

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПОДШИПНИКОВ

Внешние признаки разрушения деталей всегда оставляют характерные следы, по которым можно определить причину повреждения. В результате осмотра деталей можно установить вид изнашивания и нагружения, характер контакта поверхностей подшипника и провести мероприятия для предотвращения аналогичных отказов и повышения надежности работы узла.

Сидоров В.А. Уточнить звание и должность
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк)

Английская аннотация

Подшипники качения являются основными опорными узлами механического оборудования. Безотказность данного узла может быть достаточно высокой. Правильно смонтированный подшипник, работающий в пределах расчетных нагрузок, может работать 10...20 лет. Часто это превышает срок службы механизма. Однако неправильный монтаж, недостаточная защита от попадания влаги и пыли, несоблюдение режимов эксплуатации, особенно смазывания, и ряд других причин приводят к преждевременному разрушению де-

талей подшипника. Период между заменами в этом случае сокращается до 1...6 месяцев. В процессе эксплуатации подшипник качения подвергается комплексному воздействию ряда факторов. Один из них является доминирующим с максимальной скоростью развития. Определив причину разрушения, износа подшипника, специалисты ремонтной службы получают возможность правильно выбрать вид ремонтного воздействия и осуществить мероприятия повышающие долговечность подшипника.

Большинство факторов разрушения подшипников, не поддается математическому расчету, однако требует учета при эксплуатации узла. Направление исследований в данном случае состоит в построении причинно-следственных связей и создании классификатора по типу повреждения подшипников.1 уровнем данной классификации могут быть виды механического износа: адгезионный (схватывание I-го и II-го рода), окислительный, осповидный, абразивный.

ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ИЗНАШИВАНИЯ

Контактируемые поверхности деталей машин характеризуются микрорельефом и волнистостью, которыми в начальный момент работы узлов трения определяется площадь фактического контакта, давления. В процессе эксплуатации под действием рабочих нагрузок и деформаций образуется рабочий рельеф, состоящий из впадин и выступов. Их размеры зависят от внутреннего строения материалов деталей и процессов пластической деформации. При относительном движении в поверхностных слоях контактируемых деталей возникают упругопластические деформации, вызывающие появление вторичных (физических, химических, механических) процессов.

Износ схватыванием первого рода наблюдается при трении скольжения. Характеризуется возникновением адгезионных связей между деталями (рис.1). Условия возникновения:

- ♦ малая скорость относительного движения (до 1 м/с для узла состоящего из двух стальных деталей);
- ♦ высокое давление, превышающее предел текучести на площадках фактических контактов;
- ♦ отсутствие смазки или защитной пленки окислов между трущимися деталями;
- ♦ низкая температура нагрева поверхностных слоев — до 1000С.

Для подшипников качения данный вид износа появляется на начальной стадии проворачивания внутреннего кольца подшипника на валу.





Рис. 1. Износ схватыванием первого рода двух стальных деталей

Проявление. На контактной поверхности детали из менее прочного материала образуются хаотически расположенные вырывы, а на детали из более прочного материала — налипания. Налипшие частицы высокой твердости способствуют развитию вторичных процессов местной пластической деформации и микрорезанию поверхностей трения. Силы трения определяются геометрическими характеристиками рабочих рельефов, площадью контактных поверхностей и прочностью металлических связей. Коэффициент трения чрезвычайно высок 4 — 6 единиц.

Разрывы металлических связей приводят к увеличению площади фактических контактов и уменьшению давления на поверхность трения. Интенсивность пластических деформаций снижается, на деталях появляются устойчивые пленки окислов и износ схватыванием I рода переходит в окислительный.

Окислительный износ развивается в условиях трения качения и трения скольжения со скоростями относительного движения деталей 1,5...7,0 м/с (без смазки). При граничной смазке интервал скоростей увеличивается до 20 м/с. Механизм разрушения — образование и разрушение твердых пленок окислов, возникающих на поверхностях контактирующих деталей. Эти процессы характерны для



Рис. 2. Окислительный износ на беговой дорожке наружного кольца радиально-упорного конического двухрядного роликоподшипника

узлов трения, детали которых изготовлены из материалов с высокой твердостью и повышенным пределом текучести.

Проявление. Вид деталей, характеризуется появлением матовых поверхностей, состоящих из пленок химических соединений металла с кислородом (рис. 2). Это наиболее благоприятный вид изнашивания. Скорость изнашивания минимальна по сравнению с другими видами механического износа. Коэффициент трения зависит от формы трущихся поверхностей и составляет порядка 0,3...0,7 при отсутствии смазывания.

Износ схватыванием второго рода.

