV-16
Вилка переключения передач	IV-17
Ось переключения передач	IV-17

V. ВАЛЫ, КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ, ШАТУНЫ, ОСИ, УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ШАРНИРЫ

Введение.....	V-1
Общие неисправности	V-1
Перегрузка	V-1
Усталость при кручении	V-2
Жесткие условия эксплуатации	V-2
Ударные нагрузки	V-3
Трансмиссионный вал.....	V-4
Шпиндели.....	V-4
Неисправности универсальных шарниров	V-5
Усталость	V-5
Сломанные цапфы.....	V-5
Разные неисправности – валы, оси, шатуны	V-6
Универсальная ведущая ось	V-6
Ведущий вал.....	V-6
Сломанный шатун	V-7
Повреждение подшипника нижней головки шатуна.....	V-7
Повреждение поверхности подшипника верхней головки шатуна.....	V-7
Повреждение резьбы коленчатого вала	V-8

VI. АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПОДШИПНИКИ

Введение.....	VI-1
Загрязнение	VI-1
Неправильная смазка	VI-3
Неправильная установка	VI-5
Небрежное обращение	VI-7
Перекос	VI-10
Жесткие условия эксплуатации.....	VI-10
Вибрация.....	VI-11

VII. РАЗРУШЕНИЕ БОЛТОВ И ГАЕК ПРИ СБОРКЕ

Перекручивание болта	VII-1
Истирание резьбы	VII-1
Разрушение при растяжении	VII-1
Усталость	VII-2
Ослабление затяжки после сборки	VII-2
Истирание сопряженных деталей	VII-3
Разрушение при сдвиге.....	VII-3
Разрушение болта/гайки	VII-4
Расширение гайки	VII-4

I. ПОРШНИ, КОЛЬЦА, ЦИЛИНДРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Поршни, поршневые кольца и цилиндры являются важнейшими деталями двигателя:

- Поршни принимают силу сгорания и передают ее на коленчатый вал.
- Цилиндры направляют поршень.
- Поршневые кольца образуют газонепроницаемое уплотнение между поршнем и цилиндром.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПОРШНЕЙ

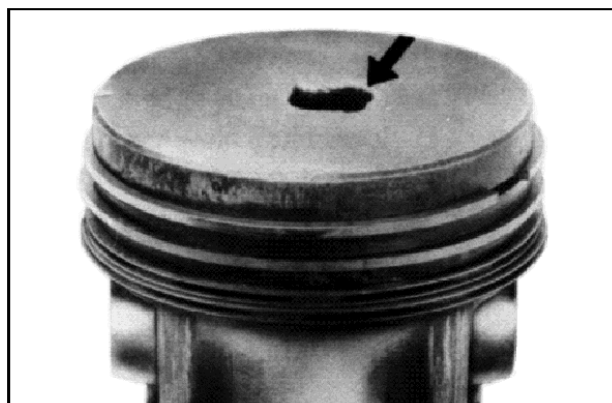
Основными причинами неисправностей поршней в бензиновых двигателях являются:

- Детонация
- Преждевременное зажигание
- Недостаток смазки
- Коррозионный износ
- Физическое повреждение поршней
- Всасывание грязи

Детонация

Детонация – это неконтролируемое сгорание, сопровождаемое потерей мощности и непроизводительным расходом энергии. Повреждения поршней вследствие детонации случаются часто.

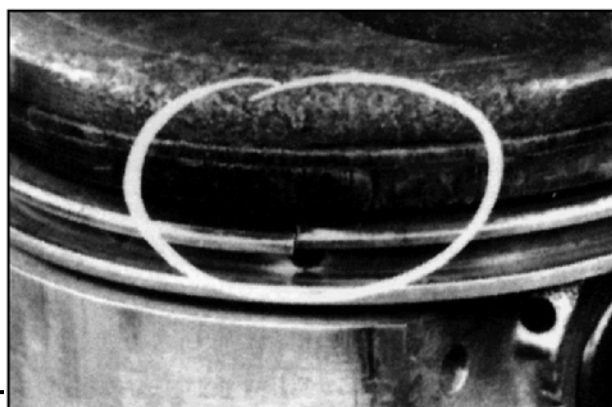
Эти поршни были повреждены в результате детонации. Вызываемые ударными давлениями, повреждения поршней обычно представляют собой разломы в головке поршня или в юбке поршня и области поршневого пальца (большие стрелки).



Заметная детонация происходит, когда топливо в цилиндре воспламеняется слишком рано или сгорает слишком быстро или неравномерно. Возникающий в результате этого «стук» может вызвать прогорание поршня, изнашивание верхней бороздки или разрыв или прилипание кольца.

Причины детонации:

- Бедная топливовоздушная смесь
- Слишком низкое октановое число топлива
- Слишком раннее время зажигания
- Перегрузка двигателя или чрезмерное количество топлива в камере сгорания
- Отказ системы охлаждения (перегрев)



Преждевременное зажигание

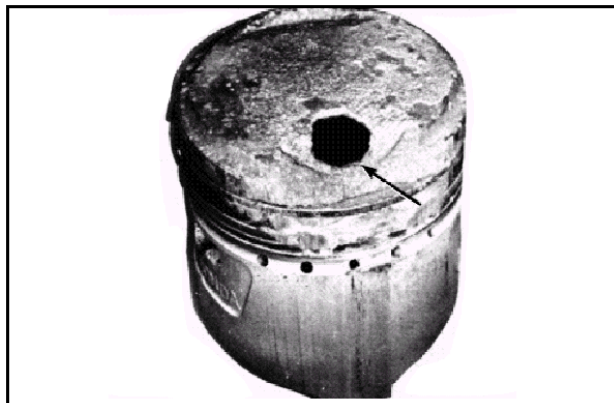
Это явление происходит, когда топливо воспламеняется до появления искры. В результате этого часть топлива сгорает, пока поршень еще только поднимается во время хода сжатия. Горящее топливо сжимается и перегревается под действием поршня и в ходе дальнейшего сгорания. Температура может быть настолько высокой, что детали двигателя начинают плавиться.

Эти поршни были повреждены чрезмерным нагревом в результате преждевременного зажигания. Из-за высокой температуры преждевременного зажигания поршень прогорел и расплавился. Повреждены могут быть головка поршня, контактные площадки колец или и то и другое. Повреждение обычно выглядит так, как будто головку поршня обрабатывали паяльной лампой, доведя ее до расплавления или до появления вздутий.



Причины преждевременного зажигания:

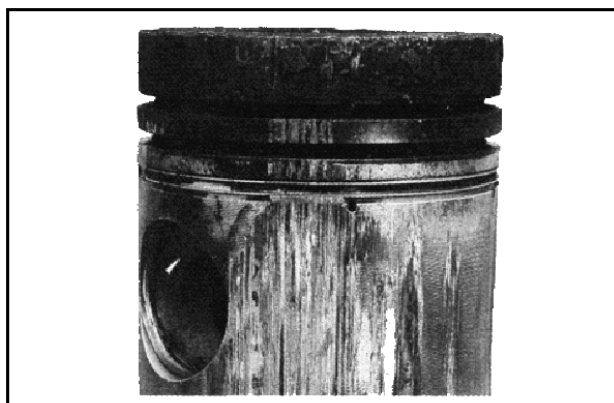
- Углеродистые отложения, достаточно горячие, чтобы преждевременно воспламенить топливо
- Перегрев
- Работа клапанов при слишком высокой температуре вследствие чрезмерного зазора направляющих, неисправности седел или неправильной регулировки
- Участки перегрева, возникшие в результате повреждения колец
- Неправильный тепловой диапазон свечей зажигания
- Незакрепленная свеча зажигания
- Материал теплоизолирующей прокладки выдается в камеру сгорания
- Выступы в камере сгорания, вызывающие возникновение участков перегрева



Задирание и заедание

Задирание и заедание (адгезионный износ) вызывается чрезмерным нагревом. Когда при трении двух металлических деталей температура достигает точки сварки, небольшая часть, или «горячее пятно», металла выталкивается и отлагается на менее нагретой поверхности.

Задирание оставляет на поверхности колец и поршней и стенках цилиндров обесцвеченные участки. Задирание начинается как небольшое нарушение поверхности. Если его следы не удаляются, задирание распространяется и становится более глубоким и заметным. В этом случае оно называется заеданием. Любое состояние двигателя, при котором трущиеся детали нагреваются до точки сварки, или которое предотвращает передачу тепла от поверхностей этих деталей, вызывает задирание.



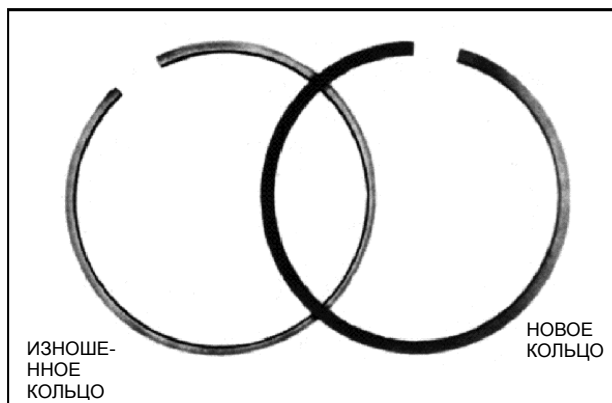
Ниже перечислены возможные причины задирания и заедания:

- Неправильный прогрев
- Не работает система смазки/Недостаток масла в бензине – для двигателей с предварительным смешением
- Закупорка системы охлаждения
- Детонация и преждевременное зажигание
- Перегрузка двигателя

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КОЛЕЦ

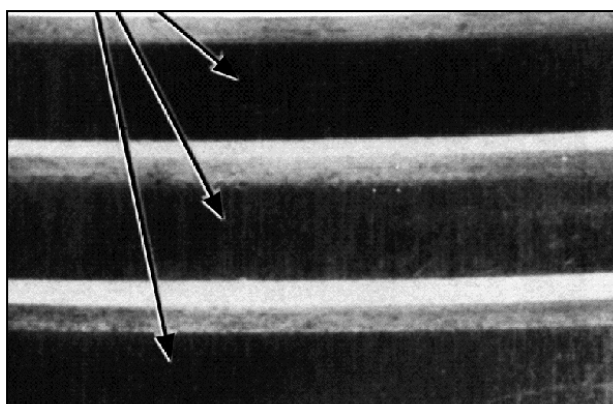
Износ

Слева показано сильно изношенное компрессионное кольцо. Справа – новое кольцо. Изношенное кольцо тоньше нового.



Вертикальные полосы на передней поверхности колец вызваны твердыми частицами, взвешенными в воздухе (такими как песок), или оставленными в двигателе при его переборке.

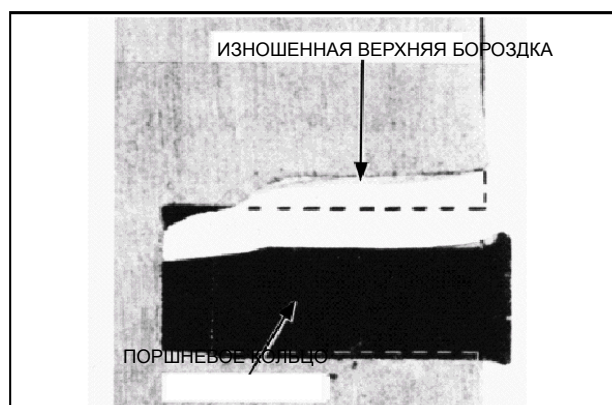
Если источник твердых частиц, вызывающих износ, не будет найден и устранен, срок службы нового комплекта колец будет коротким.



На данной фотографии изображены направляющие маслосъемного кольца, изношенного до стальной расширительной прокладки, а также значительный износ прокладки. Прокладка может изнашиваться подобным образом только в результате контакта со стенкой цилиндра. Такое изношенное маслосъемное кольцо больше не может обеспечивать контроль масла.

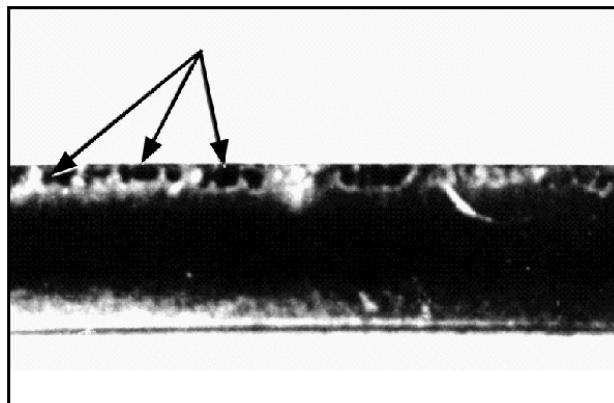


Многие алюминиевые поршни, снятые для переустановки колец, имеют чрезмерно изношенные верхние бороздки. Этот участок изнашивается больше всего, поскольку он подвержен максимальной теплоте и давлению сгорания, а также воздействию попадающих в двигатель из воздуха твердых частиц, вызывающих износ. Проверьте состояние поршня, прежде чем продолжать его использование. Смотрите руководство по техническому обслуживанию для получения технических данных.



Обкалывание

Хром может скалываться с колец вследствие небрежного обращения или использования неподходящих кольцевых компрессоров. Скалывание также может происходить в процессе эксплуатации в результате неполного сгорания.

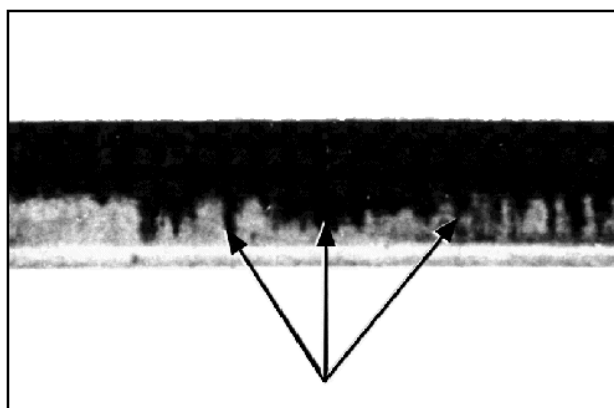


Задирание и заедание

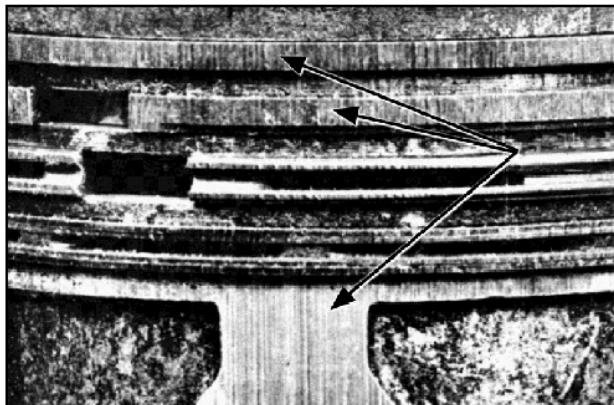
Задирание колец сходно с задиранием поршней. Небольшое количество материала колец снимается и прилипает к гильзе цилиндра.

Причины задирания и заедания:

- Перегрев вследствие неисправности системы охлаждения
- Недостаток смазки цилиндра
- Неправильное сгорание
- Неправильные или недостаточные зазоры подшипников или поршней
- Неправильная приработка
- Протечка охладителя в цилиндр
- Чрезмерное количество топлива в камере сгорания



Заедание – это более серьезная форма задирания. Задирки образуются как на кольцах, так и на поршнях. Когда между двумя беговыми поверхностями происходит контакт металлических частей и температура одной из этих поверхностей достигает точки сварки материала, в результате возникает заедание.

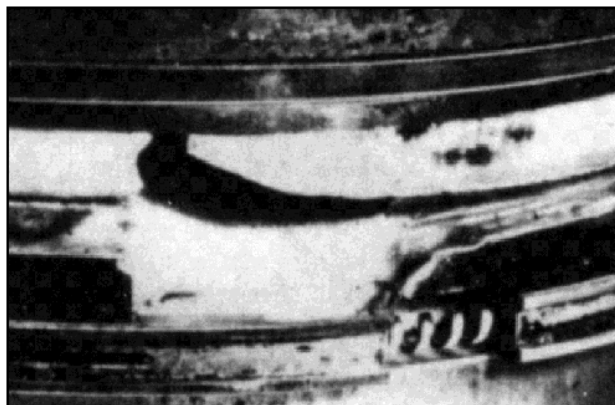


Разрыв

Когда кольцо разрывается, его части колеблются в бороздках, вызывая сильную эрозию контактной площадки и задираание на головке или юбке поршня. Разорванное кольцо вызвало эрозию второй и третьей контактных площадок, которые выглядят так, как будто они «растаяли».

Одной из главных причин разрыва кольца является неправильная установка. Разрыв кольца также происходит, когда бороздка слишком сильно изношена, слишком широка или заполнена нагаром.

В двухтактных двигателях разрыв кольца может быть вызван захватыванием кольца в проходе, вращением вследствие износа или неисправностью штифта локатора кольца.

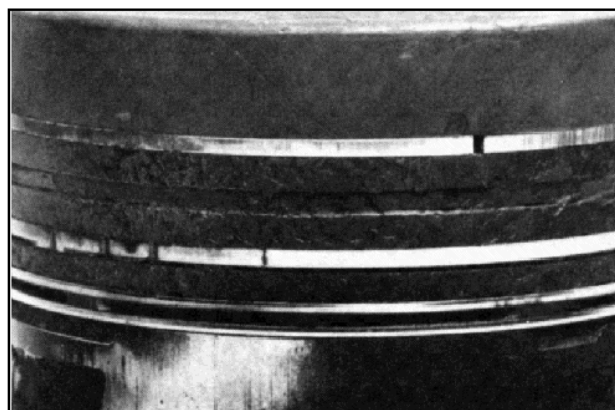


Прилипание

Отложения, возникшие вследствие чрезмерного нагрева, неполного сгорания топлива, низкого качества топлива и избытка смазочных масел, собираются в области поршневого кольца. Повреждение кольца обычно происходит, когда эти отложения затвердевают и вызывают прилипание колец в бороздках.

Когда кольца полностью застревают, они часто разрываются.

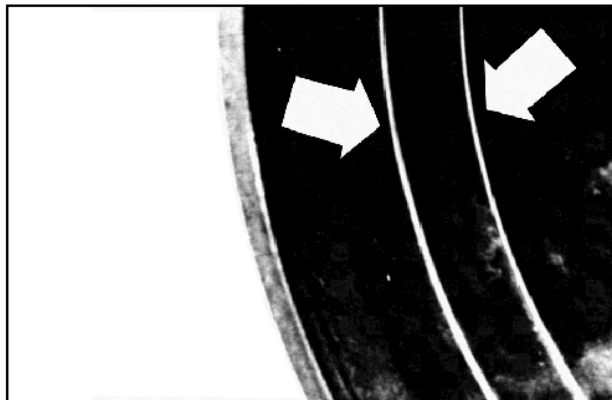
Отложения на верхних кольцевых бороздках вызывают прилипание, задираание и заедание, потому что они препятствуют поступлению масла и захватывают металлические частицы, которые вызывают изнашивание поршня.



ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЦИЛИНДРОВ

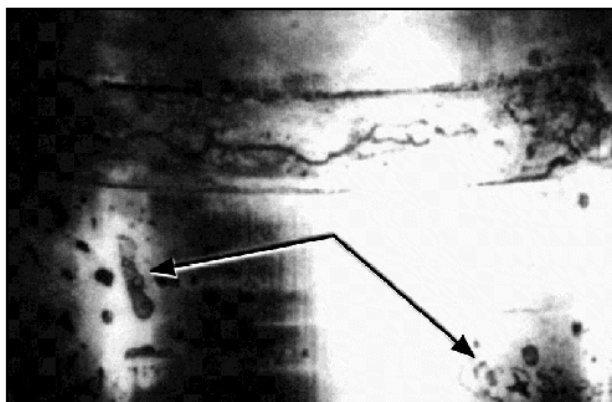
Износ

На использованных гильзах часто бывают видны стадии износа. Обычно цилиндр следует заменять при наличии такого износа. Гильзы цилиндра не поставляются отдельно. Если зазор между поршнем и гильзой цилиндра соответствует техническим требованиям и если гильза не имеет других повреждений, цилиндр можно продолжать использовать.

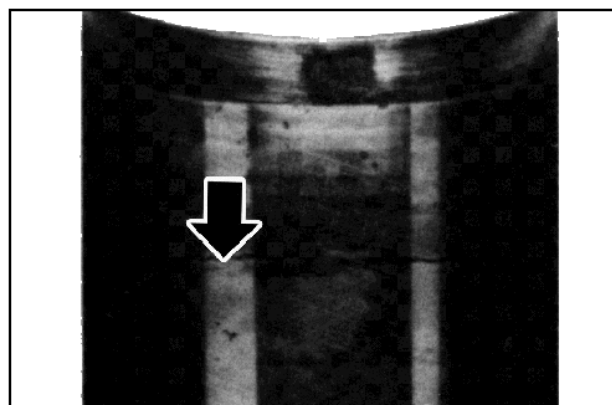


Химическая коррозия

Видны отчетливые следы травления (коррозии) в зоне движения кольца на поверхности износа. Они являются результатом коррозионного действия охладителя. Обычно на поршне образуются задиры, прежде чем появляются следы коррозии.

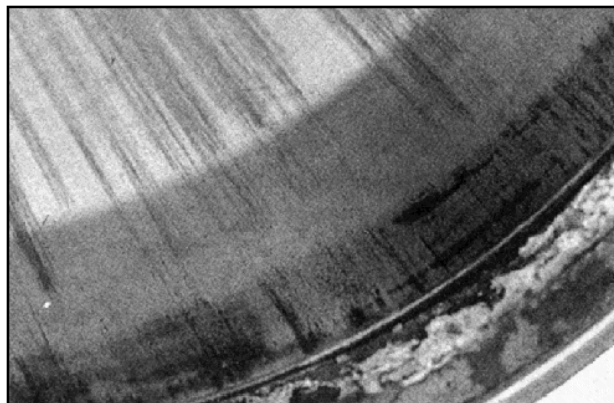


Эта хорошо видимая трещина представляет собой след химической коррозии.



Царапины

Царапины возникают при попадании в двигатель частиц грязи. Во время работы двигателя частицы грязи двигаются между гильзой и поршневыми кольцами, вызывая появление царапин. Это явление обычно возникает вследствие недобросовестного или неправильного технического обслуживания воздушного фильтра или непрочных или поврежденных соединений входного тракта.

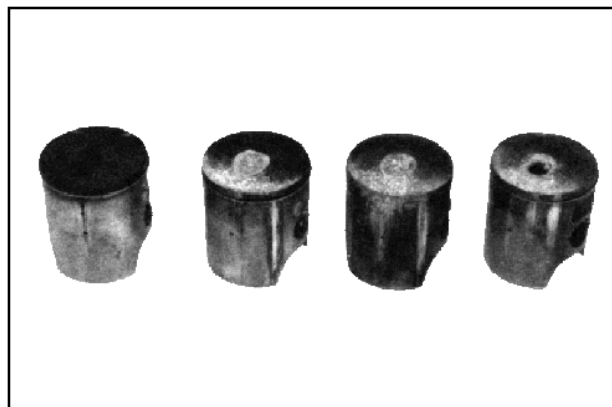


РАЗНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ – ПОРШНИ, КОЛЬЦА, ЦИЛИНДРЫ

Перегрев

На этих фотографиях показаны головки поршней, подвергшиеся перегреву и расплавлению. Этот тип повреждений обычно может быть отнесен к преждевременному зажиганию и вызывается следующими причинами:

- Слишком раннее время зажигания
- Утечка воздуха во входном тракте двигателя
- Слишком слабое впрыскивание в карбюратор



Вертикальные царапины

На этой фотографии показаны вертикальные царапины на поршне без следов заклинивания. Алюминий имеет бледный цвет. Этот тип повреждений обычно вызывается попаданием посторонних материалов, таких как грязь или песок, вследствие плохой фильтрации всасываемого воздуха.

