ОПД.Ф.02.04 ДЕТАЛИ МАШИН
ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ И ИХ ПРИЧИНЫ

Учебное пособие

Содержание

Введение

Следы_качения_и_их_значение

Различные_виды_повреждений_подшипников

Износ

Вмятины

Задиры

Поверхностные_разрушения

Коррозия

Повреждения_вызванные_электротоком

Усталостные_раковины

Трещины

Повреждения_сепаратора

Введение

Повреждение подшипников и их причины

Подшипники качения являются важнейшими деталями большинства машин. К их несущей способности и надёжности предъявляются высокие требования. По этой причине уже много лет подшипники качения являются предметом интенсивных исследований. Со временем теория и технология подшипников качения развилась в особую область научно-исследовательской работы. Фирма SKF является пионером и занимает ведущие позиции в таких исследованиях.

Благодаря проведённым исследованиям стал возможен расчёт долговечности подшипников с высокой точностью. Это сделало возможным согласование между собой долговечности подшипников и машины. Однако время от времени случается, что фактическая долговечность подшипника оказывается ниже расчётной. Это происходит вследствие множества причин. Например, не предполагаемо высокая нагрузка, недостаточное смазывание или неподходящий смазочный материал, неправильный монтаж подшипника, недостаточная эффективность уплотнений, посадка подшипника с чрезмерным натягом и, соответственно, недостаточный внутренний зазор или чрезмерный внутренний натяг подшипника. Каждая такая ситуация порождает специфическое повреждение подшипника, которое находит отражение в характерной картине повреждения. Следовательно, в большинстве случаев становится возможным при исследовании повреждённого подшипника установить причину повреждения и принять соответствующие меры, для того чтобы избежать повторного повреждения подшипника после возобновления работы машины.

Как определяют понятие «долговечность подшипников качения»?

Упрощенно суть выражается следующим образом: в реальных условиях подшипник качения не может работать произвольно долго. Раньше или позже возникает усталостное разрушение материала, и работа подшипника становится невозможной. Промежуток времени до появления первых признаков усталости материала зависит от частоты вращения подшипника и величины нагрузки. Усталостное разрушение является следствием переменных напряжений сдвига непосредственно под поверхностью качения в зоне действия нагрузки. Эти напряжения обуславливают образование трещин, которые постепенно распространяются к поверхности. Когда по таким трещинам перекатываются тела качения, происходит отделение частиц материала. Такой процесс, который называют образованием усталостных раковин, со временем прогрессирует до тех пор, пока подшипник становится непригодным для работы (см. рис. 1 - 4).

Долговечностью подшипника качения называют число оборотов, которое он совершит прежде, чем станут заметными первые признаки усталостного разрушения на дорожках и телах качения. Это не означает, что после этого подшипник не может продолжать работу. Усталостное выкрашивание распространяется медленно и обнаруживает себя возрастанием шума и вибраций. Поэтому, как правило, остаётся достаточно времени для подготовки замены подшипника.

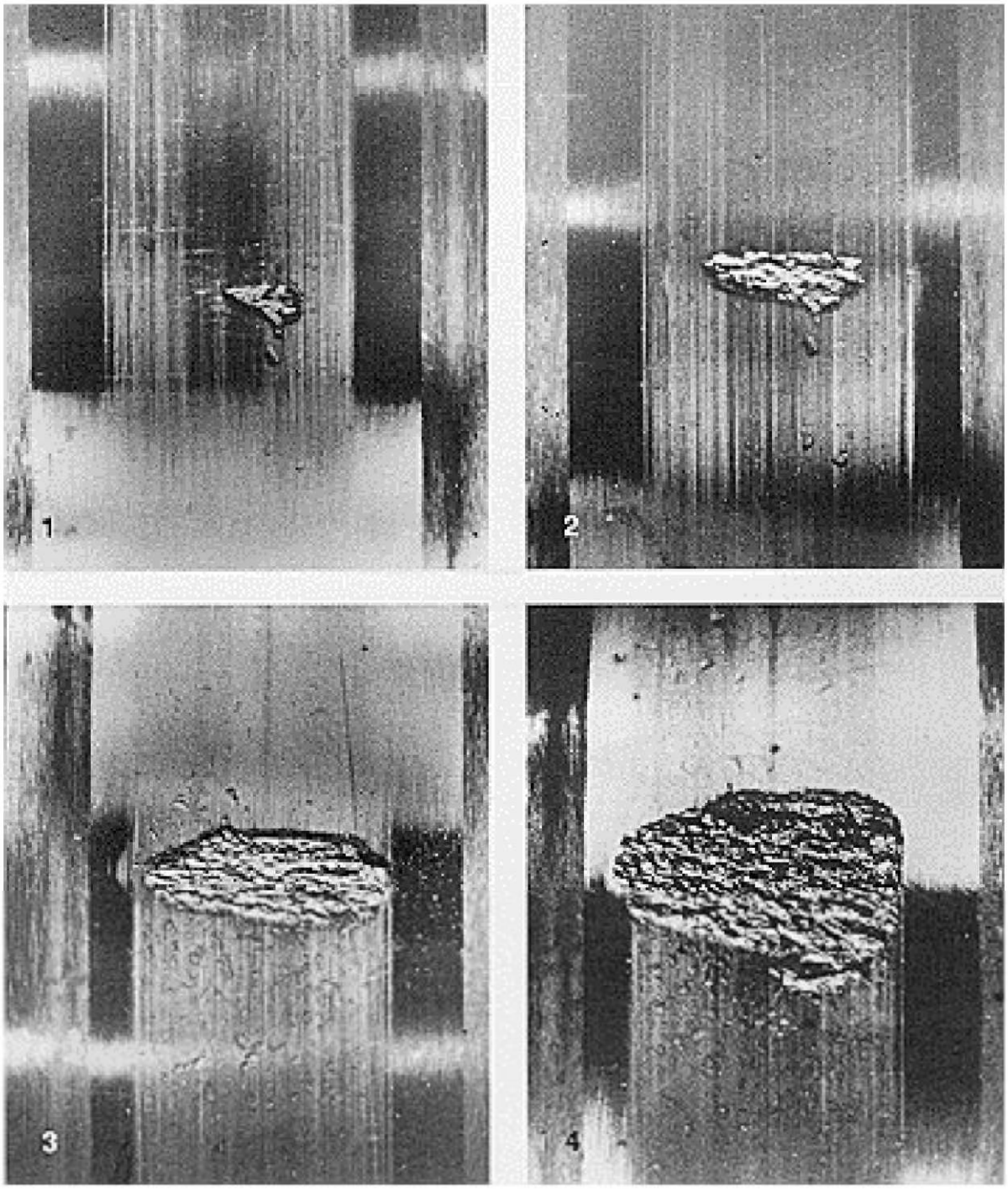


Рис. 1- 4. Стадии усталостного разрушения подшипника (развитие усталостной раковины).

Содержание

Следы качения и их значение

У вращающегося под нагрузкой подшипника поверхности соприкосновения дорожек и тел качения, как правило, выглядят немного матовыми. Это не признак износа в обычном смысле, такое явление не оказывает влияния на долговечность подшипника. Матовые участки поверхности дорожек качения внутренних и наружных колец являются следами качения, которые выглядят по-разному в зависимости от условий вращения и нагружения. Исследование следов качения на разобранном подшипнике даёт возможность делать выводы о том, при каких условиях он был установлен и работал. Зная различия между нормальными и фактическими следами качения, можно определить, работал ли подшипник в нормальных или в необычных условиях.

Следующие эскизы показывают нормальные следы качения при различных условиях вращения и нагружения. (рис. 5 – 11) и типичные следы качения, возникающие при неблагоприятных условиях работы (рис. 12 – 18).

В большинстве случаев дефекты подшипников могут быть выявлены по следам качения. Вид и расположение следов качения могут быть полезными вспомогательными средствами при диагностике повреждений подшипников.

На примере радиальных и упорных шарикоподшипников показаны типичные виды следов качения. Однако эти данные могут быть распространены и на подшипники качения других видов.

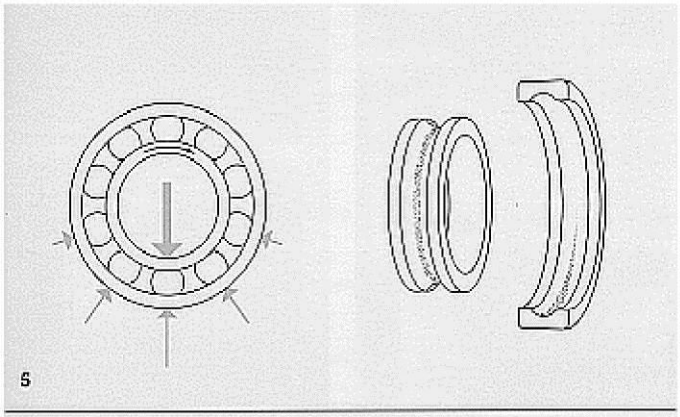


Рис. 5. Радиальная нагрузка.
Направление нагрузки постоянное.
Вращается внутреннее кольцо, наружное кольцо не вращается.
Внутреннее кольцо: равномерно широкий след качения расположен по середине дорожки качения и распространяется по всей окружности.
Наружное кольцо: след качения, самый широкий в направлении нагрузки, к концу зоны нагружения вырождается в острие.
При нормальной посадке и нормальном зазоре в подшипнике след качения распространяется примерно на половину окружности дорожки качения.

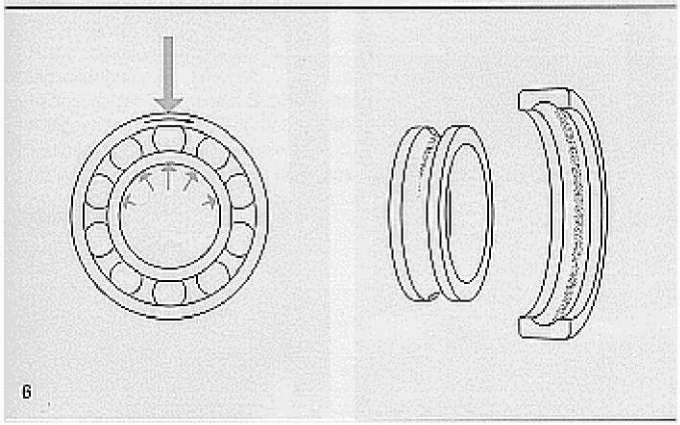


Рис. 6. Радиальная нагрузка.
Направление нагрузки постоянное.
Вращается наружное кольцо, внутреннее кольцо не вращается.
Внутреннее кольцо: след качения, самый широкий в направлении нагрузки, к концу зоны нагружения вырождается в острие.
При нормальной посадке и нормальном зазоре в подшипнике след качения распространяется примерно на половину окружности дорожки качения.
Наружное кольцо: равномерно широкий след качения расположен по середине дорожки качения и распространяется по всей окружности.

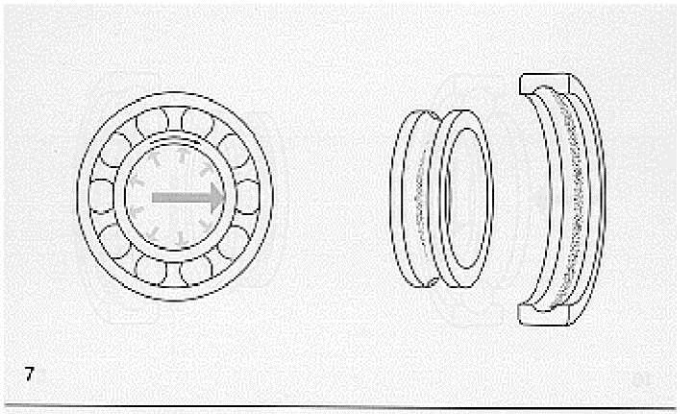


Рис. 7. Радиальная нагрузка, вращающаяся с той же частотой, что и внутреннее кольцо.
Вращается внутреннее кольцо. Наружное кольцо не вращается. Внутреннее кольцо: след качения, самый широкий в направлении нагрузки, к концу зоны нагружения вырождается в острие. При нормальной посадке и нормальном зазоре в подшипнике след качения распространяется примерно на половину окружности дорожки качения.
Наружное кольцо: равномерно широкий след качения расположен по середине дорожки качения и распространяется по всей окружности.

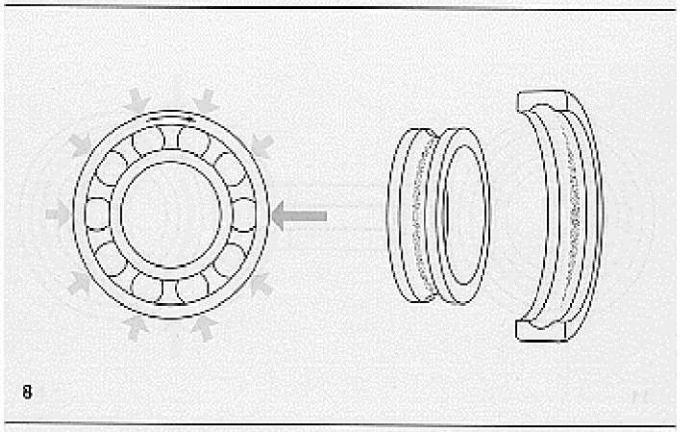


Рис. 8. Радиальная нагрузка, вращающаяся с той же частотой, что и наружное кольцо.
Внутреннее кольцо не вращается. Наружное кольцо вращается. Внутреннее кольцо: равномерно широкий след качения расположен по середине дорожки качения и распространяется по всей окружности. Наружное кольцо: след качения, самый широкий в направлении нагрузки, к концу зоны нагружения вырождается в острие. При нормальной посадке и нормальном зазоре в подшипнике след качения распространяется примерно на половину окружности дорожки качения.

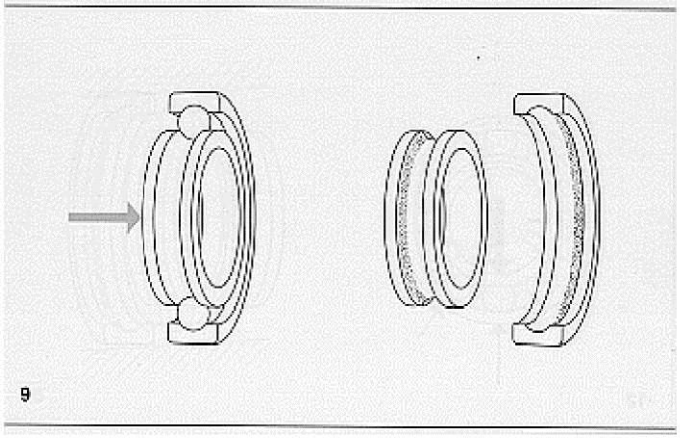


Рис. 9. Осевая нагрузка постоянного направления.
Вращается внутреннее или наружное кольцо. Внутреннее и наружное кольца: след качения равномерно распространён по всей окружности дорожек качения обоих колец, однако смещён в сторону

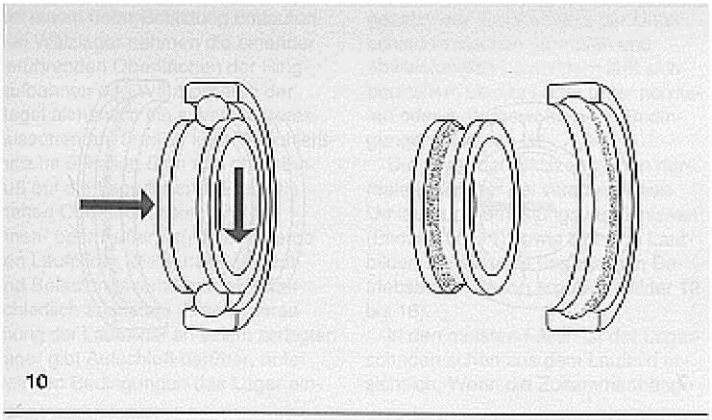


Рис. 10. Комбинированная нагрузка постоянного направления.
Вращается внутреннее кольцо. Наружное кольцо не вращается.
Внутреннее кольцо: след качения, равномерно распространённый по всей окружности дорожки качения, смещён в одну сторону.
Наружное кольцо: след качения, самый широкий в направлении радиальной нагрузки, распространяется по всей окружности дорожки качения, однако смещён в сторону.

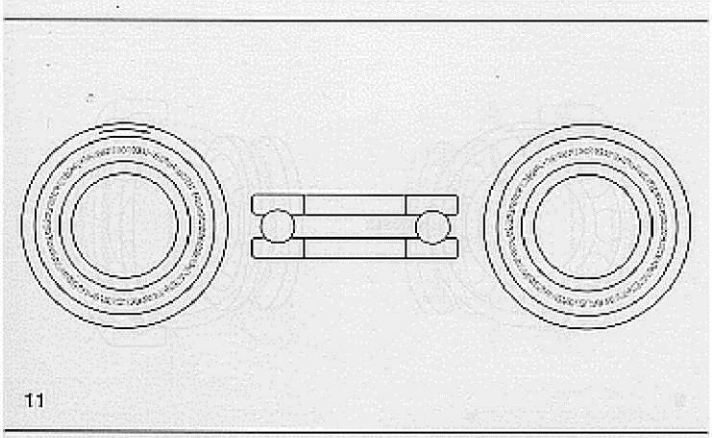


Рис. 11. Осевая нагрузка постоянного направления.
Вращается тугое кольцо. Свободное кольцо не вращается.
Тугое и свободное кольца: равномерно широкий след качения распространяется по всей окружности обоих колец.