Условия образования: трение скольжения,

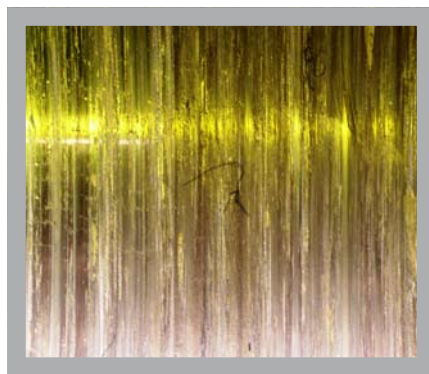


Рис. 3. Вид поверхности подшипника скольжения при износе схватыванием второго рода

высокое давление, скорость относительно перемещения (свыше 4 м/с), сочетание которых обуславливает большие потери на трение, высокий градиент и интенсивное возрастание температуры в поверхностных слоях (до 16000С).

Проявление. Внешний вид поверхности — вырывы частиц на детали из менее прочного материала, чередующиеся через примерно одинаковые промежутки. Температура поверхности 600...14000С. Такая температура заметно снижает механические свойства сталей, и металл размягчается, приводя к налипанию металла на поверхности более прочной детали (рис.3.) Для подшипников качения износ схватыванием второго рода проявляется в виде заеданий, часто предшествующих полному разрушению.

Осповидный износ возникает при трении качения, переменных или знакопеременных нагрузках и высоких давлениях, достигающих предела выносливости. Многократные нагружения вызывают усталость материала. На плоскостях максимальных напряжений внутри детали зарождаются трещины. Их развитие приводит к разрыву контактной поверхности, что принципиально изменяет характер взаимодействия деталей.



Рис. 4. Осповидное выкрашивание на теле качения шарикоподшипника

Проявление. В местах образования сколов на контактных поверхностях появляются осповидные углубления (рис.4.) Наиболее характерный вид изнашивания для деталей подшипников качения, который должен проявляться через 5...7 лет работы.

Обнаружить осповидное выкрашивание во время осмотра механического оборудования, чрезвычайно трудно. Элементы подшипника практически недоступны для визуального осмотра. Поворот шарика (рис. 4.) на угол 600 не позволил бы обнаружить повреждение. Осмотр должен предварять результаты технического диагностирования.

Абразивный износ развивается при трении скольжения. Условия возникновения: наличие на поверхностях трения абразивных частиц, деформирующих микрообъемы поверхностных слоев и вызывающих процессы микрорезания.

Проявление. На поверхностях трения появляются однозначно ориентированные по отношению к направлению движения риски (рис.5.). Скорость изнашивания зависит от размеров, формы, количества, свойств абразива и материала деталей, относительной скорости и давления на контактирующих поверхностях.



Рис. 5. Абразивный износ на беговой дорожке наружного кольца радиально-упорного конического двухрядного роликоподшипника

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВИДЫ ИЗНОСА.

Износ при прохождении электрического тока. При прохождении тока через шарикоподшипник на беговых дорожках появляются точки, расположенные цепочкой. При прохождении электрического тока через роликоподшипник на беговых дорожках появляются риски, полосы параллельные оси вращения (рис.6.). Повреждения такого типа присутствуют лишь на одной беговой дорожке — это результат неравномерного распределения нагрузки по рядам тел качения двухрядного подшипника.



Рис. 6. Следы прохождения электрического тока на наружном кольце двухрядного сферического радиального роликоподшипника

Коррозионный износ — результат конденсации влаги в корпусе подшипника при отсутствии смазочного материала (рис.7.) или попадания воды в подшипник. Коррозионные разрушения всегда начинаются с поверхности металла. Коррозия на деталях подшипников бывает двух видов — сплошная и местная. Сплошная коррозия покрывает ровным слоем и изменяет шероховатость поверхности деталей, не образуя отдельных очагов. Местная коррозия наблюдается в виде пятен, глубина которых может быть от незначительного точечного углубления до язвин.



Рис. 7. Следы местной коррозии наружного кольца подшипника

П уровень классификации отражает силы, действующие на подшипник:

- ♦ - радиальная сила, приложенная в одной точке, от веса деталей механизма или от технологической нагрузки, постоянная по направлению (местное нагружение);
- ♦ радиальная сила, приложенная в двух точках, деформирующая наружное кольцо подшипника, возникает в результате отклонений формы посадочного места подшипника;
- ♦ радиальная сила, приложенная в одной точке, совершающая периодическое колебательное движение в ограниченном секторе;
- ♦ радиальная сила, вращающаяся вместе с валом, возникает при неуравновешенности ротора, при изгибе вала (циркуляционное нагружение);
- ♦ осевая сила, действующая в продольном направлении на все тела качения, в результате изгиба вала, несоосности валов, воздействия продольной технологической нагрузки.

Воздействие указанных сил приводит к появлению на беговых дорожках подшипника характерных повреждений. Следы радиальной силы, приложенной в одной точке, постоянной по направлению, при вращающемся внутреннем и неподвижном наружном кольце проявляются в виде непрерывного следа на внутреннем кольце и местного изнашивания наружного кольца (рис.8.)



Рис. 8. Следы радиальной силы, постоянной по направлению: а) непрерывный след износа на внутреннем кольце; б) местное изнашивание наружного кольца

Если неподвижным является внутреннее кольцо, а подвижным наружное, тогда воздействие постоянной радиальной силы проявится в виде непрерывного следа износа на наружном кольце и местном изнашивании внутреннего кольца.