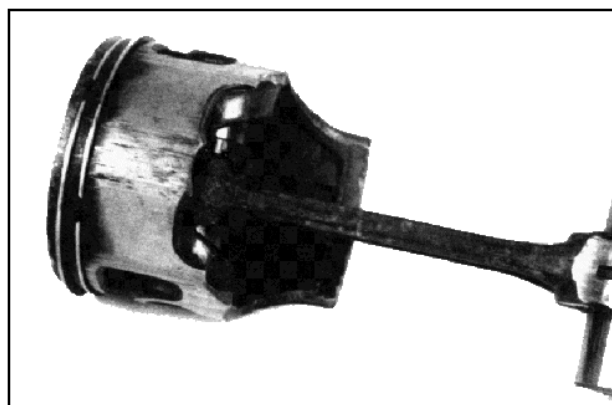


Разлом поршня

На этой фотографии показан разлом входной юбки поршня.

Этот вид повреждения может быть вызван слишком большим зазором между поршнем и цилиндром, в результате которого поршень может раскачиваться из стороны в сторону в цилиндре. Возможные причины:

- Всасывание посторонних предметов или материалов (грязь, песок, вода)
- Неправильная расточка цилиндра
- Поршень слишком сильно изношен, и его следовало заменить раньше



Эрозия

На этой фотографии показана чрезмерная эрозия поршня на стороне выпуска. Обычно это вызывается следующими причинами:

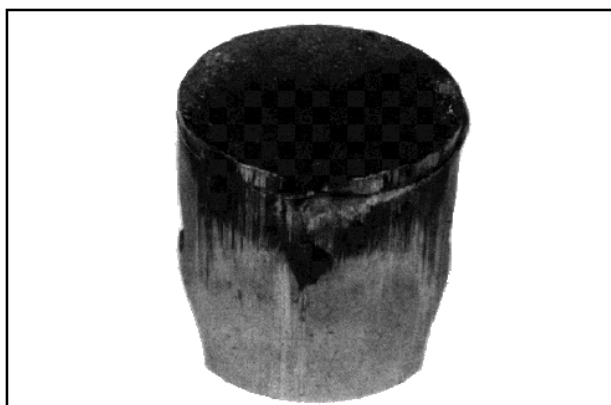
- Слабая карбюрация
- Попадание воздуха в двигатель (утечка воздуха)
- Слишком раннее время зажигания



Заклинивание поршня (следы заклинивания на стороне выпуска и разрушенная контактная площадка кольца)

На этой фотографии показаны глубокие следы заклинивания на стороне выпуска и сильно разрушенные контактные площадки колец. Эти повреждения обычно вызываются следующими причинами:

- Слабая карбюрация
- Попадание воздуха в двигатель (утечка воздуха)
- Слишком раннее время зажигания



Заклинивание поршня 4-тактного двигателя

На этой фотографии показаны следы заклинивания поршня 4-тактного двигателя. Это повреждение обычно вызывается перегревом поршня вследствие следующих причин:

- Блокировка охлаждающих ребер или отказ системы охлаждения
- Слишком слабое впрыскивание в карбюратор
- Слишком раннее время зажигания
- Неисправность системы смазки



Захват торца поршневого кольца в выпускное отверстие (2-тактный двигатель)

На этой фотографии показан захват торца поршневого кольца в выпускное отверстие, в результате чего повреждены поршень и цилиндр.

Этот тип повреждения обычно вызывается смещением штифта локатора поршневого кольца, в результате чего кольцо вращается. Смещение штифта локатора может быть вызвано продолжительной работой двигателя на высоких оборотах.

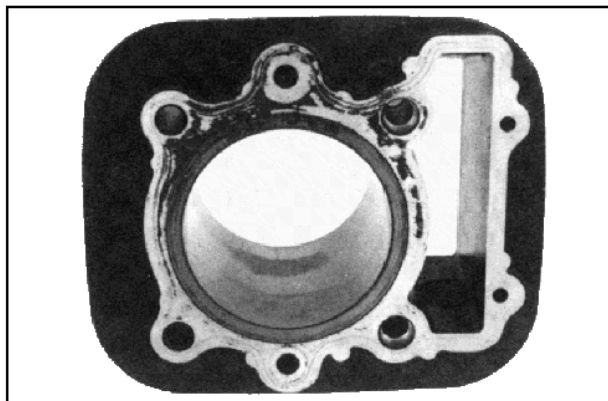
Кольца также могут вращаться вследствие чрезмерного износа или детонации, в результате чего бороздки колец расширяются.



Следы задираания и/или заклинивания

Сторона выпускного отверстия

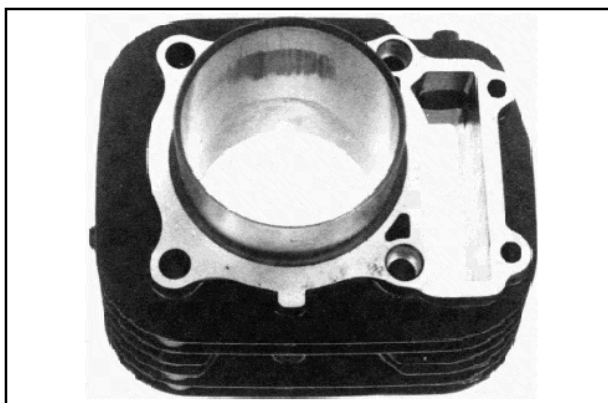
На этой фотографии показаны следы задираания или заклинивания на выпускной стороне стенки цилиндра. Наиболее вероятной причиной этого типа повреждения является перегрев вследствие блокировки охлаждающих ребер или недостаточный зазор между поршнем и цилиндром.



Сторона всасывания

На этой фотографии показаны следы задираания или заклинивания на стороне всасывания стенки цилиндра.

Обычно эти повреждения возникают вследствие недостатка смазки из-за неисправности масляного насоса или блокировки или отклонения маслопровода.

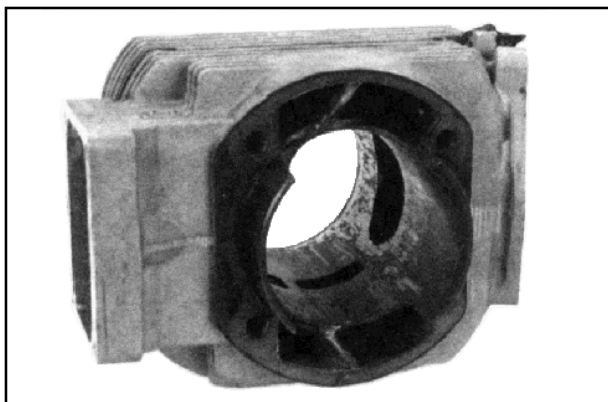


Перегрев

На этой фотографии показаны следы перегрева. Цилиндр совершенно сухой, и на стенках цилиндра виден алюминий от поршня.

Эти повреждения вызываются следующими причинами:

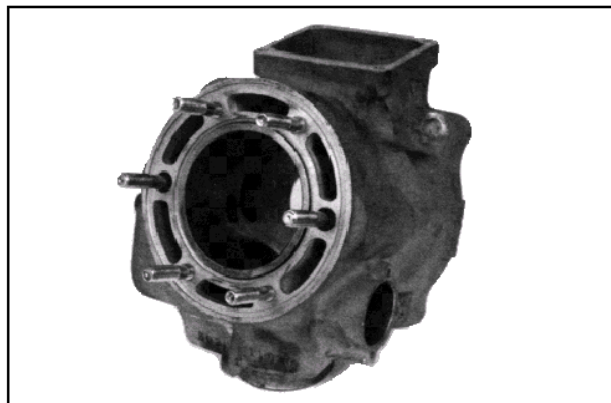
- Недостаток масла – неисправность масляного насоса
- Отказ системы охлаждения



Повреждение покрытия Nicasil

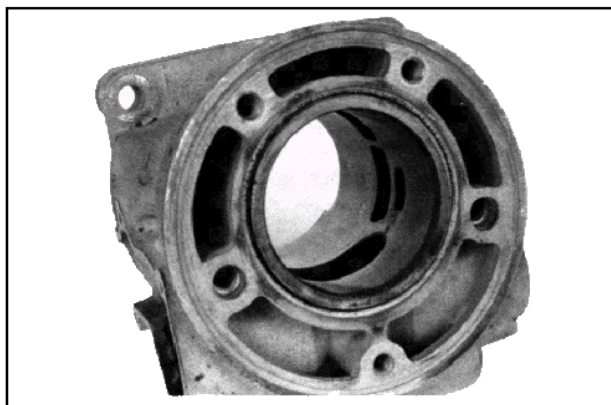
На этой фотографии показано отслаивание покрытия Nicasil от стенки цилиндра. Обычно это вызывается следующими причинами:

- Неправильное закругление кромок окон цилиндра
- Неправильная обработка покрытия Nicasil
- Покрытие также может быть повреждено у верхнего края рядом с прокладкой головки цилиндра в результате детонации или отказа системы охлаждения.
- Сильное заклинивание



Выдолбленные стенки цилиндра

На этой фотографии показаны глубокие выемки или царапины в стенке цилиндра рядом с переходным отверстием. Этот тип повреждения обычно возникает вследствие неправильной установки зажимного стопорного кольца поршневого пальца.



II. ОПОРНЫЕ ПОДШИПНИКИ

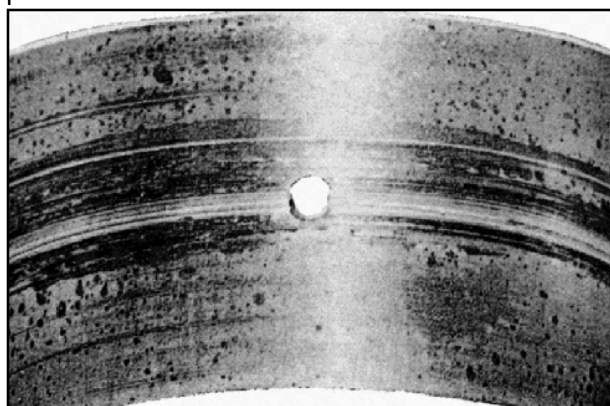
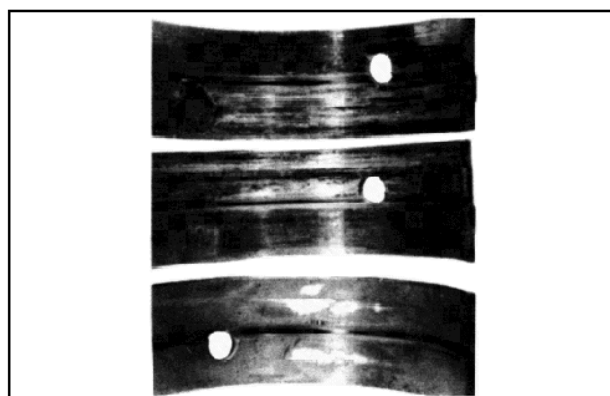
ВВЕДЕНИЕ

При замене поврежденных подшипников очень важно определить причину повреждения для предотвращения его повторения. Большинство повреждений вызываются следующими причинами:

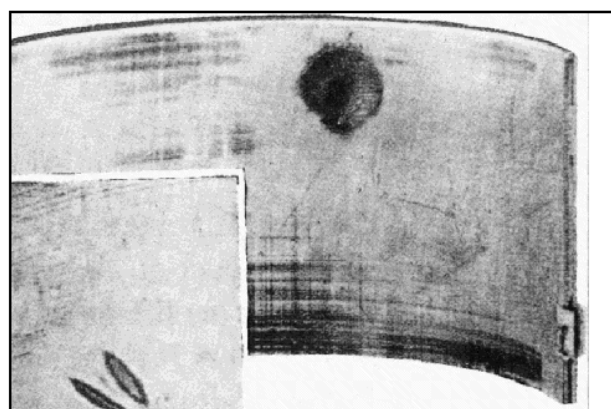
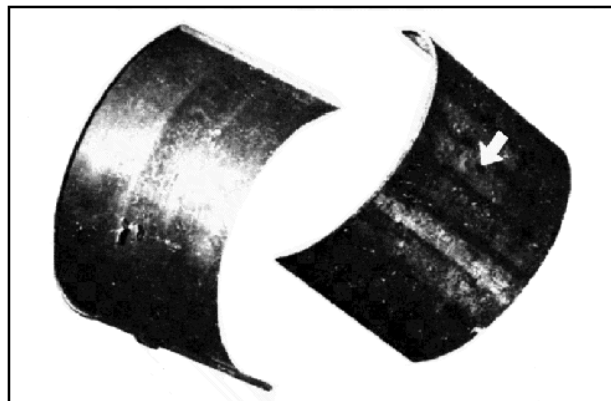
- Загрязнение
- Недостаток смазки
- Неправильная сборка
- Перекос
- Перегрузка
- Коррозия

Загрязнение

Крупные частицы грязи могут внедриться в мягкий материал подшипника. Вследствие этого происходит изнашивание и уменьшение срока службы как подшипника, так и его цапфы. **Грязь – наиболее распространенная причина повреждения подшипников.** Для предотвращения этого тщательно очищайте область вокруг подшипника при его установке и выполняйте надлежащее техническое обслуживание воздушных и масляных фильтров.



На этих фотографиях показана ситуация, когда частица грязи была оставлена во время установки подшипника. Она вызвала повреждение, вдавив подшипник внутрь и тем самым увеличив местное давление и температуру.

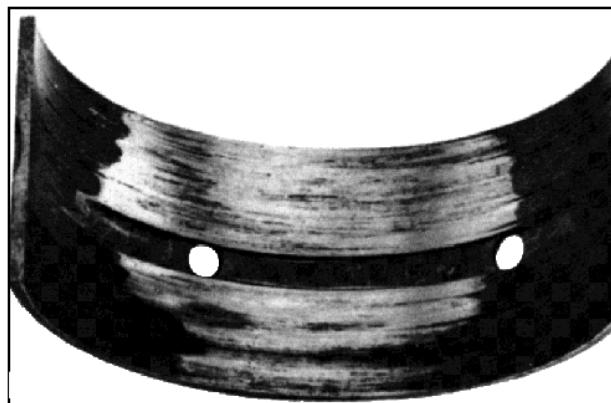


Недостаток смазки

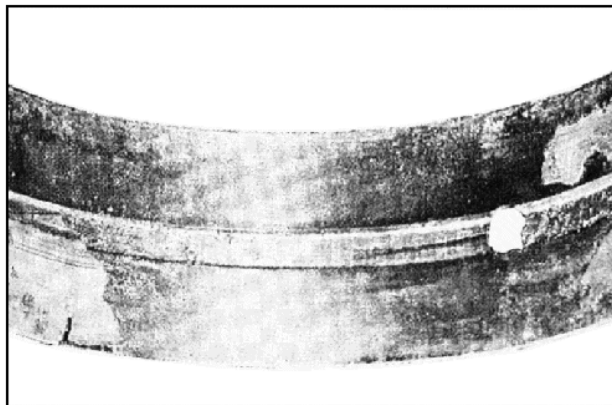
Эти подшипники повреждены недостатком масла. Недостаток масла может возникнуть сразу после переборки, когда заправка масляной системы жизненно необходима.

После обкатки могут возникнуть другие причины повреждений. Местная и общая нехватка масла может стать результатом наружных утечек. Блокировка фильтра маслосасывающей линии, неисправность масляного насоса, закупорка или протечка маслопровода, неисправность пружин предохранительного клапана или сильных износ подшипников может привести к прекращению циркуляции смазочного масла.

Неправильное расположение смазочного отверстия также приведет к прекращению подачи масла на подшипник и вызовет повторное повреждение. Всегда выполняйте необходимые проверки, чтобы убедиться в том, что смазочное отверстие в подшипнике находится на одной линии с отверстием подачи масла.



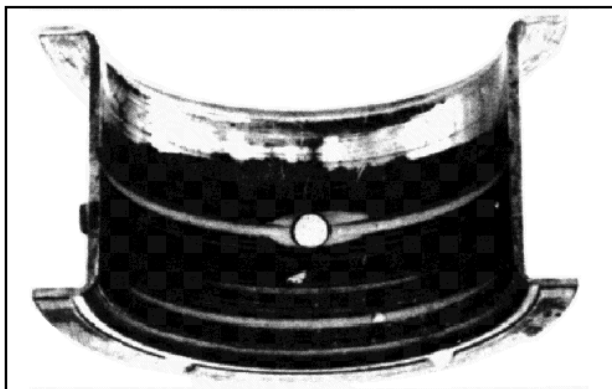
Кроме того, в двигателях масло может быть разбавлено в результате утечки топлива в картер из неисправного топливного насоса или закупорки поплавкового клапана карбюратора. В этом случае прочность масляной пленки уменьшится, и трение вызовет заедание подшипников.



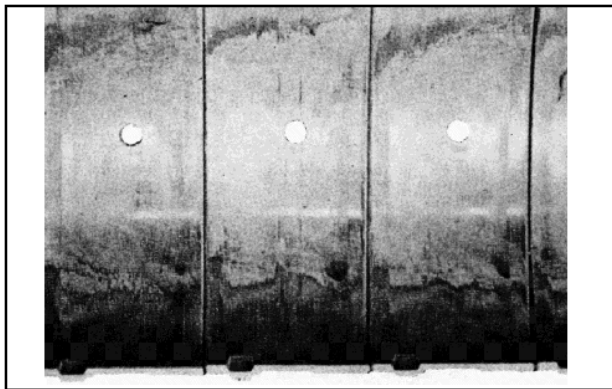
Неправильная сборка

Неправильная сборка и возникающее в результате этого повреждение подшипника может быть вызвана конусностью цапфы, овальностью колец подшипника, неправильным припуском или разрегулировкой штока.

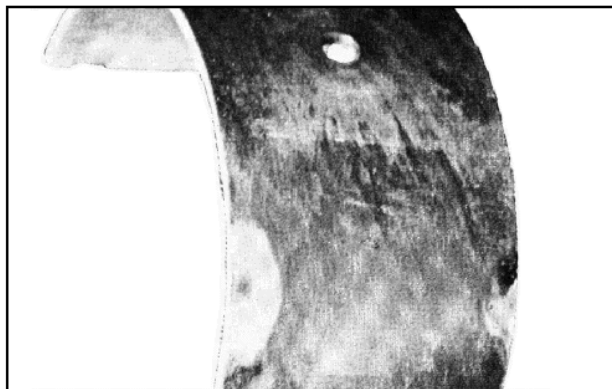
При использовании конических цапф между цапфой и подшипником имеются участки чрезмерного зазора, в результате чего края подшипника изнашиваются быстрее. Это изнашивание увеличивается силой, воздействующей на подшипник, который несет наибольшую нагрузку.



Овальность колец подшипника обычно бывает видна при расположении в ряд профилей износа у расходящихся краев; таким образом, в этой области имеет место высокая скорость изнашивания и высокая температура.



Небольшая часть вкладыша подшипника выступает за пределы расходящихся краев штока и головки штока. При затяжке болтов штока вкладыши подшипника фиксируются на месте. Это состояние называется «припуском». Припуск для вкладышей подшипника, заданный производителем, определяется опытным путем и на основе технических данных и его не следует изменять ни при каких обстоятельствах. При применении к половинам подшипника крутящего момента рекомендованной величины имеет место сдавливающее действие благодаря наличию правильного припуска на расходящихся краях. Это давление удерживает вкладыши в правильном положении.



Слишком большой припуск часто возникает, когда кто-либо соединяет расходящиеся края крышек подшипника. Слишком большой припуск приводит к внутреннему разрушению вкладыша подшипника, в результате чего происходит преждевременный отказ подшипника и повреждение коленчатого вала.

Также может иметь место обратное состояние – слишком малый припуск, который может привести к разрушению как подшипника, так и коленчатого вала. Любой гладкий участок на задней стороне вкладыша подшипника или на расходящихся краях является надежным индикатором недостаточного припуска. Полирующее действие вызывается движением подшипника на валу. Недостаточный припуск приводит к уменьшению передачи тепла и повреждению заливки подшипника. Некоторыми из причин недостаточного припуска являются следующие:

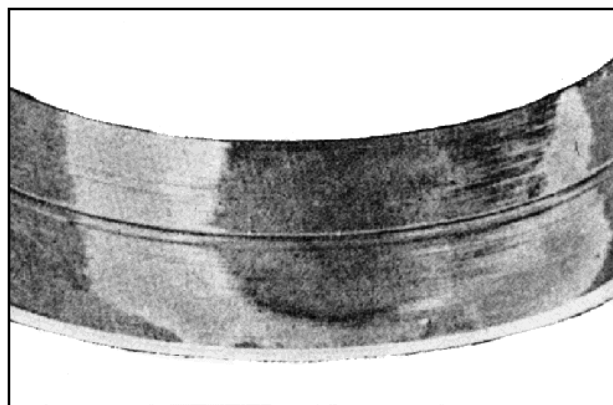
- Недостаточный крутящий момент вследствие повреждения сопряженных поверхностей у расходящихся краев крышек и колец.
- Закручивание винтов при сорванной резьбе, в результате чего появляется неправильное значение крутящего момента.
- Износ посадочных мест подшипника или растяжение крышки.

Перекус

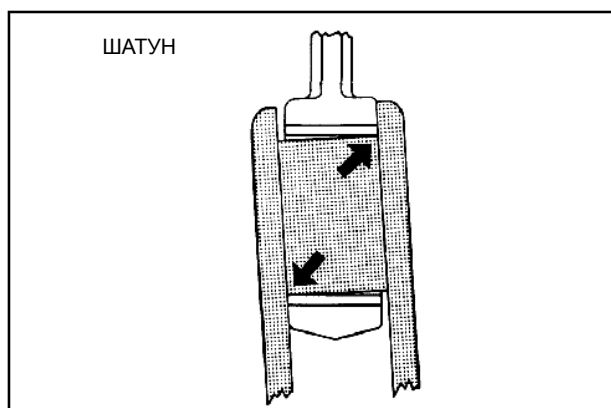
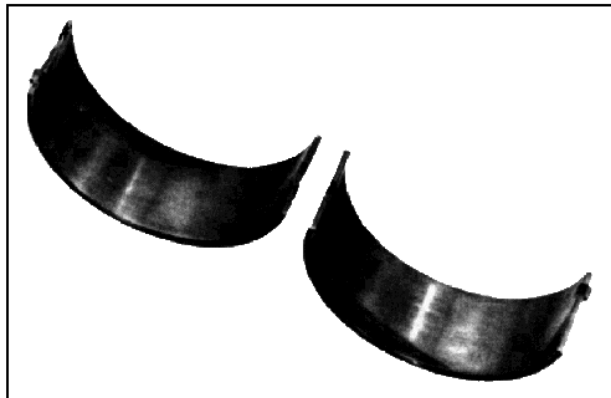
Сильный износ на наружных краях верхнего и нижнего вкладышей подшипника может свидетельствовать о перекусе шатуна.