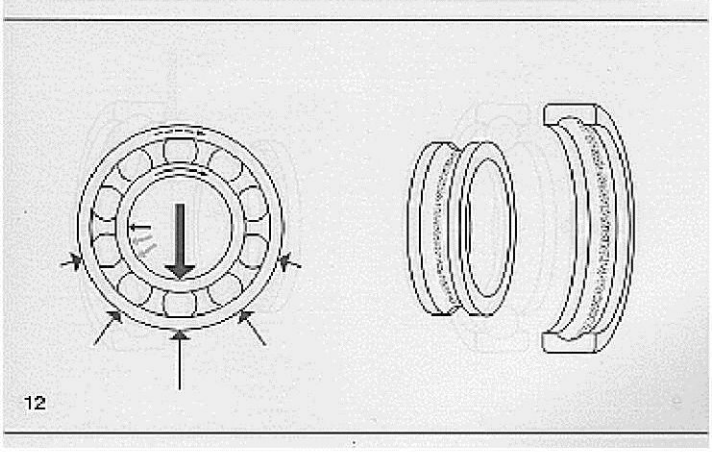


Рис. 12. Радиальная нагрузка постоянного направления, дополнительно – дисбаланс.
Вращается внутреннее кольцо. Наружное кольцо не вращается. Внутреннее и наружное кольца: след качения равномерно распространён по всей окружности дорожек качения обоих колец.

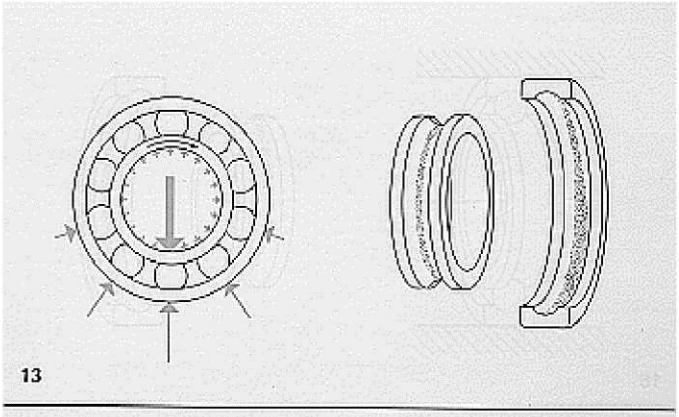


Рис. 13. Подшипник установлен с предварительным натягом посредством посадки с натягом на вал.
Радиальная нагрузка постоянного направления. Внутреннее кольцо вращается. Наружное кольцо не вращается. Внутреннее кольцо: равномерно широкий след качения распространяется посередине дорожки качения по всей окружности. Наружное кольцо: след качения, самый широкий в направлении радиальной нагрузки, распространяется по всей окружности посередине дорожки качения.

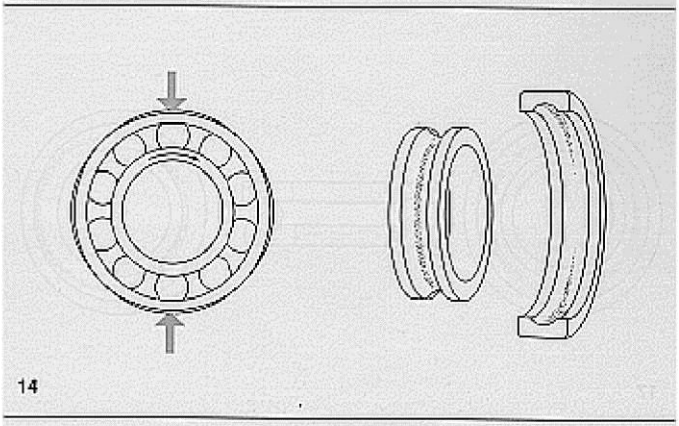


Рис. 14. Овально деформированное наружное кольцо.
Внутреннее кольцо вращается. Наружное кольцо не вращается.
Внутреннее кольцо: равномерно широкий след качения распространяется посередине дорожки качения по всей окружности.
Наружное кольцо: следы качения, самые широкие в направлении деформации кольца, на двух диаметрально противоположных участках дорожки качения.

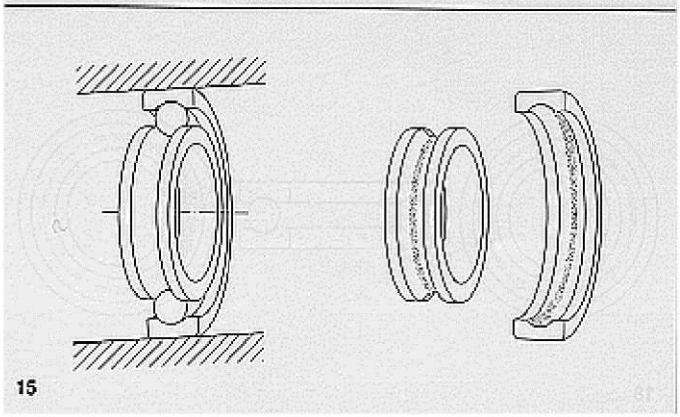


Рис. 15. Перекос наружного кольца.
Внутреннее кольцо вращается. Наружное кольцо не вращается.
Внутреннее кольцо: равномерно широкий след качения распространяется посередине дорожки качения по всей окружности.
Наружное кольцо: следы качения на двух диаметрально противоположных участках дорожки качения, смещённые друг относительно друга по диагонали.

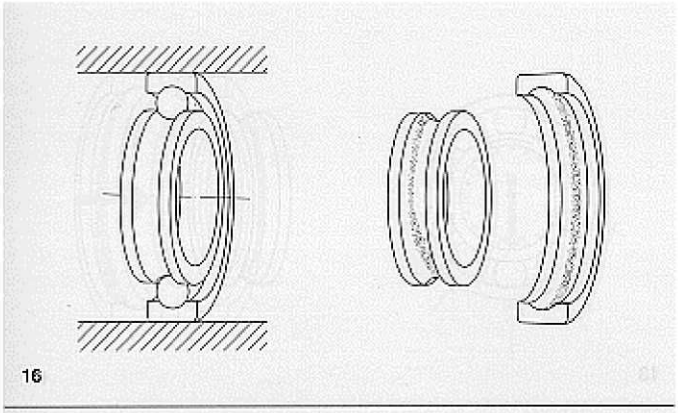


Рис. 16. Перекос внутреннего кольца.
Внутреннее кольцо вращается. Наружное кольцо не вращается.
Внутреннее кольцо: след качения, самый широкий в направлении нагрузки, к концу зоны нагружения вырождается в острие.
Зазор в подшипнике, вследствие перекоса внутреннего кольца, уменьшается; длина следа качения по окружности дорожки качения зависит от того, насколько уменьшается зазор в подшипнике.

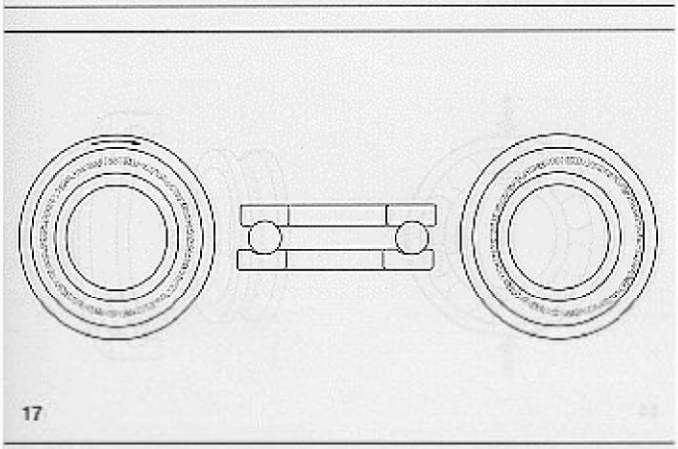


Рис. 17 Свободное кольцо смещено эксцентрично тугому кольцу.
Вращается тугое кольцо. Свободное кольцо не вращается.
Тугое кольцо: равномерно широкий след качения распространяется по всей окружности дорожки качения.
Свободное кольцо: след качения распространяется по всей окружности, однако смещён относительно центра кольца.

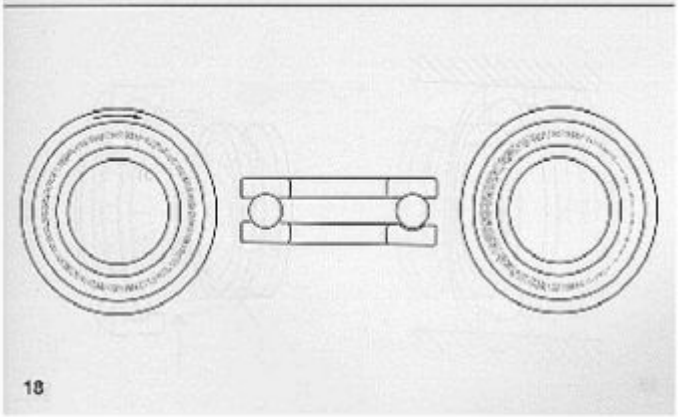


Рис. 18 Перекос свободного кольца.
Вращается тугое кольцо. Свободное кольцо не вращается.
Тугое кольцо: равномерно широкий след качения распространяется по всей окружности дорожки качения.
Свободное кольцо: неравномерно широкий след качения, наиболее широкий в зоне наибольшей нагрузки, расположен в середине дорожки качения

Содержание

Различные виды повреждений подшипников

Каждая причина повреждения подшипника находит отражение в характерной картине повреждения. Такие повреждения, их именуют первичными, порождают вторичные повреждения – усталостные раковины (питтинг), и трещины, - которые служат непосредственной причиной выхода подшипника из строя. Уже первичные повреждения в некоторых случаях могут оказаться причиной утраты подшипником работоспособности. Например, износ и, соответственно, чрезмерно большой зазор в подшипнике, могут вызвать недопустимо большие вибрации и шум. На вышедшем из строя подшипнике часто обнаруживают комбинацию первичных и вторичных повреждений.
Виды повреждений можно классифицировать следующим образом:

Первичные повреждения:
Износ
Вмятины
Задиры
Поверхностные разрушения
Коррозия
Последствия прохождения электрического тока

Вторичные повреждения:
Усталостные раковины
Трещины

Содержание

Износ

При нормальных условиях эксплуатации сколько-нибудь заметного износа подшипников качения не наблюдается. Износ возникает тогда, когда в подшипник проникают инородные частицы или имеет место недостаточное смазывание. Он может быть также следствием вибраций не вращающегося подшипника.

Износ под действием абразивных частиц

Малые абразивные частицы, например продукты изнашивания металлов, проникающие в подшипник, приводят к повреждению дорожек качения, тел качения и сепаратора. Поверхность качения становится в большей или меньшей степени матовой, в зависимости от размера (зернистости) и типа абразивных частиц. Продукты износа латунных сепараторов могут окрасить светлую смазку в зелёный цвет.

По мере изнашивания дорожек качения и сепаратора количество абразивных частиц возрастает. Этот процесс распространяется всё шире, до тех пор, пока детали подшипника ни изнашиваются настолько, что он становится непригодным к работе. Однако подшипники с небольшим износом после их промывки можно продолжать использовать далее.

Абразивные частицы проникают в подшипник извне, если уплотнения не соответствуют условиям работы. Частицы могут попадать в подшипники вместе с загрязнённой пластичной смазкой или во время сборки подшипникового узла.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Малые вмятины на дорожках качения колец подшипников и тел качения. Матовая, изношенная поверхность дорожек качения. Потемнение пластичной смазки.	Недостаточная чистота до и во время монтажа. Неэффективные уплотнения. Пластичная смазка загрязнена продуктами износа латунного сепаратора.	Распаковывать подшипники непосредственно перед монтажом. Рабочее место и инструмент содержать в чистоте. Применять свежие и чистые смазывающие материалы. Фильтровать масло. Проверить и при необходимости заменить уплотнения.

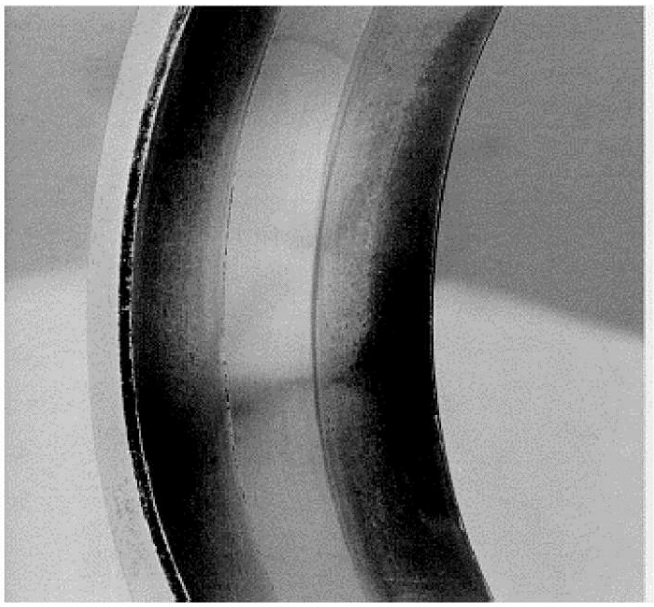


Рис. 19 Наружное кольцо двухрядного сферического роликоподшипника, дорожки которого изношены под действием абразивных частиц. Изношенные и неизношенные участки явно различимы.

Износ вследствие недостаточного смазывания

Устойчивый несущий смазочный слой не может возникнуть, если количество смазки недостаточно, а сама смазка утратила свои свойства. В таких условиях могут возникать металлические контакты между телами качения и дорожками качения. В начальной стадии износ как бы реализует процесс притирания. Микроскопически малые вершины шероховатости, образующиеся в процессе механической обработки, срезаются. Одновременно достигается известный эффект прикатывания, благодаря чему поверхность качения выглядит зеркально гладкой. Но уже на этой стадии могут начинаться поверхностные разрушения (см. стр. 23).

Когда смазка полностью израсходована, происходит значительный рост температуры. Закалённая подшипниковая сталь теряет свою твёрдость, и на поверхности возникают «цвета побежалости»: голубой и коричневый. При этом температура может стать настолько высокой, что подшипник заклинивает.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Поверхность изношенная, иногда с зеркальным блеском (как бы полированная). По мере развития процесса могут возникнуть «цвета побежалости»: голубой и коричневый.	Смазочный материал постепенно исчерпывается или утрачивает свои свойства.	Проверять, поступает ли смазка в подшипник. Уменьшить интервал повторного смазывания.

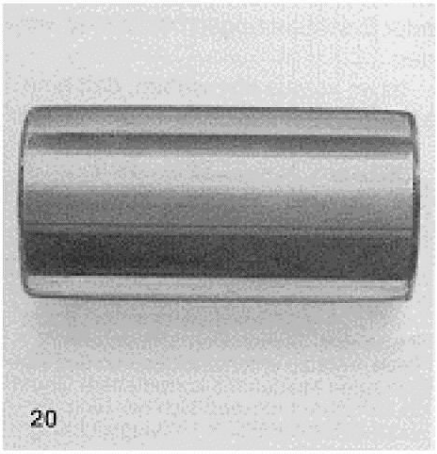


Рис. 20. Зеркальная поверхность цилиндрического ролика как следствие недостаточного смазывания

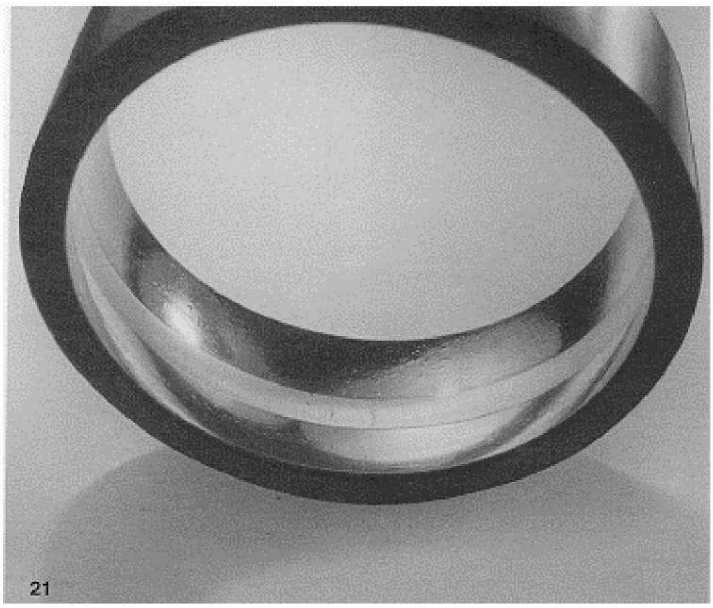


Рис. 21. Наружное кольцо двухрядного сферического роликоподшипника смазывалось недостаточно. Дорожки качения выглядят как отполированные до зеркального блеска.

