

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РЕМОНТА СОЕДИНЕНИЙ ШПОНКА-ШПОНОЧНЫЙ ПАЗ ВАЛА**

**Яковлев С.А.**, кандидат технических наук, доцент,

тел. 8(8422)55-95-97, [Jakseal@mail.ru](mailto:Jakseal@mail.ru)

**Симонова О.Ф.**, магистрант, тел. 8(8422) 55-95-97, [Ktc28777@mail.ru](mailto:Ktc28777@mail.ru)

**Уткин И.В.**, магистрант, тел. 8(8422) 55-95-97, [goga.utkin.76@mail.ru](mailto:goga.utkin.76@mail.ru)

**Турков М.А.**, магистрант, тел. 8(8422) 55-95-97, [Miktur73@gmail.com](mailto:Miktur73@gmail.com)

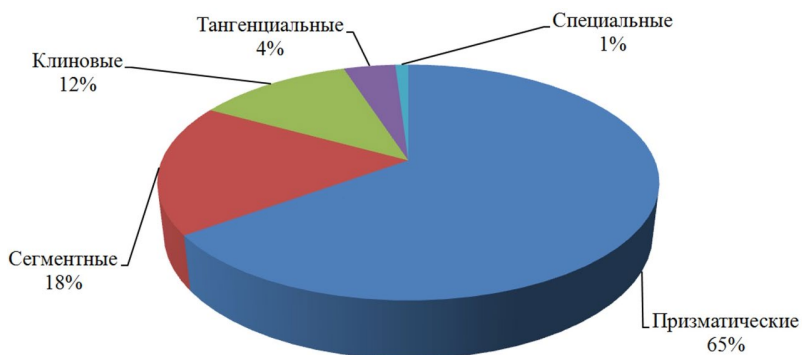
**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** вал, шпоночный паз, шпонка, посадка, ремонт, материал, структура.*

*В работе проведен анализ эффективности современных технологий ремонта соединения шпонка - шпоночный паз на валу. Представлены и проанализированы новые технологии получения шпоночных соединений с использованием электромеханической обработки.*

**Введение.** Шпоночные соединения стандартизованы, посадки их унифицированы, что позволяет их применять для закрепления на валу (иногда на оси) вращающихся или не вращающихся изделий (зубчатых колес, шкивов, муфт и др.). Анализ показал [1, 2], что конструктивному исполнению наибольшее распространение в технике сельскохозяйственного назначения (см. Рис.) получили призматические шпоночные соединения.

У шпоночных соединений наиболее часто встречаются износы по ширине шпонки, износы пазов вала и втулки, а также смятия поверхностей элементов соединения (78%). Реже возникают износы цилиндрической поверхности вала (44 %) и отверстия (29 %) шпоночного соединения.



**Рис. 1 – Соотношение видов шпоночных соединений в сельскохозяйственной технике**

При износе или смятии шпонки их рекомендуется заменять на новые шпонки (с временным сопротивлением разрыву не менее 590 МПа). Предварительный анализ показал, что существующие технологии ремонта шпоночного паза вала недостаточно эффективны.

**Материалы и методы исследований.** Материалом исследования являлся поиск эффективных современных технологий ремонта шпоночных соединений, позволяющих восстанавливать посадки (характер сопряжения) между шпонкой и шпоночным пазом на валах автотракторной и сельскохозяйственной техники.

#### **Результаты исследований и их обсуждение.**

При смятии или износе шпоночного паза на валу обычно рекомендуется обработать паз под шпонку следующего стандартного размера и устанавливать ступенчатую нестандартную шпонку. Вторым способом является заваривание дефектного шпоночного паза на валу и изготовление нового паза под углом 90 ... 180° к старому. Для неотчетливых соединений допускается изготавливать новый паз на месте заваренного старого.

Данные методы ремонта существенно снижают прочность и выносливость вала около шпоночного паза, что плохо сказывается на долговечности изделий. Кроме того они характеризуются значительной трудоемкостью, большими затратами энергии и материалов. Использование сварки и наплавки отличается сильным термическим влиянием на материал

вала, существенным недостатком любого вида сварки и наплавки является экологическая вредность.

Проведенный дополнительный анализ показал, что наиболее эффективной технологией ремонта является электромеханическое воздействие на поверхность шпоночного паза электромеханической обработкой (ЭМО). ЭМО позволяет повысить прочность и выносливость изделий [3], меняя структуру обрабатываемых металлов и сплавов [4]. Технология электромеханической обработки энерго и материалоекономична, а так же экологически безопасна.