Перекус вызывается следующими причинами:

- Неправильная эксплуатация, например перегрузка двигателя
- Неправильная установка шатуна
- Неправильное обращение или повреждение шатуна в рабочей области до установки в двигатель.

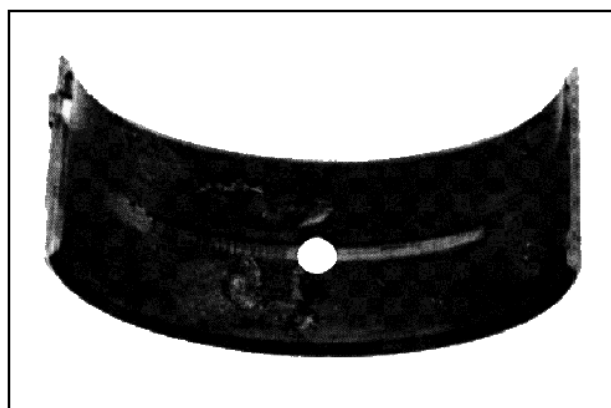


Переко́с может привести к усиленному износу подшипников – одного края верхнего подшипника и противоположного края нижнего подшипника. Когда имеет место такой характер износа, проверьте центрирование вала и подшипников.



Перегрузка

Перегрев вследствие перегрузок вызывает усталость металла, который отделяется от поверхности подшипника.



Коррозия

Коррозия, возникающая вследствие образования кислот в масле, приводит к появлению мелких язв на поверхностях и повреждению больших участков.

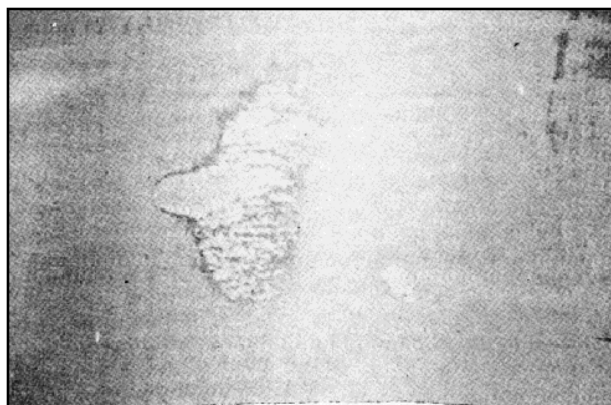
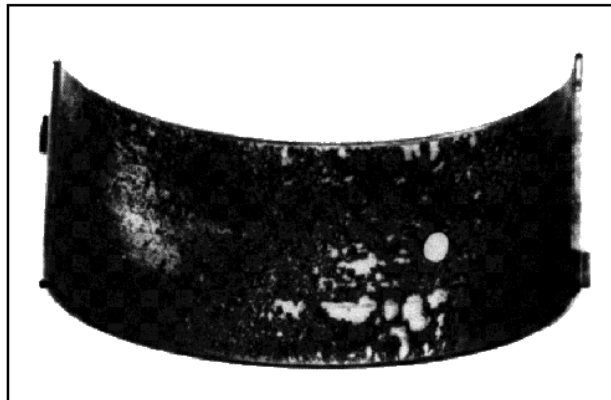
Коррозия происходит при достижении маслом очень высокой температуры и при чрезмерном прорыве газов в двигатель.

Конденсация и в некоторых случаях неподходящий смазочный материал также вызывают коррозию.

Для предотвращения коррозии в двигателе заменяйте масло через правильные интервалы времени и выбирайте масло подходящего качества и классификации в соответствии с типом двигателя и способом обслуживания. Следуйте рекомендациям производителя.

На этих фотографиях показана коррозия свинца в медно-свинцовом подшипнике. **Основным источником коррозионного воздействия, вероятно, являются продукты окисления, образующиеся в самом масле.**

Эрозия заключается главным образом в механическом размыве поверхности подшипника под воздействием потока масла между цапфой и подшипником. Образование и разрушение пузырьков воздуха в масле может привести к чрезвычайно высокому местному давлению, которое приводит к местной усталости и питтингу поверхности подшипника вследствие «кавитационной эрозии», как показано на фотографии.



III. КЛАПАННАЯ ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА

ВВЕДЕНИЕ

Клапанная зубчатая передача в типовом двигателе состоит из кулачков распределительного вала (валов), качающихся рычагов, клапанов и пружин клапанов. В данном разделе описаны неисправности этих деталей.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КЛАПАНОВ

Из всех компонентов клапанной зубчатой передачи наиболее часто неисправности случаются с клапанами, особенно с выпускными клапанами.

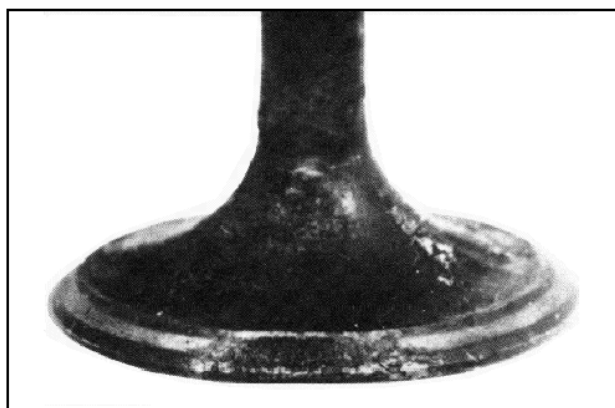
Основные причины неисправностей клапанов следующие:

- Деформация седла клапана
- Отложения на клапанах
- Слишком малый зазор кулачка
- Заедание штока
- Эрозия
- Тепловая усталость
- Разломы
- Износ

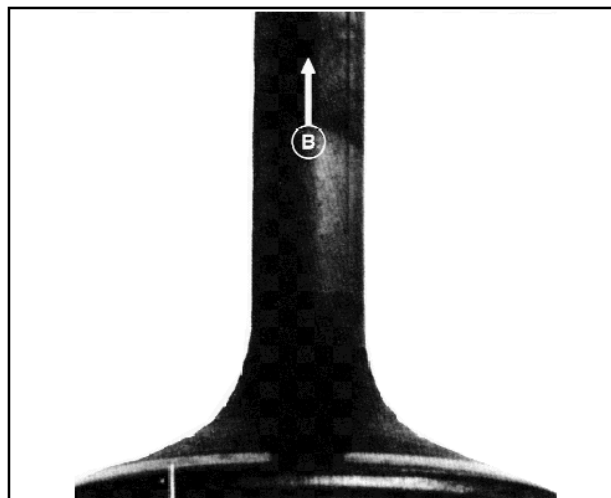
Деформация седла клапана

Клапан прогорает вследствие деформации седла клапана. Основными причинами деформации седла клапана являются следующие:

- Отказ системы охлаждения
- Овальность или незакрепленность седла. В результате этого может прекратиться передача тепла между вкладышем и головкой.
- Искривление поверхностей уплотнений на головках часто приводит к деформации седел при затяжке головки. Неправильная затяжка, слишком большая величина крутящего момента и неверная последовательность действий также могут привести к деформации седел клапанов.
- Седло клапана не является концентрическим по отношению к отверстию направляющей втулки клапана.



Обесцвечивание штока впускного клапана
(В) означает чрезмерный нагрев.



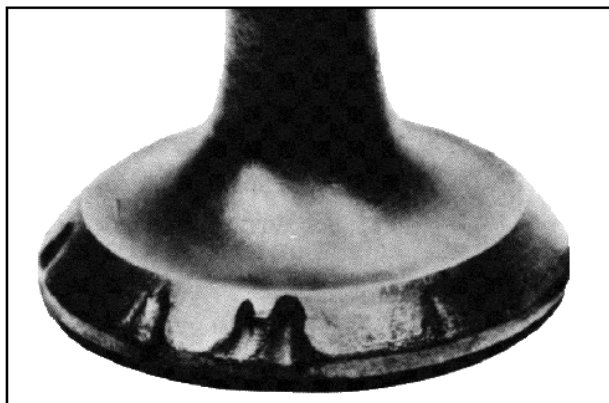
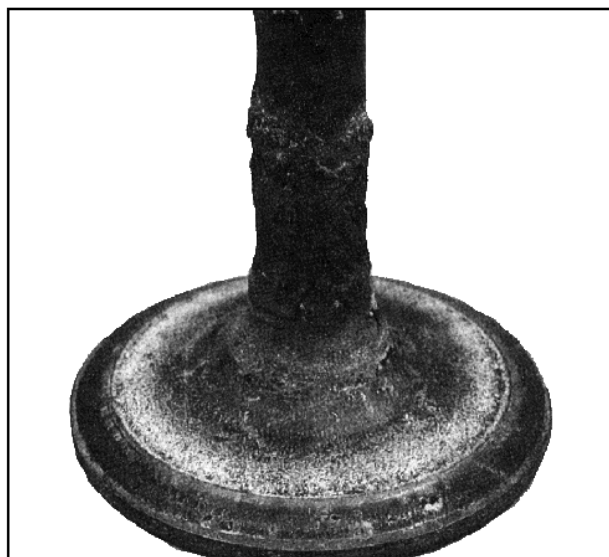
Отложения на клапанах

Отложения на штоке клапана образуются из-за слишком высокой температуры штока для используемого масла. Тепловой поток от штока клапана к направляющей и от направляющей к цилиндру был явно недостаточным. Тепло было удержано в направляющей, в результате чего произошло чрезмерное образование нагара.

Этот клапан отказал, а затем сломался по причине образования отложений на фаске. Поврежденное вследствие этого седло вызвало прорыв газов в двигатель, что привело к прогоранию клапана.

Этот тип повреждений также может быть вызван следующими факторами:

- Ослабленная пружина клапана ухудшает уплотнение между седлом и фаской, в результате чего образуются отложения.
- Слишком малый зазор кулачка также является причиной ухудшения уплотнения между клапаном и седлом.
- Заедание клапана в направляющей втулке способствует образованию отложений на фаске и седле клапана.
- Слишком широкие седла клапанов снижают давление на седла и уменьшают разрешение отложений при закрытии клапана.
- Недостаточное вращение клапана (необходимое для «соскребания» отложений).

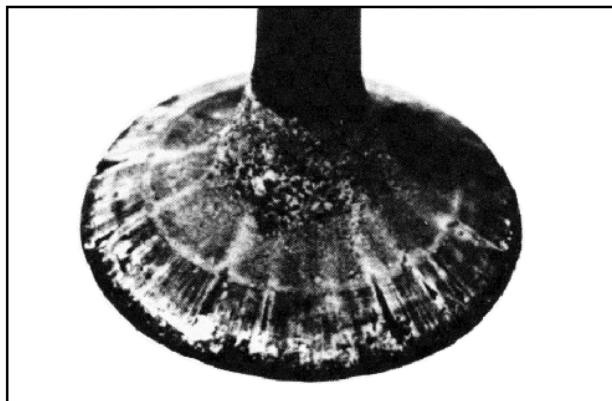


Слишком малый зазор кулачка

Неисправность клапана была вызвана слишком малым зазором кулачка. Клапан вышел из седла и произошедший вследствие этого прорыв газов в двигатель вызвал прогорание фаски.

Причины слишком малого зазора кулачка:

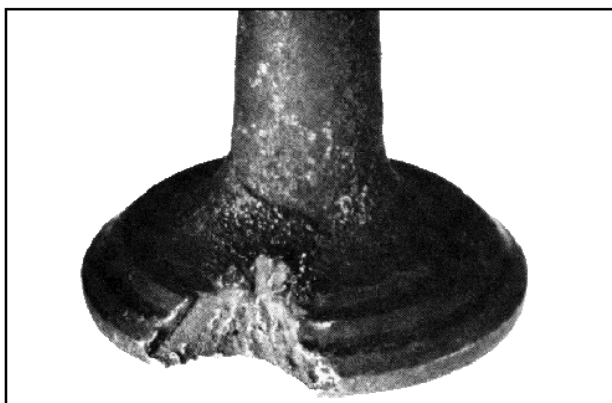
- Зазор кулачка не отрегулирован в соответствии с техническими характеристиками.
- Система охлаждения работает неправильно или неисправен термостат.
- Слишком высокие температуры влияют на зазор кулачка.
- Материал фаски клапана слишком мягкий, вследствие чего клапан углубляется в седло.



Прогорание клапана

Клапан прогорел и пришел в негодность в результате преждевременного зажигания. Температура клапана повысилась настолько, что часть фаски клапана расплавилась.

Другие причины прогорания клапанов приведены в предыдущем разделе.

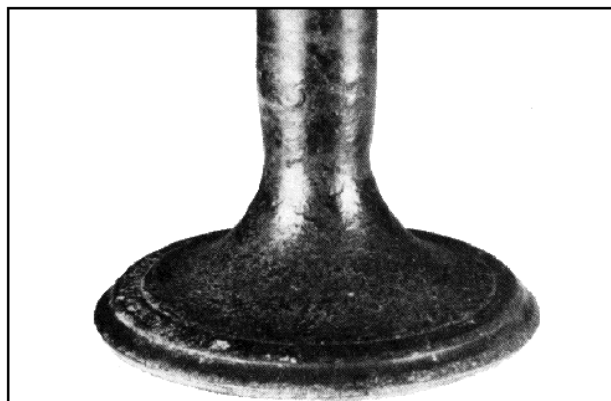


Эрозия

Этот клапан подвергся эрозии, но не отказал. Однако через некоторое время дальнейшей эксплуатации он сломается из-за эрозии под головкой.

Причины эрозии:

- Неподходящий тип топлива
- Неправильное сгорание
- Слишком высокие температуры клапанов
- Бедная топливовоздушная смесь, которая приводит к перегреву и эрозии клапанов.



Тепловая усталость

Перегрев может привести к растрескиванию головки клапана. При образовании глубоких трещин части клапана могут отколоться.

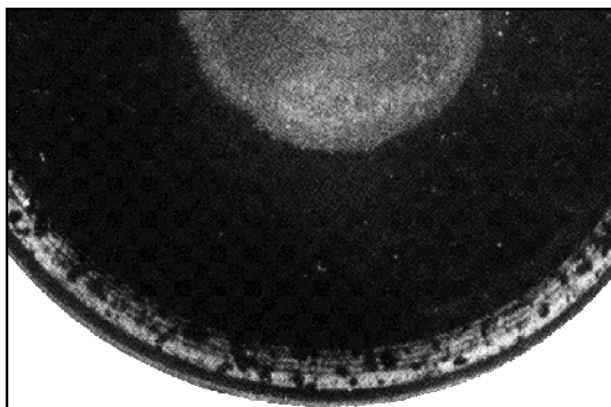
Причины растрескивания клапанов вследствие тепловой усталости:

- Изношенные направляющие втулки
- Деформированные седла
- Бедная топливовоздушная смесь



Точечная коррозия

Частицы сажи могут отлагаться между клапаном и седлом клапана. Это может вызвать точечную коррозию на поверхности клапана.



Разломы

Усталостный разлом – это постепенное разрушение клапана под воздействием высоких температур и давления. При усталостных разломах обычно бывают видны линии продвижения, как показано на верхнем рисунке.

Ударный разлом – это механическое разрушение клапана. Его причиной является посадка клапана, выполненная с чрезмерным усилием, что часто вызывает слишком большой клапанный зазор. При ударном разломе линии продвижения отсутствуют, но заметен эффект «вороньих лап» (см. нижний рисунок).

Разрушение клапанов не всегда можно четко отнести к тому или иному типу. Сочетание высоких температур и чрезмерного усилия при посадке клапана может вызвать повреждения различных степеней и вида.

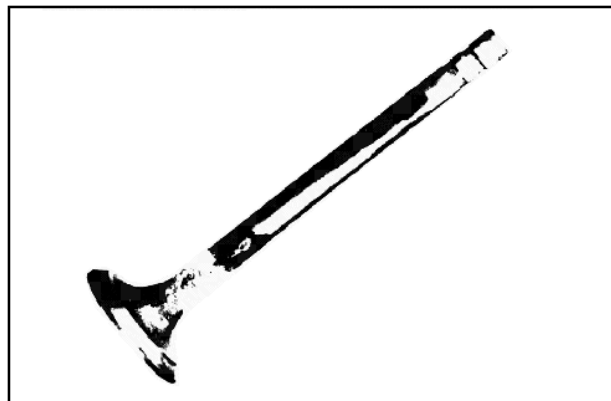


Износ

Этот клапан вышел из строя из-за прогорания фаски. Следы износа на штоке и слой нагара, доходящий до направляющей втулки, свидетельствуют об изнашивании направляющей втулки, что является вероятной причиной неисправности.

Изнашивание направляющих втулок клапана приводит к следующим неисправностям клапанов:

- Изношенные направляющие втулки препятствуют ровной заточке седла клапана, вследствие чего горящий газ просачивается и вызывает прогорание клапана.
- Из-за изношенных направляющих втулок клапаны ударяются под углом и повреждают уплотнительную поверхность, в результате чего происходит прорыв газов в двигатель и прогорание клапана.
- Чрезмерный зазор между штоком и направляющей втулкой или дефектные уплотнения штока клапана позволяют слишком большому количеству масла стекать по штоку, что приводит к чрезмерному образованию нагара и заеданию клапана.
- Когда изнашиваются внутренние края направляющих втулок клапана, они больше не могут выполнять функцию «скребков» для удаления нагара. Преждевременный выход из строя направляющих втулок клапана также может быть вызван другими факторами:
- В результате износа качающихся рычагов имеет место чрезмерное боковое усилие на шток клапана.
- Недостаточная смазка приводит к заеданию.
- Углеродистые отложения на штоке клапана вызывают изнашивание направляющей втулки клапана, в результате чего она приобретает воронкообразную форму.
- Загнутая сверху пружина клапана прилагает боковое усилие на шток клапана, что приводит к чрезмерному износу.

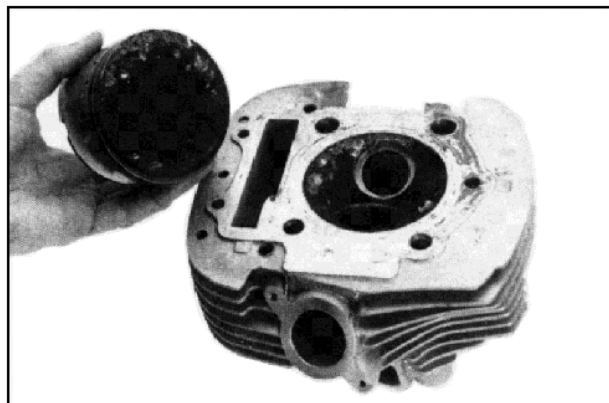


РАЗНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ – КЛАПАННАЯ ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА

Смещение седла клапана

На этой фотографии показано седло клапана, смещенное с алюминиевой части головки цилиндра.

Этот тип неисправности обычно относится к производственным дефектам.

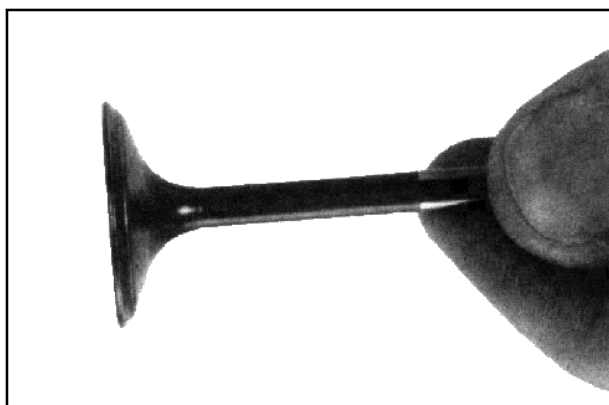


Коробление клапана

На этой фотографии показано коробление контактной поверхности седла клапана.

Эта неисправность вызывается следующими причинами:

- Продолжительная работа двигателя на высоких оборотах
- Недостаточная закалка клапана
- Плохое уплотнение между фаской клапана и седлом клапана



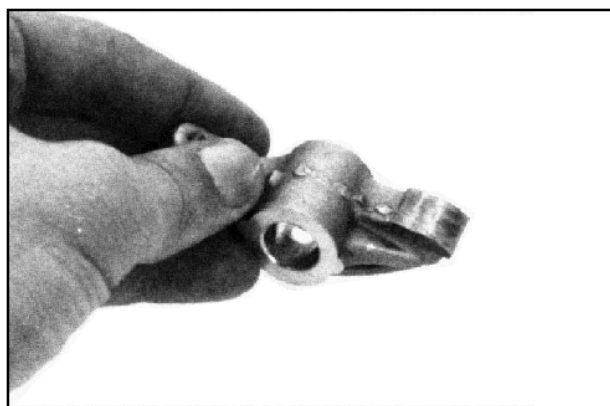
Износ качающегося рычага

На первой фотографии показан чрезмерный износ поверхности контакта качающегося рычага с распределительным валом. На второй фотографии показан качающийся рычаг со следами нормального износа.

Эти неисправности обычно вызываются следующими причинами:

- Недостаток смазки в верхней части двигателя
- Неправильная закалка распределительного вала или качающегося рычага

Если качающийся рычаг сильно изношен, замените качающийся рычаг и распределительный вал в комплекте.



Износ распределительного вала

На первой фотографии показан чрезмерный износ кулачка распределительного вала.

На первой фотографии показан чрезмерный износ кулачка распределительного вала.

- Разбавление масла посторонними примесями
- Неправильная закалка распределительного вала



IV. НЕИСПРАВНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И СВЯЗАННЫХ С НИМИ ДЕТАЛЕЙ

ВВЕДЕНИЕ

Основными причинами неисправностей зубчатых колес являются следующие:

- Износ
- Точечная коррозия, растрескивание, разрушение корпуса
- Усталость
- Ударная нагрузка
- Образование волнистой, гребневидной поверхности, пластическая деформация
- Сочетание эффектов

Многие неисправности зубчатых колес возникают в результате перегрузки зубчатого колеса от ударных нагрузок, возникающих вследствие неправильного переключения передач или сцепления. При нормальных нагрузках, не превышающих рекомендованных величин, большинство зубчатых колес функционируют удовлетворительно.

Точно определить наличие дефектов в зубчатом колесе можно только путем проведения исследования в металлургической лаборатории.

ПРИМЕЧАНИЕ: Некоторые дефекты бывают очевидными.