Износ вследствие вибраций.

При остановке подшипника между телами качения и дорожками качения исчезает несущий смазочный слой и возникает металлический контакт. Вибрации не вращающегося подшипника порождают малые относительные перемещения между телами качения и кольцами подшипника. Под влиянием такого процесса со временем на дорожках качения возникают углубления. Данное повреждение известно под наименованием «ложного бринеллирования» (или «стиральная доска»). Шарики образуют лунки, ролики – бороздки.

Во многих случаях в углублениях возникает коррозия вследствие окисления отделяемых частиц металла, у которых очень велико отношение величины поверхности к объему. Тела качения видимых повреждений не имеют.

Чем выше энергия колебаний, тем больше повреждения. На размер повреждений также влияют продолжительность действия вибраций и величина зазора в подшипнике. Частота колебаний существенного значения не имеет.

Роликоподшипники более чувствительны к вибрациям, чем шарикоподшипники, причем среди роликоподшипников самыми предрасположенными к повреждениям такого рода являются цилиндрические роликоподшипники. По-видимому, это связано с тем, что шарики могут катиться в любом направлении, а ролики только в одном, в а остальных могут только скользить.

Картина «ложного бринеллирования» в некоторой степени подобна повреждениям, возникающим при прохождении через подшипники электрического тока. Однако при прохождении электрического тока дно углубления (бороздки или лунки) окрашено в тёмные тона, а не блестящие или ржавые, как при рассматриваемом процессе. Другим отличительным признаком является то, что при прохождении электрического тока повреждаются и дорожки, и тела качения, а при «ложном бринеллировании», возникающем под действием вибраций, только дорожки качения подшипников. Подшипники с повреждениями вследствие вибраций чаще всего обнаруживаются в машинах, работающих с перерывами, рядом с которыми расположены непрерывно работающие машины, генерирующие вибрации, такие, например, как вентиляторы, воздуходувки, генераторы электрического тока и вспомогательные машины на судах. «Ложное бринеллирование» обнаруживают также у подшипников машин, транспортируемых по железным дорогам, автодорогам и водным путям.
Если исходить из того, что машина подвергается вибрациям или сотрясениям, то при разработке ее конструкции следует считаться с возможностью возникновения повреждений описанного вида. В таком случае вместо роликоподшипников целесообразно применять шарикоподшипники.

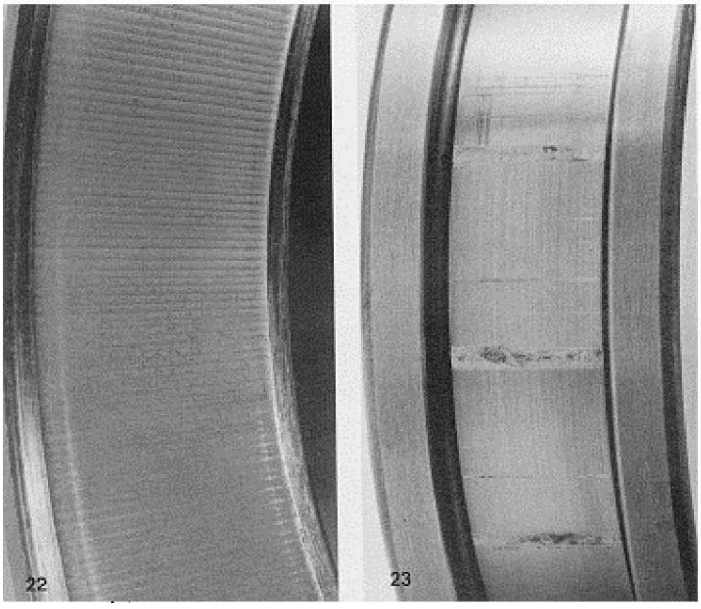


Рис. 22 Наружное кольцо конического роликоподшипника, которое получило повреждения от вибрации во время работы.

Рис. 23 Износ под действием вибраций внутреннего кольца цилиндрического роликоподшипника. Повреждения возникают при остановке вращения подшипника. На фоне слабовыраженных кольцевых канавок явно видны поперечные бороздки, дно которых покрыто ржавчиной. Кольцевые канавки образуются в короткие промежутки времени, когда подшипник вращается.

Шарикоподшипники не только менее чувствительны к вибрациям, но у них с помощью пружин можно создавать предварительный натяг (рис. 25), препятствующий развитию повреждений от вибраций.

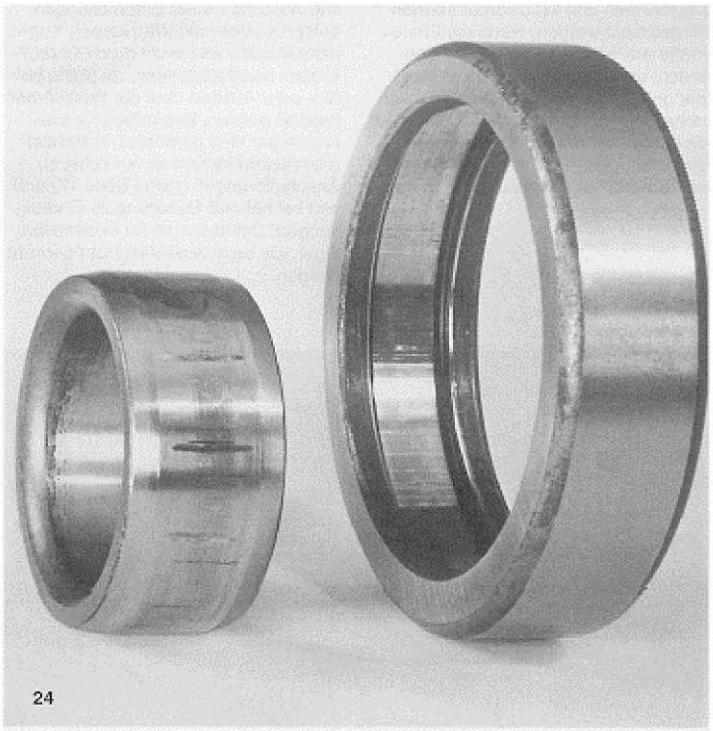
Хорошую защиту от повреждений описанного типа создаёт также масляная ванна, в которую погружены все тела качения нагруженной зоны подшипника. Равным образом повреждению подшипников от вибраций препятствуют демпфирующие опоры (виброизолирующие башмаки).

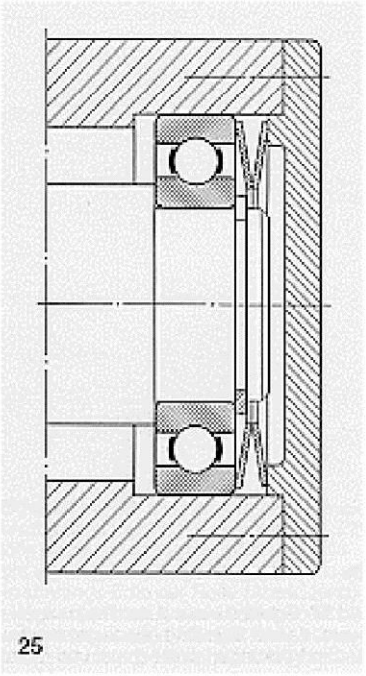
Подшипники транспортируемых машин могут быть защищены от вибрационных повреждений, если валы на время перевозки машины закреплены так, что их относительное смещение в подшипниковых узлах становится невозможным.

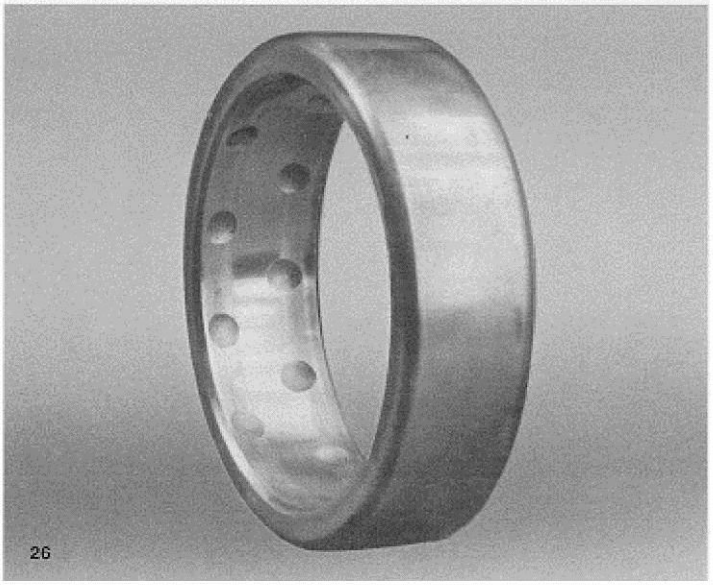
Рис. 24 Внутреннее и наружное кольца цилиндрического роликоподшипника, подвергшегося вибрациям.

Рис. 25 Радиальный шарикоподшипник с пружинным предварительным натягом, предотвращающим повреждения от вибраций.

Рис. 26 Наружное кольцо самоустанавливающегося шарикоподшипника, поврежденное в результате вибраций в неподвижном состоянии







Картина явления	Причины	Мероприятия
Углубления на дорожках качения роликоподшипников имеют вид продольных бороздок, а на дорожках качения шарикоподшипников – круглых вмятин (лунок). Их дно выглядит либо блестящим, либо матовым и покрытым ржавчиной.	Не вращающийся подшипник подвергается вибрационному нагружению.	При транспортировке подшипник фиксировать радиальным предварительным натягом. Применять виброизолирующие башмаки. Если возможно, в качестве опор валов применять шариковые подшипники, а не роликовые. По возможности, применять смазывание масляной ванной.

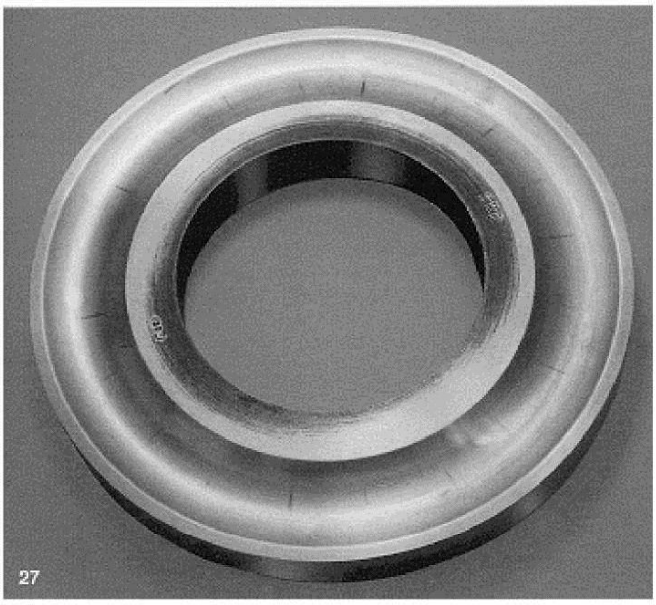
Содержание

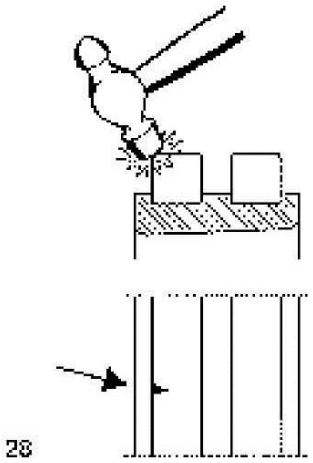
Вмятины

Вмятины на дорожках качения и телах качения могут возникать в тех случаях, когда силы монтажа передаются на кольца через тела качения. Равным образом вмятины возникают при чрезмерно больших нагрузках на подшипниковые узлы в то время, когда подшипники не вращаются. Причиной вмятин может быть проникновение в подшипник инородных частиц.

Вмятины, возникающие из-за неправильного монтажа или чрезмерной нагрузки

Расстояние между двумя вмятинами соответствует расстоянию между соседними телами качения. Вмятины на дорожках качения шарикоподшипников возникают очень легко, если усилия монтажа или демонтажа передаются через тела качения. Особенно повреждаемы сферические шарикоподшипники. У сферических роликоподшипников первоначально возникают задиры и только лишь при более высокой нагрузке – вмятины. То же происходит с коническими роликоподшипниками, если их при установке не проворачивать. Вмятины возникают также при посадке подшипников на валы и в корпуса с чрезмерным натягом, а также при чрезмерном натягивании внутренних колец на конические шейки валов.





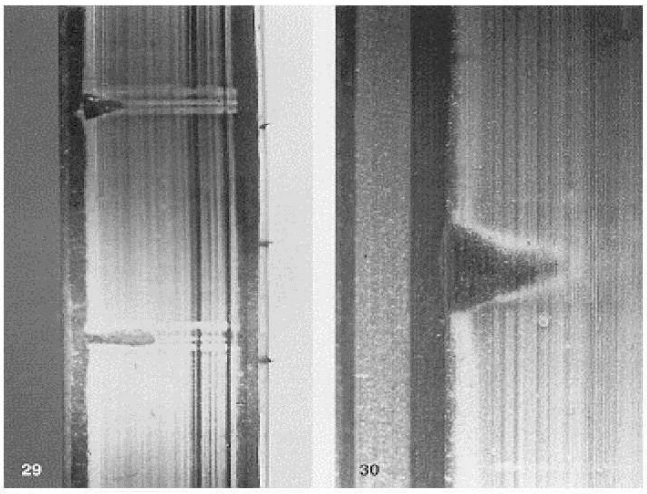


Рис.27 Кольцо упорного шарикоподшипника после того, как на не вращающийся подшипник воздействовала чрезмерная нагрузка. Вмятины узкие и направлены в радиальном направлении.

Рис.28-30 Последствия неправильной сборки подшипникового узла.
По одному из роликов двухрядного роликоподшипника был нанесён удар (рис. 28), Фоторазвёртка окружности ролика показывает диаметрально противоположные вмятины (рис.29). Ролик произвёл вмятину на дорожке качения внутреннего кольца (рис.30).

Картина явления	Причины	Мероприятия
Вмятины на дорожках качения обоих колец; расстояние между двумя углублениями соответствует расстоянию между соседними телами качения.	В процессе монтажа усилие прикладывается не к тому кольцу (передается через тела качения). Внутреннее кольцо слишком сильно напрессовано на коническую шейку. Чрезмерная нагрузка на не вращающийся подшипник.	Усилие монтажа следует прикладывать к тому кольцу подшипника, которое устанавливается с натягом. При установке подшипников на конические шейки руководствоваться рекомендациями SKF. Избегать перегрузок, либо применять подшипники с более высокой статической грузоподъемностью.

Вмятины под действием инородных частиц

Инородные частицы, например, металлические стружки, проникающие в подшипник, порождают вмятины, когда тело качения закатывает стружку в дорожку качения. Не только твёрдые частицы порождают вмятины, но и, например, частицы бумаги или текстильные волокна. Вмятины в большинстве случаев маленькие и распределены по всей дорожке качения.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Маленькие вмятины распределены на дорожках качения обоих колец.	Проникновение в подшипник инородных частиц.	Соблюдать чистоту в процессе сборки. Использовать чистые смазочные материалы. Улучшать уплотнения.

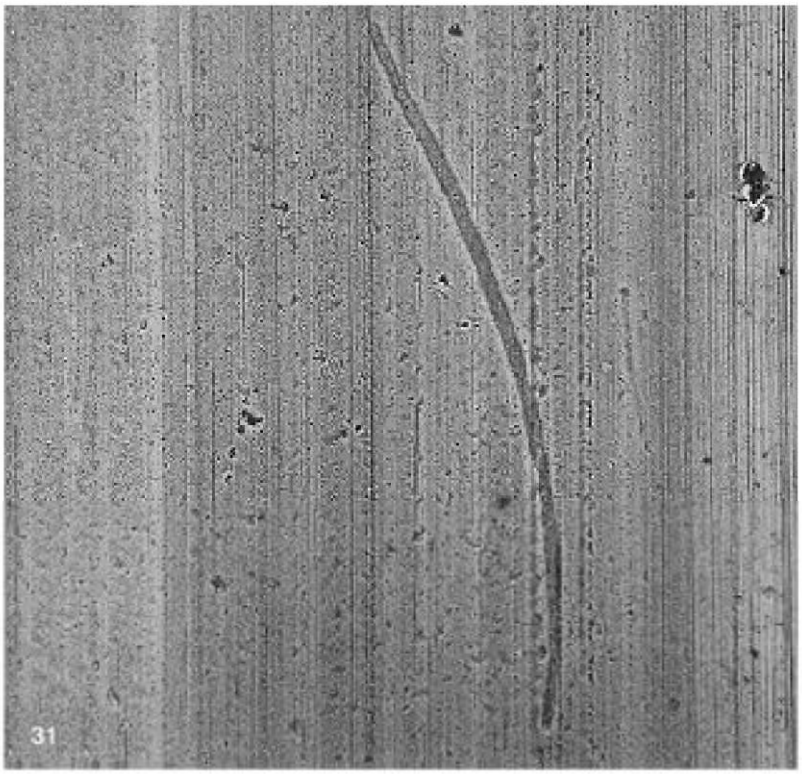


Рис. 31. Вмятины, возникшие в результате воздействия инородных частиц на дорожку качения; увеличение в 50 раз

Содержание

Задиры

Если две недостаточно смазываемые поверхности скользят одна относительно другой под нагрузкой, то происходит перенос частиц металла с одной поверхности на другую. Это явление называют задиром. Поверхности при этом явлении выглядят шероховатыми. При возникновении задиров материал подшипника нагревается до температуры, при которой происходит отпуск. Возникает местная концентрация напряжений, следствием которой является образование трещин и раковин.

