

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ШПОНОК И ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ В СОЕДИНЕНИИ ПРИВодОВ МУФТ

Д. А. Пупкова

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В картофелеуборочных комбайнах шпоночные соединения преимущественно используются в приводных механизмах редукторов. Однако, несмотря на простоту и надежность, шпоночные соединения подвержены износу, интенсивность которого напрямую зависит от множества факторов. В работе рассматриваются виды изнашивания шпонок и шпоночных пазов: абразивное, усталостное, пластическая деформация и фреттинг.

Ключевые слова: изнашивание, дефект, деформация, шпонка, шпоночный паз.

ANALYSIS OF KEYWAY AND KEYWAY GROOVE DEFECTS IN COUPLING DRIVE CONNECTIONS

D. A. Pupkova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Abstract. In potato harvesters, keyway joints are mainly used in gear drive mechanisms. However, despite their simplicity and reliability, keyway joints are subject to wear, the intensity of which directly depends on many factors. The paper considers the types of wear of dowels and keyways: abrasive, fatigue, plastic deformation and fretting.

Keywords: wear, defect, deformation, key, keyway.

Производство и ремонт отечественных машин для АПК выходит на новый уровень технологических процессов, обеспечивающих повышенную надежность техники [1-3], проектируются и выпускаются новые агрегаты и сборочные единицы сельхозмашин с применением посадок заданной точности, как с зазорами [4, 5], так и с натягами [6, 7]. Повышение точности изготовления деталей требует использования более точных средств измерений и методик контроля [8-10].

В сельскохозяйственной технике широкое применение нашли шпоночные соединения, так как они обладают такими преимуществами, как простота изготовления и быстрота разборки-сборки [11,

12]. В том числе такие соединения применяются в картофелеуборочных комбайнах [13, 14].

В период эксплуатации могут появляться различные виды износа (рисунок 1) [14].

Виды изнашивания	абразивное	• Самый распространенный вид изнашивания, возникает при загрязнении зазора между шпонкой и пазом
	усталостное	• Возникает из-за частого деформирования поверхности, что приводит к микротрещинам
	пластическая деформация	• Возникает из-за контакта напряжений с динамической нагрузкой
	фреттинг	• Возникает при колебательном движении с малой амплитудой

Рисунок 1 – Износ шпоночных соединений

Абразивный износ появляется в результате деформирующего, режущего или царапающего воздействия частиц минерального происхождения.

Усталостное изнашивание – это сложный процесс разрушения поверхностного слоя материала. В отличие от обычного абразивного износа, где происходит непосредственное удаление материала, усталостное изнашивание развивается постепенно, на микроскопическом уровне (рисунок 2) [14].



а



б

Рисунок 2 – Шпоночный паз вала:

а – трещина в шпоночном пазе; *б* – смятие шпоночного паза

Выбор материалов с высокой усталостной прочностью, применение специальных покрытий, повышающих износостойкость, а также оптимизация смазки являются ключевыми моментами в предотвращении усталостного изнашивания [14].

Фреттинг наблюдается в процессе эксплуатации соединений, которые должны быть неподвижными и плотно прилегающими друг к другу.

При фреттинг-коррозии скорость разрушения поверхностного слоя пропорциональна числу циклов перемещений и резко увеличивается с повышением амплитуды перемещений (рисунок 3). Но с ростом частоты колебаний скорость процесса уменьшается. Фреттинг-коррозия формулирует систему наблюдения за данным изнашиванием поверхностей шпоночных соединений [14]: Fe – O – H₂O (железо – кислород – вода).



Рисунок 3 – Фреттинг-коррозия вала

При увеличении удельного давления площадь увеличивается, но процесс разрушения поверхностного слоя прекращается в случае устранения осциллирующих движений на участках контакта [14].

При применении переходной посадки или посадки с зазором в соединении муфты (шпоночном соединении) шпонка является самым нагруженным элементом, так как она передает крутящий момент. Это зачастую приводит к выходу из строя шпоночных соединений. Такая ситуация обусловлена отсутствием натяга в соединении вала с муфтой, что приводит к перемещениям поверхности отверстия полумуфты относительно вала и увеличению скорости изнашивания.

Исходя из вышеуказанного, крутящий момент передается только через боковую поверхность шпонки и пазы вала и отверстия, что приводит к износу этих поверхностей, смятию пазов и срезу шпонки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : Изд-во ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.
2. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М. : Изд-во «Три-ада», 2020. – 232 с.
3. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.
4. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269.
5. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334.
6. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.
7. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101.
8. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27.
9. Методика оценки брака: процесс контроля коренных шеек коленчатых валов в ремонтном производстве / Г. Н. Темасова, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 39-45.
10. Леонов, О. А. Совершенствование методики проведения микрометража и дефектации шеек коленчатых валов / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2007. – № 3-1 (23). – С. 81-85.
11. Леонов, О. А. Расчет посадок с натягом при комбинированном нагружении / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Вестник машиностроения. – 2021. – № 3. – С. 25-28. – DOI 10.36652/0042-2021-3-25-28.
12. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-2-96-101.
13. ABC-анализ показателей качества картофелеуборочных комбайнов / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Сельский механизатор. – 2022. – № 7. – С. 4-5. – DOI 10.47336/0131-7393-2022-7-4-5.
14. Пупкова, Д. А. Обеспечение норм точности посадок цилиндрических соединений приводов муфт со шпонками при ремонте сельскохозяйственной

техники : специальность 4.3.1 «Технологии, машины и оборудование для агро-промышленного комплекса» : дис. ... канд. техн. наук / Пупкова, Д. А. ; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва, 2024. – 128 с.

Об авторе:

Пупкова Дарья Александровна, ассистент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», bogolyubova@rgau-msha.ru.

About the author:

Darya A. Pupkova, assistant of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, bogolyubova@rgau-msha.ru.