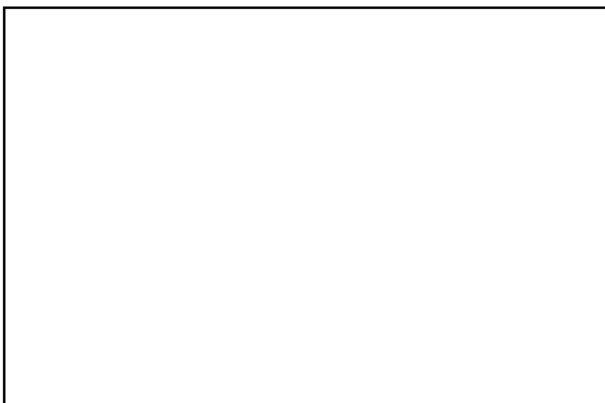
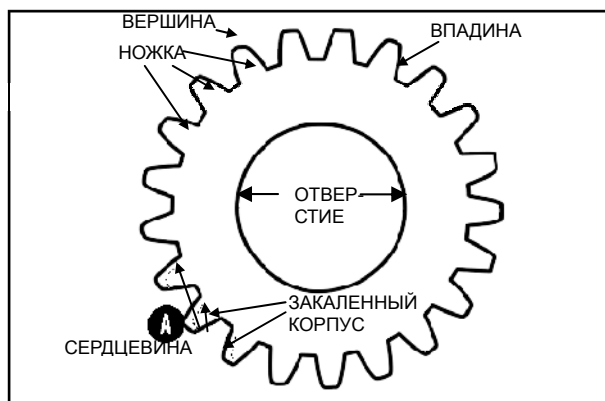
Терминология зубчатых колес

Части зубчатого колеса, рассматриваемые в этой главе, показаны на **рис. А**. Приведенные термины применяются ко всем типам зубчатых колес.

Некоторые зубчатые колеса закаляются путем термической обработки после придания им конечной формы. Закаленный слой, полученный в результате термической обработки, имеет твердую, износостойкую поверхность, поддерживаемую менее твердой, но прочной сердцевинной.

На **рис. В** также показаны зубчатые колеса с некоторым люфтом или зазором между двумя колесами в зацеплении. Слишком большой люфт может привести к сильной ударной нагрузке на зубья зубчатого колеса при резких остановках или при переключении между передним и задним ходом.

Слишком малый люфт может привести к неисправности из-за недостатка смазки между сопряженными поверхностями.



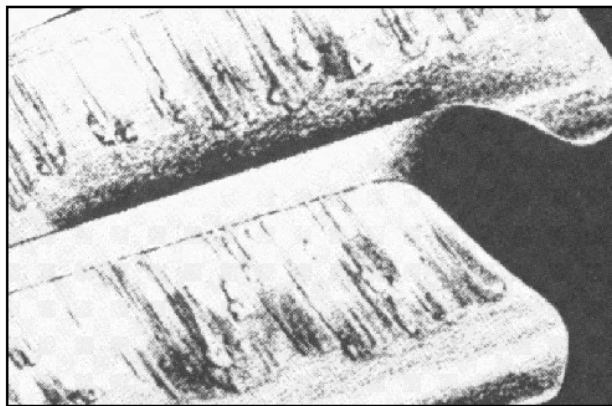
ОБЩИЕ КАТЕГОРИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Износ

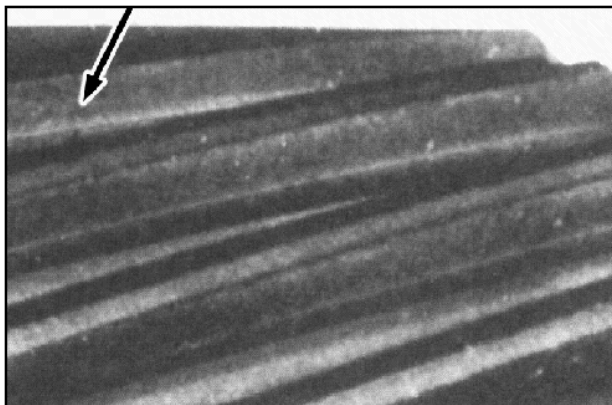
Износ представляет собой удаление материала поверхности зубчатого колеса. Он может быть медленным (задираание) или быстрым (заедание). Существует три типа износа:

- Адгезионный износ – вызывается контактом металлических деталей, сопровождаемым спаиванием и разрывом поверхностей. Возможными причинами являются недостаточная смазка или ненадлежащее зацепление зубчатых колес (неправильный люфт).
- Абразивный износ – вызывается частицами посторонних материалов, таких как грязь и песок.
- Коррозионный износ – химическая коррозия поверхности зубчатого колеса, вызываемая загрязненным маслом или присадкой.

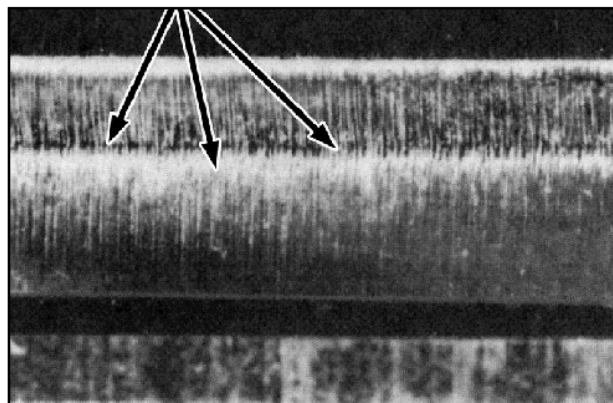
На этой фотографии показан адгезивный износ. Возможными причинами являются недостаточная смазка или ненадлежащее зацепление зубчатых колес.



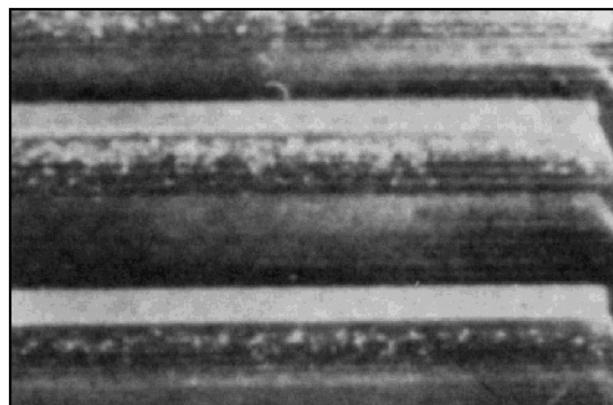
Умеренный износ на поверхности зубьев делает видимой полюсную линию (указана стрелкой). Видимая полюсная линия считается нормальным износом. Износ, вероятно, был вызван наличием абразивного материала в смазочном масле.



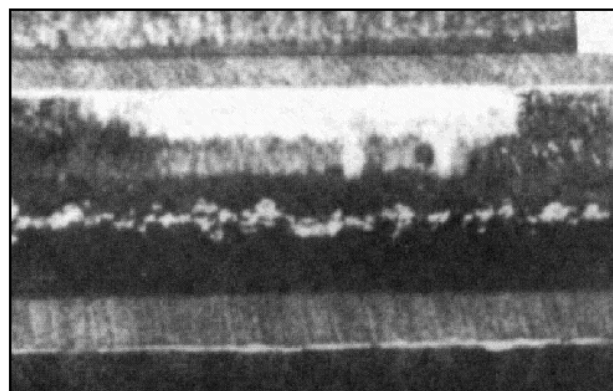
Зубчатое колесо подверглось заеданию вследствие контакта металлических частей под высоким давлением, результатом чего явился недостаток смазки. Горизонтальная линия на изношенных поверхностях означает полюсную линию.



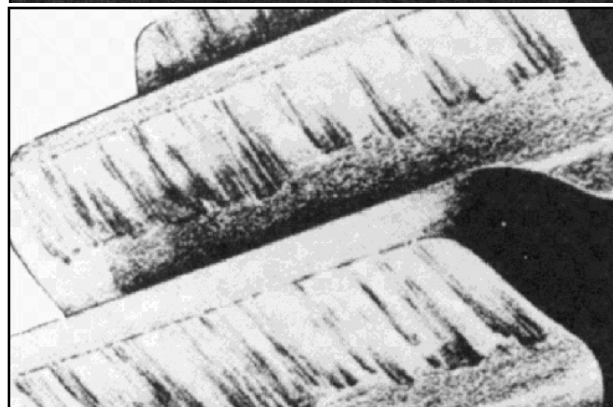
На ранних стадиях заедания на верхней части зубьев видны следы точечного износа. На этой стадии повреждение небольшое.



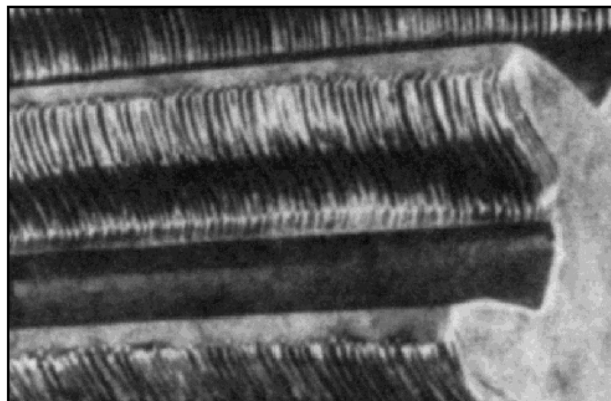
На этой фотографии показано разрушительное заедание. Глубокое заедание имеет место над и под полюсной линией. Обычно повреждение прогрессирует быстро, и зубчатое колесо выходит из строя.



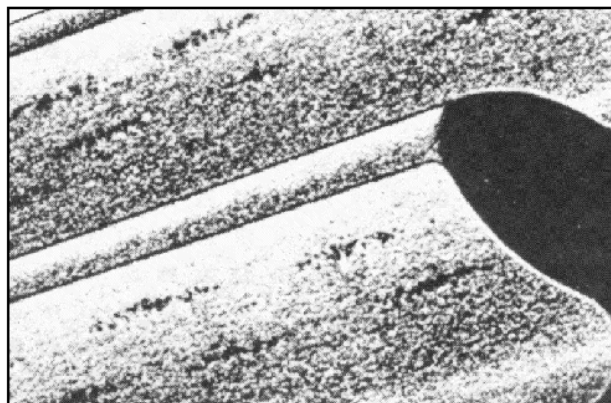
На этой фотографии показан абразивный износ.



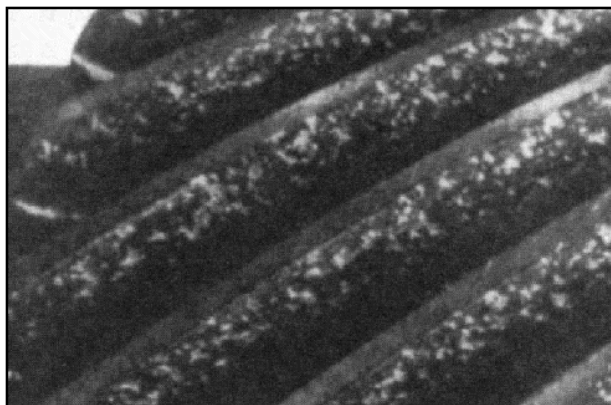
На этой фотографии показана особо серьезная форма износа. Значительная часть зуба шестерни из спеченного металла или из бронзы изнашивалась в результате скопления частиц абразивного материала в смазке.



На этой фотографии показан коррозионный износ. Он был вызван загрязняющими веществами или присадками в масле.

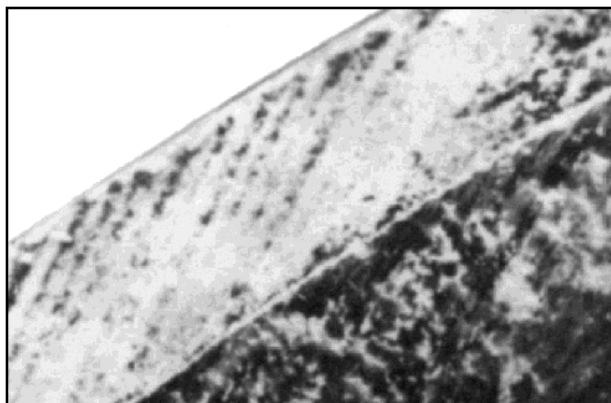


Поверхность зубчатого колеса была повреждена в результате химической реакции. Этот тип износа будет прогрессировать, пока зубчатое колесо не выйдет из строя. Химический износ возникает из-за загрязнения масла, определенного состава масла или присадок.



Точечная коррозия, растрескивание, разрушение корпуса

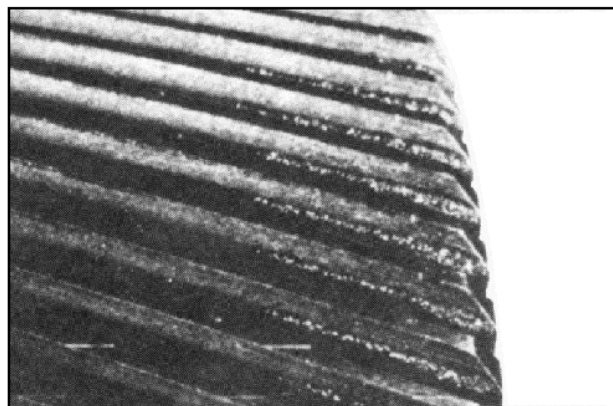
Коррозионные язвы представляют собой тип усталостного разрушения и появляются, когда маленькие частицы зубчатого колеса отделяются от поверхности зуба. При контактировании поверхностей сопряженных зубчатых колес повторные нагрузки на эти поверхности могут вызвать точечную коррозию.



Они начинаются вдоль линии контакта, где давление на зубья сопряженных деталей наибольшее, и обычно возникают в результате чрезмерных нагрузок. Часто в изъеденном участке возникает усталостная трещина. Трещины представляют собой позднюю стадию или серьезную форму точечной коррозии и могут вызвать откалывание части зубчатого колеса.

Признаком разрушения оболочки (наружной закаленной поверхности зубьев зубчатого колеса) обычно являются трещины вдоль поверхности зуба. Это разрушение обычно вызывается чрезмерными рабочими нагрузками.

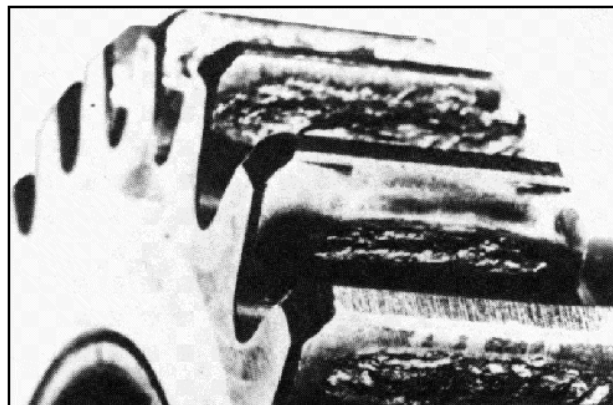
Точечная коррозия началась на внешнем конце винтовой линии (правый край зубчатого колеса на этой фотографии) из-за небольшой разрегулировки и продвинулась до середины зуба. В итоге коррозия остановилась, и поверхность начала сглаживаться, что свидетельствует о более равномерном распределении нагрузки по поверхности зуба. Точечная коррозия этого типа не является разрушительной.



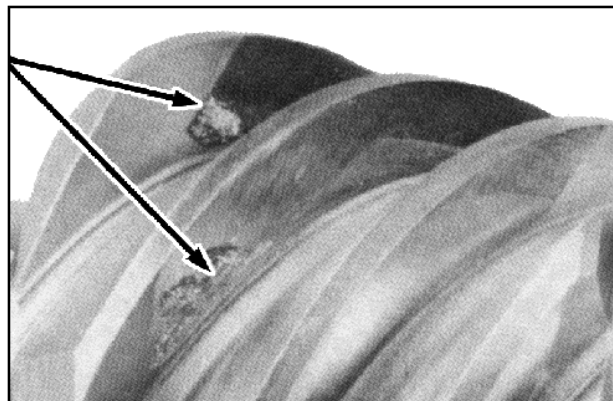
Напротив, эта разрушительная коррозия, вероятно, стала результатом чрезмерных нагрузок.



Точечная коррозия разрушила поверхность зубьев этого цилиндрического зубчатого колеса.



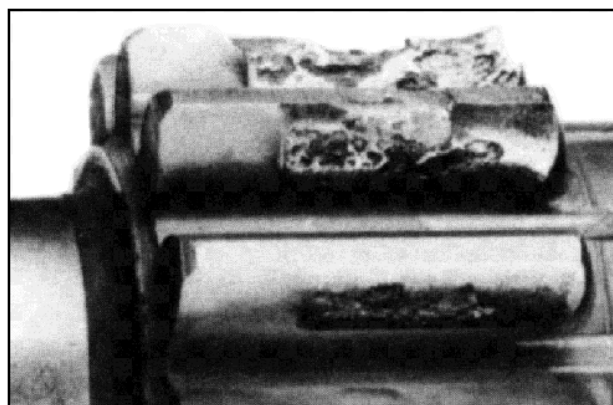
Точечная коррозия возникла в области пяточного контакта. В месте появления язв произошел сильный контакт вследствие неправильного сопряжения поверхностей зубьев, возможно, по причине перегрузки.



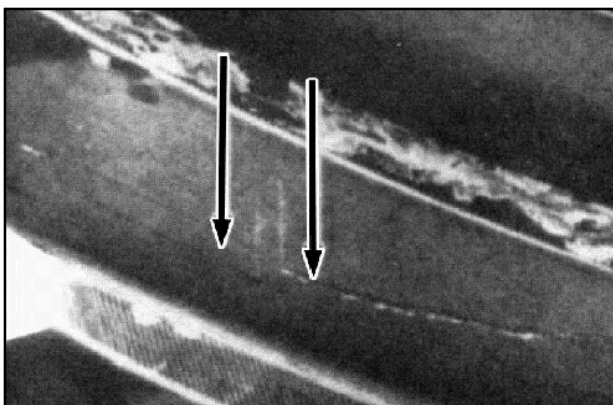
На первой стадии растрескивания продольные трещины развились на контактном участке зубьев. Растрескивание полностью разрушило зубчатое колесо, когда крупные фрагменты колеса откололись, как показано на фотографии.



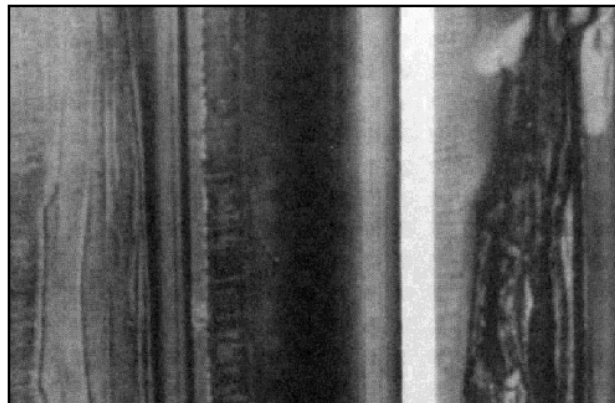
На ведущей шестерне видны следы сильной точечной коррозии, растрескивания и полного разрушения соседних зубьев.



О разрушении оболочки (закаленной поверхности) свидетельствуют продольные трещины на контактной поверхности этого конического зубчатого колеса. Крупные трещины возникли глубоко в структуре оболочки-сердцевины и дошли до поверхности. Длинные полосы материала почти отделились от поверхности.



Слева показан первоначальный вид разрушения оболочки цементированного зубчатого колеса (колеса, закаленного путем нагрева поверхности, превращающего ее в высокоуглеродистую сталь, и последующего быстрого охлаждения), а справа – конечные стадии разрушения.



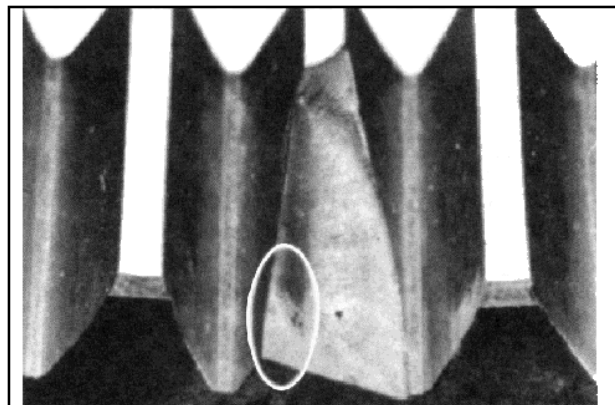
Усталость

Усталость обычно возникает в результате повторных чрезмерных нагрузок, которые вызывают разломы в зубьях зубчатого колеса в области ножки зуба или рядом с ним.

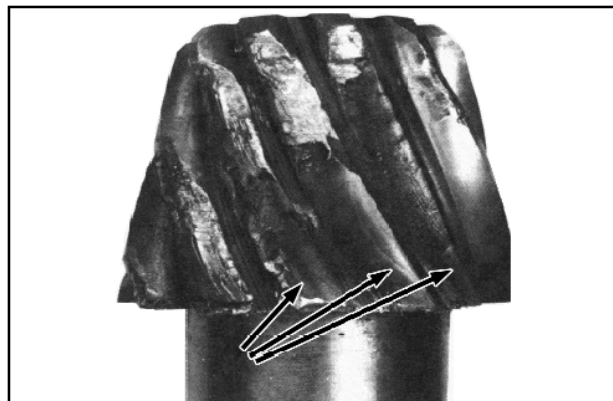
Усталостное повреждение может начаться с небольшой трещины, вызванной слишком высокой нагрузкой, и продолжиться при нормальной эксплуатации до тех пор, пока зубчатое колесо не выйдет из строя. Поверхность разлома обычно состоит из двух зон:

- Гладкая зона усталости с последовательными стадиями роста трещин
- Зона окончательного разрушения, имеющая шероховатую поверхность

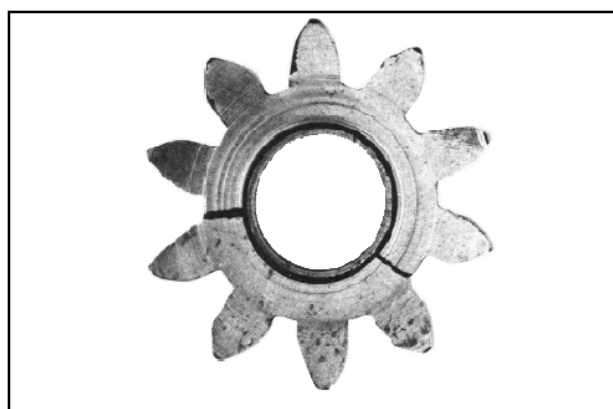
На этой фотографии показано типичное усталостное разрушение кольцевого зубчатого колеса с характерной гладкой зоной. Разрушение, вероятно, стало результатом большой нагрузки или ударной нагрузки (неправильное переключение передач или сцепление).



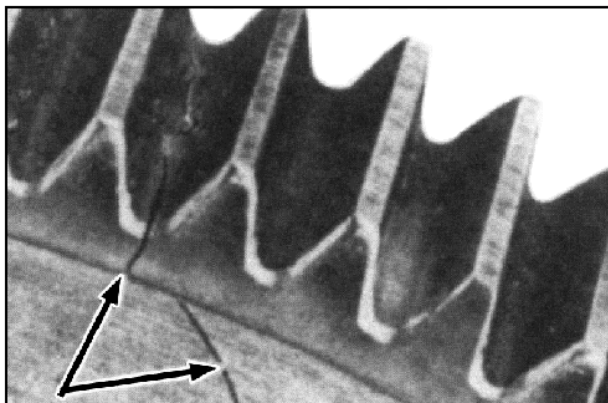
На этой фотографии показано усталостное разрушение в области ножек трех зубьев шестерни.