У роликоподшипников трение скольжения происходит преимущественно между торцами роликов и направляющими бортами колец. Также задиры могут возникать тогда, когда тела качения входят в нагруженную зону с большим ускорением. Следствием перемещения колец подшипников относительно шеек валов, посадочных отверстий корпусов и их торцов также может быть возникновение задиров в отверстиях внутренних колец, на наружных поверхностях наружных колец и их торцах.

В упорных шарикоподшипниках задиры могут возникать в тех случаях, когда нагрузка слишком мала относительно частоты вращения.

Задиры на торцах роликов и направляющих бортах

У цилиндрических и конических подшипников, а также у сферических подшипников с направляющими бортами, задиры могут возникать на поверхностях бортов и на торцах роликов. Причиной этого является недостаточное смазывание сопряжений торцов роликов с бортами. Задиры возникают и тогда, когда на роликоподшипник длительное время действует большая осевая нагрузка, например, когда конические роликоподшипники установлены в паре со слишком большим предварительным натягом.

При переменной по направлению осевой нагрузке задиры возникают реже, поскольку при изменении направления осевой силы на разгруженную поверхность поступает смазывающий материал.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Шероховатые и окрашенные торцы роликов и направляющих бортов	Скольжение в условиях большой осевой нагрузки при недостаточном смазывании	Выбрать подходящие смазочные материалы.

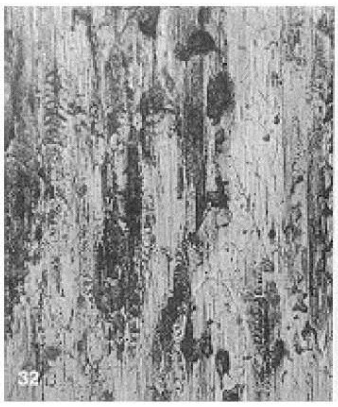
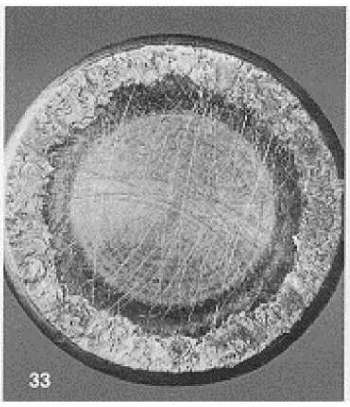


Рис. 32 Задиры на торцевой поверхности ролика сферического роликоподшипника; 100-кратное увеличение



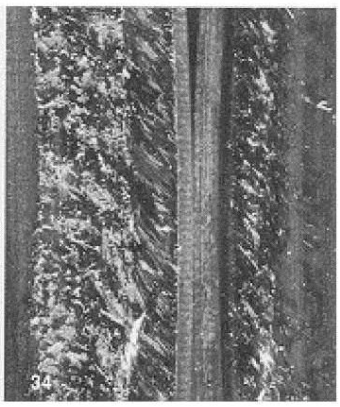


Рис. 34 Задиры направляющего бурта, обусловленные большой осевой нагрузкой и недостаточным смазыванием

Задиры на роликах и дорожках качения

При определённых условиях возникают задиры на роликах и дорожках качения сферических и цилиндрических роликоподшипников. Это имеет место тогда, когда ролики тормозятся в ненагруженной зоне, поскольку кольца более не ведут их (нет достаточной силы трения). Поэтому при входе в нагруженную зону они сразу получают настолько значительное ускорение, что проскальзывают относительно дорожки качения, порождая задиры.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Шероховатые и окрашенные участки поверхности на входе в зону нагружения и на поверхности роликов	Ускорение роликов при входе в зону нагружения	Выбрать подходящие смазочные материалы. Применить подшипник с меньшим внутренним зазором

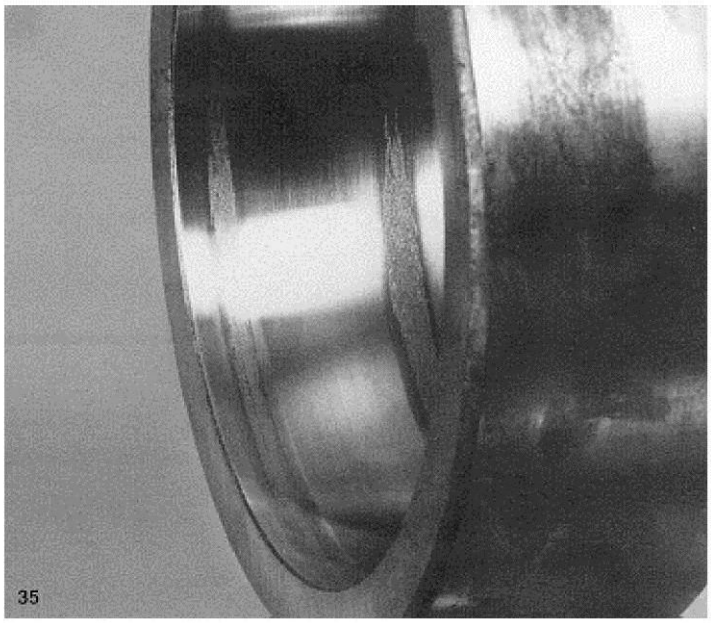


Рис. 35 Задиры на обеих дорожках качения наружного кольца сферического роликоподшипника, обусловленные проскальзыванием роликов

Задиры на дорожках качения на расстоянии тел качения

Одна из самых распространённых причин повреждений при монтаже цилиндрических роликоподшипников заключается в том, что в процессе монтажа подшипника кольцо с сепаратором и телами качения перекашивают относительно другого кольца и, кроме того, не вращают одно кольцо относительно другого. При этом ролики скользят по сопряжённой дорожке качения второго кольца, вследствие чего возникают задиры в виде полосок, направленных перпендикулярно плоскости вращения. Одновременно также могут быть повреждены и ролики.

Описанный вид повреждений можно предотвратить, если в процессе сборки хорошо смазывать дорожки качения и поворачивать кольца друг относительно друга. При серийном производстве целесообразно применение монтажных направляющих втулок, как показано на рис.36.

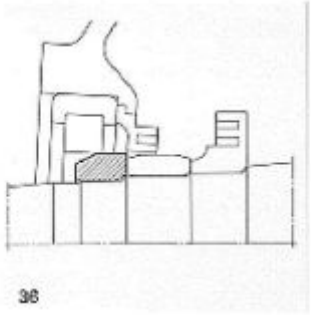
Подобного же рода повреждения цилиндрических роликоподшипников могут иметь место в условиях, когда кольца посажены с большим натягом, и , соответственно, радиальный зазор в подшипнике слишком мал.

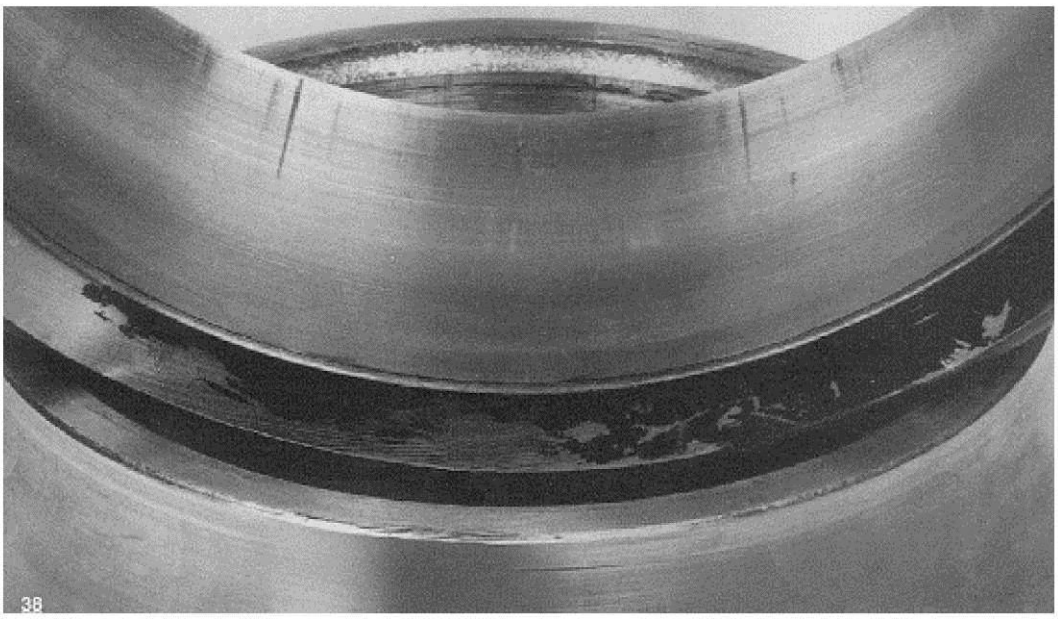
На дорожках качения сферических и конических роликоподшипников задиры в виде полосок образуются вследствие неправильного обращения с подшипниками или ошибок в процессе монтажа. Ударные или чрезмерные нагрузки, приложенные «не к тому» кольцу могут породить узкие поперечные (к дорожке качения) задиры, если кольца подшипника в процессе сборки не поворачиваются (см.рис.38).

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Задиры на расстоянии роликов на дорожке качения цилиндрического роликоподшипника в виде полосок, направленных перпендикулярно к направлению вращения.	В процессе сборки кольцо с сепаратором и комплектом тел качения перекошено относительно второго кольца. Удары или чрезмерный натяг при не вращающихся в процессе сборки кольцах.	При монтаже поворачивать внутреннее или наружное кольцо. Поверхности хорошо смазать. При серийном производстве использовать монтажные направляющие втулки. При монтаже вращать кольца подшипника. Усилие монтажа прикладывать к кольцу, устанавливаемому с натягом. Ни в коем случае не передавать усилие монтажа через тела качения.

Рис. 36 Направляющая втулка

Рис. 37. Цилиндрический роликоподшипник с задирами в виде полосок на дорожке качения внутреннего кольца на расстоянии роликов. Кольца в процессе монтажа были перекошены и не поворачивались друг относительно друга.





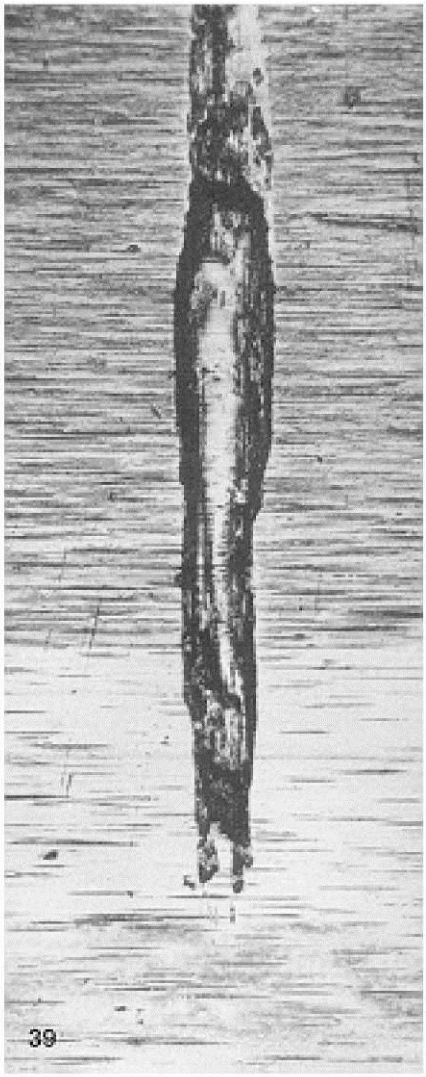


Рис.38 Наружная дорожка качения сферического роликоподшипника с задирами в виде полосок, образовавшихся вследствие нанесённых в процессе монтажа ударов по внутреннему кольцу подшипника

Рис.39 Задир в виде полоски; 50-кратное увеличение изображения, показанного на рис.38.

Задиры на посадочных поверхностях

Задиры могут возникать и на посадочных поверхностях тяжело нагруженных подшипников. Они являются следствием перемещения колец подшипников относительно вала или корпуса. Задиры в отверстиях внутренних колец, на посадочных поверхностях наружных колец или на торцах колец можно предотвратить, правильно выбирая посадку колец подшипников. Посадки должны быть достаточно плотными, чтобы не допускать относительного смещения колец подшипников и сопряженных деталей.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Шероховатые и окрашенные отверстия внутреннего кольца, наружной посадочной поверхности и торцев.	Перемещения колец подшипника относительно вала или корпуса	Выбирать посадки с большим натягом

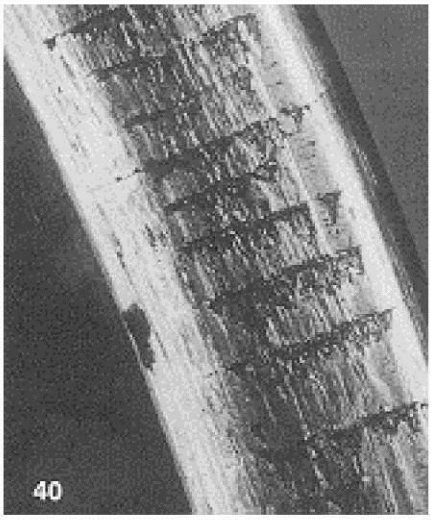


Рис.40 Задиры на поверхности торца внутреннего кольца цилиндрического роликоподшипника

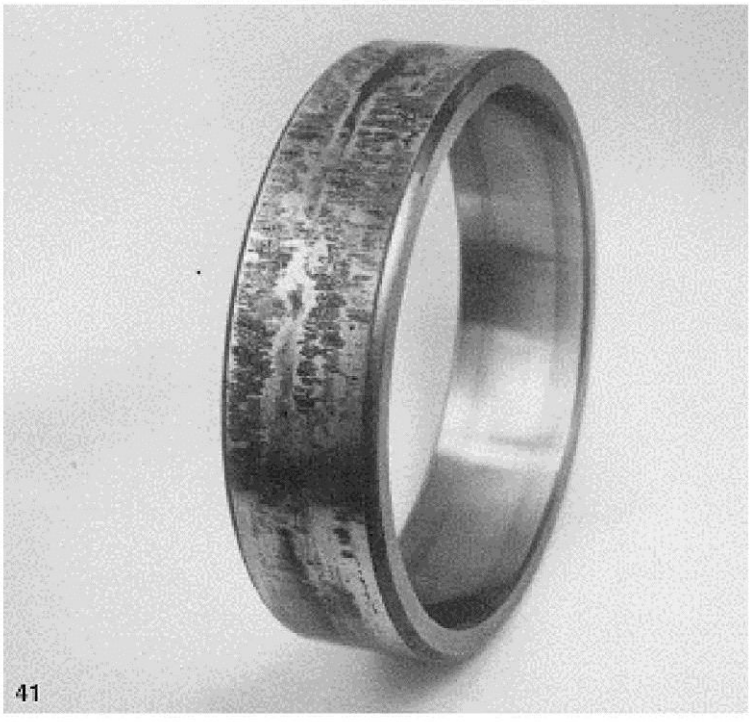


Рис.41 Задиры на посадочной поверхности наружного кольца сферического роликоподшипника. Материал переносится от отверстия корпуса на кольцо подшипника.

Задиры в упорных шарикоподшипниках

Задиры на дорожках качения упорных шарикоподшипников могут возникать в тех случаях, когда частота вращения относительно нагрузки слишком высокая. При этом центробежные силы выталкивают шарики на края дорожек качения. Дальнейшее качение происходит не безупречно. Это означает возникновение большой составляющей скольжения на поверхности контакта шарика с дорожкой качения, что, в свою очередь, приводит к образованию диагонально направленных синусоидальных задиров на внешних участках дорожки качения. Если упорные шарикоподшипники работают при малой нагрузке и высоких частотах вращения, то подобных повреждений можно избежать, дополнительно нагрузив подшипник, например, пружиной, создающей предварительный натяг (рис. 43). Указания по расчёту минимально необходимой осевой силы приведены в «Общем каталоге» SKF.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Диагонально направленные синусоидальные задиры	Слишком низкая по отношению к частоте вращения нагрузка	Увеличить нагрузку, например, применяя пружины для создания предварительного нагружения.

