

УДК 621.791.14

ПРИМЕНЕНИЕ РОТАЦИОННОЙ СВАРКИ В ВЫСОКОРАЗВИТЫХ СТРАНАХ: РОССИИ, ЯПОНИИ, КИТАЕ

Максим Андреевич Бабошин

студент

maksbaboshin2@gmail.com

Павел Николаевич Кузнецов

кандидат технических наук, доцент

pank-77@mail.ru

Надежда Александровна Кабакова

старший преподаватель

colibri68k@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. Статье посвящена рассмотрению вопросов применения сварки трением в зарубежных странах. Описаны преимущества, рассмотрены разновидности ротационной сварки и ее широкое применение в различных отраслях промышленности, как одной из наиболее высокопроизводительных и эффективных видов сварок. Приведены особенности данного вида сварки и где их применение будет наиболее востребовано.

Ключевые слова: сварка трением, деталь, заготовка, тепло, металл, сплав, промышленность, станок, алюминий, материалы.

Сварка трением нашла свое применение во многих отраслях промышленности: авиа- авто- машиностроение, ядерная и химическая и энергетическая отрасли, строительство, пищевая и нефтегазовая отрасли.

Обширное использование данного вида сварки обусловлено заметными преимуществами, такими как:

1. Точное центрирование.
2. Не требуется обработка от окисей и примесей.
3. Высокая автоматизированная скорость работы и, как следствие, применение в крупносерийных производствах.
4. Минимальная величина отклонений от заданных размеров, что позволяет исключить человеческий фактор.
5. Высокопроизводительная работа (от пары секунд до нескольких минут).
6. Энергоэффективное производство. Сварка трением позволяет нагревать детали за счет ротации (вращения), тем самым снижая время на нагрев детали. Плюсом ко всему сюда можно добавить локализацию области нагрева – нагрев будет осуществляться только в области будущего соединения [1, 5].
7. Сварка металлов и сплавов разного происхождения и вида. Таким образом достигается широкопрофильность использования материалов в производстве, подходящим под потребительские запросы.
8. Экологичность и безопасность. Классический вид сварки или ультразвуковой сварки опасен выделением большого количества токсичных веществ в процессе работы, способных вызвать серьезные хронические заболевания ЦНС, дыхательных путей, особенно с оксидами марганца. Также присутствует опасность ожогов, повреждения зрения и слуха. Сварка трением исключает вышеперечисленные проблемы, так как в этой работе не задействуются электроды и непосредственное близкое участие человека [2, 6].

Одной из разновидностей ротационной сварки является радиальная сварка трением, которая активно применяется в промышленности Китая и Японии,

используется в автомобилестроении для соединения дисков из сплавов алюминия, задних осей и панелей кузова транспорта. Особое применение сварка трением нашла в силовой энергетике и оружейной промышленности, в качестве соединения радиаторов и теплоаковин различного типа, а также для сварки торпедных стволов, боеголовок ракеты или корпуса бронемашин [1, 7].

Несколько лет назад в 2020 году компания «Кай Тонг» выпустила первый высокопроизводительный современный станок для сварки трением с развиванием усилия до 500 тонн.

Устройство станка включает в себя: раму, на которой располагаются главный шпиндель и привод, устройства для подрезания заготовки и зачистки поверхности, электрической системы, которая управляет гидравлическими тисками и системой мониторинга процесса и контроля.

Модернизация станка была проведена на базе уже существующего станка для инерционной сварки трением с технологией МТИ, но со значительными доработками системы, которые были внесены в процессе работы и тестирования станка.

Площадь зажима данного станка до 500 мм, а площадь сварки доходит до 40000 мм² (углеродистая сталь), что делает этот станок универсальным на различных производствах (рисунок 1) [2, 6].



Рисунок 1 – Сваренная деталь на 500 тонном станке от компании «Кай Тонг».

Пожалуй, главной областью применения рассматриваемой модели китайского станка является нефтяная промышленность. Тем не менее из-за влияния стран запада, в том числе США, и из-за политических соображений был ограничен экспорт сварочных аппаратов аэрокосмического класса, что, несомненно, оставило неизгладимый отпечаток на развитии промышленности Китая. Постройка крупных самолетов и космической техники напрямую зависит от подобного рода оборудования. В будущем китайские инженеры планируют разработать новый инерционный станок для сварки трением, который будет иметь усилие в 1 тысячу тонн [4].

Наиболее трудносвариваемым металлом считается алюминий. Из-за постоянно образующейся оксидной пленки процесс сварки в обычных условиях невозможен. Температура разрушения оксидной пленки чуть больше 2000 °С, а плавление алюминия происходит при температуре 660 °С. Сварку данного металла проводят в среде инертных газов: аргон, ксенон, радон, неон и используют специальный вид сварки - TIG сварку с вольфрамовым электродом или сварка полуавтоматом с режимом MIG MAG [1, 3].

