

УДК 631.3

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИМЕНЕНИЕМ ТОЧЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*Яковлев С.А., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422)55-95-97, jakseal@mail.ru*

*Молочников Д.Е., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-73, denmol@yandex.ru*

*Яковлева Л.С., магистрант, тел. 8(8422) 55-95-97,
yakowlewa111@mail.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

Ключевые слова: *шпоночное соединение, вал, шпонка, точечная электромеханическая обработка, нагрев, осадка, структура, твердость.*

Работа направлена на разработку новых эффективных способов получения шпоночных соединений между валами и отверстиями, применением точечной электромеханической обработки деталей машин.

Введение. В машиностроении и ремонтном производстве для получения стандартных плотных, нормальных и свободных соединений между шпонкой и пазами на валах и в отверстиях необходимо обеспечивать точное изготовление размеров шпоночного соединения. Наиболее высокие требования по точности в элементах шпоночных соединений предъявляются к сопрягаемым поверхностям по ширине шпонки. Такие размеры (ширина шпонки b , ширина шпоночного паза на валу B_1 и ширина шпоночного паза в отверстии (втулке) B_2) должны изготавливаться по 9 качеству точности (IT9). Это в свою очередь требует в процессе изготовления размеров шпоночного соединения применения высокоточного оборудования для финишной обработки исполнительных поверхностей [1].

Для получения шпоночных соединений на валах достаточно эффективны способы, основанные на процессах электромеханической обработки (ЭМО) [2...6]. Так, например, по патенту РФ № 2713887 шпоночные соединения предлагается получать путем одновременного упрочнения боковой поверхности шпоночного паза путем «перераспределения металла применением электромеханической обработки с использованием шпонки, установленной в шпоночный паз» [6]. Для этого при ЭМО электрод-инструмент

«устанавливается вертикально и движется вдоль шпоночного паза по его поверхности на расстоянии 0,3...1,5 мм от края паза вызывая осадку и раздачу металла вала в сторону паза, причем раздача металла ограничивается наличием шпонки» [4]. Недостатком такого способа является необходимость применения дорогостоящего станочного оборудования для перемещения с определенной скоростью электродов-инструментов вдоль шпоночного паза.

Материалы и методы исследований. Материалом исследования являлись шпоночные соединения валов и отверстий по ГОСТ 23360—78, 24071—97, 24068—80. При исследованиях проводился патентный поиск способов получения шпоночных соединений, позволяющих повысить эффективность их получения применением технологии электромеханической обработки.

Результаты исследований и их обсуждение. Результатом таких исследований является два запатентованных способа получения шпоночного соединения на валах точечной электромеханической обработкой [7, 8]. При электромеханической обработке предлагается по этим способам воздействовать на материал вала или отверстия точно с образованием зон упрочнения в виде пятен (точек).

Для получения шпоночных соединений предварительно шпонку устанавливают в шпоночный паз вала с зазором, после чего нагревают край шпоночного паза электродом-инструментом для ЭМО, установленным на расстоянии 0,3...1,5 мм от края паза. Процесс электромеханической обработки проводится прерывисто «точками (участками) округлой формы площадью 5...80 мм², причем первую точку обрабатывают в начале шпоночного паза, вторую точку обрабатывают в конце шпоночного паза, после чего следующие точки обрабатывают последовательно в направлении от второй к первой с определенным шагом, обеспечивая необходимые расстояния между точками вдоль паза 0...5 мм» [7].

На рисунке 1 представлена схема получения шпоночного соединения на валах точечной электромеханической обработкой.

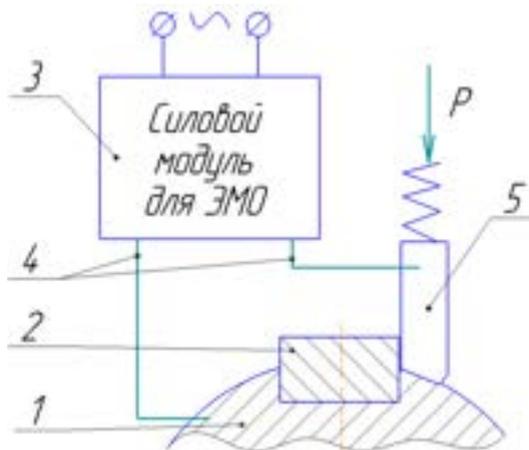


Рисунок 1 - Схема получения шпоночного соединения на валах точечной электромеханической обработкой

На специальной оправке (не показана) крепится инструмент 5 для ЭМО шпоночного паза. Инструмент прижимается сверху вертикально на расстоянии 0,3...1,5 мм от края шпоночного паза вала 1 с усилием P .

Инструмент для ЭМО 5 подсоединен с помощью токоподводящих кабелей 4 к источнику питания – силовому модулю для ЭМО 3, образуя с деталью общую электрическую цепь. При кратковременном замыкании электрической цепи происходит мгновенный нагрев (током до 5000 А) в месте контакта инструмента 5 с поверхностью шпоночного паза выше температуры выше фазовых превращений и механическое воздействие этим инструментом с усилием P . Это позволяет инструменту 5 эффективно осаживать в горячем состоянии поверхность шпоночного паза с раздачей в сторону шпоночного паза. Деформация металла в сторону шпоночного паза ограничивается наличием шпонки.

При выключении электрического тока источник термомеханического воздействия устраняется, что приводит к последующему охлаждению нагретых участков вглубь детали за счет ее массы, в результате чего происходит упрочнение поверхностного слоя боковой поверхности шпоночного паза. После этого инструмент для ЭМО 5 перемещается в следующую точку (участок).