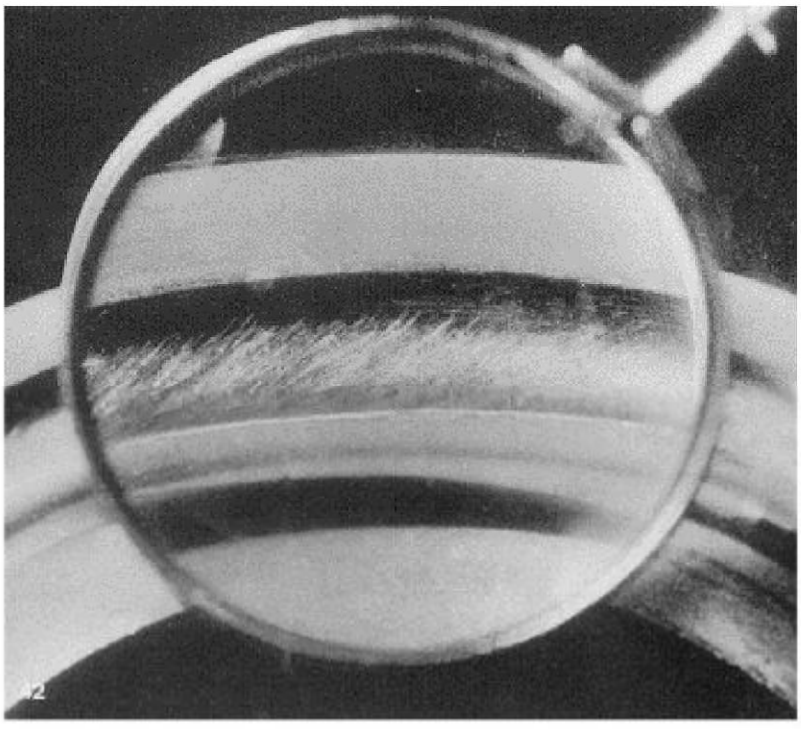


Рис. 42 Дорожка качения упорного шарикоподшипника с задирами в виде диагональных полосок. Относительная частота вращения слишком высока.

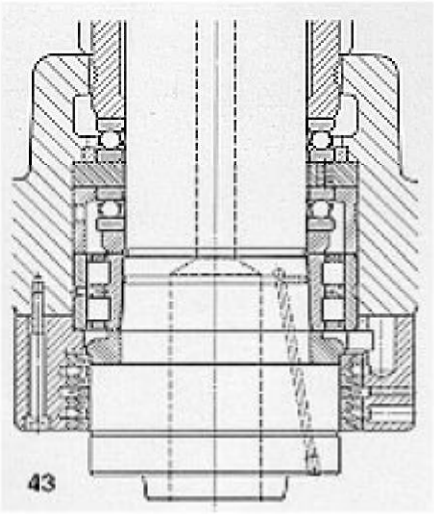


Рис. 43 Подшипниковый узел с пружинным предварительным натягом упорных шарикоподшипников

Содержание

Поверхностные разрушения.

Если смазывающий слой между дорожками и телами качения слишком тонкий, то вершины шероховатостей кратковременно соприкасаются друг с другом. При этом на поверхностях возникают мельчайшие трещины. Такой процесс именуют поверхностным разрушением. Трещины подобного рода не следует смешивать с усталостными трещинами, которые образуются в подповерхностном слое и приводят к образованию усталостных раковин (шелушение, питтинг). В рассматриваемом процессе поверхностные разрушения первоначально микроскопически малые, затем быстро увеличиваются и, в конце концов, препятствуют плавному вращению подшипника.

Трещины описанного вида могут ускорить процесс образования усталостных трещин под поверхностью дорожек качения и этим снизить долговечность подшипника. При достаточном смазывании нет опасности возникновения разрушений описанного вида до тех пор, пока смазывающий слой не становится слишком тонким, либо вследствие изменения вязкости масла из-за повышения температуры, либо при чрезмерном возрастании нагрузки.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Первоначально невооруженным глазом обнаружить повреждения невозможно. На последующих стадиях разрушения поверхности становятся заметными маленькие, плоские лунки с кристаллическим изломом.	Недостаточное смазывание или неблагоприятные условия смазывания (возрастание температуры, чрезмерная нагрузка).	Улучшить смазывание.

Рис. 44 Разрушение поверхности, распространившееся как полоса по всей окружности ролика сферического роликоподшипника

Рис.45 Разрушение поверхности ролика, показанного на рис.44 при 100-кратном увеличении

Содержание

Коррозия

Если в подшипник проникает вода или агрессивные среды в таком объеме, что смазочные материалы не могут защищать стальные поверхности, то возникает коррозия. Процесс глубокой («щелевой») коррозии быстро приводит к образованию явных следов коррозии – коррозионных язвин.

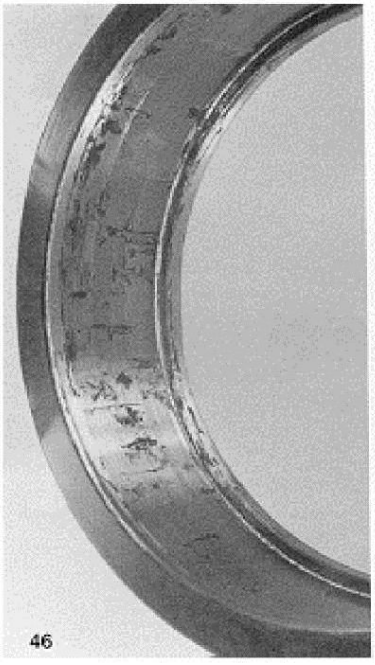
Иным видом коррозии является контактная коррозия, иначе называемая фреттинг-коррозией.

Глубокая коррозия

На светлой стальной поверхности, доступной воздуху, образуется тонкий защитный слой окислов. Однако этот слой не является непроницаемым; как только вода или агрессивные среды контактируют со стальной поверхностью, возникают химические реакции и образуются коррозионные язвины (ржавчина).

Глубокая или «щелевая» коррозия представляет большую опасность для подшипников, т.к. при этом развиваются раковины и трещины. Кислоты воздействуют на сталь более интенсивно, чем растворы едкой щелочи. Соли образуют в соединении с водой электролиты, обуславливающие гальваническую коррозию, называемую также водяным травлением. Соляные растворы и морская вода поэтому особенно опасны.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Серо-черные полосы, направленные поперёк дорожек качения и расположенные в большинстве случаев на расстоянии тел качения. В более поздней стадии сквозная коррозия на дорожках качения и прочих поверхностях подшипника.	Воздействие воды, влаги, агрессивных сред на подшипник в течение длительного времени.	Улучшить уплотнение. Применять коррозионно-стойкие смазочные материалы.



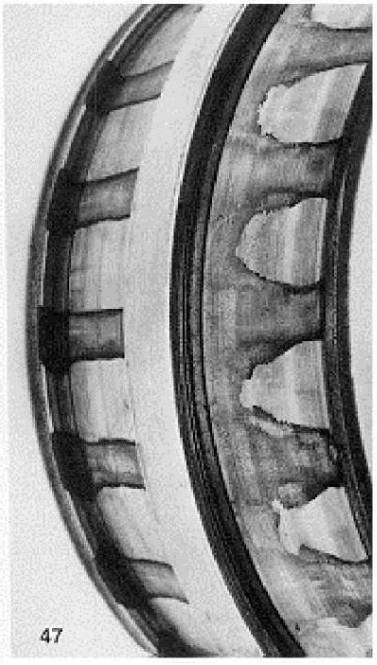


Рис.46 Следы коррозии на наружном кольце цилиндрического роликоподшипника

Рис.47 Сильная коррозия вследствие воздействия воды на внутреннее кольцо сферического роликоподшипника

Контактная (фреттинг) коррозия

Когда тонкий слой окислов на поверхности детали подшипника повреждён, процесс окисления распространяется вглубь материала. Такой процесс, например, происходит при относительном движении в местах сопряжения (посадках) колец подшипников с валами и корпусами и обусловлен посадками с зазором. Описанное явление именуют контактной коррозией. В развитой стадии разрушения могут местами проникнуть глубоко в материал подшипника. Благодаря относительному движению, маленькие частицы материала отделяются от поверхности. На воздухе эти частицы быстро окисляются, образуя слой контактной ржавчины. Контактная коррозия приводит к тому, что кольца подшипников неравномерно прилегают к посадочным поверхностям. Это неблагоприятно воздействует на распределение нагрузки в подшипнике. Кроме того, окисленные частицы действуют как абразив.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Посадочная поверхность наружного кольца или поверхность отверстия внутреннего кольца покрыты ржавчиной. Следы качения позволяют обнаружить значительный износ на соответствующих местах дорожек качения.	Слишком свободная посадка. Погрешность формы посадочных поверхностей вала или отверстия в корпусе.	Выбирать правильную посадку. Устранить погрешности формы деталей, сопряженных с подшипником. Использовать специальные смазочные материалы («антифреттинговые пасты»).

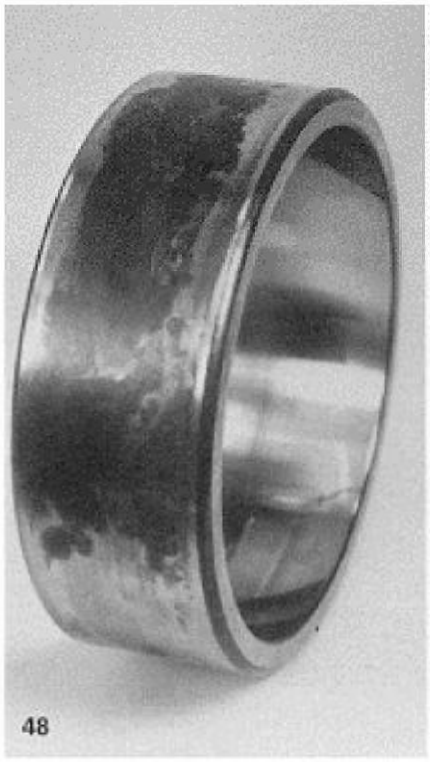


Рис.48 Контактная коррозия на наружном кольце сферического роликоподшипника

Рис.49 Сильная контактная коррозия в отверстии сферического роликоподшипника

Содержание

Повреждения, обусловленные прохождением электрического тока

Если электрический ток проходит через подшипник от одного кольца через тела качения к другому кольцу, то возникают повреждения подшипника. В местах перехода процесс подобен электродуговой сварке. Материал подшипника при этом нагревается до температуры отпуска и даже плавления. При этом образуются окрашенные области различной величины, в которых материал отожжен и снова закален, а иногда даже оплавлен. В местах, на которых металл был оплавлен, могут также возникать маленькие лунки.

Прохождение электрического тока часто приводит к рифлению дорожек качения, т.е. образованию бороздок на дорожках качения. То же происходит с роликами, в то время как шарики только изменяют свой цвет (темнеют).

Повреждения от прохождения электрического тока и повреждения от вибрации иногда трудно различимы. Признаком, указывающим на прохождение тока как причину повреждения, является потемнение бороздок, в отличие от блестящих или ржавых бороздок, возникающих при вибрациях. Другим отличительным признаком является то, что при «ложном бринеллировании» повреждения на телах качения отсутствуют.
Как переменный, так и постоянный ток обуславливают повреждения подшипников даже при слабой величине тока. При этом не вращающиеся подшипники повреждаются меньше, чем вращающиеся. Размеры повреждений зависят от следующих факторов: сила тока, продолжительность воздействия, нагрузка на подшипник, частота вращения, смазывающий материал.

Единственная возможность избежать повреждений описанного вида – предотвратить прохождение электрического тока через подшипник.

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Темно-коричневые или серо-черные бороздки или лунки на дорожках качения и роликах. Шарики только темнеют. Иногда наблюдаются зигзагообразные прижоги на дорожках качения шарикоподшипников. Местные прижоги на дорожках и телах качения	Прохождение электрического тока через подшипник	Не допускать прохождения электрического тока через подшипник. Применять подшипники с электрической изоляцией. При производстве операций электросварки подшипники заземлять, чтобы предотвратить прохождение электрического тока.

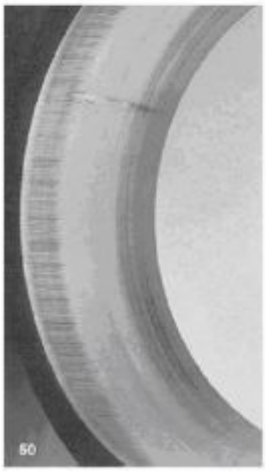


Рис. 50. Образование бороздок на наружном кольце сферического роликоподшипника, обусловленное прохождением электрического тока.

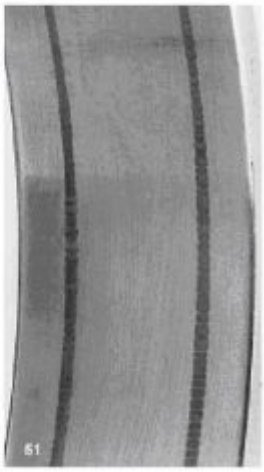


Рис. 51. Повреждения на наружном кольце сферического шарикоподшипника вследствие прохождения электрического тока.

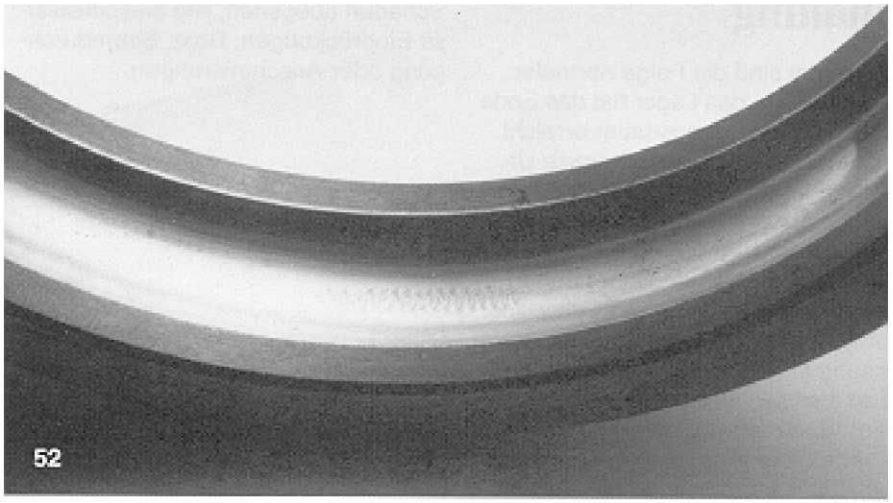


Рис. 52. Зигзагообразные повреждения радиального шарикоподшипника вследствие прохождения электрического тока. Предположительно такая картина повреждения возникла потому, что через подшипник проходил большой электрический ток, и одновременно подшипник подвергался осевым колебаниям.

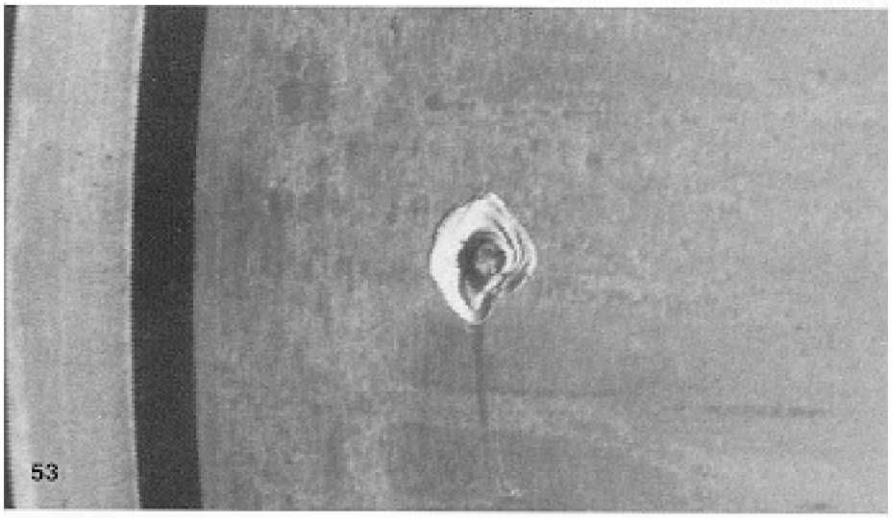


Рис. 53 Повреждения на внутреннем кольце подшипника железнодорожной колёсной пары, обусловленные прохождением электрического тока через не вращающийся подшипник

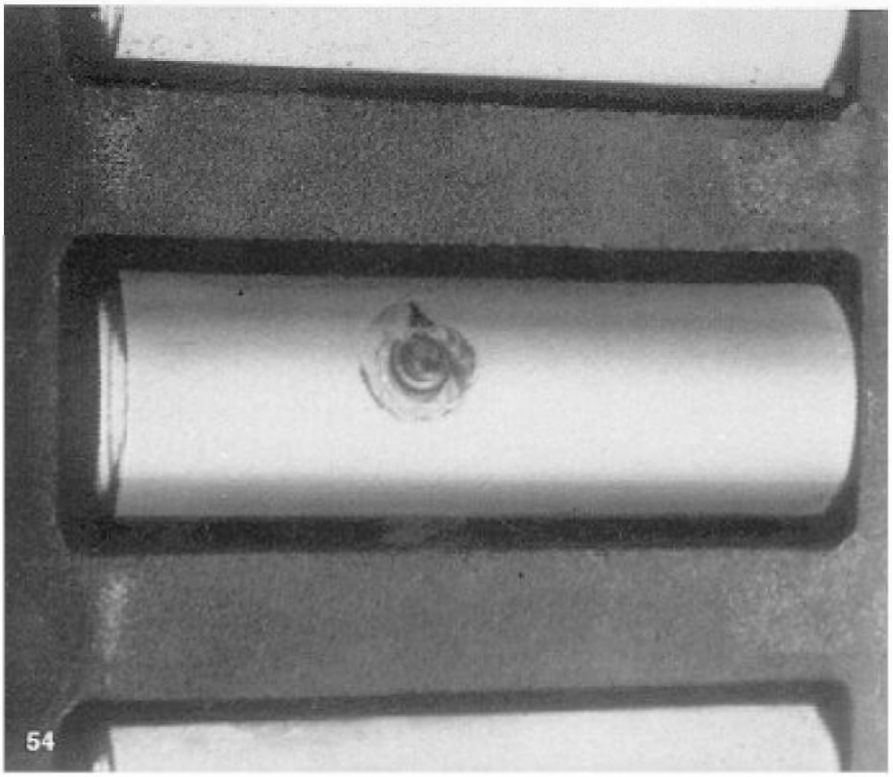


Рис. 54 Цилиндрический ролик роликоподшипника железнодорожной буксы (рис.53), поврежденный прохождением электрического тока.