Одним из подвидов сварки трением выступает сварка перемешиванием (FSW), запатентованная в 1991 году в английском институте сварки. Суть метода

заключается в исключении из процесса сварки жидкой фазы за счет вращения твердосплавного инструмента, который соединяет параллельно расположенные заготовки по средству внедрения в них и перемешивания материалов. Тепло, создаваемое между вращающимся инструментом и материалом заготовки, приводит к размягчению последнего и образованию шва в процессе прямолинейного движения инструмента [5].

Например, в Японии активно применяют этот метод в судостроении. Основанная в 1917 году компания «Tamano Mitsui Engineering & Shipbuilding (MES)» использует сварку перемешиванием для соединения алюминиевых профилей больших размеров и для экстрадированных алюминиевых профилей. Заметим, что компания с использованием метода FSW построила пассажирское судно и грузовой лайнер под названием «Лайнер Высшего качества Огасавара».

Другим примером может послужить японская химическая компания Showa Denko, образованная в 1939 году, преимущественно занимающаяся химической продукцией и материалов. С 2023 года переименована Resonac. Она изготавливает соединения кронштейнов, изготовленных из оцинкованной стали с алюминиевыми листами. Примером могут послужить Mazda RX-8 и Toyota Prius [6, 8].

Кроме того, в железнодорожной отрасли FSW используют для сварки профилей и рёбер жёсткости, вертикальных направляющих, которые применяют для изготовления пригородных и скоростных поездов, что является отличительной чертой Японии. Средние показатели осевого усилия сварки давления достигают 4000 кгс при толщине свариваемых деталей до 50 мм (рисунок 2) [7, 8, 9].

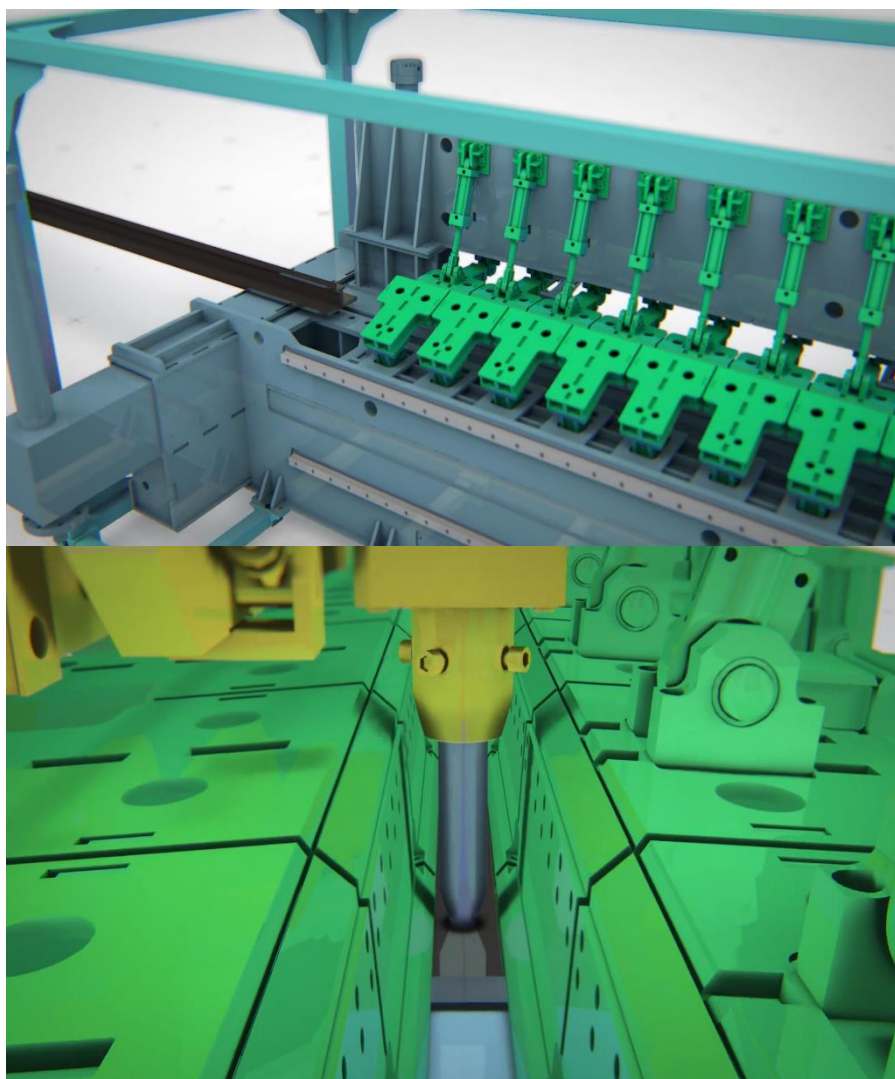


Рисунок 2 – Сварка перемешиванием двутавров (рельсов).

