

УДК 621.822.6

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПОСАДОЧНЫХ МЕСТ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

И. В. КУЗЬМЕНКО,

кандидат технических наук
E-mail: kuzmenko_2007@mail.ru

В. И. САМУСЕНКО,

кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Брянский
государственный аграрный
университет»

Представлены результаты исследований по изучению износов посадочных поверхностей подшипников качения. Проведена статистическая обработка результатов измерений корпусов подшипников с учетом геометрических макроотклонений формы. На основании литературного обзора и полученных данных определены виды изнашивания исследуемых поверхностей и причины их возникновения. С учетом вышесказанного сформулированы методы защиты деталей от возникновения дефектов.

Ключевые слова: корпуса подшипников; изнашивание посадочных поверхностей.

В о время работы техники периодически случаются отказы подшипниковых соединений.

При этом узел, в состав которого входит отказавшее соединение, утрачивает работоспособность. Устранения отказов – мероприятия затратные. Они связаны с необходимостью выполнения большого объема разборочно-сборочных работ, замены подшипников, а, зачастую, и других деталей, в число которых входят корпусные детали.

Многие исследователи считают, что основная причина отказа неподвижных соединений – нарушение посадки. В процессе эксплуатации неподвижность посадки нарушается из-за изнашивания сопряженных поверхностей. Наибольшие величины износа посадочных поверхностей по различным данным изменяются значительно, но средние величины близки между собой.

Микрометрические измерения корпусов подшипников позволили установить распределение отклонений раз-

меров посадочных мест от номинальных. При микрометраже учитывались макроотклонения формы: допуск круглости, допуск торцевого биения, допуск профиля продольного сечения [1]. Если размеры посадочной поверхности выходили за рамки допусков, то такие корпуса выбраковывались. Всего было измерено 72 корпуса, из них выбраковано 6 (8,3) %. Аналитика размеров посадочных поверхностей проводилась по результатам измерения 66 корпусов ремонтного фонда. Статистическая обработка результатов измерений была проведена в соответствии с существующей методикой [2]. Результат ее – следующие основные показатели:

- средневзвешенное значение износа $\bar{i} = 0,064$ мм;
- среднеквадратическое отклонение $\sigma = 0,051$ мм;
- доверительные границы $\bar{i}_{\alpha}'' = 0,054$ мм; $\bar{i}_{\alpha}' = 0,074$ мм;
- коэффициент вариации $v = 0,8$;
- показатели надежности подчиняются закону распределения Вейбулла.

Причины износа посадочных поверхностей корпусов подшипников – неравномерность крутящего момента, возрастание динамических нагрузок, увеличение вибраций, в результате чего снижается долговечность не только подшипников, валов, зубчатых колес, но и всей сборочной единицы [3, 4].

Повысить долговечность неподвижных соединений невозможно без понимания механизма изнашивания и влияния различных факторов на величину износа посадочных поверхностей подшипников. При работе сопряжения наружное кольцо подшипника – посадочная поверхность корпуса в зонах фактического контакта пластически деформируются микровыступы в течение первых циклов нагружения. Изменяются размеры посадочных отверстий также в результате релаксации внутренних напряжений в корпусных деталях при эксплуатации.

Основной вид изнашивания вышесказанных сопряжений – фреттинг-коррозия [5]. Ее причина – динамическое на-

гружение сопрягаемых деталей. Фреттинг-коррозия может возникать при вибрациях, динамических приложениях нагрузок, периодическом изгибе или скручивании сопряженных деталей. Этот процесс представляет собой разрушение сопряженных поверхностей номинально-неподвижных деталей в результате их относительных возвратно-поступательных перемещений с очень малой амплитудой и высокой частотой. Продукты изнашивания, образующиеся при фреттинг-коррозии, имеют отличия от продуктов, образующихся при коррозии. Фреттинг-коррозия развивается не только на воздухе, но и в среде инертных газов и в вакууме. Она характеризуется возникновением на поверхности контакта сопряженных металлических поверхностей различных по своей природе физико-химических явлений: схватывания, абразивного разрушения, усталостных процессов, сопровождающихся окислением и коррозией. Обобщив все эти факторы, можно сказать, что процесс разрушения контактирующих поверхностей при фреттинг-коррозии определяется действием механического и химического факторов, которые при таком взаимодействии тесно взаимосвязаны. Причем в начале развития фреттинг-коррозии интенсивность разрушения поверхностей сопряженных деталей определяется в основном механическим фактором. В дальнейшем вследствие активации коррозионных процессов в зоне трения начинает более существенно проявляться химический фактор. Изучая продукты разрушения, исследователи установили три основные стадии развития фреттинг-коррозии.

На первой стадии происходит упрочнение поверхности контакта сопряженных деталей и циклическая текучесть их поверхностных слоев. Большая часть выступов фактического контакта взаимодействует друг с другом пластически, а разрушившиеся вследствие усталости выступы и срезавшиеся узлы схватывания создают первичные продукты разрушения.

На второй стадии в поверхностных слоях продолжают накапливаться уста-

лостные повреждения. Скорость изнашивания на этой стадии невелика и связана она в основном с разрушением образующихся на поверхностях оксидных пленок. Объем продуктов изнашивания зачастую больше объема разрушенного металла и при ограничении возможности их удаления из зоны трения они способны создавать большие локальные давления.

Третья стадия связана с окончательным разрушением зон повреждения, предварительно разрушенных усталостными и коррозионными процессами. Продукты фреттинг-коррозии мало отличаются по своему составу от продуктов второй стадии. Они характеризуются большей дисперсностью. Интенсивность разрушения находится в прямой зависимости от шероховатости сопряженных поверхностей. Чем меньше шероховатость, тем медленнее развивается процесс фреттинг-коррозии [4].

