

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ КУЛАКОВ ШАРНИРА РАВНЫХ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

**А.А. БУРИН, В.Г. ЗАЛЕССКИЙ, И.Л. ПОБОЛЬ**

*Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**Д.А. СОКОЛЬЧИК, А.М. ЖУРАВЛЕВ**

*Минский автомобильный завод, г. Минск, Республика Беларусь*

*Изучена возможность изготовления с применением электронно-лучевой сварки кулаков ШРУС из трудно свариваемой стали 40Х.*

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) является широко применяемым методом получения надежных соединений в деталях из большинства сталей, металлов и их сплавов. В последние годы ЭЛС все активнее используется для изготовления изделий основного производства машиностроительных предприятий страны (ОАО «МТЗ», ОАО «БЕЛАЗ», ОАО «Амкодор», ОАО «МЗКТ», УП «Минотор Сервис» и др.). Применяется ЭЛС также при изготовлении ряда элементов эндопротезов тазобедренного сустава в ЗАО «Алтимед».

Основными преимуществами метода ЭЛС являются возможность, благодаря обеспечению высокой плотности энергии, получения сварного шва большой глубины с минимальной шириной. Из-за малого удельного тепловложения в материал удается максимально снизить и даже практически устранить деформацию изделия.

Широко используемая сталь 40Х относится к группе трудно свариваемых, чувствительна к перепадам температур и образованию трещин, раковин и прочих дефектов. Распространенным методом их предотвращения является предварительный нагрев детали. В случае традиционных методов сварки применяют нагрев заготовки газовой горелкой или в печи.

**Результаты исследований.** Шарниры равных угловых скоростей (ШРУС) служат для передачи крутящего момента от двигателя на колеса автомобиля. ШРУС, применяемые в автомобилях МАЗ, изготавливают из стали 40Х ГОСТ 4543-2016, имеют длину 735 мм, диаметр детали в зоне сварки 55 мм. Масса изготавливаемой по применяемой технологии детали 14,2 кг.

Работа выполнена совместно ФТИ НАН Беларуси с ОАО «МАЗ» в 2022-2023 гг. в рамках *Дорожной карты освоения изготовления деталей «Кулак внутренний» с использованием электронно-лучевой сварки*. Задачами работы являлись упрощение конструкции ШРУС, снижение массы детали, отработка получения надежного соединения в этих ответственных изделиях путем ЭЛС.

В ОАО «МАЗ» разработана конструкция внутреннего кулака для изготовления с использованием ЭЛС (рисунок 1), масса изделия новой конструк-

ции 11,7 кг. При изготовлении требовалось обеспечить высокий уровень качества сварного шва (В) по СТБ ISO 13918-1-2010.

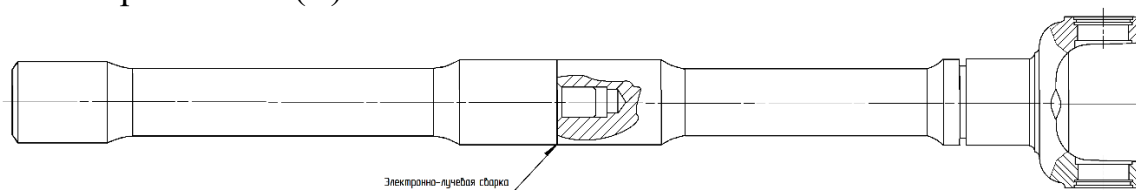


Рисунок 1. – Эскиз внутреннего кулака новой конструкции

ЭЛС выполнялась в ФТИ НАН Беларуси на установке ЭЛУ-9Б/PZ EB 2,5–15. Оптимальные режимы ЭЛС (мощность луча, расстояние от среза электронной пушки до поверхности, режим фокусирования, скорость перемещения зоны нагрева) отработаны с использованием образцов – свидетелей, имитирующих зону выполнения сварки. Предварительный подогрев свариваемого участка проводился развернутым электронным лучом. Луч – удобный источник нагрева изделия непосредственно перед выполнением операции ЭЛС. Глубина сварных швов (определялась путем изготовления поперечных шлифов образцов – свидетелей) составляла 18 мм при ширине в верхней части 8 мм. Внешний вид шва ЭЛС приведен на рисунке 2.



Рисунок 2. – Внешний вид шва ЭЛС

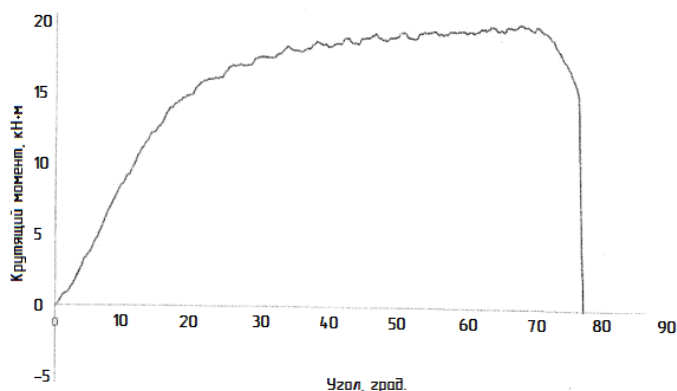


Рисунок 3. – Зависимость величины крутящего момента от угла закручивания кулака

После ЭЛС и окончательного изготовления детали поверхность кулака шарнира подвергалась закалке ТВЧ с получением глубины закалённого слоя 3,0–3,2 мм твердостью 54-56 HRC.

Исследования статической прочности кулаков проведены в ОАО «МАЗ» в соответствии с ГОСТ 3565-80. Металлы. Метод испытания на кручение. Регистрировались крутящий момент на приводном валу стенда и угол поворота приводного вала стенда. Для измерений и записи значений крутящего момента и угла поворота приводного вала стенда использовалась многоканальная измерительная система «DATRON MEER-10» в комплекте с блоком тензоусилителей KWS 501.

В марте 2023 г. завершены стендовые испытания на статическую прочность при кручении партии изготовленных изделий, показавшие их высокие прочностные свойства. Зависимость угла закручивания одного из испытанных от величины нагружающего крутящего момента представлена на рисунке 3.

Статическая прочность при кручении составных внутренних правых и левых кулаков составила по пределу текучести (14,09 - 16,78) кН·м, по пределу прочности (18,11 - 19,54) кН·м. По конструкторской документации сварной шов кулаков должен обеспечивать прочность при максимальном крутящем моменте 18,0 кН·м.

При испытаниях на статическую прочность во всех случаях происходило разрушение внутренних кулаков (левых и правых) в месте перехода тела кулака в вилку и деформация вилки. Разрушения (повреждения) кулаков на участке расположения сварного шва отсутствовали. Таким образом, все испытанные кулаки по статической прочности при кручении соответствуют требованиям конструкторской документации.

**Заключение.** Испытания на статическую прочность партии изготовленных кулаков ШРУС при кручении подтвердили высокие прочностные свойства сварного соединения, выполненного электронно-лучевой сваркой.

Применение ЭЛС дает возможность упростить конструкцию, снизить массу детали на 17% и обеспечивает достижение требуемых высоких прочностных свойств изделия.