Рис. 9. Осповидное выкрашивание в двух местах на беговой дорожке наружного кольца двухрядного сферического радиального роликоподшипника при отклонении формы посадочного места крышки подшипника

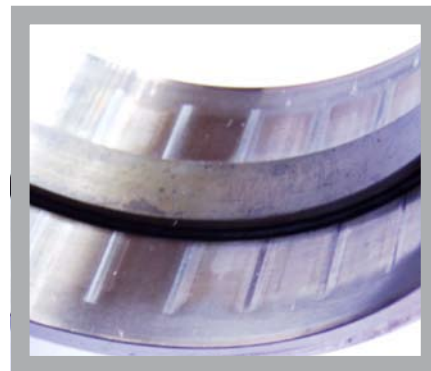


Рис. 10. Местное изнашивание беговой дорожки наружного кольца двухрядного радиального роликоподшипника при колебательном движении

При деформации наружного кольца подшипника в результате отклонений формы посадочного места на наружном неподвижном кольце появится осповидное выкрашивание в двух точках (рис.9.).

Радиальная сила, приложенная в одной точке, совершающая периодическое колебательное движение в ограниченном секторе



Рис. 11. Местное выкрашивание внутреннего кольца шарикоподшипника при вращающейся радиальной силе и неподвижном наружном кольце и одновременном воздействии осевой силы

приводит к местному изнашиванию наружного и внутреннего колец подшипника (рис.10.) Такой вид изнашивания характерен для шарнирных механизмов, в которых вал совершает колебательные движения.

Радиальная сила, вращающаяся вместе с валом, приведет к появлению постоянного следа износа на неподвижном наружном кольце и местного выкрашивания на внутреннем кольце (рис.11.)

Осевая сила, действующая в продольном направлении, вызывает смещение следов износа на кольцах подшипника (рис.11.). Дополнительно, о воздействии осевой силы можно судить по наличию засветлений на торцах роликов (рис.12).



Рис.12. Высветления на торцах роликов одной из беговых дорожек двухрядного радиального роликоподшипника при воздействии осевой силы

III уровень классификации определяет характер взаимодействия контактирующих поверхностей. В подшипниковом узле имеются как неподвижные, так и подвижные контактирующие поверхности деталей. Осмотр подшипника качения проводится последовательно от посадочной поверхности подшипника в корпусе механизма к посадочной поверхности внутреннего кольца на вал.

Если поверхности внутреннего кольца и вала неподвижны, то внутреннее кольцо подшипника имеет матовую поверхность (рис. 13.).

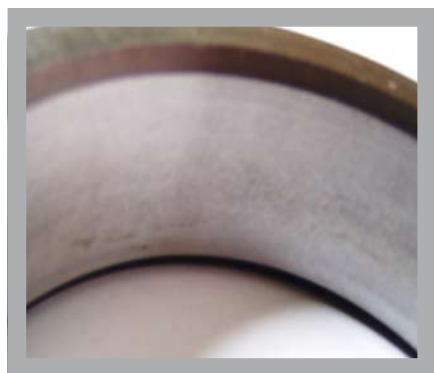


Рис.13. Матовая поверхность внутреннего кольца подшипника при неподвижной посадке на вал

Ослабление посадки подшипника в результате ошибок монтажа, эксплуатации часто приводит к проворачиванию подшипника на валу и в корпусе (рис.14). Проворот подшипника сопровождается увеличением температуры узла, изменением характера шума и вибрации и приводит к недопустимому износу корпусных деталей.



Рис. 14. Следы проворачивания колец подшипника

Фреттинг-коррозия возникает при перемещении контактирующих поверхностей под воздействием переменных сил или вибраций. Проявляется в виде интенсивного окисления поверхностей, темных пятен на посадочных поверхностях колец подшипников (рис.15). Приводит к стуку, ударам при работе подшипника. При дальнейшем развитии может



Рис. 15. Следы фреттинг-коррозии на посадочной поверхности наружного (а) и внутреннего (б) колец шарикоподшипника

служить причиной зарождения усталостных трещин.

Если нагрузка неравномерно распределяется по длине ролика или между рядами тел качения двухрядного подшипника (рис.16.), то долговечность подшипника значительно снижается. Причина — перекос корпуса подшипника. ⚙

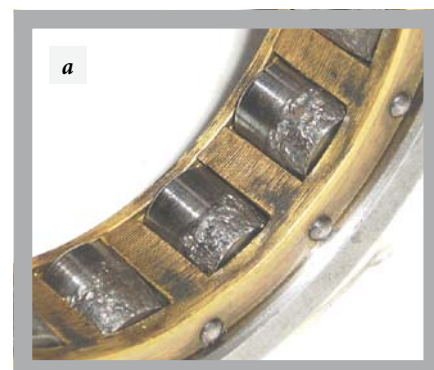


Рис.16. Неравномерное выкрашивание по длине роликов (а) радиального роликоподшипника и беговым дорожкам (б) двухрядного радиального сферического шарикоподшипника при изгибе вала

Продолжение следует.