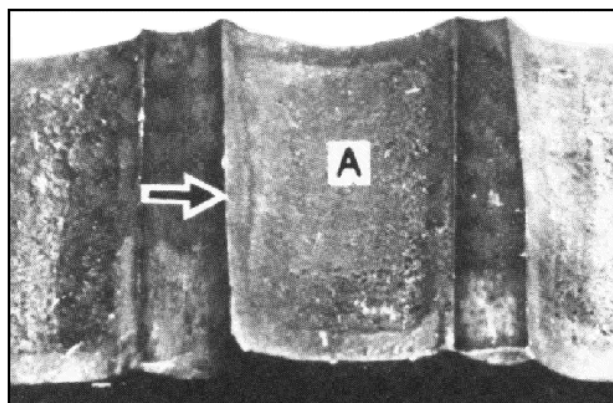
Это зубчатое колесо вышло из строя вследствие усталостного разрушения с сильным износом зубьев. Разлом идет от обода (области, соединяющей основания зубьев) к отверстию в колесе.



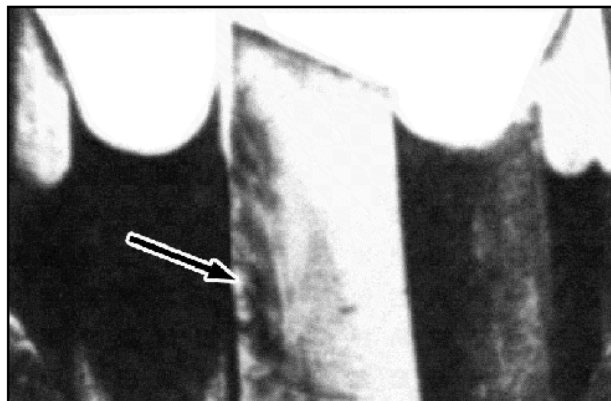
Усталостная трещина, идущая от обода к отверстию.



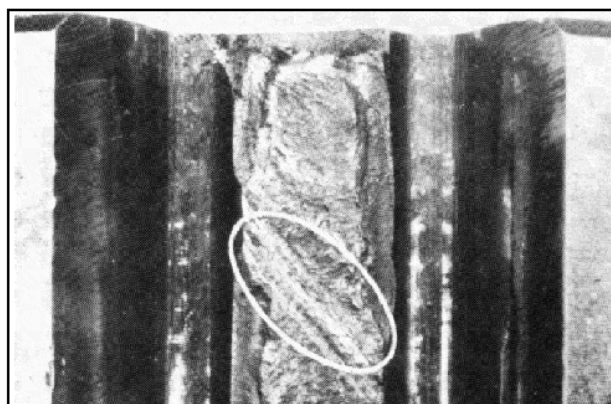
На этой фотографии показаны разломы, вызванные повторными большими нагрузками на несколько зубьев цилиндрического зубчатого колеса. Зуб, помеченный буквой «А», очевидно, сломался первым (обратите внимание на гладкую бархатистую зону) в результате усталостной трещины.



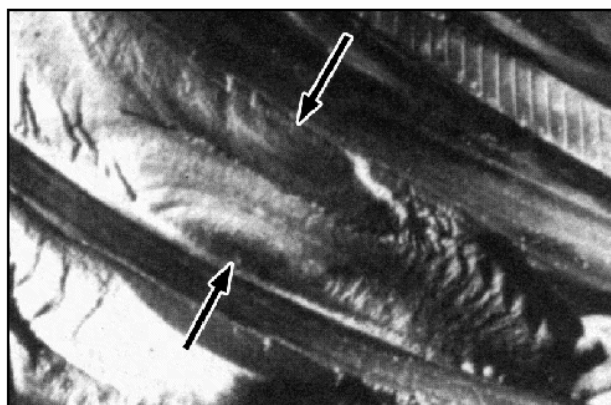
На этой фотографии показан еще один усталостный разлом. Стрелка указывает начало трещины на левом краю разлома, где имелаась небольшая коррозионная язва рядом с основанием контактной области на стороне давления зуба. Область рядом с началом трещины (рядом со стрелкой) хорошо отполирована, что свидетельствует о том, что сначала трещина росла медленно.



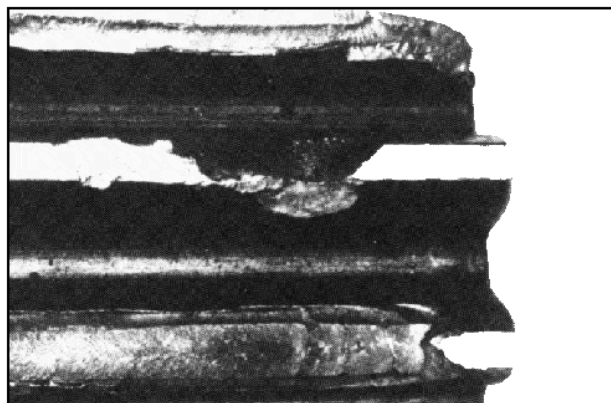
Повреждение зубчатого колеса заключается в одном сломанном зубе и трещинах в соседних зубьях. Поверхность разлома не была гладкой, что означает мгновенный усталостный разлом. Также наблюдалась выраженная область включений (примесей в зубчатом колесе), которая способствует образованию бороздок.



Усталостные трещины в зубчатом колесе с закаленной оболочкой (наружной поверхностью) начались в ножках зубьев с обеих сторон зуба (стрелка) и встретились в середине зуба.



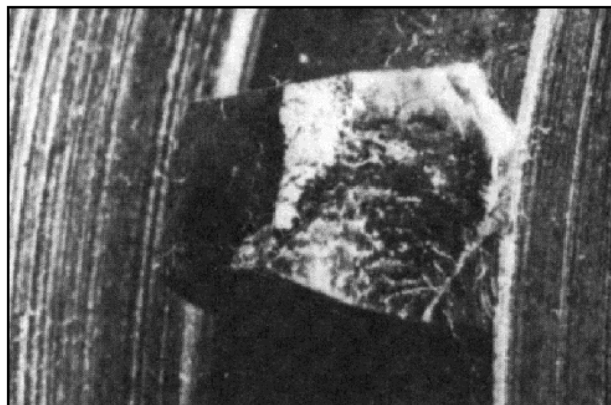
У этого зубчатого колеса отломаны верхушки большинства зубьев. Напряжение от рабочей нагрузки вызвало появление трещин на этой стадии. В конечном счете эти трещины расширились, вероятно вследствие усталости, до поверхности зубьев. Если это происходит через небольшой срок эксплуатации, то, возможно, имеет место чрезмерная глубина закаленной поверхности.



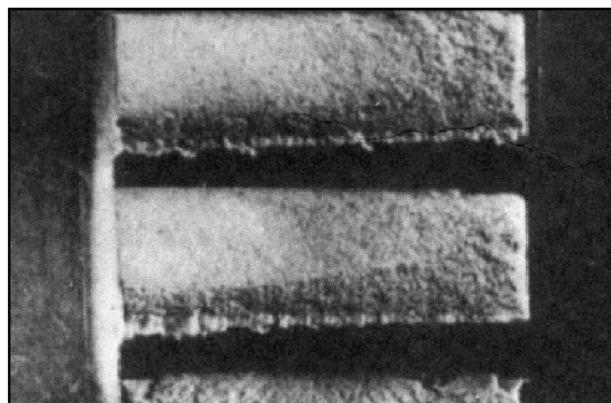
Ударная нагрузка

Повреждения вследствие ударных нагрузок обычно вызываются большими нагрузками при ненадлежащей эксплуатации. Повреждение обычно возникает в области ножки зуба или рядом с ним, а поверхность разлома серая и шероховатая без следов развития повреждения.

Сбитые и обколотые углы зубьев цементированного зубчатого колеса подвергались повторным ударам, прежде чем произошел разлом, и скрывали многие характеристики поверхности разлома. Это повреждение, вероятно, было вызвано неправильным переключением передач.



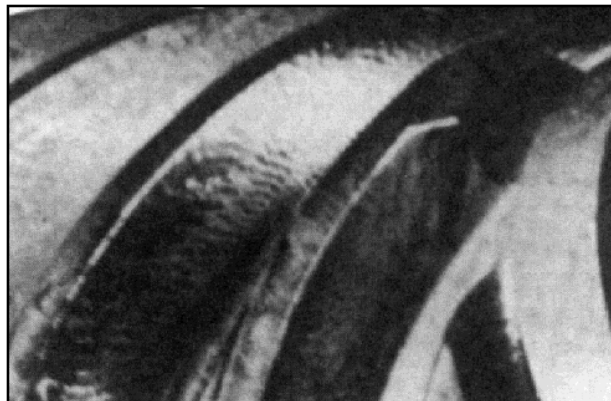
Разлом в закаленном цилиндрическом зубчатом колесе имеет серый цвет и шероховатую поверхность, являющиеся типичными признаками повреждения вследствие ударных нагрузок. Он не имеет гладкой поверхности, характерной для усталостного повреждения. Повреждение, вероятно, возникло в результате неправильного сцепления или переключения передач.



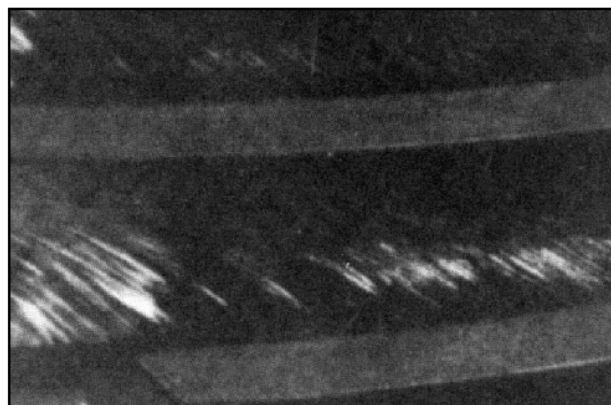
Образование волнистой, гребневидной поверхности, пластическая деформация

Образование волнистой и гребневидной поверхности и пластическая деформация (деформация металла под высоким давлением при комнатной температуре) происходят реже, чем ранее описанные повреждения, и наносят меньший ущерб.

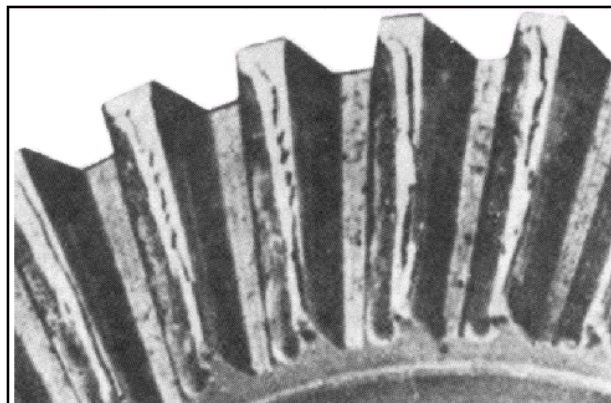
На поверхности этого зубчатого колеса заметна волнистость. Это типичный случай образования волнистой поверхности на закаленной гипоидной шестерне. Образование волнистой поверхности обычно происходит на зубчатых колесах, поверженных высоким нагрузкам.



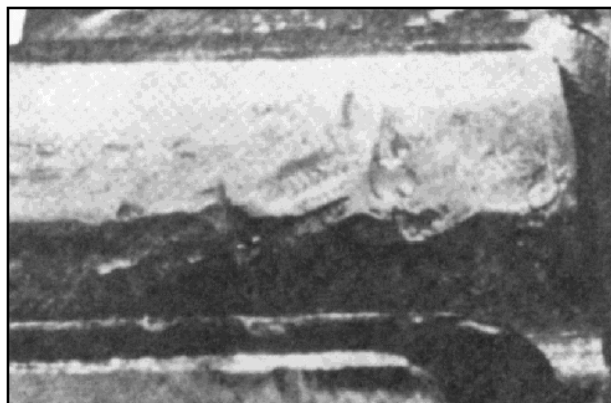
Гребневидная поверхность образовалась на закаленном зубчатом колесе, вероятно, вследствие перегрузки.



На этой фотографии показана поздняя стадия пластической деформации в зубчатом колесе средней закалки. Такие колеса в большей степени подвержены пластической деформации, чем колеса с закаленной оболочкой. Материал на верхних краях зубьев зубчатого колеса закруглился, в результате чего был разрушен профиль зуба. Такая деформация металла, вероятно, была вызвана большими нагрузками.

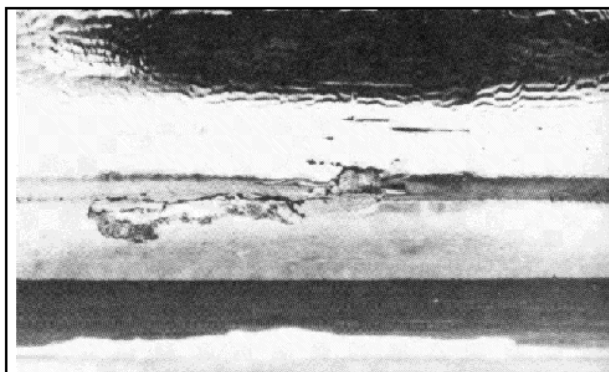


Поверхность зубчатого колеса средней закалки деформирована вследствие раскатывающих и ударных действий. Зубчатое колесо, вероятно, было перегружено и долго эксплуатировалось после возникновения первичного повреждения, результатом чего стал износ поверхности.

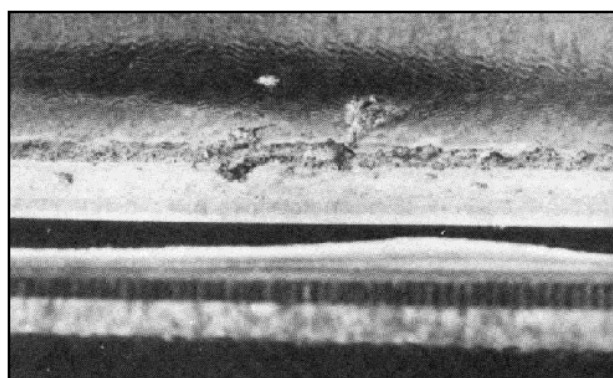


Сочетание эффектов

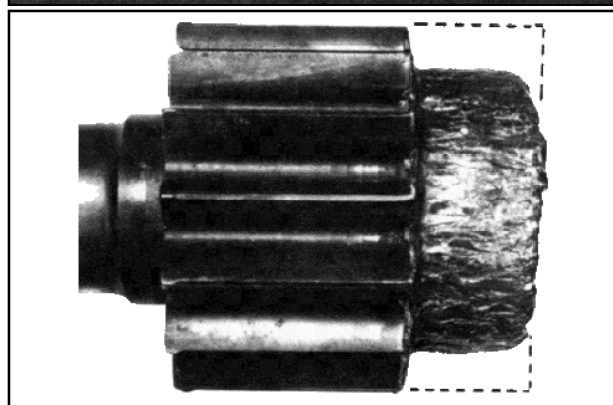
Сильные контактные нагрузки вызвали пластическую деформацию на поверхности зубчатого колеса, что привело к волнистости. Вблизи центра зуба также произошло растрескивание (откалывание материала поверхности). Возможной причиной этого типа повреждения является чрезмерная нагрузка.



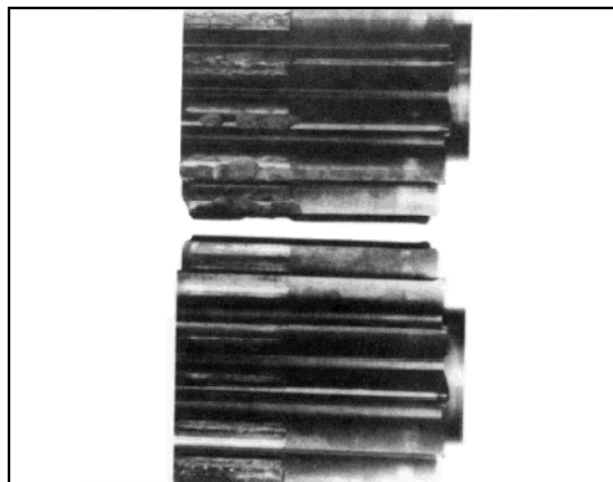
Цементированная ведущая шестерня подверглась точечной коррозии вблизи полюсной линии. Также заметна волнистость вдоль полюсной линии и небольшой адгезивный износ наверху, вызванный, вероятно, перегрузкой зубчатого колеса.



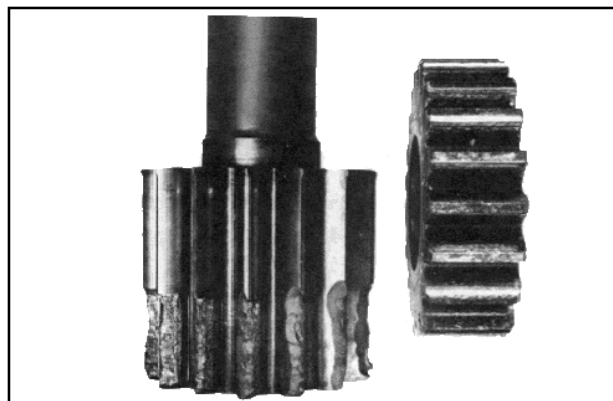
Шестерня конечной передачи вышла из строя, и имело место полное разрушение контактной части зубьев шестерни. Это, вероятно, было вызвано большой нагрузкой или недостаточной смазкой. Зубья шестерни достигали конца вала до возникновения неисправности.



Эти шестерни вышли из строя вследствие сильной точечной коррозии и адгезивного износа. Вероятными причинами этих повреждений являются экстремальные перегрузки и недостаточная или неправильная смазка.



На этих зубчатых колесах видны значительное разрушение и признаки усталости, вызванные, вероятно, сильными перегрузками или недостаточной смазкой.

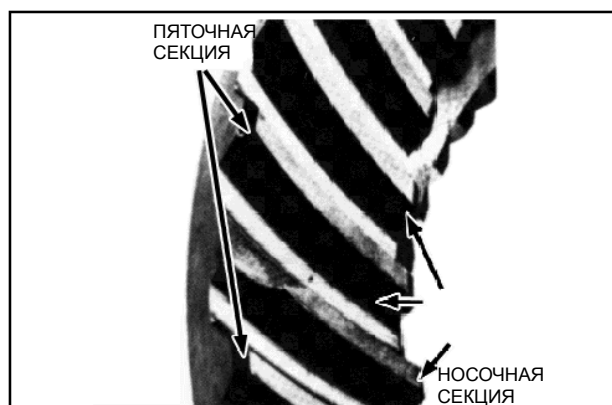


ОСОБЫЕ КАТЕГОРИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Зубья кольцевого зубчатого колеса

На этой фотографии показан типичный пример разрушения зуба конического зубчатого колеса вследствие неправильной регулировки. Повреждение было вызвано чрезмерной нагрузкой в пяточной секции конического зубчатого колеса.

Повреждение, вероятно, было вызвано чрезмерным люфтом.



Этот разлом стал результатом чрезмерной нагрузки на носочную секцию зубчатого колеса. Повреждение было вызвано недостаточным люфтом.

Эти повреждения, вплоть до поломки всего кольцевого зубчатого колеса, также могут быть вызваны ударными нагрузками.



Кольцевое зубчатое колесо и ведущая шестерня

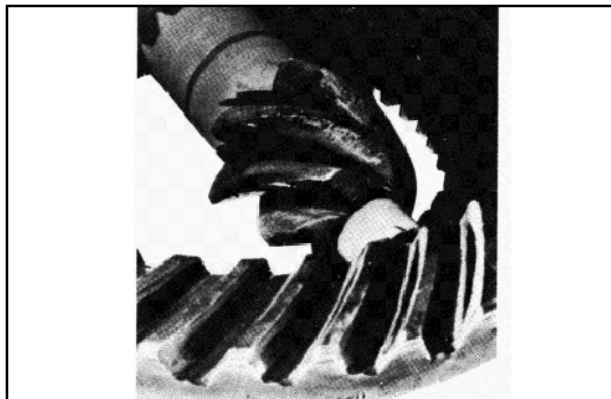
На зубьях имеются задиры. Металл на поверхности зубьев смягчился и деформировался.

Ненормальное трение между зубчатыми колесами создает тепло, которое смягчает металл и повреждает зубья при недостаточной смазке.

В результате изнашивания подшипников шестерен возникает осевой люфт, приводящий к неправильному контакту между зубьями шестерни и кольцевого зубчатого колеса.

Также это повреждение могло быть вызвано слишком большой величиной крутящего момента.

Зубья кольцевого зубчатого колеса обесцвечены и деформированы. Этот тип повреждения вызван теплом, образовавшимся вследствие использования неподходящего смазочного материала, низкого уровня смазочного материала или недостаточно частой заменой смазочного материала. При наличии любого из этих условий поверхность перегревается в результате чрезмерного трения.

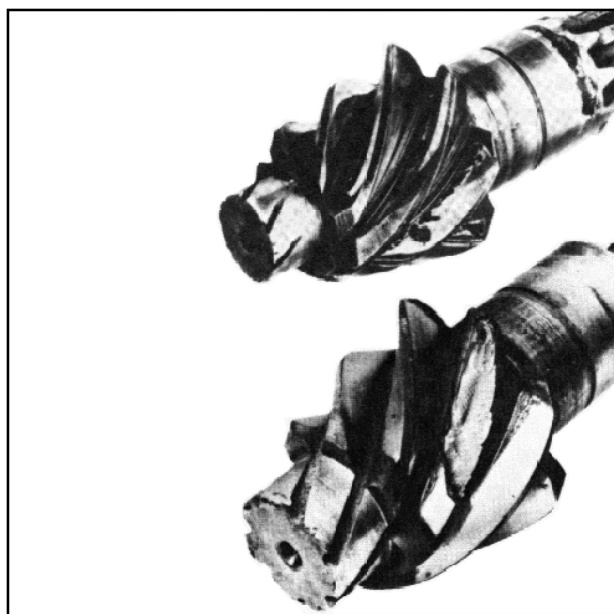


Ведущая шестерня

Чрезмерная нагрузка в жестких условиях эксплуатации привела к образованию поврежденных коррозией участков на пятке зуба. При чрезмерной нагрузке отклонение выталкивает шестерню из правильного положения по отношению к кольцевому зубчатому колесу, и нагрузка сосредотачивается на пятках зубьев.

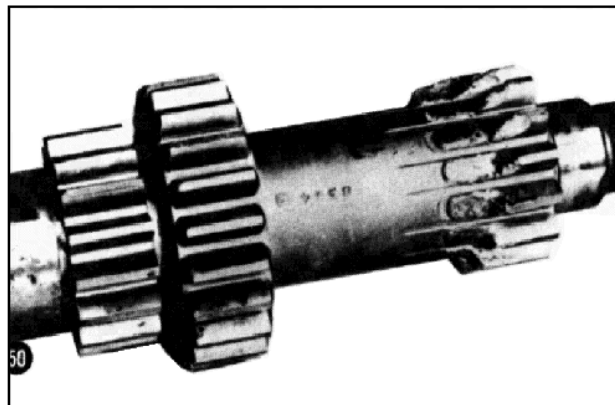
Гладкая зона на поверхности разрушенных зубьев – это область, где началась трещина. Шероховатая зона представляет собой область, которая не может оказывать сопротивление приложению сосредоточенной нагрузки.