Содержание

Усталостные раковины

Усталостные раковины являются следствием нормального усталостного повреждения, которое возникает в конце обычной долговечности подшипника. Это, однако, не является наиболее частой причиной выхода подшипника из строя. Возникновение раковин в подшипниках в большинстве случаев может иметь причины, отличные от процесса усталостного разрушения материала. Если раковины обнаружены на ранней стадии, когда их размеры не слишком большие, то часто становится возможным определение причины повреждения, что позволяет разработать соответствующие предупреждающие мероприятия и тем самым предотвратить повторные повреждения. Полезным исходным пунктом является анализ следов качения.

Если раковины достигли определенной стадии развития, то наличие повреждения обнаруживают по шуму и вибрациям. Это сигнал к замене подшипника. Причинами преждевременного возникновения раковин могут быть превышение допустимой нагрузки, чрезмерный внутренний предварительный натяг вследствие слишком тугой посадки кольца подшипника на вал или в отверстие корпуса; чрезмерный натяг внутреннего кольца подшипника на коническую шейку вала, деформации, обусловленные некруглостью посадочных мест под подшипник, дополнительные осевые нагрузки (например, возникающие в результате температурных деформаций). Раковины, кроме того, могут возникать вследствие иных повреждений, таких как вмятины, коррозия, следы прохождения тока или задиры.

Рис.55 Раковины на внутреннем кольце и роликах конического роликоподшипника. Причинами повреждения были слишком большая нагрузка и недостаточное смазывание

Раковины вследствие чрезмерного предварительного натяга

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Явно выраженные следы качения на дорожках качения обоих колец. Раковины в наиболее нагруженной зоне	Избыточный предварительный натяг из-за чрезмерно тугой посадки колец. Слишком тугая посадка внутреннего кольца на коническую шейку вала. Чрезмерный взаимный осевой натяг при спаренной установке радиально-упорных или конических роликоподшипников. Слишком большой перепад температуры между внутренним и наружным кольцами подшипника.	Изменить посадку или выбрать подшипник с большим радиальным внутренним зазором. Ослабить посадку на коническую шейку вала. Строго придерживаться указаний SKF по сборке подшипниковых узлов такого типа. Установить комплект подшипников с меньшим предварительным натягом. Улучшить термоизоляцию шейки вала.

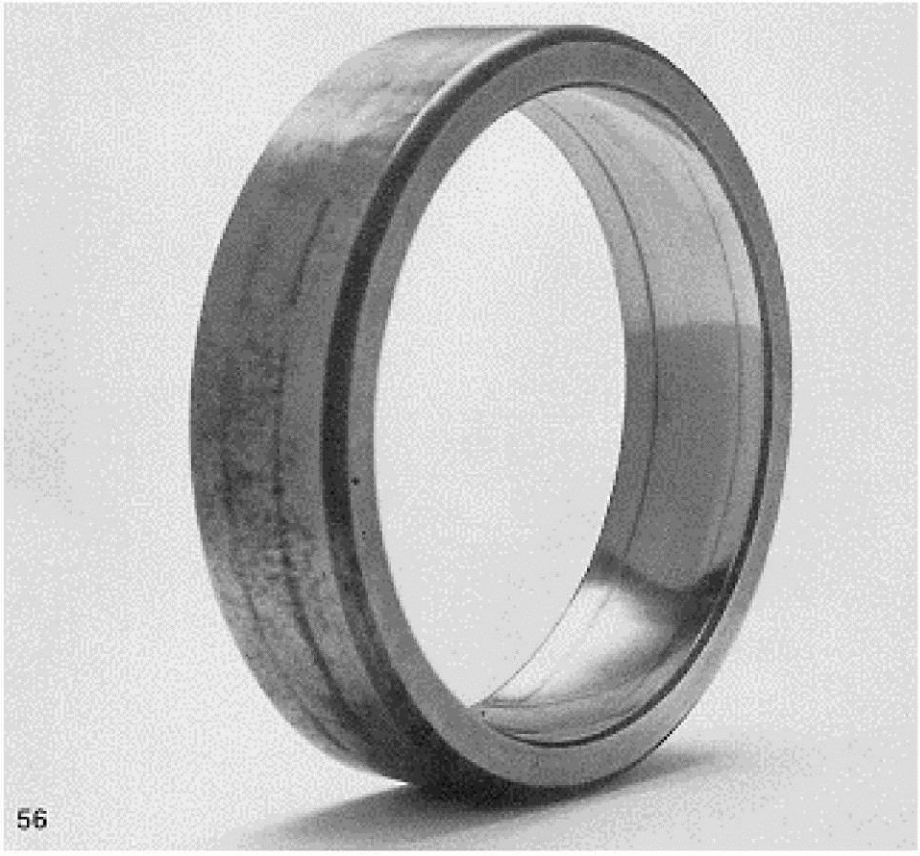


Рис. 56 Наружное кольцо сферического шарикоподшипника, который был напрессован на коническую шейку вала с чрезмерным натягом. Повреждения были обнаружены уже через небольшое число оборотов. Усталостные раковины возникли бы вскоре после пуска в работу.

Раковины вследствие некруглости посадочной поверхности

Картина явления	Причины	Мероприятия
Явно выраженные следы качения на двух противоположных участках дорожек качения обоих колец. Усталостные раковины на этих участках.	Некруглость посадочных поверхностей вала или корпуса. Некруглость отверстий часто наблюдается у составных корпусов. Отверстия стандартных корпусов деформируются при затяжке болтов, фиксирующих корпуса на неплоском основании.	Как правило, следует применять новые валы или корпуса. Если имеет место некруглость посадочной поверхности, то способом устранения является нанесение металлического покрытия и последующего его шлифования. В том случае, если подшипник установлен на некруглую шейку вала с помощью закрепительной или стяжной втулки, посадочную поверхность следует равномерно перешлифовать. .

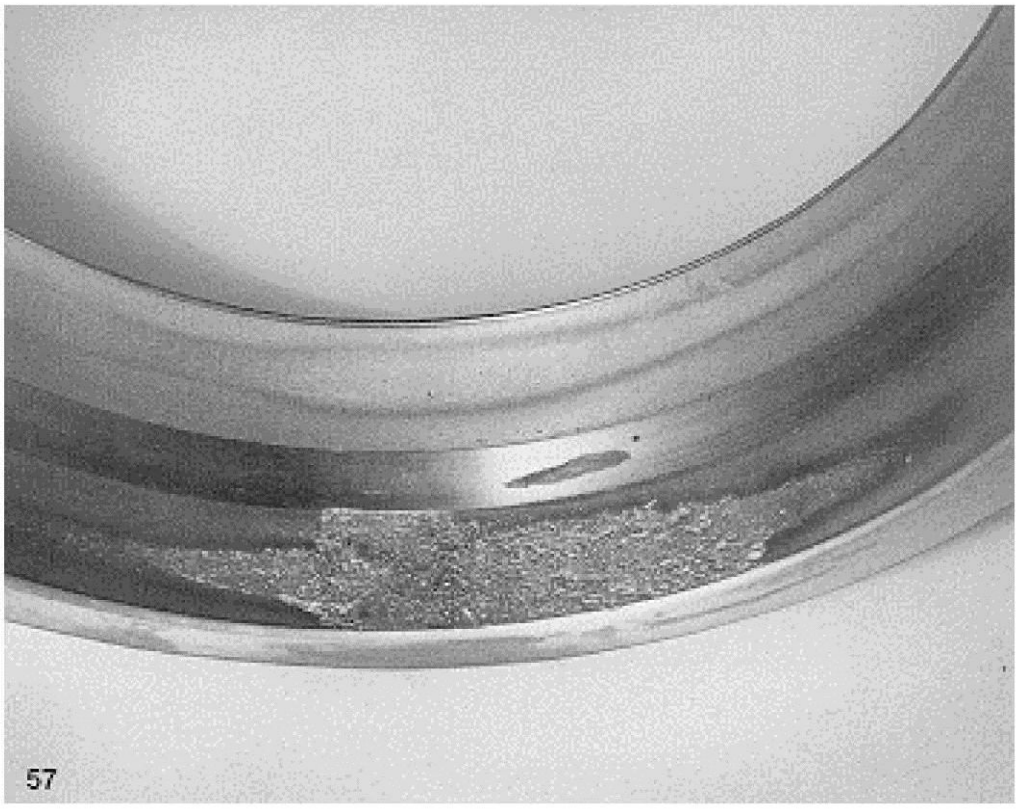


Рис.57 Усталостные раковины на наружном кольце сферического роликоподшипника, установленного в овальное отверстие корпуса

Раковины вследствие чрезмерного осевого натяга

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Радиальные шарикоподшипники: явно выраженные следы качения на обоих кольцах, смещённые в осевом направлении в одну сторону. Сферические шарикоподшипники и роликоподшипники: явно выраженные следы качения одного из рядов роликов, усталостные раковины в этой области. Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники и конические роликоподшипники: такая же картина явления, как при повреждениях вследствие чрезмерного предварительного натяга.	Неправильная сборка, вследствие которой возникают дополнительные осевые силы, например, установка с большим предварительным натягом пары однорядных радиально-упорных шарикоподшипников и конических роликоподшипников. Препятствие осевому перемещению «плавающего» подшипника. Диапазон осевого перемещения не обеспечивает компенсацию температурной деформации.	Контролировать взаимное расположение подшипников при установке их парами. Проверить величину натяга посадки и нанести тонкий слой масла на посадочную поверхность. Обеспечить больший диапазон осевого перемещения подшипника в случае, если невозможно уменьшить градиент температуры вала и корпуса.

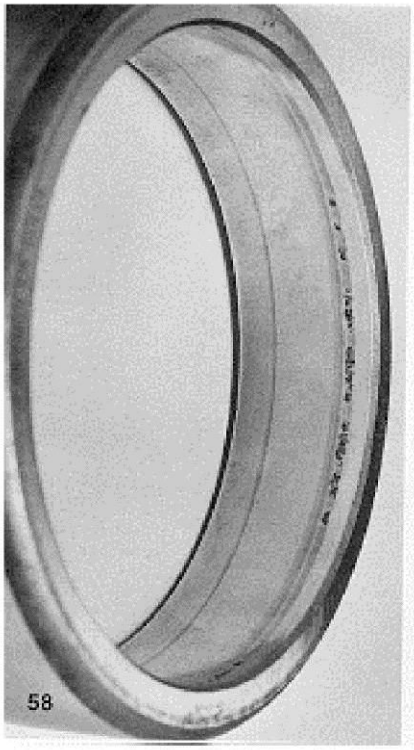


Рис.58 Наружное кольцо сферического шарикоподшипника, который был чрезмерно нагружен в осевом направлении; усталостные раковины в нагруженной зоне

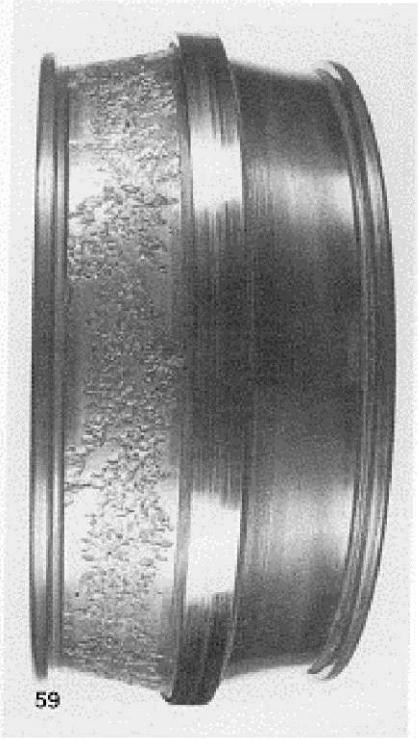


Рис.59 Усталостные раковины на внутреннем кольце сферического роликоподшипника. Распространение раковин по всей окружности одной из дорожек качения указывает на то, что отношение осевой нагрузки к радиальной было слишком большим.

Раковины вследствие перекоса

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Радиальные шарикоподшипники: диагонально направленный след качения с усталостными раковинами на противолежащих участках дорожки качения. Цилиндрические роликоподшипники: усталостные раковины на краях дорожек качения	Несоосность посадочных мест. Перекос подшипников при сборке.	Выверить и обеспечить соосность посадочных мест при сборке. Использовать монтажные втулки с параллельными торцовыми поверхностями.

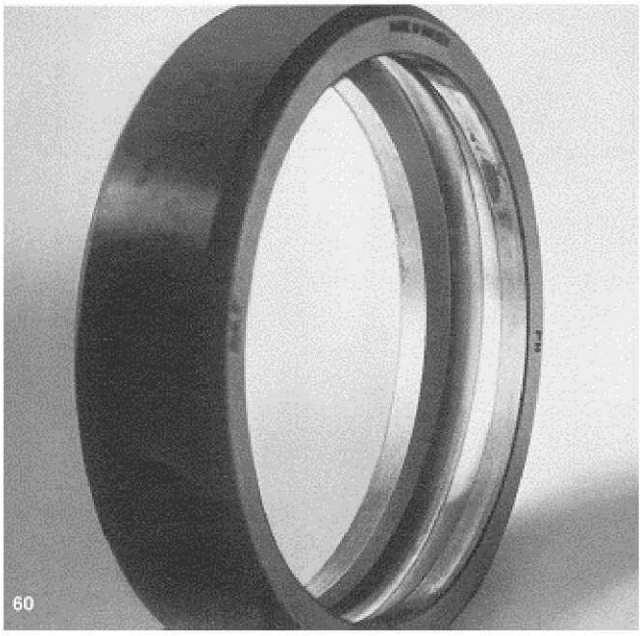


Рис. 60 Наружное кольцо радиального шарикоподшипника, установленного с перекосом относительно вала. При этом шарики катились по овальной дорожке качения. Последствия такие же как при овальности дорожки качения, обусловленной деформацией кольца.

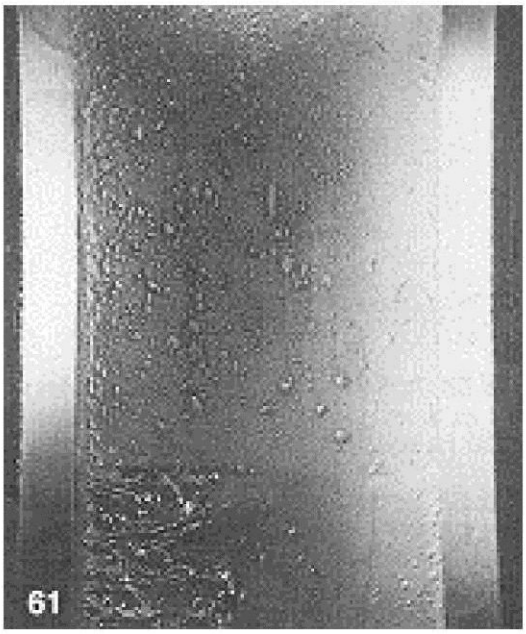


Рис. 61 Внутреннее кольцо цилиндрического роликоподшипника с раковинами на одной стороне дорожки качения, являющимися следствием перегрузки из-за перекоса.

Раковины вследствие вмятин

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Усталостные раковины, развившиеся от вмятин, расположенных на расстоянии тел качения. Усталостные раковины, развившиеся от малых вмятин.	Вмятины, возникшие от неправильного монтажа или перегрузки не вращающегося подшипника. Вмятины, возникшие при перекатывании инородных частиц.	См. рекомендации в разделе «Вмятины».