На рисунке 2 представлен вид сверху шпоночного соединения со схематической последовательностью нанесения участков (точек) вдоль шпоночного паза по патенту РФ 2766097 [7].

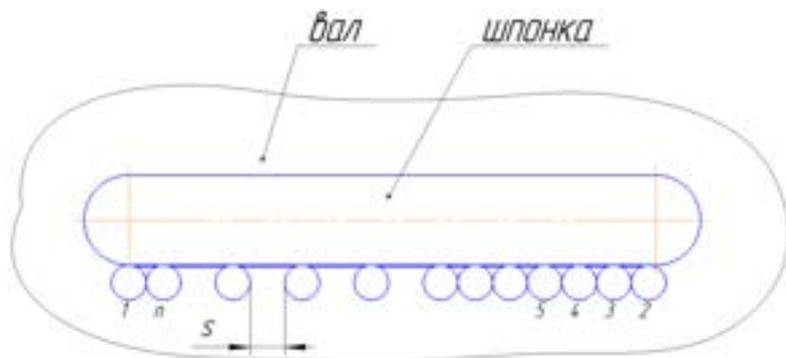


Рисунок 2 - Вид сверху шпоночного соединения со схематической последовательностью нанесения участков (точек) ЭМО вдоль шпоночного паза

Первую точку обрабатывают в начале шпоночного паза, вторую точку обрабатывают в конце шпоночного паза, после чего следующие точки (3, 4, 5... n) обрабатывают последовательно в направлении от второй к первой с определенным шагом, обеспечивая необходимые расстояния между точками вдоль паза s . Количество точек зависит от длины шпоночного паза, размеров точек и расстояний между точками s .

Величина площади точки (участка) округлой формы в пределах 5...80 мм² зависит размеров вала и шпонки, величины предварительного зазора шпоночного соединения, требований эксплуатации и других факторов.

Начальная обработка в участках 1 и 2 позволяет надежно зафиксировать шпонку по противоположному краю шпоночного паза.

Сила тока и время его включения, усилие прижатия инструмента P к детали, расстояние от края паза до инструмента, расстояние между точками s , материал и форма инструмента принимаются исходя из задач и требований технологического процесса.

Заключение. При обработке по представленным выше способам в определенных участках происходит образование плотного или нормального соединения шпонки со шпоночными пазами за счет пластической деформации и перераспределения металла с одновременным упрочнением боковых поверхностей шпоночного паза, упрощается способ и повышается эффективность получения шпоночных соединений с одновременным упрочнением боковой поверхности шпоночного паза.

Таким образом, применение новых запатентованных способов получения шпоночных соединений применением точечной ЭМО позволяют

повысить эффективность этих процессов при изготовлении или ремонте шпоночных соединений.

Библиографический список

1. Яковлев, С.А. Лабораторный практикум по метрологии: учебное пособие / С.А. Яковлев – Ульяновск: УлГАУ, 2017.- 116 с.

2. Яковлев, С.А. Влияние электромеханической обработки на структуру и твердость титанового сплава VT22 / С.А. Яковлев, М.М. Замальдинов, Л.Г. Татаров // Упрочняющие технологии и покрытия. - 2017. -Т. 13. № 10(154). - С. 464-467.

3. Яковлев, С.А. Эффективность электромеханической осадки шпоночных пазов на валах при ремонте машин / С.А. Яковлев, В.И. Курдюмов, О.Ф. Симонова, И.В. Уткин, М.А. Турков // Упрочняющие технологии и покрытия. 2021. Т. 17. № 12 (204). С. 570-573.

4. 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. Музыев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П.А. Столыпина. – № 2019112474; заявл. 24.04.2019; опубл. 10.02.2020. – Бюл. № 4. – 4 с.

5. Яковлев С.А. Анализ эффективности современных технологий ремонта соединений шпонка-шпоночный паз вала / С.А. Яковлев, О.Ф. Симонова, И.В. Уткин, М.А. Турков // Актуальные вопросы аграрной науки: Материалы Национальной научно-практической конференции, 20-21 октября 2021 года. - Ульяновск, ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2021. - С. 423-428.

6. Яковлев С.А. Двуминструментальный способ получения шпоночных соединений на валах / С.А. Яковлев, Н.П. Аюгин, О.Ф. Симонова, Л.С. Яковлева // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы XI Международной научно-практической конференции, 23-24 июня 2021 года. Том III. - Ульяновск, ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2021. – С. 254...259.

7. Пат. 2766097. Российская федерация, МПК F16 В 3/00 (2006/01), В23 Р 11/00 (2006.01). Способ получения шпоночного соединения на валах точечной электромеханической обработкой / С.А. Яковлев, Л.С. Яковлева; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П.А. Столыпина. – № 20211109365; заявл. 05.04.2021; опубл. 07.02.2022. – Бюл. № 4. – 4 с.

8. Пат. 2766098. Российская федерация, МПК F16 В 3/00 (2006/01), В23 Р 11/00 (2006.01). Способ получения шпоночного соединения на валах точечной электромеханической обработкой / С.А. Яковлев, Л.С.

Яковлева; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ имени П.А. Столыпина. – № 2021109366; заявл. 05.04.2021; опубл. 07.02.2022. – Бюл. № 4. – 4 с.

**METHODS FOR OBTAINING KEY JOINTS USING POINT
ELECTROMECHANICAL MACHINING**

Yakovlev S.A., Molochnikov D.E., Yakovleva L.S.

Keywords: *key connection, shaft, key, electromechanical point processing, heating, draft, structure, hardness.*

The work is aimed at developing a new effective method for obtaining keyed connections between shafts and holes, using point electromechanical processing of machine parts.