Жесткие условия эксплуатации, дефектные материалы и недостаточный радиус в области ножки зуба или слабая связь радиуса и поверхности зуба могут вызвать этот тип повреждения.

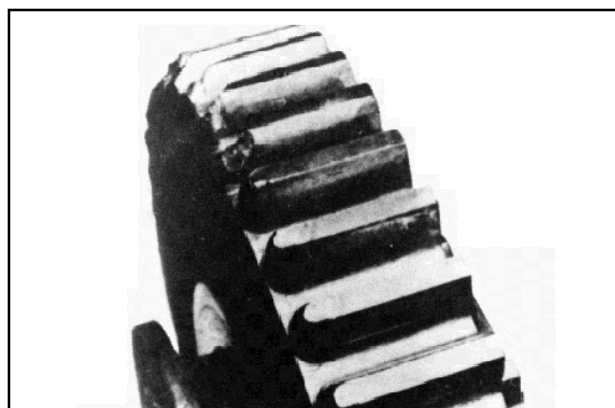


Промежуточный вал реверса трансмиссии

Деформированные, обколотые и треснувшие зубья зацепления свидетельствуют о неаккуратном переключении передач. Обеспечьте правильное зацепление и синхронизацию зубчатого колеса.



Зубья зубчатого колеса обкололись и отломились от зацепляемых концов, что свидетельствует о частичном зацеплении и прихватывании муфты сцепления, вследствие чего промежуточный вал продолжает вращаться и возникает неправильное зацепление зубчатого колеса.



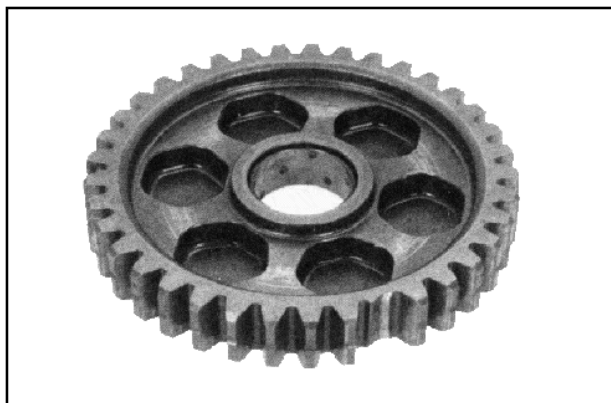
РАЗНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ – ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ДЕТАЛИ

Сломанные зубья зубчатого колеса

На этой фотографии показано зубчатое колесо, одно из зубьев которого сломалось в результате слишком сильного удара.

Слишком сильный удар может быть вызван следующими причинами:

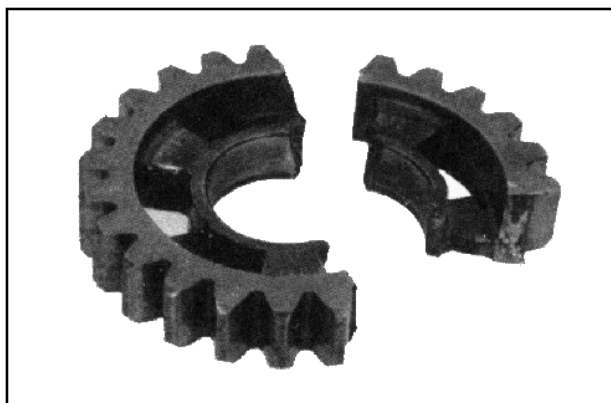
- Неполное расцепление муфты сцепления при переключении передачи
- Резкое заедание карданной передачи
- Использование пневматического инструмента на трансмиссионном валу в процессе сборки



Сломанное зубчатое колесо

На этой фотографии показано зубчатое колесо, которое сломалось в результате слишком сильного удара, который мог быть вызван следующими причинами:

- Неполное расцепление муфты сцепления при переключении передачи
- Резкое заедание карданной передачи – например, когда разорванная приводная цепь связывает обратную звездочку.



Закругленные зацепляющие захваты зубчатого колеса

На этой фотографии показаны закругленные зацепляющие захваты зубчатого колеса. Этот тип повреждения обычно вызывается следующими причинами:

- Погнутые вилки переключения передач – закругленные зацепляющие захваты зубчатого колеса обычно вызывают изгибание вилок переключения передач
- Неполное или неаккуратное переключение передач водителем
- Неправильная регулировка трансмиссии



Вилка переключения передач

На этой фотографии показана вилка переключения передач со следами нормального износа. Следы выгорания отсутствуют, и вилка не погнута. Эту вилку переключения передач можно продолжать использовать.



На этой фотографии показана чрезмерно изношенная вилка переключения передач. Причиной изнашивания, вероятно, стал отказ системы смазки или недостаток смазки.

Эту вилку переключения передач следует заменить.



Ось переключения передач

Поломка захвата оси переключения передач. Это повреждение обычно вызывается применением к рычагу переключения передач чрезмерного усилия со стороны водителя или перекосом рычага на левую сторону.



V. ВАЛЫ, КОЛЕНЧАТЫЕ ВАЛЫ, ШАТУНЫ, ОСИ, УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ШАРНИРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Эта глава разделена на две широкие категории:

- Общие неисправности
- Особые неисправности

Общие неисправности

Эта категория охватывает неисправности, общие для всех валов, осей и шпинделей вне зависимости от условий применения и сборки. В начале описываются следующие виды неисправностей:

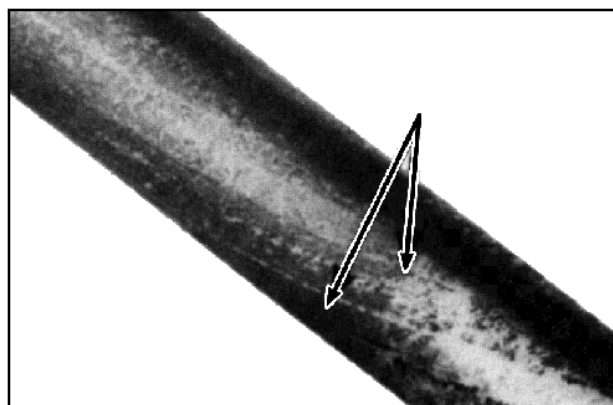
- Неисправности в результате перегрузок
- Неисправности, вызванные усталостью при изгибе
- Неисправности, вызванные усталостью при кручении
- Неисправности, вызванные сочетанием разных видов усталости
- Неисправности, вызванные ударными нагрузками

Далее описываются следующие особые случаи:

- Жесткие условия эксплуатации
- Концентрация напряжений
- Фреттинг-коррозия и заедание
- Неправильная эксплуатация
- Неисправности связанных компонентов

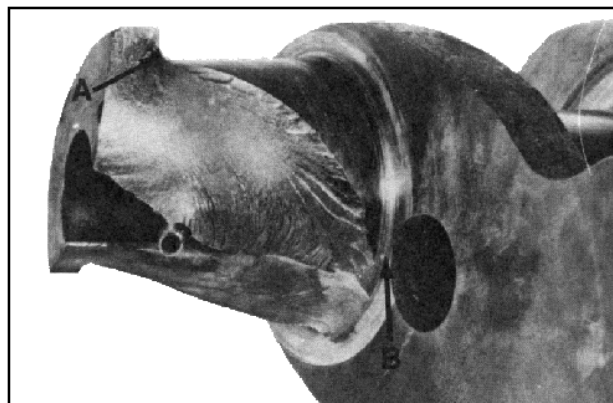
Перегрузка

Высокие статические нагрузки могут вызывать тип повреждения, изображенного на фотографии. Несмотря на то что следов разлома на валу не наблюдается, он перекрутился и разрегулировался. Статическая нагрузка – это вес, который должен поддерживаться валом в неподвижном состоянии. В данном случае перегрузка, вероятно, вызвала неисправность.

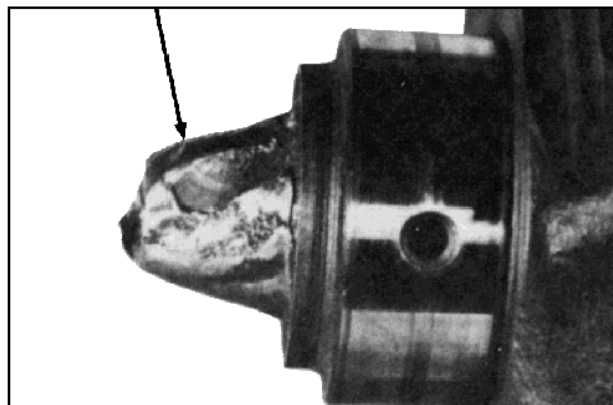


Усталость при кручении

Повреждения были вызваны скручивающими нагрузками. Крутящие (скручивающие) нагрузки вызывают спиралевидные разрушения.

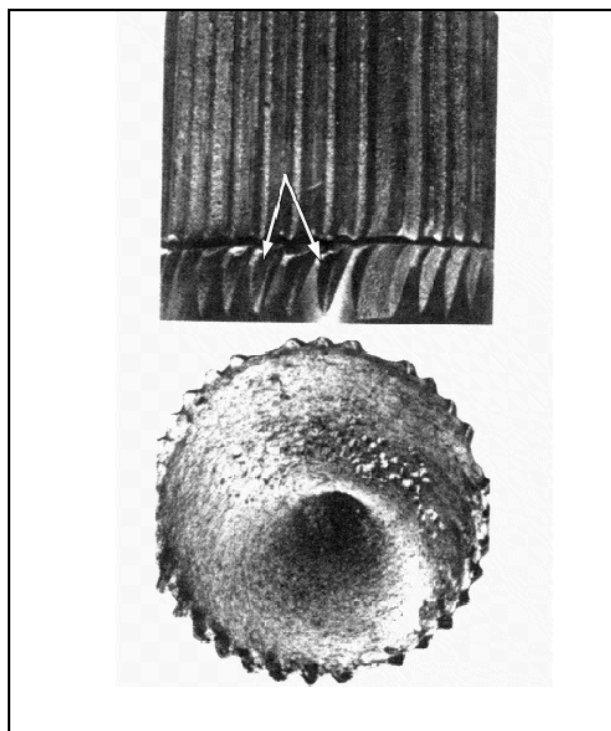


Иногда следы усталости бывают скрыты сильными вмятинами на момент окончательного разрушения. Изначально коленчатый вал вышел из строя в результате усталости.



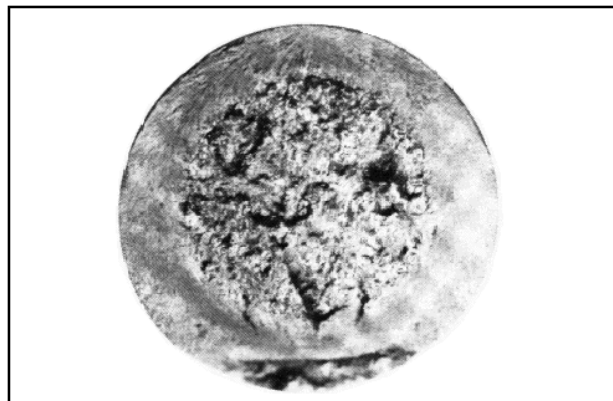
Жесткие условия эксплуатации

Деформация шлицев в области разрушения (стрелки) не произошла бы, если бы разрушение было вызвано усталостью. Разрушение было вызвано скручивающей нагрузкой при эксплуатации с перегрузками.



Ударные нагрузки

Поверхность разрушения, вызванного ударными нагрузками, обычно бывает серой, волокнистой и шероховатой, без следов прогрессирующего разрушения, как при усталостных повреждениях. Ось, вероятно, подверглась одиночному удару или перегрузке, вызвавшей моментальное разрушение.

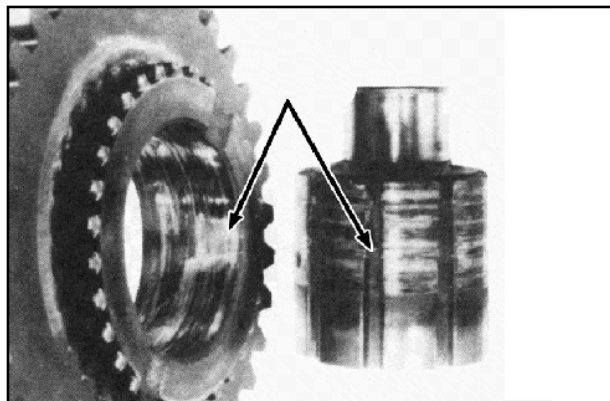


На этих трансмиссионных валах видны различные стадии заедания. Заедание вызвано теплообразованием между трущимися металлическими частями.



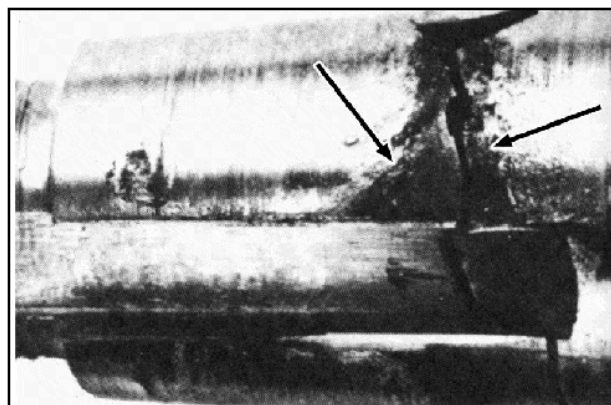
Трансмиссионный вал

На зубчатом колесе и валу имеются следы истирания и перегрева (обесцвечивание на поверхности вала рядом с истертой областью). Это повреждение вызвано недостаточной смазкой.



Шпиндели

На обеих сторонах сломанного шпинделя видны следы сильного износа.



НЕИСПРАВНОСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ШАРНИРОВ

Универсальный шарнир – это двухшарнирное соединение, передающее крутящий момент при постоянно изменяющихся относительных углах. Высокие нагрузки, недостаток смазки и воздействие абразивных материалов обычно являются причинами большинства повреждений универсальных шарниров. Некоторые узнаваемые признаки неисправностей или разрушений универсальных шарниров:

- Вибрации
- Расшатанность универсального шарнира
- Обесцвечивание универсального шарнира вследствие перегрева

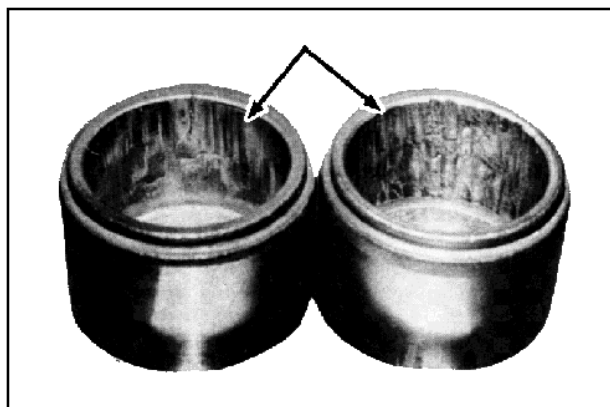
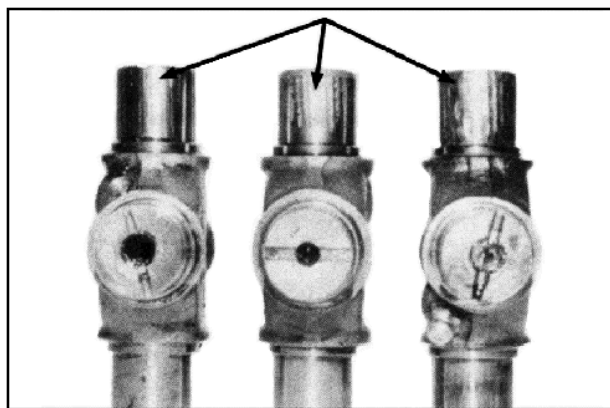
Многие неисправности универсальных шарниров вызываются отказом системы смазки. Ниже описаны некоторые из самых распространенных повреждений универсальных шарниров:

Усталость

На этой фотографии показаны три стадии усталостного разрушения цапфы – от ранних стадий наверху до глубокого растрескивания на центральной фотографии.

Усталостные разрушения возникают в результате приложения чрезмерной нагрузки на шарнир определенного размера и его эксплуатации под слишком большим углом. Недостаточная смазка усиливает раннее усталостное разрушение.

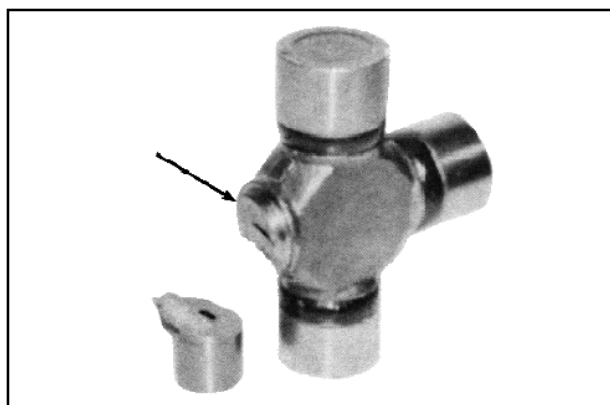
Следы усталостных разрушений также появляются на внутреннем диаметре чаши универсального шарнира.



Сломанные цапфы

Разлом обычно происходит у основания цапфы – в точке наибольшего изгибного напряжения.

Причинами этого типа повреждений являются слишком большие величины крутящего момента для универсальных шарниров определенного размера и чрезмерные ударные нагрузки. Резкая блокировка ведущего вала, вызывающая чрезмерные нагрузки на универсальный шарнир, и значительные отклонения крутящего момента также вызывают разлом цапф. См. фотографию внизу страницы.

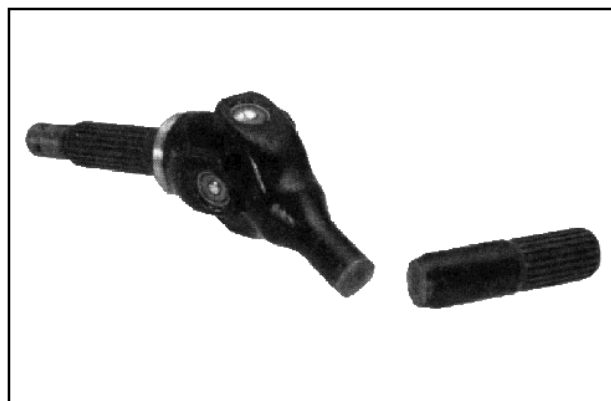


РАЗНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ – ВАЛЫ, ОСИ, ШАТУНЫ

Универсальная ведущая ось

На этой фотографии показан полный разлом универсальной ведущей оси. Этот тип повреждения вызывается следующими причинами:

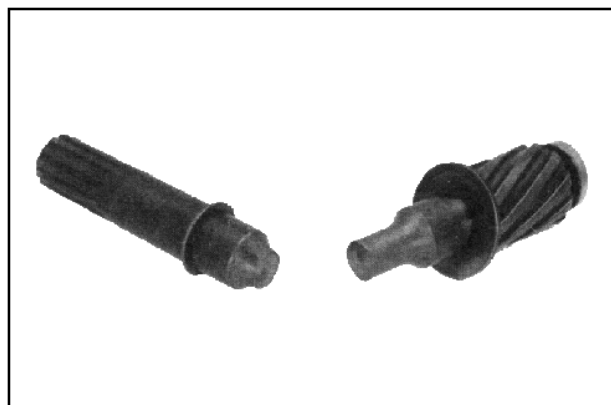
- Чрезмерная нагрузка на ось
- Производственный дефект ведущей оси



Ведущий вал

На этой фотографии показан полный разлом ведущего вала, вызванный одной из следующих причин:

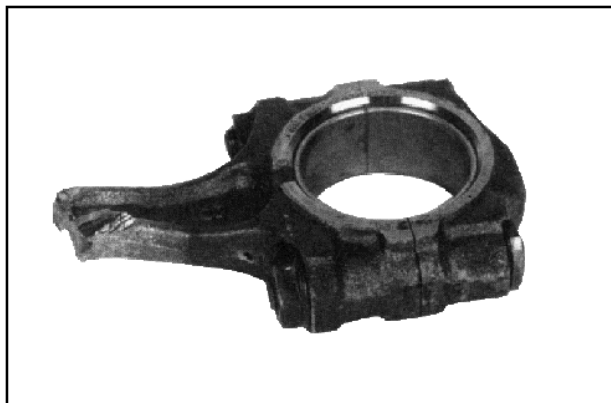
- К ведущему валу применено чрезмерное усилие
- Производственный дефект ведущего вала



Сломанный шатун

Это сломанный шатун со следами истирания в области разлома.

Этот тип повреждения обычно вызывается гидроблокировкой двигателя и изгибанием шатуна. Гидроблокировка вызывается заполнением цилиндра жидкостью.

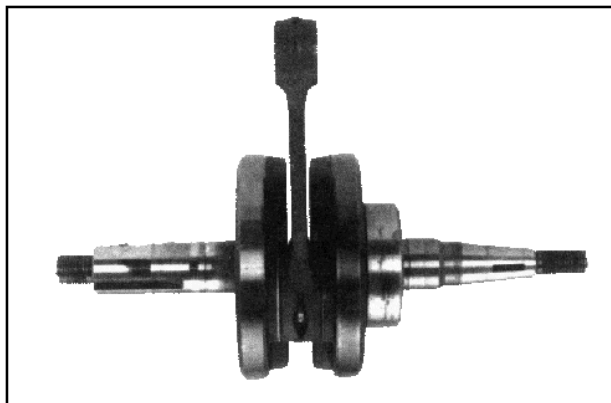


Повреждение подшипника нижней головки шатуна

На этой фотографии показан неисправный подшипник нижней головки шатуна. Подшипник сухой, сплюснутый и обесцвеченный.

Этот тип повреждения обычно вызывается следующими причинами:

- Недостаток смазки
- Неправильная сборка (слишком плотная)
- Плохая фильтрация воздуха (2-тактный двигатель)



Повреждение поверхности подшипника верхней головки шатуна

На этой фотографии показана поверхность подшипника верхней головки шатуна со следами истирания и/или царапин.

Этот тип повреждения вызывается следующими причинами:

- Недостаток смазки
- Присутствие посторонних материалов в масле

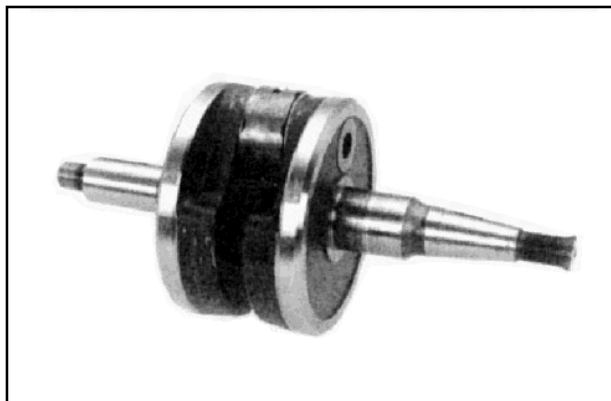


Повреждение резьбы коленчатого вала

На этой фотографии показано повреждение резьбы, закрепляющей маховик. Это повреждение, вероятно, было вызвано следующими причинами:

- Использование неподходящих инструментов
- Применение чрезмерного усилия при снятии маховика

Если при снятии маховика возникают трудности, прогрейте коническую область и попробуйте снова.