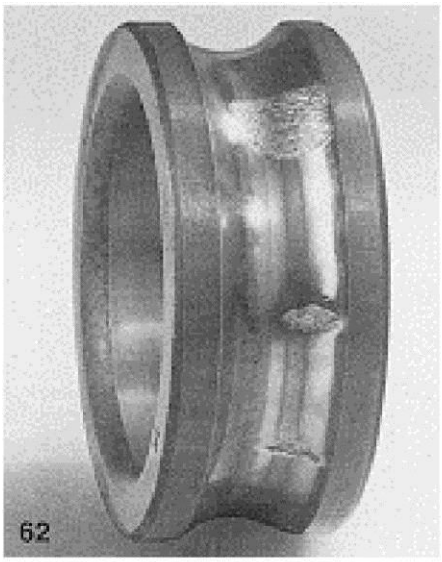


Рис. 62. Различные стадии усталостного выкрашивания на внутреннем кольце радиального шарикоподшипника, который был установлен на вал с натягом посредством ударов по наружному кольцу подшипника. При этом усилие монтажа передавалось через тела качения, от чего образовались вмятины, развившиеся в усталостные раковины.

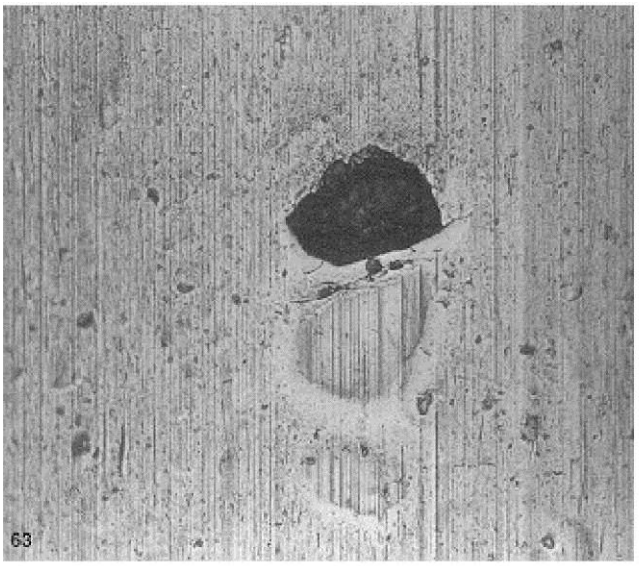


Рис.63 Усталостная раковина, развившаяся от вмятины, расположенной непосредственно рядом, 100-кратное увеличение

Раковины, образовавшиеся вследствие задиров

Картина явления	Причины	Мероприятия
Усталостные раковины на дорожках качения роликоподшипников в местах входа роликов в нагруженную зону. Усталостные раковины на дорожках качения роликоподшипников на расстоянии тел качения.	Задиры из-за процесса скольжения. Задиры на расстоянии тел качения, направленные перпендикулярно дорожке качения, обусловленные неправильной сборкой.	См. раздел «Задиры»

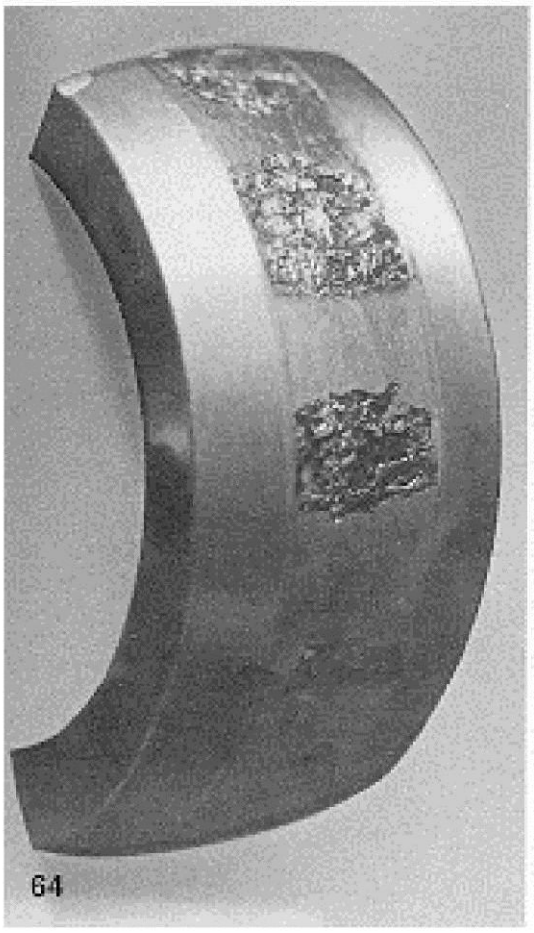


Рис.64 Внутреннее кольцо цилиндрического роликоподшипника с усталостными раковинами, распространившимися на больших участках поверхности. Возникновение раковин обусловлено задирами, показанными на рис. 65.

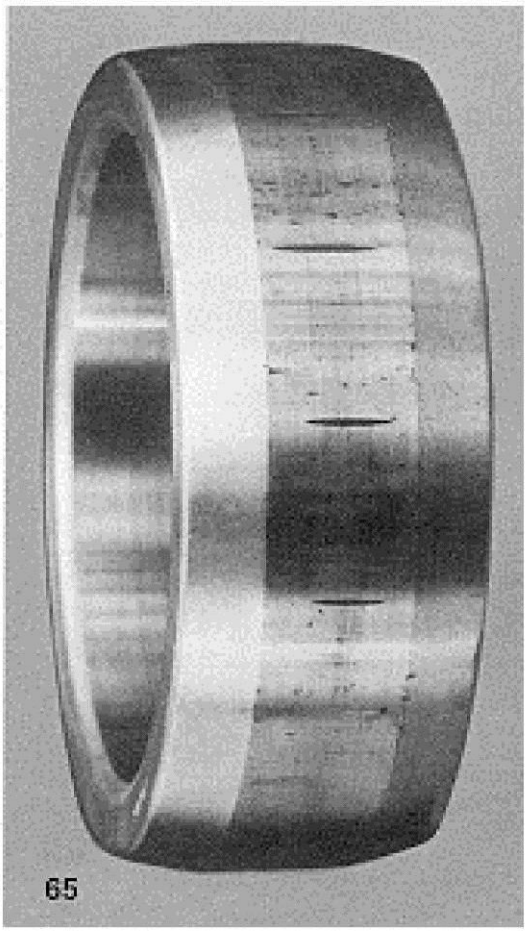


Рис. 65 Внутреннее кольцо цилиндрического роликоподшипника с задирами, расположенными на расстоянии роликов. Появление задиров обусловлено неправильной сборкой.

Раковины, возникающие вследствие коррозионных язвин

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Усталостные раковины, развившиеся в местах коррозии	Глубокая коррозия	См. раздел «Глубокая коррозия»

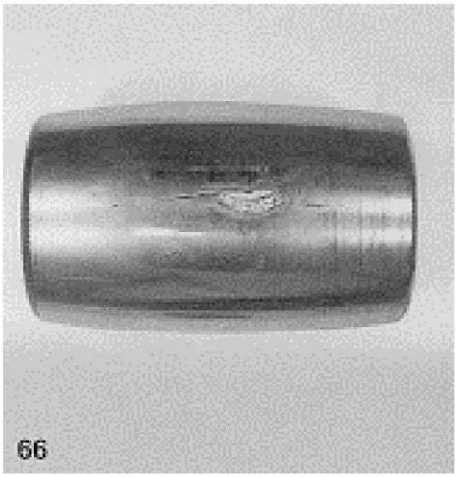


Рис. 66 Усталостная раковина на ролике сферического роликоподшипника, развившаяся от коррозионной язвины

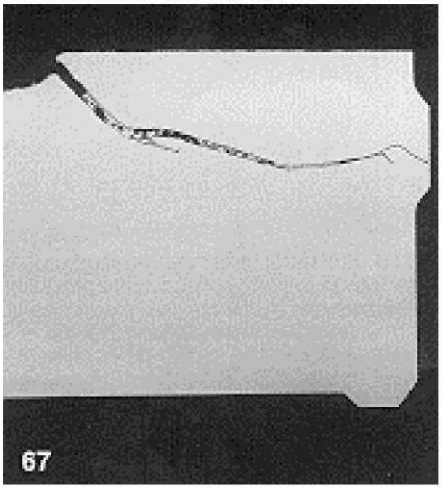


Рис. 67. Сечение ролика, показанного на рис. 66. Хорошо видно расположение подповерхностной усталостной трещины.

Рис. 68
Повреждение ролика, показанного на рис.66, в увеличенном виде.

Раковины вследствие контактной (фреттинг) коррозии

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Раковины на дорожках качения внутренних и наружных колец. Положение раковин соответствует корродированным областям в отверстии внутреннего кольца и на посадочной поверхности наружного кольца.	Контактная коррозия	См. раздел «Контактная (фреттинг) коррозия»

Рис.69 Усталостная раковина на дорожке качения наружного кольца сферического роликоподшипника и соответствующая обширная область контактной коррозии на посадочной поверхности (для фотографирования кольцо положили напротив зеркала). Контактная коррозия посадочной поверхности кольца приводит к увеличению его объема, местным деформациям и перегрузкам. Результатом является усталостное выкрашивание и образование раковин.

Раковины вследствие образования бороздок и лунок

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Раковины, исходящие от блестящих или ржавых бороздок или лунок. Раковины, исходящие от окрашенных в тёмный цвет полосок или лунок с прижогами.	Износ вследствие вибраций не вращающихся подшипников. Прохождение электрического тока.	См. раздел «Износ вследствие вибраций». См. раздел «Повреждения вследствие прохождения электрического тока»

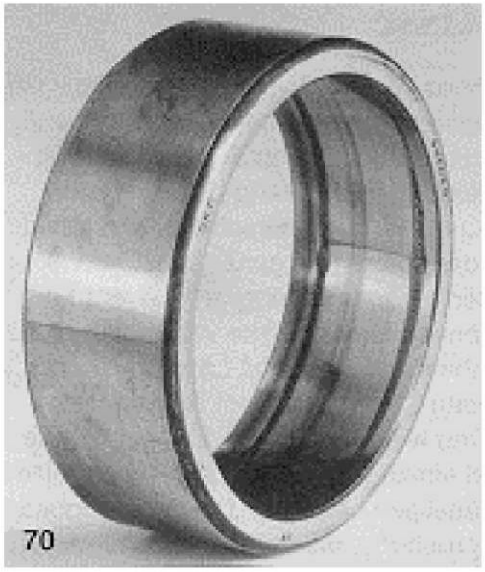


Рис. 70 Наружное кольцо сферического шарикоподшипника с усталостными раковинами, первопричиной появления которых было прохождение электрического тока и обусловленное этим появление лунок. От лунок в обоих направлениях распространились усталостные раковины.

Рис. 71 Усталостные раковины на обеих дорожках качения внутреннего кольца сферического роликоподшипника, развившиеся от повреждений вследствие вибраций

Содержание

Трещины

Трещины в кольцах подшипников возникают по ряду причин. Одной из самых распространённых является неправильное обращение с подшипником во время монтажа или демонтажа. Удары молотком, наносимые непосредственно или через закалённую оправку по кольцу подшипника, могут стать причиной мельчайших трещин. В результате этого в процессе работы подшипника от него отламываются частицы металла. Другой причиной трещин в кольцах может стать слишком тугая посадка кольца на коническую шейку вала. Большие растягивающие напряжения, возникающие при описанной деформации кольца, во время работы подшипника приводят к возникновению трещин. Такой же процесс наблюдается при горячей посадке кольца подшипника на вал, если превышена максимально допустимая величина натяга в посадке.

Трещины могут возникать при задирах. При этом они направлены перпендикулярно направлению скольжения. Такие трещины приводят к разрушению колец.

Усталостные раковины также рано или поздно приводят к поломке колец подшипников. Это относится и к случаю контактной коррозии.

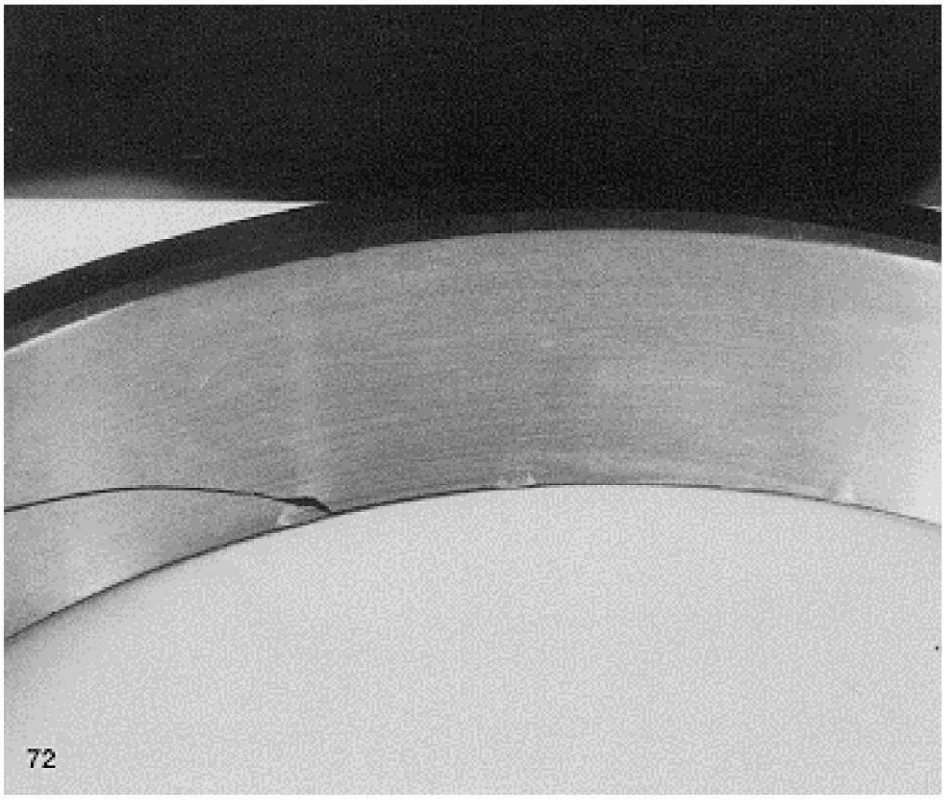


Рис.72 Треснутое наружное кольцо сферического шарикоподшипника. Вмятины на нижней кромке дорожки качения обусловлены неправильной сборкой. Трещина отходит от этой вмятины

Трещины вследствие неправильного монтажа

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Трещины или сколы, как правило, на одной стороне кольца подшипника.	Удары молотком или закаленной оправкой по кольцам подшипника в процессе монтажа.	Всегда применять мягкие оправки или использовать специальные монтажные втулки. Никогда не наносить удары непосредственно по кольцам подшипника.

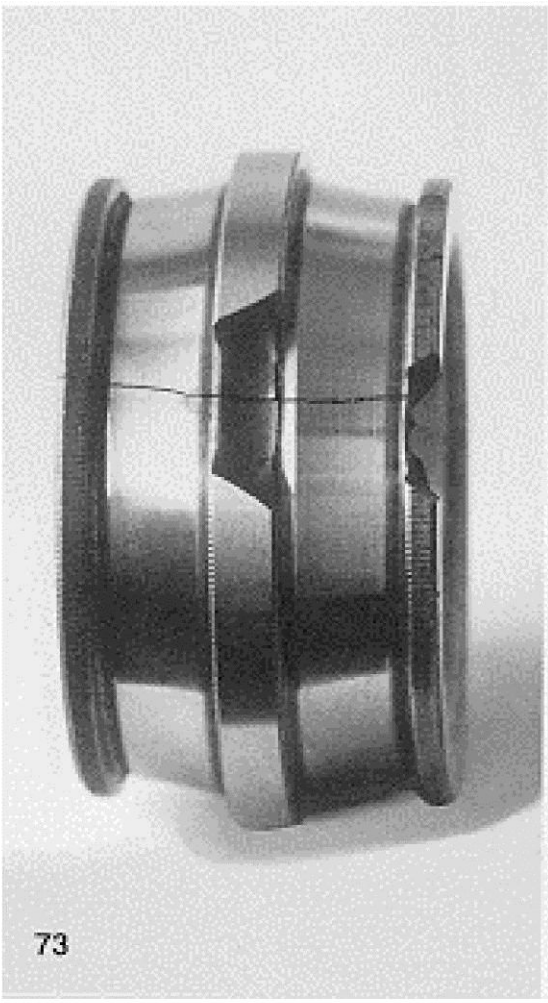


Рис. 73 Треснувшее внутреннее кольцо сферического роликоподшипника. Для инспекции дорожек качения ролики были удалены. Вследствие ударов молотком при сборке часть среднего борта внутреннего кольца подшипника откололась. Удары передавались через ролики правого ряда, что также привело к скалыванию части кольца. Одновременно кольцо треснуло по всей ширине.