Так по патенту РФ № 2713887 восстановление соединения между шпонкой и шпоночным пазом вала происходит за счет перераспределения металла шпоночного паза путем применения ЭМО с использованием шпонки, установленной предварительно в шпоночный паз. Отличительной особенностью этого способа является то, что «электрод-инструмент устанавливается вертикально и движется вдоль шпоночного паза по его поверхности на расстоянии 0,3...1,5 миллиметров от края паза вызывая осадку и раздачу металла вала в сторону паза, причем раздача металла ограничивается наличием шпонки» [5]. Это позволяет в процессе ремонта получать плотное соединение шпонки со шпоночным пазом с одновременным упрочнением боковой поверхности шпоночного паза до высокой твердости [6].

Недостатком такого способа является необходимость приложения больших усилий прижатия инструментов к детали для эффективной осадки и раздачи металла в сторону паза. Еще одним минусом является необходимость применения больших электрических токов при ЭМО, которые в свою очередь обеспечивают более высокую пластичность металла, для более эффективной осадки и раздачи металла.

Еще более эффективным является способ получения шпоночного соединения между шпонкой и шпоночным пазом вала по патенту РФ № 2749648 [7]. Отличительной особенностью этого способа является то, что электрод-инструмент устанавливается сверху под углом 10...45° к вертикальной плоскости и перемещают вдоль шпоночного паза по его поверхности на расстоянии 0,5...2,5 миллиметров от края паза.

Расположение электродов-инструментов сверху под углом 10...45° к вертикальной плоскости обеспечивает оптимальное увеличение составляющей силы сдвига нагретых объемов металла в сторону шпоночного паза. Это позволяет получать качественные шпоночные

соединения без использования больших усилий прижатия инструмента к детали.

Увеличение силы сдвига при ЭМО электродами-инструментами под углом  $10...45^\circ$  к вертикальной плоскости не требует использования повышенных токов для увеличения пластичности металла по сравнению с патентом РФ № 2713887.

Перемещение электродов-инструментов для ЭМО вдоль шпоночного паза по его поверхности на расстоянии  $0,5...2,5$  миллиметров от края паза позволяет сдвигать в сторону паза более значительные объемы металла, что увеличивает эффективность и позволяет получать шпоночные соединения с предварительными зазорами до 2 миллиметров.

**Заключение.** Таким образом, использование ЭМО при ремонте шпоночных соединений более эффективно. При выполнении ремонтных воздействий с применением электромеханической обработки между шпонкой и шпоночным пазом на валу образуется плотное соединение за счет пластической деформации и перераспределения металла с одновременным упрочнением боковых поверхности шпоночного паза до высокой твердости. Это повышает эффективность и снижает энергоемкость процесса ремонта шпоночных соединений.

#### **Библиографический список:**

1. Леонов, О.А. Взаимозаменяемость унифицированных соединений при ремонте сельскохозяйственной техники: Монография. / О.А. Леонов. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2003. - 166 с.
2. Яковлев, С.А. Лабораторный практикум по метрологии: учебное пособие / С.А. Яковлев – Ульяновск: УАГАУ, 2017.- 116 с.
3. Яковлев, С. А. Повышение циклической прочности деталей / С. А. Яковлев // СТИН. – 2003. – № 4. – С. 27–32.
4. Яковлев, С.А. Влияние электромеханической обработки на структуру и твердость титанового сплава ВТ22 / С.А. Яковлев, М.М. Замальдинов, А.Г Татаров // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2017. -Т. 13. № 10(154). - С. 464-467.
5. Пат. 2713887. Российская федерация, МПК F16 В 3/00 (2006/01), В23 Р 6/00 (2006.01). Способ получения шпоночного соединения на валах

/ С. А. Яковлев, А. Р. Музязев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П.А. Столыпина. – № 2019112474; заявл. 24.04.2019; опубл. 10.02.2020. – Бюл. № 4. – 4 с.

6. Яковлев С.А. Способ получения шпоночного соединения на валах / С.А. Яковлев, Д.Е. Молочников, О.Ф. Симонова // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы X Международной научно-практической конференции, 23 июня 2020 года. В 2-х томах. Том 2. - Ульяновск, ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2020. - С. 332-335.

7. Пат. 2749648. Российская федерация, МПК F16 В 3/00 (2006/01), В23 Р 6/00 (2006.01). Способ получения шпоночного соединения на валах / С. А. Яковлев, О. Ф. Симонова, Д. Б. Романов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П.А. Столыпина. – № 2020126724; заявл. 07.08.2020; опубл. 16.06.2021. – Бюл. № 17. – 6 с.

## **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF MODERN TECHNOLOGIES OF REPAIR OF SHAFT KEY-KEY SLOT JOINTS**

**Yakovlev S.A., Simonova O.F., Utkin I.V., Turkov M.A.**

**Keywords:** shaft, keyway, key, fit, repair, material, structure.

*The paper analyzes the effectiveness of modern technologies for repairing the key - keyway on the shaft. New technologies for producing keyed joints using electromechanical processing are presented and analyzed.*