VI. АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПОДШИПНИКИ

ВВЕДЕНИЕ

Существует множество причин неисправностей антифрикционных подшипников, большинство из которых связаны со следующими факторами:

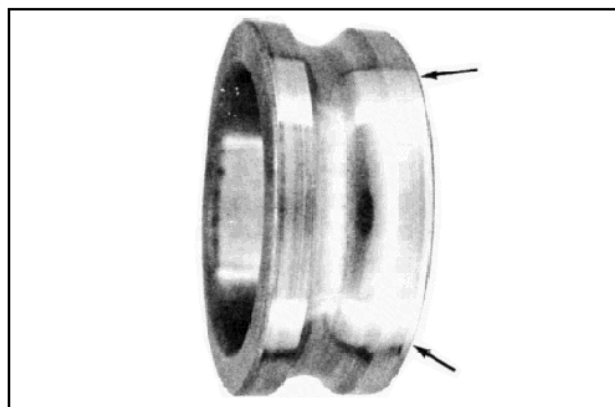
- Загрязнение
- Неправильная смазка
- Неправильная установка
- Небрежное обращение
- Деформация или перекос
- Жесткие условия эксплуатации
- Дефекты в материале подшипников

Загрязнение

Загрязнение – это любое постороннее вещество, которое может повредить подшипник. Влага и абразивные материалы любого типа, такие как грязь или песок, вызывают преждевременный выход подшипника из строя.

Абразивные загрязнения и влага вызвали ржавление, появление царапин и заедание дорожек качения подшипника. Этот тип повреждения может быть предотвращен путем использования подходящего смазочного материала, содержания подшипника в чистоте при обращении с ним и использования новых или использованных, но неповрежденных уплотнений.

На этой фотографии показан результат воздействия грубого абразивного материала на дорожки качения подшипников. Несмотря на то что этот эффект трудно показать на фотографии, обесцвеченные участки поверхности дорожек качения контрастируют с яркой отделкой нового подшипника.



Посторонний материал вызвал чрезмерный износ этих подшипников. Концы роликов изношены до углублений; кроме того, сильно изношены ребра.

Второй тип повреждения, вызываемый посторонними материалами, - это точечная коррозия. Точечная коррозия – это вид усталостного повреждения. Она появляется, когда небольшие частицы материала подшипника отделяются от поверхности. При соприкосновении сопряженных поверхностей повторное напряжение, которому подвергаются эти поверхности, может вызвать точечную коррозию.

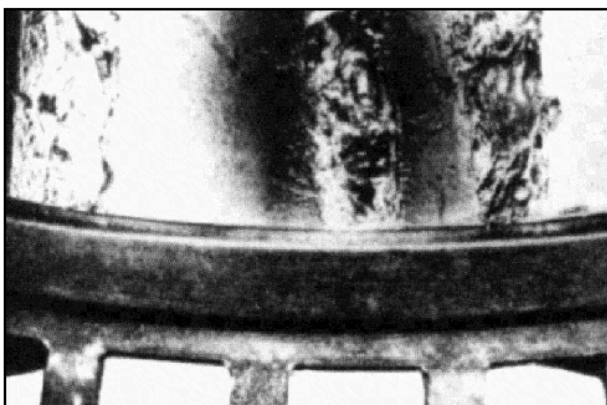
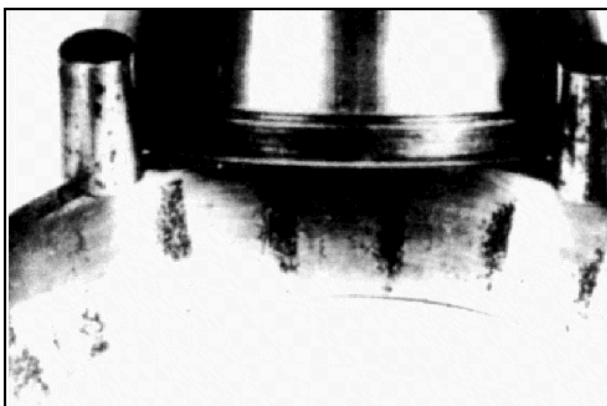
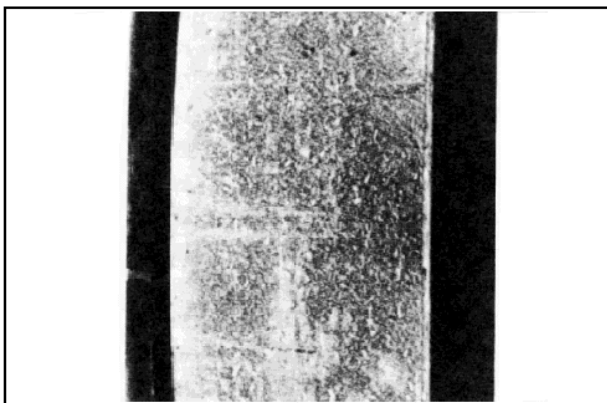
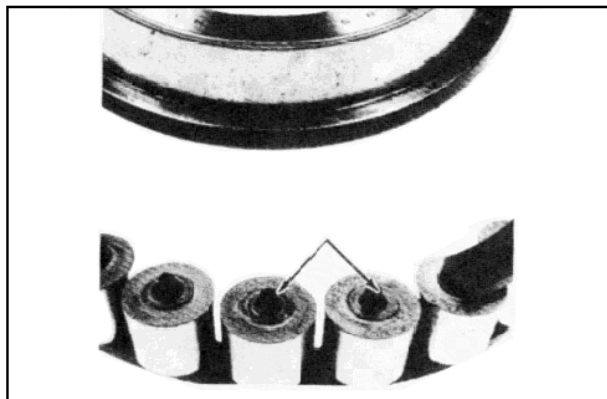
Металлическая стружка или крупные частицы грязи, остающиеся в неправильно очищенных корпусах, являются наиболее распространенными причинами неисправностей.

Достаточно крупные частицы металла или грязи вызвали образование вмятин и коррозионных язв на обойме подшипника. Некоторые вмятины столь глубоки, что вызвали разлом закаленной поверхности подшипника. При дальнейшей эксплуатации поверхность дорожек качения в скором времени начнет шелушиться или растрескиваться (глубокая коррозия).

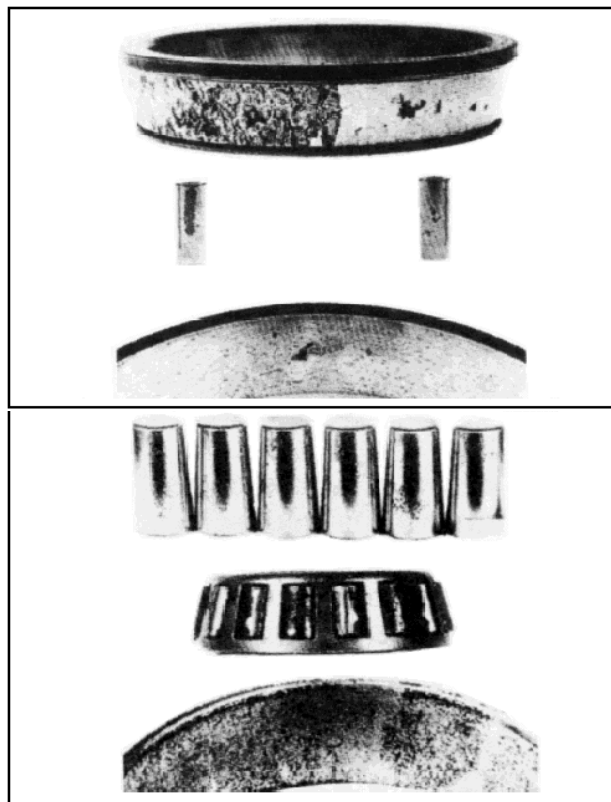
Ржавление или коррозия в антифрикционных подшипниках представляют собой серьезную проблему. Высокий уровень отделки дорожек качения и роликов делает их весьма чувствительными к коррозионному воздействию воды.

Коррозия часто вызывается конденсацией в корпусе подшипника вследствие перепадов температуры. Влага или вода могут попасть внутрь через поврежденные или изношенные уплотнения. Значительные повреждения также возникают в результате неправильной мойки и сушки подшипников, когда они извлекаются для осмотра.

На этой фотографии показано значительное повреждение в результате коррозии. На внутренних и наружных кольцах подшипника наблюдается растрескивание дорожек качения в областях, где имеет место сильная коррозия.



Значительное коррозионное повреждение вызвало образование язв и трещин. В дальнейшем по мере продолжения разрушения металла ролики ударяли по краям растрескавшихся участков, и вся поверхность дорожек качения в области нагрузки оказалась разрушена или растрескалась.

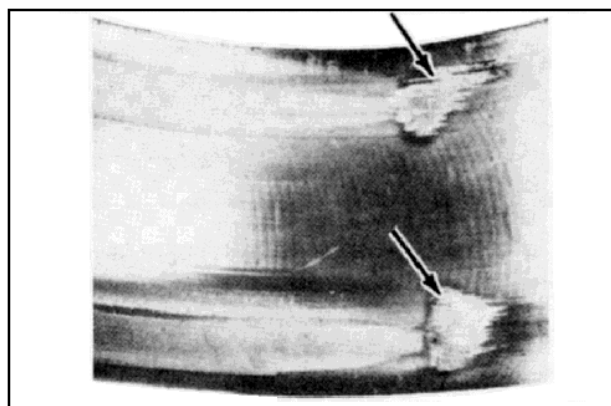


Вода попадает внутрь при хранении в неблагоприятных условиях, через изношенные уплотнения или в результате утечки через прокладки или крышки на корпусе. Результатом этого становится сильная коррозия или ржавление.

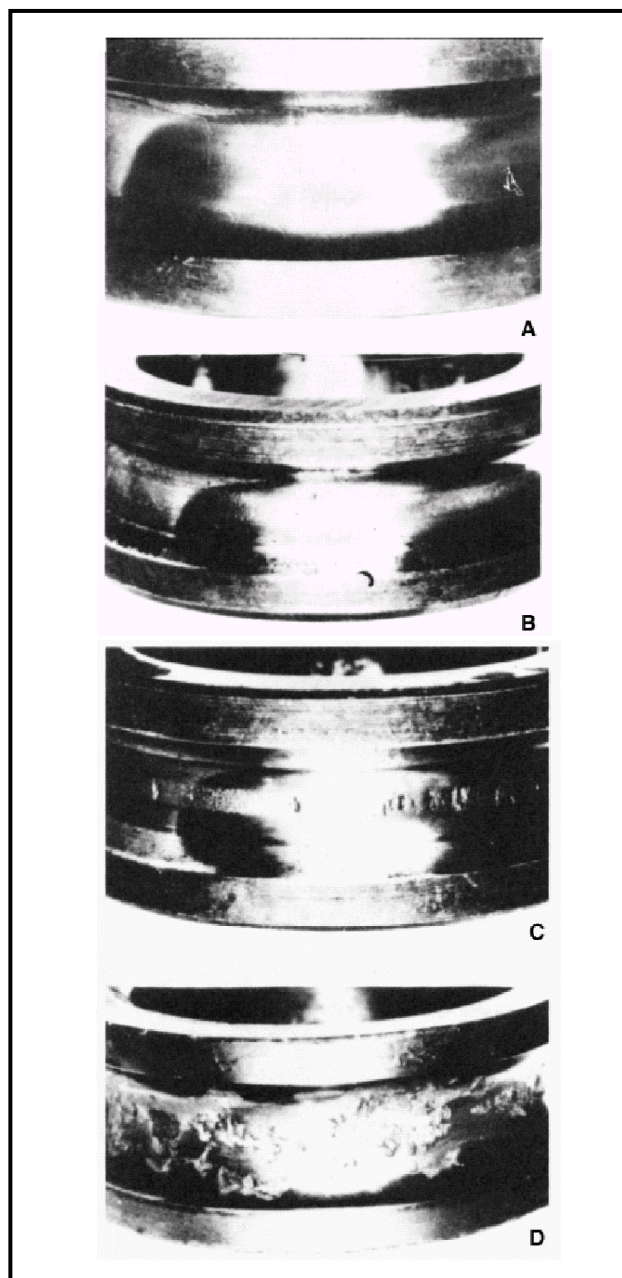
Неправильная смазка

Для удовлетворительной работы подшипников очень важна надлежащая смазка. Выход подшипников из строя может вызываться полным отсутствием смазки или слишком малым ее количеством, а также неподходящим типом, сортом или весом смазки. Всегда используйте рекомендуемую смазку.

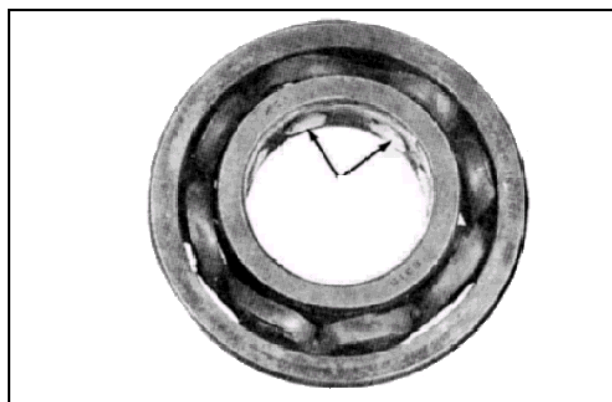
В этом подшипнике использовалось чрезмерное количество слишком твердой смазки. Элементы качения скорее скользят по поверхности, чем катятся по ней, смазывая металл. Вязкая смазка замедлила элементы качения в достаточной степени для того, чтобы началось скольжение. Когда металлические поверхности стали достаточно смазанными, скорость изнашивания возросла. Это повреждение также может быть результатом использования неподходящего типа смазки.



На фотографиях А, В, С и D показаны последовательные стадии другой формы повреждения поверхности. Первым видимым индикатором проблемы обычно является образование неглубокой шероховатости на поверхности. В дальнейшем мелкие трещины начнут разрастаться.



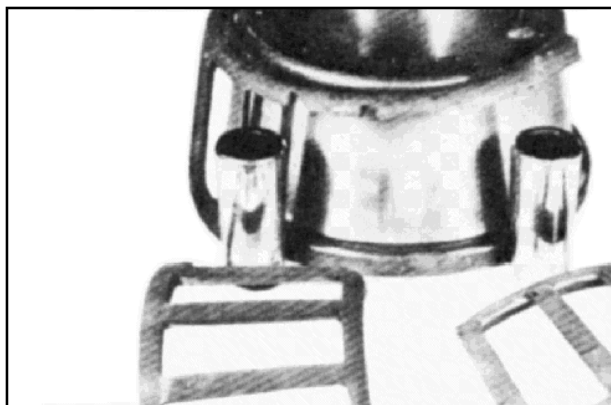
На этой фотографии показано обесцвечивание подшипника вследствие сильного нагрева.



На подшипнике может образоваться лакообразное отложение (вверху), или шарики могут спаяться с кольцом (внизу).

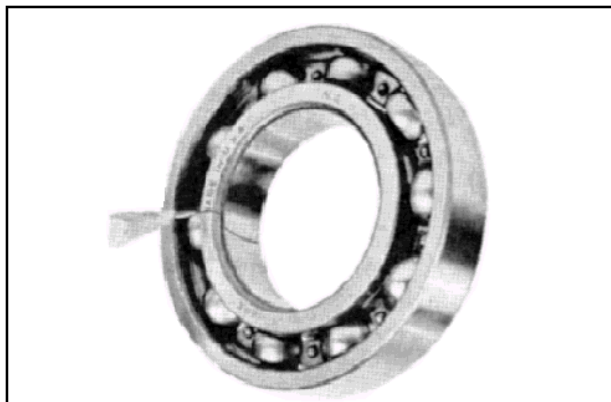


Разлом сепаратора был вызван периодической нехваткой смазки. Иногда вследствие определенных условий эксплуатации масло не может попасть в подшипник в течение периода времени, достаточного для слабого заедания роликов и ребра. В результате этого на стороны кармана сепаратора оказывается давление. Когда эта ситуация повторяется несколько раз, сепаратор начинает трескаться, а затем ломается, как показано на фотографии.



Неправильная установка

Неправильная установка также вызывает преждевременный выход подшипника из строя. Чрезмерная предварительная нагрузка или плотная регулировка могут вызвать повреждение, подобное тому, которое возникает вследствие недостатка смазки. Зачастую имеют место обе названные причины, поэтому для правильной диагностики неисправности требуется тщательная проверка.

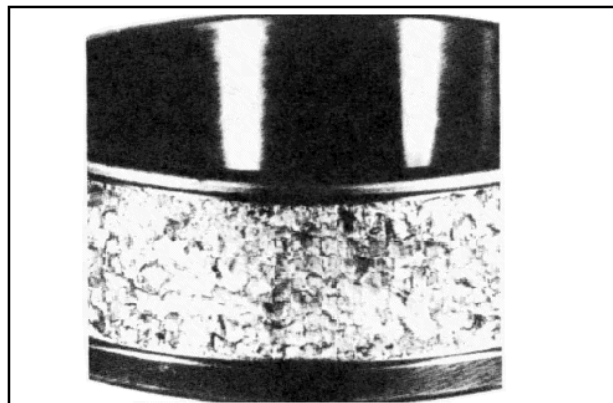
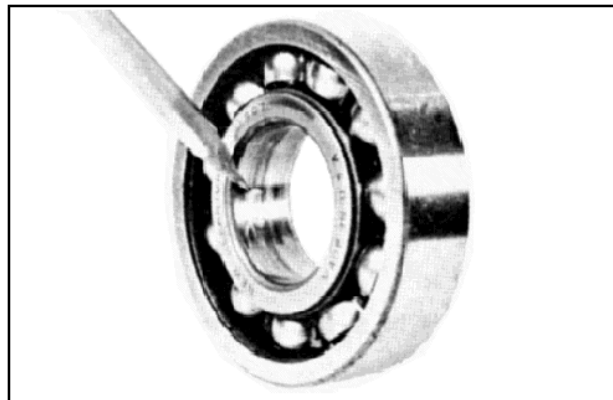
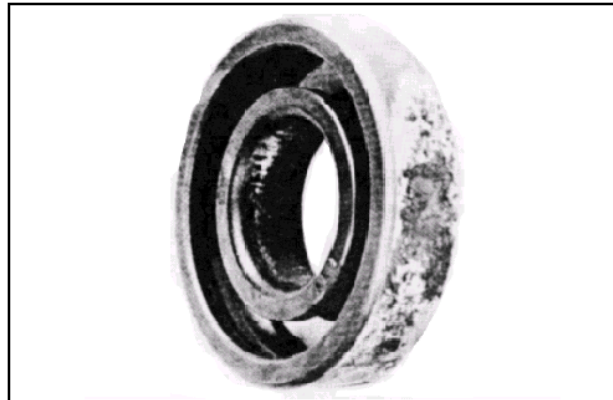


Существует три типа повреждений в результате неправильной установки. Первая – это разделение дорожки качения, вызванное установкой подшипника на вал, диаметр которого слишком велик для внутреннего диаметра дорожки качения подшипника.

Повреждение наружного кольца подшипника «посадочной ржавчиной» или фреттинг-коррозией возникает в результате недостаточно плотной установки наружного кольца в корпусе. Зачистка или удаление этой ржавчины только усилит свободную посадку. Подшипник следует заменить.

Ползучий износ вызван слишком свободной посадкой между валом и внутренним диаметром подшипника. По мере прогрессирования износа внутренне кольцо вращается быстрее, создавая большее трение и нагрев, что может привести к выходу из строя.

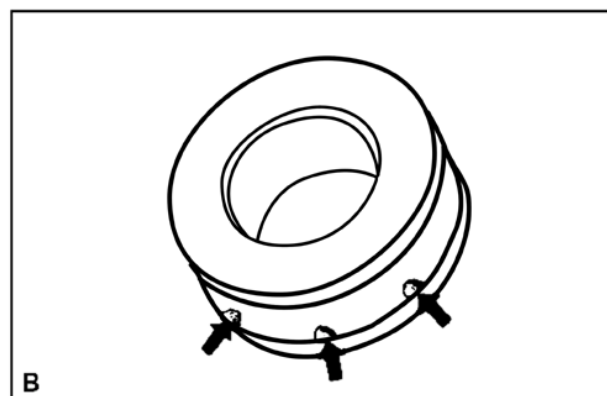
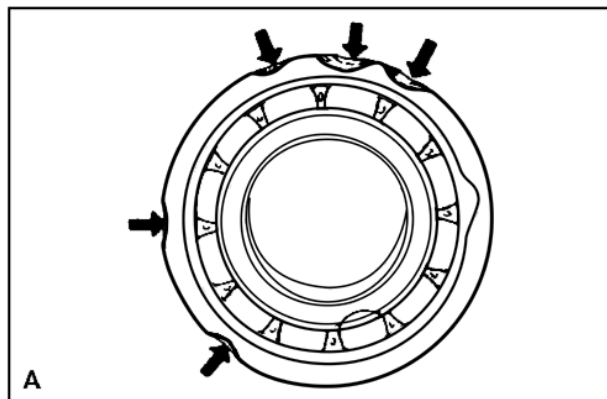
Дорожка качения подшипника сильно растрескалась вследствие усталости металла. Это усталостное повреждение произошло преждевременно и могло быть предотвращено путем устранения предварительной нагрузки или уменьшения ее до допустимого уровня.



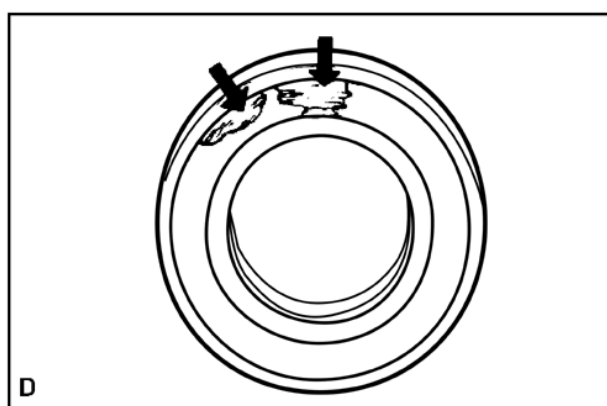
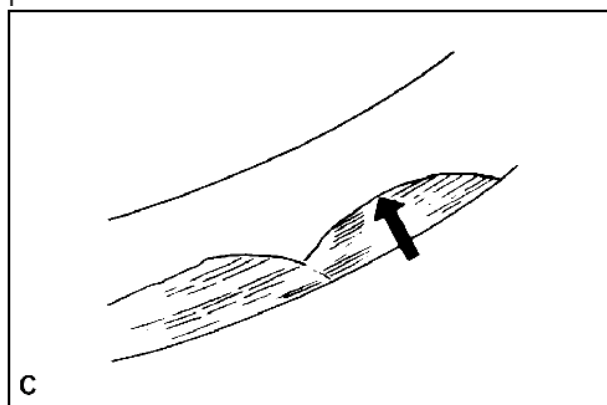
Небрежное обращение

Повреждение подшипника может быть вызвано небрежным обращением, ненадлежащим техобслуживанием и использованием неподходящих инструментов при установке.