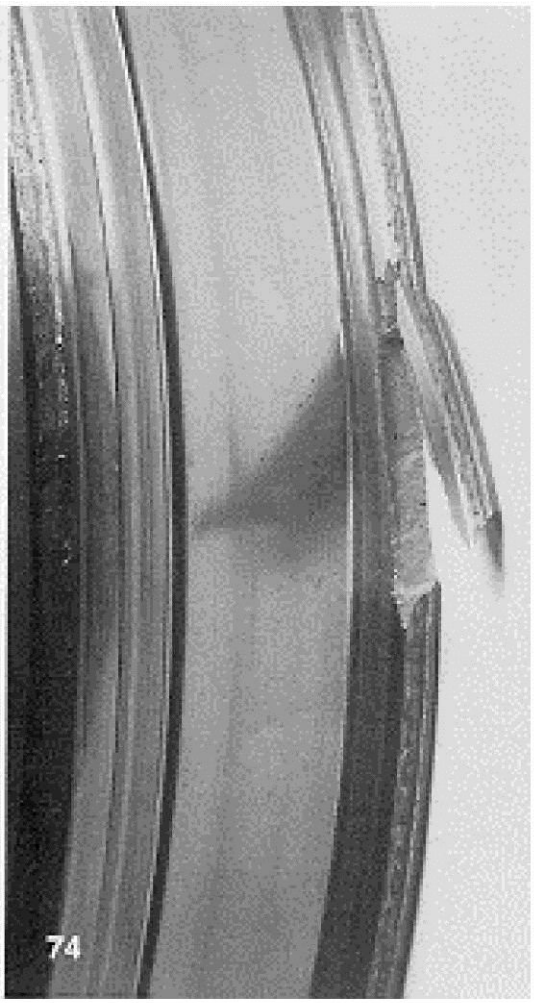


Рис. 74 Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника с отколовшимся, вследствие ударов, буртом кольца.

Трещины вследствие слишком сильной напрессовки

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Кольцо подшипника разломано в поперечном направлении и свободно сидит на валу	Слишком сильное напрессовывание (осевое смещение при монтаже) кольца на коническую шейку вала. Слишком большой натяг (слишком тугая посадка) на цилиндрическую шейку вала.	Соблюдать рекомендации SKF. Использовать современные методы монтажа (Drive-Up Method). Изменить посадку.

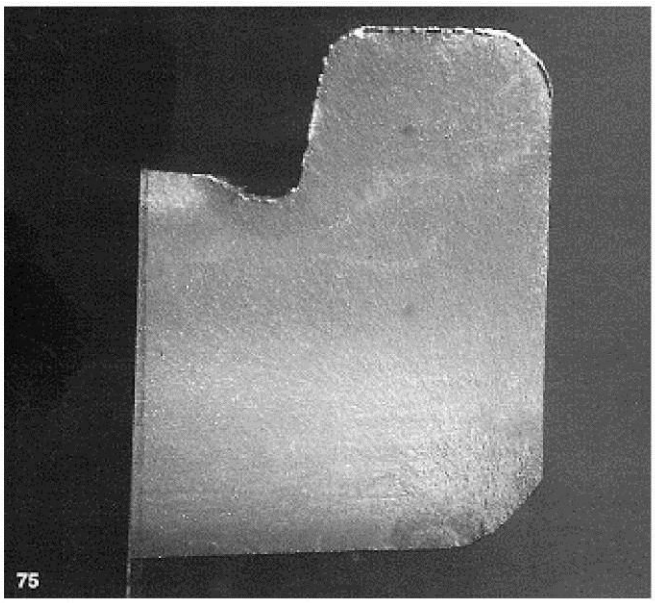


Рис.75 Разрез по внутреннему кольцу сферического роликоподшипника, увеличено в 3 – 5 раз. Кольцо треснуло из-за монтажа на коническую шейку со слишком большим натягом. Трещина развивалась из области рядом с закруглением (тёмное пятно).

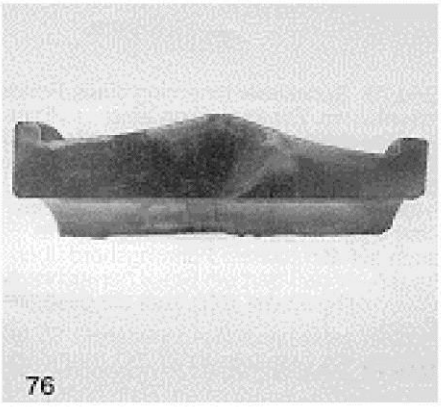


Рис.76 Плоскость излома внутреннего кольца, показанного на рис. 75

Трещины вследствие задиров

Картина явления
Трещина или трещины в сочетании с задирами на кольцах подшипников. Кольцо может расколоться. Трещины, обусловленные задирами, как правило направлены поперёк задиров.

Причины
См. раздел «Задиры»

Мероприятия
См. раздел «Задиры»

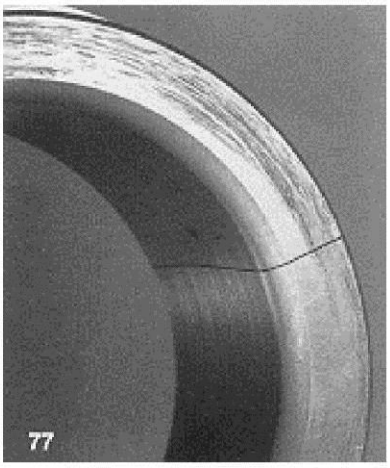


Рис.77 Внутреннее кольцо сферического роликоподшипника треснуло в результате развития задиров на торцовой поверхности. Кольцо подшипника было установлено в контакте с проставочным дистанционным кольцом, не имевшим достаточно плотной посадки на вал, так, что происходило движение дистанционного кольца относительно вала и скольжение по кольцу подшипника.

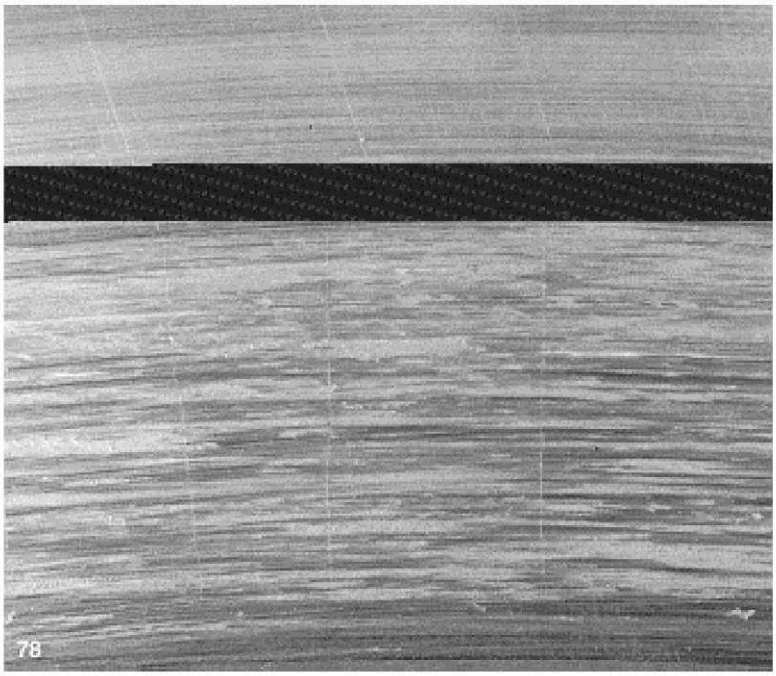


Рис.78 Задиры на торцовой поверхности кольца подшипника. Перпендикулярно задирам развиваются так называемые поперечные трещины.

Трещины вследствие контактной (фреттинг) коррозии

Картина явления	**Причины**	**Мероприятия**
Трещины в сочетании с контактной коррозией, направленные у внутреннего кольца перпендикулярно, а у наружного – вдоль дорожки качения.	См. раздел «Контактная коррозия»	См. раздел «Контактная коррозия»

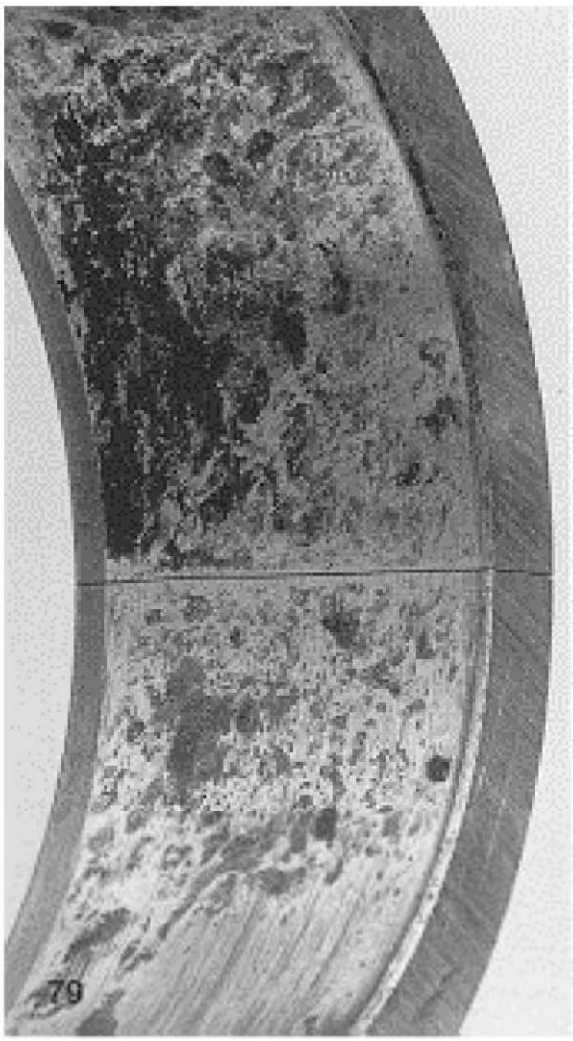


Рис.79 Поперечная трещина на внутреннем кольце сферического роликоподшипника, обусловленная контактной коррозией. Увеличение объема кольца в месте его посадки приводит к его растягиванию и образованию трещины, когда растягивающие напряжения становятся слишком большими.

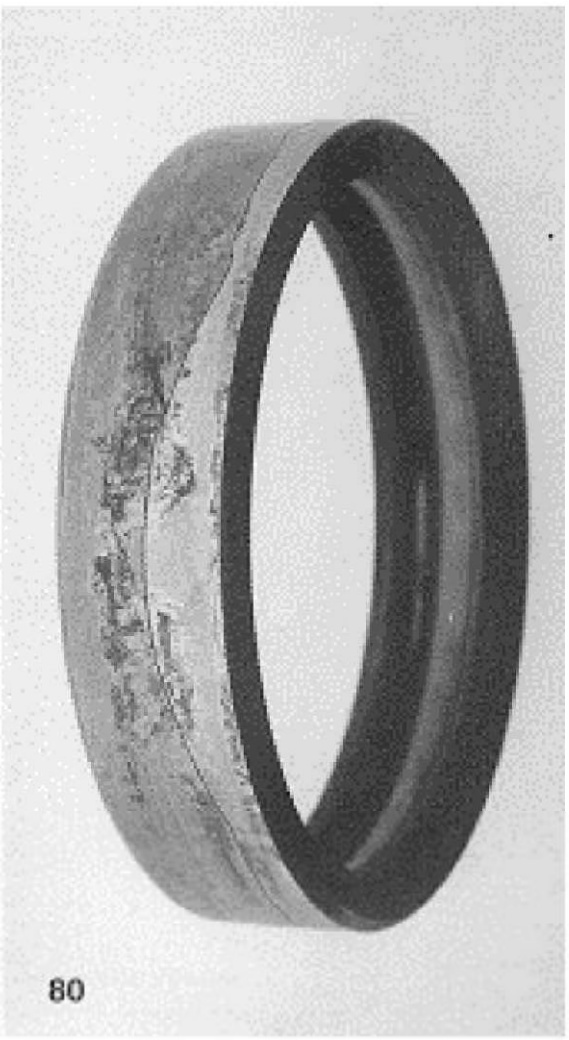


Рис.80 Продольная трещина в наружном кольце радиального шарикоподшипника, обусловленная контактной коррозией. Вследствие увеличения объема в кольце возникают напряжения сжатия.

Содержание

Повреждения сепаратора

Если при проверке вышедшего из строя подшипника сепаратор оказался поврежденным, то во многих случаях бывает трудно однозначно установить причину повреждения. При этом в большинстве случаев повреждаются и другие детали, что затрудняет определение действительной причины повреждений. Однако имеются основные причины повреждения сепараторов, а именно: вибрации, чрезмерно высокие частоты вращения, износ и заклинивание.

Повреждение сепаратора вследствие вибраций.

Если подшипник работает в условиях вибраций, то силы инерции могут оказаться настолько большими, что через некоторое время в материале сепаратора возникают усталостные трещины. Раньше или позже эти трещины приводят к разрушению сепаратора.

Повреждения сепаратора вследствие чрезмерно высокой частоты вращения.

Если подшипник работает с более высокой частотой вращения, чем это допускает конструкция сепаратора, возникают силы инерции, действие которых приводит к поломке сепаратора.

Повреждение сепаратора вследствие износа.

Причинами износа сепаратора могут быть недостаточное смазывание и абразивные частицы. Поскольку трение скольжения между сепаратором и другими компонентами подшипника устранить невозможно, сепаратор является той деталью подшипника, которая при недостаточном смазывании выходит из строя в первую очередь. Сепараторы всегда изготавливаются из материалов более мягких, чем прочие детали подшипника, поэтому они изнашиваются более интенсивно. У подшипников с центрированием сепаратора по телам качения размер карманов сепаратора из-за износа увеличивается. Это приводит к отклонениям от нормальной кинематики подшипника. Силы, возникающие при таком явлении, могут в короткое время разрушить сепаратор.

Повреждение сепаратора вследствие заклинивания

Выкрошенные частицы материала подшипника и внешние загрязнения, попадая между сепаратором и телами качения, препятствуют вращению последних. Заклинивание сепаратора приводит к выходу его из строя.

Прочие причины повреждений сепаратора

При перекосе колец подшипника друг относительно друга след качения имеет форму овала. Если сепаратор ведет тела качения, то в таких условиях он деформируется при каждом обороте. При этом в материале сепаратора возникают усталостные трещины, постепенно приводящие к его разрушению. Подобные явления могут происходить, когда в

паре работают упорный шарикоподшипник и радиальный подшипник скольжения. Если зазор в подшипнике скольжения слишком велик, то кольца подшипника качения смещаются друг относительно друга, шарики не двигаются «след в след», и в сепараторе возникают большие напряжения, приводящие к его разрушению.
В подшипниках, работающих с переменной частотой вращения, т.е. в условиях знакопеременного ускорения, на сепаратор действуют силы инерции, порождающие значительные напряжения сжатия в местах контакта и обусловленный этим сильный износ.

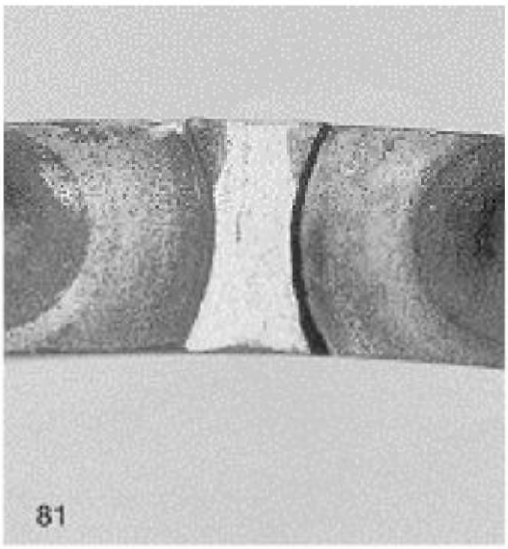


Рис. 81 Треснувшая поверхность сепаратора, показанного на рис.82. Хорошо видны усталостные трещины

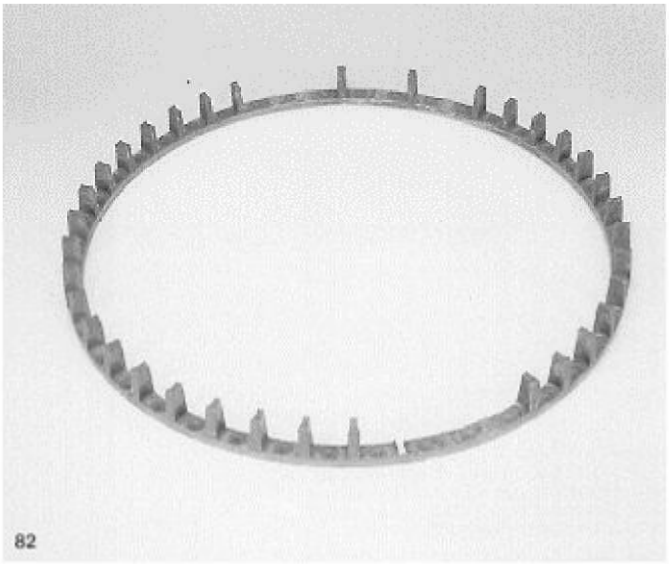


Рис. 82 Сепаратор сферического роликоподшипника. В углублениях образовались усталостные трещины.

Содержание