Твердость и объем образовавшихся оксидов в 2–4 раза больше, чем металлических поверхностей. В местах скопления оксидов возникают значительные давления. В результате вся площадь контакта покрывается характерными зонами повреждений, а поверхностные объемы металла окисляются по глубине неравномерно. По внешнему виду повреждения при этом похожи на коррозию. Сложный механизм фреттинг-коррозии, влияние большого числа факторов на разрушение контактирующих поверхностей затрудняет разработку способов борьбы с ней [6].

С учетом вышесказанного можно сформулировать основные методы защиты деталей от данного вида изнашивания:

- предотвращение и уменьшение относительного перемещения сопряженных деталей в неподвижных соединениях;
- уменьшение доступа кислорода воздуха в зону контакта деталей;
- применение менее твердых материалов для одной из деталей;
- уменьшение шероховатости контактирующих поверхностей;
- уменьшение удельного давления в зоне контакта деталей;
- перенос относительного движения деталей в промежуточную среду.

Таким образом, определены дефекты подшипниковых соединений и причины их возникновения. Анализ причин появления дефектов позволил разработать технологии восстановления деталей, а также рекомендации предприятиям-изготовителям по совершенствованию тех-

нологического процесса изготовления новых деталей [7–10].

Литература

1. ГОСТ 3325-85. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. – Посадки. М.: Изд-во стандартов, 1988. – 103 с.
 2. Артемьев, Ю.Н. Основы надёжности сельскохозяйственной техники / Ю.Н. Артемьев. – М.: МИИСП, 1973. – 162 с.
 3. Ермичев, В.А. О нанесении мягких металлов при восстановлении корпусов подшипников / В.А. Ермичев, А.М. Михальченко, И.В. Кузьменко // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 3. – С. 36–37.
 4. Михальченко, А.М. Повышение надёжности чугунных деталей с различной шероховатостью поверхности натиранием медных плёнок / А.М. Михальченко, И.В. Кузьменко // Надёжность и контроль качества. – 1999. – № 12.
 5. Ефанов, С.А. Восстановление деталей полимерными композиционными материалами / С.А. Ефанов, А.В. Котин, А.В. Комаков // Сельский механизатор. – 2015. – № 4. – С. 34–35.
 6. Кисель, Ю.Е. Повышение износостойкости деталей машин композиционными электрохимическими покрытиями / Ю.Е. Кисель, Г.В. Гурьянов, П.Е. Кисель // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 10. – С. 39–42.
 7. Чирков, Е.П. Государственная поддержка и регулирование агропромышленного производства / Е.П. Чирков // АПК: Экономика, управление. – 1998. № 7. – С. 16–23.
 8. Чирков, Е.П. Развитие организационно-экономического механизма в системе ведения агропромышленного производства региона / Е.П. Чирков [и др.]. – Под общ. Ред. Е.П. Чиркова. – Брянск, 2014.
 9. Стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции животноводства на период до 2020 года. ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. – Подольск. – 2009.
 10. Сакович, Н.Е. Повышение надежности и безопасности транспортных и грузоподъемных машин / Н.Е. Сакович, А.М. Случевский, Ю.В. Беззуб // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2014. – № 1 (41). – С. 51–57.
- The results of studies on the study of wear of the Seating surfaces of rolling bearings are presented. Statistical processing of measurement results of bearing housings taking into account geometrical macro-deviations of the form is carried out. On the basis of the literature review and the obtained data, the types of wear of the studied surfaces and the causes of their occurrence are determined. Taking into account the above, the methods of protection of parts from defects are formulated.*
- Keywords:** bearing housings; wear of Seating surfaces.

тивности капиталовложений целесообразно принять равным 0,15 для энергогенерирующих установок, использующих традиционные энергоресурсы, и 0,12 для солнечных и ветроустановок.

Литература

1. Чирков, Е.П. Инновационные направления в технологиях заготовки и хранения объемистых кормов / Е.П. Чирков, А.В. Дронов, Н.А. Ларетин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – № 1. – С. 10–13.
 2. В.Ф. Шаповалов. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом цезий-137 / В.Ф. Шаповалов [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2014. – № 1. – С. 13–20.
 3. Никитенко, Г.В. Автономное электроснабжение на основе солнечных панелей / Г.В. Никитенко [и др.] // Сельский механизатор. – 2019. – № 9. – С. 32–33.
 4. Абдразаков, Ф.К. Система автономного энергоснабжения на основе солнечных панелей / Ф.К. Абдразаков [и др.] // Сельский механизатор. – 2019. – № 9. – С. 30–31.
 5. Васькин, В.Ф. Реформирование предприятий агропромышленного комплекса / В.Ф. Васькин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 1996. – № 3. – С. 29–30.
 6. Ториков, В.Е. Информационно-консультационная служба в сельском хозяйстве зарубежных стран и России / В.Е. Ториков. – Брянск, 2004.
 7. Алексеенко, В.А. Экономическая эффективность применения роторной ветроэнергетической установки на мини-фермах молочного направления / В.А. Алексеенко [и др.] // Сельский механизатор. – 2019. – № 9. – С. 28–33.
 8. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России. – СПб.: Наука, 2002. – 314 с.
 9. Франжева, А.С. Комплексное использование ВИЭ для горячего водоснабжения ферм: сборник студенческих научных работ / А.С. Франжева, В.И. Чащинов. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2016. – С. 18–22.
 10. Ториков, В.Е. Хлеб из зерна Нечерноземья / В.Е. Ториков // Зерновые культуры. – 1991. – № 4. – С. 21.
- The issues of autonomous provision of peasant and small farms with mechanical, electric and thermal energy using both traditional energy resources and renewable energy sources are considered.*

Keywords: power supply; mechanical energy; electric energy; heat; hot water supply; renewable energy sources.