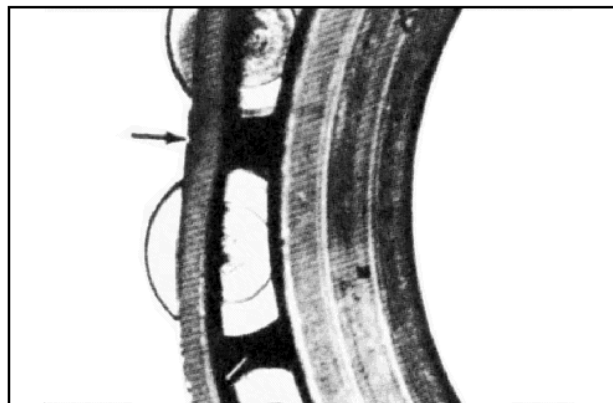
Эти подшипники подверглись ненадлежащему техобслуживанию. На **примере А** показаны вмятины на наружном кольце, возникшие в результате использования ударного инструмента (кувалды) для приведения подшипника в движение. На **примере В** показаны трещины, вызванные ударами молотка по кольцу.



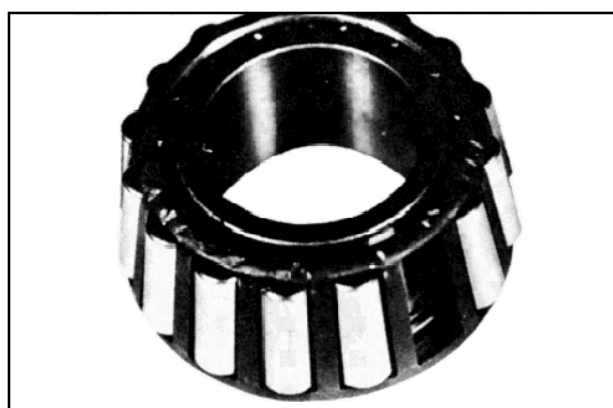
В результате ударных действий также повреждено внутренне кольцо, как показано в **примере С**. Когда кольцо получает сильный удар, сила передается через элементы качения к другому кольцу и раскалывает его. Другим результатом использования неподходящих инструментов является повреждение уплотнения на герметизированном подшипнике в **примере D**. Удары кувалды сдвинули и образовали выемки в этом уплотнении. Эффективность уплотнения снижена, и сепаратор, вероятно, связан.



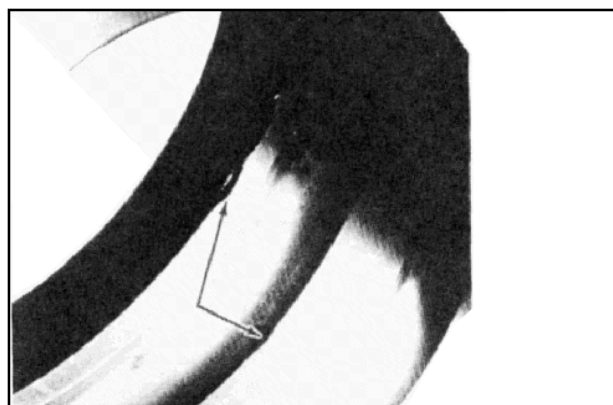
Этот подшипник уронили. В результате падения сепаратор прогнулся в большом диаметре. Это повреждение привело к блокировке и деформации ролика.



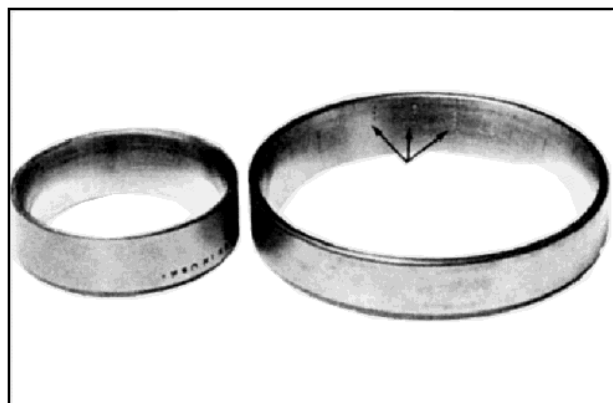
Сепаратор был поврежден во время установки вследствие использования неподходящих инструментов. Очевидно, что при помощи кувалды или бруска ударяли по сепаратору вместо верхней поверхности конуса.

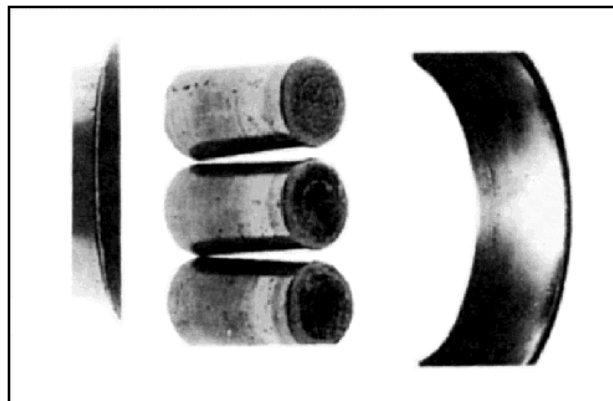


Усталостное повреждение возникло в результате ударных нагрузок при обращении или в процессе установки. Удар оставляет выбоину, которая может вызвать преждевременную усталость.



Вмятины в наружных кольцах были вызваны приподнятым положением конуса по отношению к кольцу. Концы некоторых роликов вдавлились в поверхность кольца. Края роликов были сплюснены, и при этом металл вздыбился на корпусе роликов. Вследствие наклона или перекоса ролики были вдавлены в края конического кольца, вызвав вмятины на большом и малом концах конической дорожки качения.

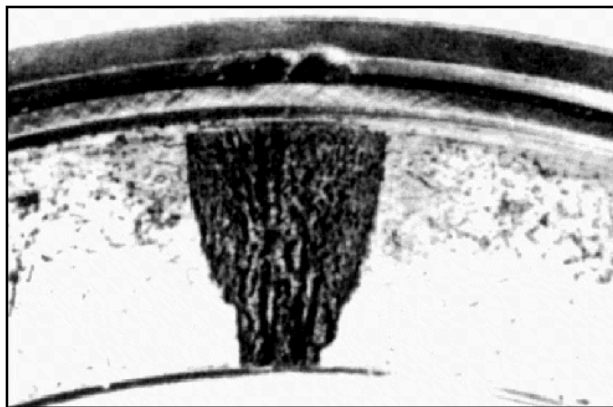




На этой фотографии показано, как брусок или инструмент, использовавшийся для установки кольца на место, соскользнул и сделал вмятины в поверхности.



Следы простираются до края посадочного места кольца, вызывая образование точечных дефектов и растрескивание или усталость в кольце.

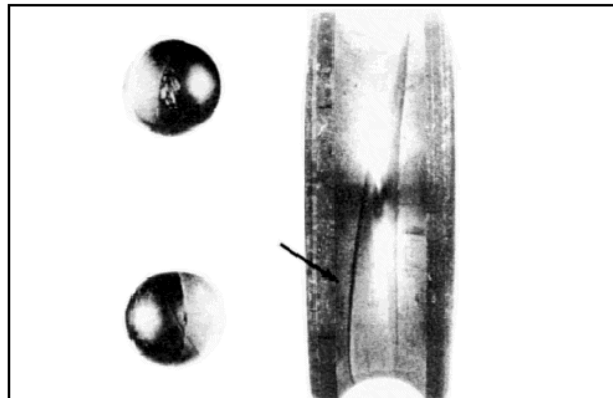


Следы на внутреннем диаметре и на наружном диаметре кольца были вызваны точечными дефектами в корпусе. Внутренний диаметр растрескался в этой области, а на наружном диаметре видны следы усиленного контакта в соответствующем участке.

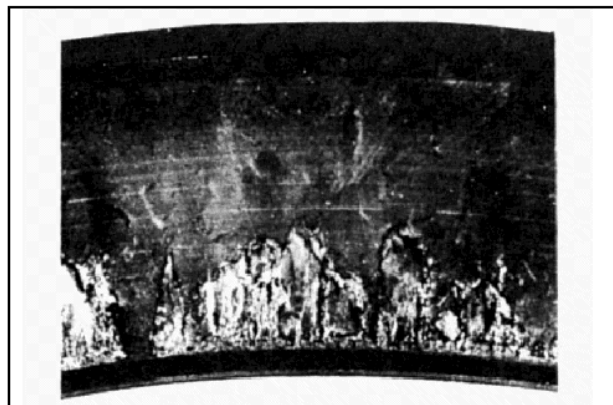


Перекося

Перекося обычно вызывается изогнутым валом или наличием посторонних материалов между подшипником и его посадочным местом. Обратите внимание на канавки износа на дорожках качения и изношенную форму шариков. Перекося в роликовых или игольчатых подшипниках обычно приводит к чрезмерному давлению на дорожки качения и ролики и преждевременному усталостному разрушению. Причину неисправности необходимо определить и устранить, иначе при установке новых подшипников неисправность повторится.



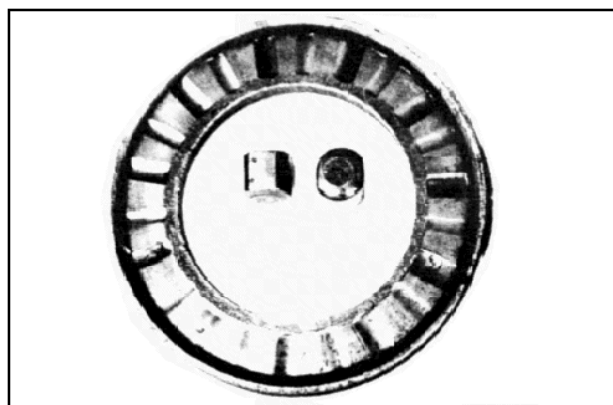
Чрезмерный осевой люфт в подшипнике привел к такому состоянию.



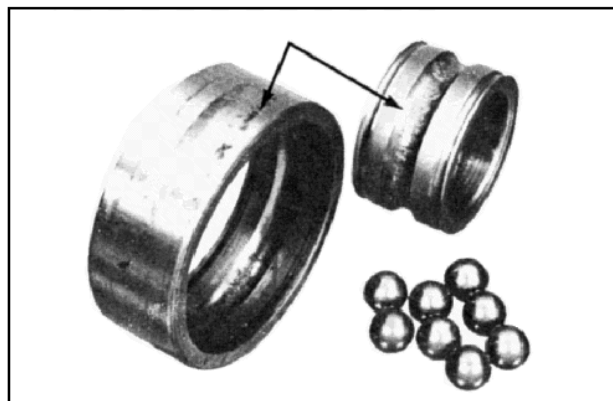
Жесткие условия эксплуатации

Чрезмерные кратковременные ударные нагрузки могут привести к образованию вмятин на дорожках качения подшипников, а в некоторых случаях даже к разрушению дорожек и роликов.

Если упорные подшипники установлены с осевым люфтом, то при проезде колеса по неровной поверхности возникает ударное действие. Эти быстрые короткие удары вдавливают ролики в дорожки качения и в результате приводят к разрушению дорожек.

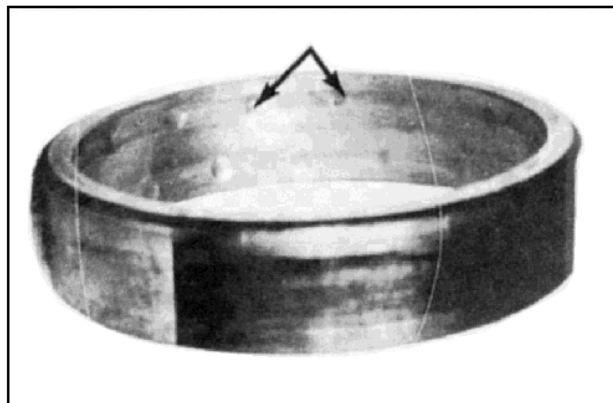


Первыми индикаторами усталостного разрушения могут быть шумный ход и усиленная вибрация. На металлической поверхности дорожек качения подшипника видны следы шелушения. Шелушение вызвано слишком высокой скоростью и чрезмерной нагрузкой.



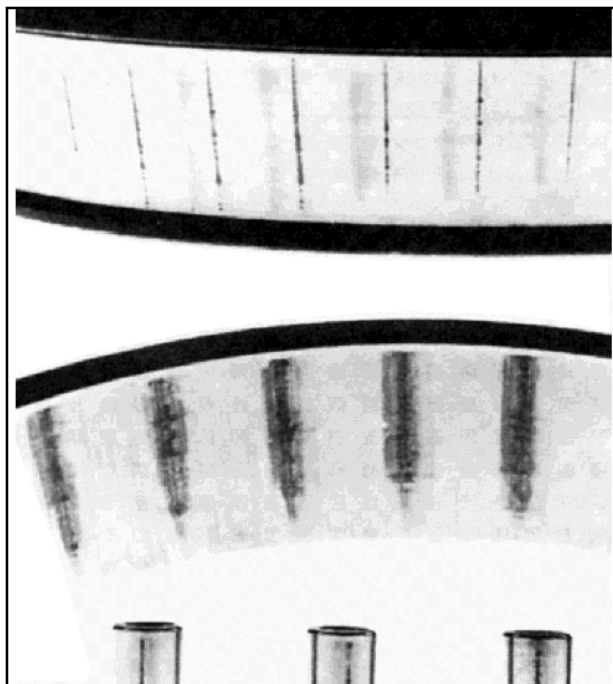
Вибрация

Большинство антифрикционных подшипников вращаются под нагрузкой. Однако этот подшипник был неподвижен, когда подвергся вибрации. Выбоины возникли в результате сочетания износа и ударов, вызванных этой вибрацией. Когда этот подшипник подвергнется нагрузке качения, он быстро выйдет из строя.



Этот износ вызван скольжением роликов вперед и назад, когда подшипник или дорожка качения неподвижны. Такое скольжение привело к образованию бороздки износа в дорожке качения. Скольжение, в свою очередь, вызывается вибрацией. Вибрация может вызвать движение, достаточно интенсивное для возникновения такого износа.

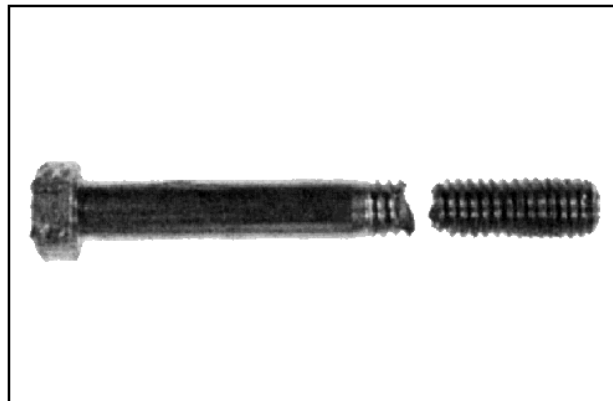
Более значительные следы, в особенности более глубокие и узкие бороздки с острыми краями, вызывают шумы и неровную работу подшипников.



VII. РАЗРУШЕНИЕ БОЛТОВ И ГАЕК ПРИ СБОРКЕ

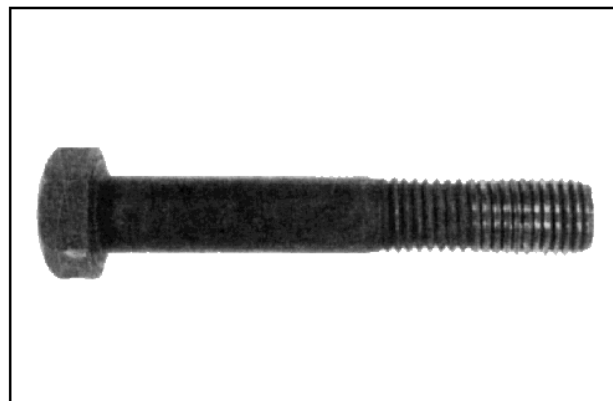
Перекручивание болта

Это повреждение болта было вызвано низким качеством резьбы или высоким коэффициентом трения между деталями.



Истирание резьбы

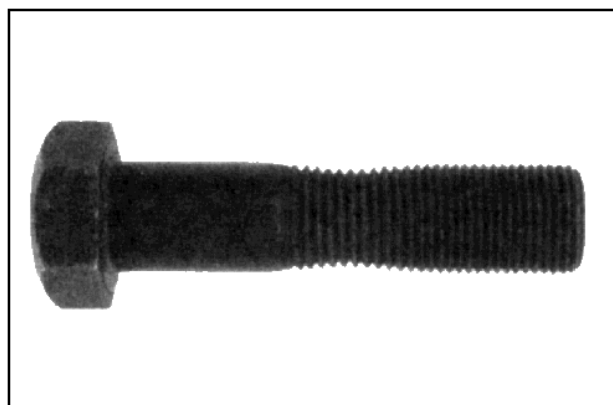
Деформация резьбы (истирание) вызвано плохим контактом резьбы с гайкой.



Разрушение при растяжении

Слишком большая величина крутящего момента вызвала растяжение этого болта и уменьшение толщины резьбы. Для предотвращения такого повреждения замененного болта уменьшите крутящий момент при сборке.

При низкой величине трения рекомендованный крутящий момент вызовет слишком большое напряжение болта, что приведет к его повреждению. Замените болт и уменьшите крутящий момент.



Усталость

Эти болты были повреждены вследствие низкого крутящего момента или в результате сочетания крутящего момента и высокого циклического напряжения. Возможно, рабочие нагрузки оказались выше ожидаемых или сопровождались изгибающими нагрузками. Замените болты и используйте больший крутящий момент. Замените болты на более крупные. Уменьшите концентрацию напряжений на болты.

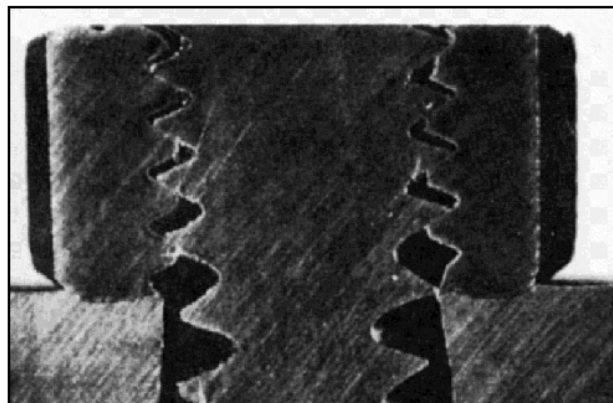


Ослабление затяжки после сборки

Загрязненные и шероховатые поверхности могут вызвать вибрацию в соединении и привести к самоослаблению болта. Очистите поверхность для уменьшения контактного напряжения. Используйте стопорное устройство на резьбе.

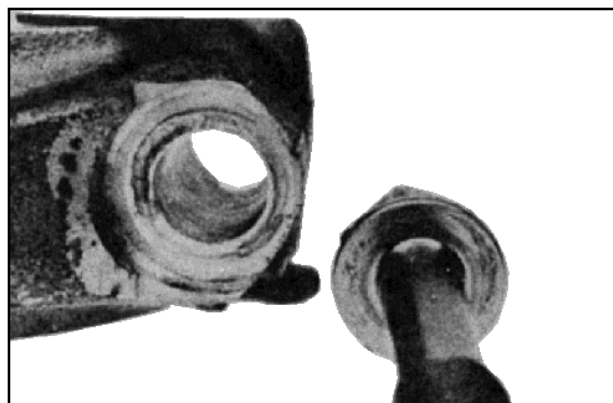


На этой фотографии показаны крепежные детали, прочность которых выше чем у соединяемых ими компонентов. Шайбовая поверхности гайки вдавлена в поверхность компонента. Отверстие в компоненте деформировано. Замените на гайку с фланцем, добавьте твердую шайбу или увеличьте прочность соединяемых компонентов.



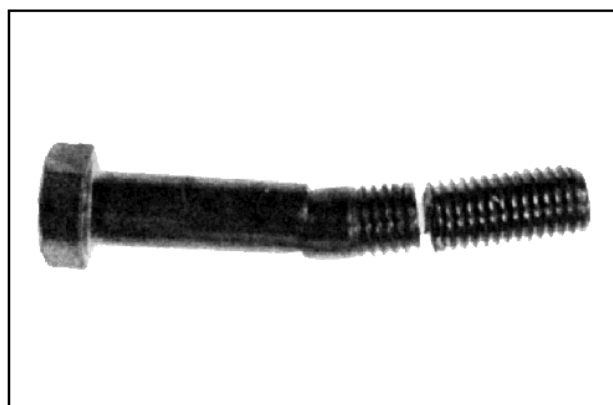
Истирание сопряженных деталей

Истирание поверхностей сопряженных деталей, которые вращаются в процессе сборки, является результатом плохой отделки поверхности или недостатка смазки. Улучшите отделку поверхности, добавьте смазки или увеличьте твердость поверхности.

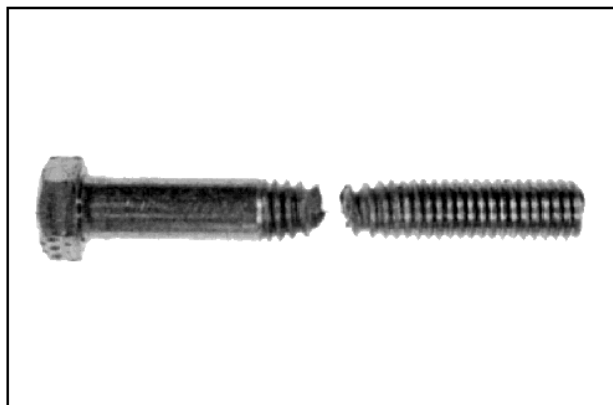


Разрушение при сдвиге

Состояние этого болта свидетельствует о том, что к месту соединения компонентов была приложена высокая перекрестная нагрузка. Замените болт и увеличьте крутящий момент. Используйте втулки для несения сдвигающих нагрузок. Замените болт на более крупный.

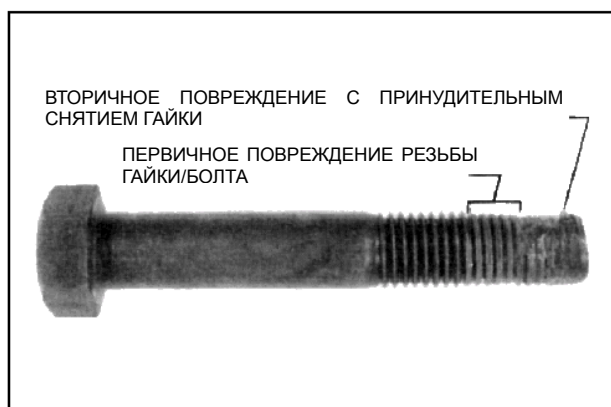


При низком трении рекомендованный крутящий момент вызвал слишком большое напряжение на болт, что привело к этому повреждению. Замените болт и уменьшите крутящий момент.



Разрушение болта/гайки

Болт может быть «оголен» в результате использования гайки с малой длиной резьбы, неподходящим шагом резьбы или несоответствующей твердости. Замените гайку на более высококачественную или увеличьте высоту гайки. Убедитесь, что шаг резьбы гайки соответствует болту.



Расширение гайки

При использовании низкокачественной гайки в процессе сборки шайбовая поверхности гайки увеличивается в диаметре. Замените на гайку большей прочности, добавьте твердую шайбу в соединение или используйте гайку с фланцем.