С помощью сварки перемешиванием изготавливаются стены и крыша вагонов-хопперов из алюминиевого сплава, предназначенных для перевозки сыпучих грузов.

В Российской Федерации строительство мостов вышло на новый уровень. Изготовление надземных пешеходных переходов из алюминия с помощью сварки трением с использованием технологии перемешивания позволило сократить вес конструкции и оптимизировать процесс изготовления мостовых конструкций (рисунок 3). Подобными изобретениями могут похвастаться такие города как: Москва, Нижний Новгород, Красноярск и Тула.



Рисунок 3 – Установка надземного пешеходного перехода в Нижегородской области.

Первый в России и Восточной Европе мост сделанный полностью из алюминия посредством ротационной сварки с перемешиванием создается в Чебоксарах на предприятии ЗАО «Сеспель». Основными новациями послужило увеличение длины сварного шва до 15 метров [3, 7].

Несмотря на минусы данной сварки – ограничения по форме и размерам свариваемых деталей (круглая или прямоугольная), сварка трением пускай и не является универсальным способом соединения деталей, но обладает высокой эффективностью. Она позволяет развивать промышленность и передовые технологии таких высокоразвитых стран как Россия, Япония, Китай и другие.

Список литературы:

1. Гуреева М. А., Овчинников В. В., Рязанцев В. И. Металловедение сварки алюминиевых сплавов: учебник для вузов // 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт. 2025. 243 с. ISBN 978-5-534-10297-0.
2. Материаловедение и технология материалов: учебник для вузов / под редакцией Г. П. Фетисова. 8-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт. 2025. 808 с. ISBN 978-5-534-18111-1.

3. Фетисов Г. П. Сварка и пайка в авиационной промышленности: учебник для вузов // 2-е изд., испр. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2025. 229 с. ISBN 978-5-534-05340-1.

4. Степанов В.В., Фролов В.А., Конкевич В.Ю. Формирование соединений при сварке трением с перемешиванием // Технология легких сплавов. 2003. № 1. С. 59-64.

5. Предко П.Ю., Никитина Е.В., Автокротова Е.В., Маркушев М.В., Ильясов Р.Р. Исследование структуры сварного соединения при сварке трением с перемешиванием сплавов системы Al–Mg–Sc с использованием метода дифракции обратно рассеянными электронами // Тезисы докладов Всероссийской н-т конф. «Новые материалы и технологии» НМТ–2012. М.: МАТИ. 20–22 ноября. 2012.

6. Фролов В.А., Предко П.Ю., Конкевич В.Ю., Автокротова Е.В., Маркушев М.В. Особенности структуры шва и алюминиевого сплава 01570 после сварки листов трением с перемешиванием // Доклады Открытой школы конференции СНГ «Ультрамелкозернистые и наноструктурные материалы». Уфа. 8-12 октября. 2012. С. 76.

7. Овчинников В.В., Губин А.Н., Курбатова И.А. Сварка трением с перемешиванием дисперсноармированных керамическими частицами композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов // Заготовительные производства в машиностроении. 2018. Т. 16. № 4. С. 155-161.

8. Диагностика и техническое обслуживание машин: Учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия / П. Н. Кузнецов, М. М. Мишин, В. В. Хатунцев. Мичуринск: Мичуринский государственный аграрный университет. 2022. 315 с. ISBN 978-5-94664-434-1. EDN DUQIVP.

9. Хатунцев В. В., Кузнецов П. Н., Зарубин Д. С. Комплект нормативно-технической документации на проведение технического обслуживания с/х техники / // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 2. EDN JUGMXI.

UDC 621.791.14

**APPLICATION OF ROTARY WELDING IN HIGHLY DEVELOPED
COUNTRIES: RUSSIA, JAPAN, CHINA**

Maxim An. Baboshin

student

maksbaboshin2@gmail.com

Pavel N. Kuznetsov

candidate of technical sciences, associate professor

pank-77@mail.ru

Nadezhda Al. Kabakova

senior lecturer

colibri68k@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Annotation. The article is devoted to the consideration of the application of friction welding in foreign countries. The advantages are described, the types of rotary welding and its wide application in various industries are considered as one of the most high-performance and effective types of welding. The features of this type of welding and where their application will be most in demand are given.

Keywords: friction welding, part, billet, heat, metal, alloy, industry, machine tool, aluminum, materials.

Статья поступила в редакцию 20.03.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.