



Classification of Faults of Bearings

External signs of destruction of details always have characteristic traces by which it is possible to define the fault reason. As a result of inspection of details it is possible to determine a type of wear and loading, character of bearing surfaces contact and to develop provisions for prevention of analogous failures and raise of assembly reliability.

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, определить мероприятия для предотвращения аналогичных отказов и повышения надежности работы узла.

В.А. Сидоров, к.т.н., доцент кафедры «Механическое оборудование заводов черной металлургии»,
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Осмотр внешних торцевых поверхностей колец подшипника позволяет подтвердить проворачивание колец или определить наличие контакта подшипника с рядом расположенной деталью (рис. 17).

Осмотр беговых дорожек внешнего и внутреннего колец позволяет установить характер контакта тел качения и беговой дорожки. Перекос вала относительно корпуса подшипника может быть зафиксирован по треугольному следу при колебательном характере нагружения подшипника (рис. 18).



Рис. 17. Кольцевые риски на торцевой поверхности внутреннего кольца — результат контакта кольца подшипника с неподвижной деталью



Рис. 18. Треугольная форма контакта кольца с роликом при перекосе вала относительно корпуса двухрядного роликового радиального подшипника

Трещины поперек беговых дорожек — результат воздействия динамических нагрузок, ударов или ошибок монтажа (рис. 19а). Сколы бортов колец — результат динамических воздействий осевой силы (рис. 19б).

Трещины, расположенные вдоль кольца подшипника — результат отсутствия тепловых зазоров при нагреве механизма. Возникающая при тепловом расширении осевая сила приводит к исчезновению радиального зазора и возникновению значительных радиальных сил определяемых геометрией подшипника (рис. 20).

Значение радиальной составляющей:

$$F_t = F_a \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$



Рис. 19. Поперечная трещина на кольце подшипника (а) и сколы бортов кольца (б) при воздействии ударной нагрузки

где φ — угол между силами F и F_a ;
 F — результирующая реакция, направленная перпендикулярно к контактирующей поверхности; F_a — продольная сила.

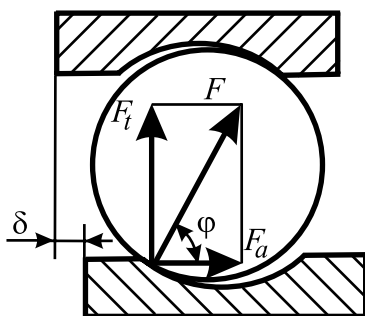


Рис. 20. Схема распределения сил в шарикоподшипнике при отсутствии теплового зазора

Угол φ определяется допустимой осевой игрой δ и диаметром тел качения d_w :

$$\varphi = \arccos(\delta/d_w).$$

Так как угол φ близок к 90° радиальные силы могут увеличиться до такой степени, что это приведет к разрушению внешнего кольца (рис. 21).

Увеличенная осевая игра пары радиально-упорных шариковых подшипников приводит при возникновении продольной силы к появлению гранности или к осповидному выкрашиванию на нерабочей части беговой дорожки радиально-упорного шарикового подшипника при увеличенной осевой игре и продольном нагружении



Рис. 21. Разрушение внешнего кольца шарикоподшипника при отсутствии теплового зазора

Бринеллирование проявляется в появлении вмятин на беговых дорожках с шагом равным шагу тел качения. Оно является следствием ударных воздействий во время монтажа (рис.23).

Ложное бринеллирование возникает при оттоке смазки с поверхностей качения подшипников неработающей машины в результате механических колебаний, передающихся от работающих механизмов. Проявляется в виде повреждений рабочей поверхности подшипника расположенных с шагом равным шагу тел качения (рис.24).

Повреждения сепаратора — наиболее серьезный вид повреждений. При повреждениях сепаратора возможны повреждения других деталей вследствие вибрации, износа,



Рис. 22. Гранность (а), осповидное выкрашивание (б) на нерабочей части беговой дорожки радиально-упорного шарикового подшипника при увеличенной осевой игре и продольном нагружении



Рис. 23. Бринеллирование на беговых дорожках упорного шарикоподшипника — вмятины с шагом равным шагу тел качения

заклинивания и перекосов (рис. 25). Наиболее распространенная причина разрушения сепаратора — проблемы смазывания и деформации наружных колец. Это приводит к возникновению неравномерных сил по телам качения и воздействию разрушающих сил на сепаратор.

Подшипники качения подлежат замене при наличии одного из повреждений:

- ◆ усталостные раковины на дорожках и телах качения;
- ◆ коррозионные раковины на дорожках и телах качения;
- ◆ трещины, сколы бортов, колец;
- ◆ трещины колец, роликов, шариков;
- ◆ трещины, излом сепаратора;
- ◆ задиры на рабочих поверхностях колец и тел качения;



Рис. 24. Следы ложного бринеллирования на рабочей поверхности наружного кольца роликового радиально-упорного конического однорядного подшипника

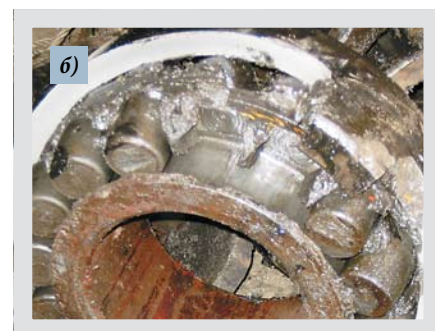
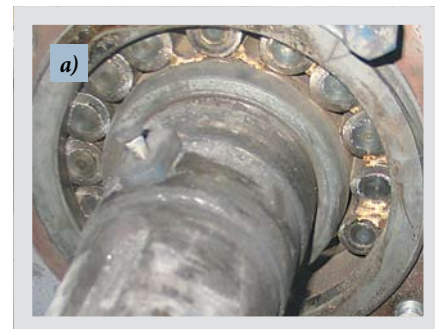


Рис. 25. Разрушение сепаратора

- ◆ износ и обрыв заклепок сепаратора;
- ◆ забоины на сепараторе;
- ◆ рифление на рабочих поверхностях колец и тел качения;
- ◆ выработка на рабочих поверхностях колец и тел качения;
- ◆ вмятины на рабочих поверхностях;
- ◆ поверхностная коррозия на рабочих поверхностях подшипника;
- ◆ цвета побежалости на рабочих поверхностях;
- ◆ увеличение радиального зазора.

Большинство рассмотренных факторов не поддается математическому расчету, однако требует учета при эксплуатации узла. Направление дальнейших исследований состоит в построении причинно-следственных связей при разрушении подшипников. Это позволит обоснованно выбирать вид ремонтного воздействия и определять причины повреждений. На первом этапе можно предложить использовать причинные связи между классификационными признаками повреждений, приведенные в таблице.

Классификация причин разрушения подшипников качения

Повреждения, определяемые видом механического износа					
Износ схватыванием первого рода		Окислительный износ		Износ схватыванием второго рода	
Осповидный износ		Абразивный износ		Прохождение электрического тока	
		Коррозионный износ			

Повреждения, определяемые силами, действующими на подшипник					
Местное нагружение		Отклонения формы посадочного места подшипника		Колебательное движение	
Циркуляционное нагружение		Осевая сила			

Повреждения, определяемые характером взаимодействия контактирующих поверхностей					
Неподвижная посадка		Проворачивание подшипника		Фреттинг-коррозия	
Неравномерное распределение нагрузки		Трещины		Увеличенная осевая игра	
Бринеллирование истинное и ложное		Повреждения сепаратора		Проблемы смазки	