

Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов по утолщенным кромкам

Авторы:

проф., д.т.н. Людмирский Ю.Г.,

магистранты: Никитин А.Н., Миронов И.В., Веников М.А.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону,
Россия.

Аннотация: Недостатком соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием, является уменьшение толщины металла на 0,2-0,3 мм в месте контакта заплечиков инструмента со свариваемыми кромками и высокие требования к зазорам при сборке (не более 0,2 мм). В некоторых случаях эти недостатки приводят к уменьшению несущей способности соединений. Для устранения этих недостатков разработан процесс утолщения свариваемых кромок и показана эффективность сварки по утолщённым кромкам.

Ключевые слова: Сварка трением с перемешиванием, утолщенные кромки, сварное соединение, недостающая прочность, формирование сварного шва, холодный прокат.

Алюминиевые сплавы находят широкое применение в машиностроении, судостроении, аэрокосмической области и др. транспортных конструкциях. Главными требованиями в данных отраслях промышленности является обеспечение высокой прочности сварных соединений, снижение массы конструкции и обеспечение необходимых аэродинамических свойств.

Для обеспечения требуемой прочности в этих отраслях в основном применяется аргонодуговая сварка плавящимся и неплавящимся электродом. Однако сварные соединения алюминиевых сплавов, полученные даже аргонодуговой сваркой, имеют недостатки, такие как порообразование и скопление окисных пленок в корне шва. Поэтому многие страны при сварке алюминия и его сплавов, переходят на сварку в твердой фазе. Наиболее распространенным способом является сварка трением с перемешиванием (СТП).

Этот вид сварки обладает большими преимуществами: практически отсутствуют сварочные деформации, малый расход энергии (25...100 Вт на квадратный сантиметр шва), экологическая чистота процесса и многие другие [1].

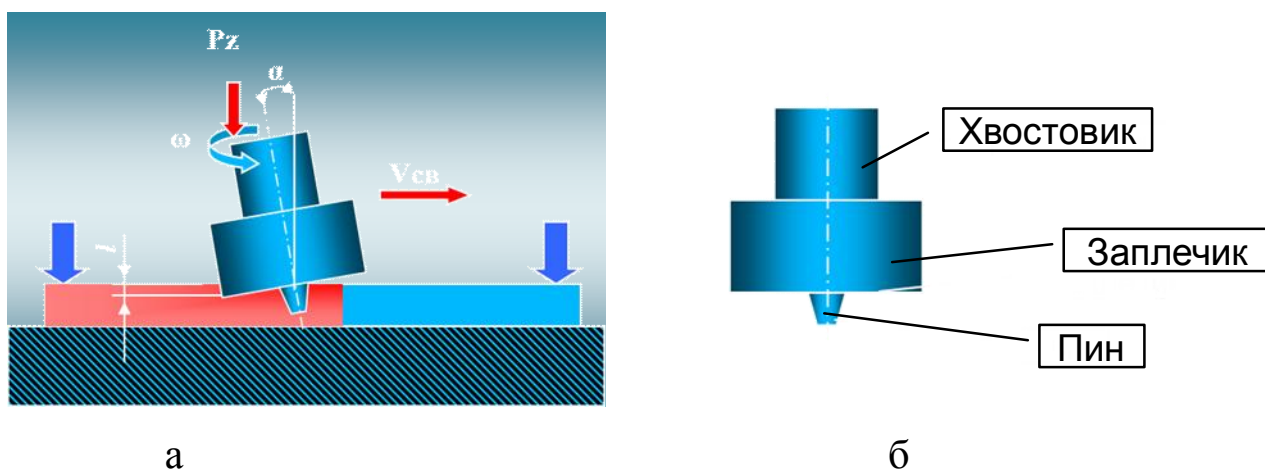


Рис. 1 Схема процесса СТП.

и инструмент для получения сварных соединений (а – схема процесса; б – инструмент)

Схема процесса сварки трением с перемешиванием [2] представлена на рис.1а. Сварка ведется вращающимся нерасходуемым инструментом, показанным на рис. 1б. Он представляет собой ступенчатый цилиндр, верхняя часть которого названа заплечиком, а нижняя – пином. Размеры этих конструктивных элементов выбирают в зависимости от толщины и марки материала свариваемых деталей. Длина пина приблизительно равна $(0,9 - 0,95)\delta$, где δ - толщина детали в месте сварки. Диаметр заплечика может изменяться от 12 до 25 мм.

Сварка осуществляется следующим образом [3]: вначале инструмент, закрепленный в шпинделе фрезерного станка, поворачивают углом вперед на угол $1,5-2^{\circ}$ относительно вертикали. Затем включают вращение инструмента и медленно погружают его встык, до тех пор, пока заплечики инструмента углубятся на 0,2-0,3 мм в основной металл. Включают продольное перемещение стола вдоль стыка со скоростью сварки, при этом заплечики инструмента нагревают место стыка и переводят его в пластифицированное состояние, вращающийся пин перемешивает металл в месте стыка, а задняя часть заплечиков создает давление, в результате чего возникает неразъемное соединение.

Однако, сварка трением с перемешиванием, несмотря на ряд преимуществ, к сожалению, имеет некоторые недостатки. Из-за утонения металла в месте сварки, она обеспечивает лишь 80-90% прочности основного металла. Так как при этом способе сварки отсутствует присадочный материал, то к сборке предъявляются очень высокие требования (зазоры при сварке не должны превышать 0,2 мм).

Поэтому с целью устранения названных недостатков в работе предлагается производить сварку трением с перемешиванием по утолщенным кромкам.

Существует несколько способов получения утолщенных кромок [4]: их получают путем утонения поверхности заготовки механическим путем, химическим, фрезерованием или наплавкой.

В случае применения химического и механического фрезерования коэффициент использования металла не превышает 0,6, что значительно удорожает конструкцию.

При химическом фрезеровании необходимо строгое соблюдение режимов процесса во избежание наводораживания поверхности детали, кроме того, этот процесс трудоемкий и не экологичный.

Утолщение свариваемых кромок путем наплавки приводит к сварочным деформациям, увеличению массы конструкции и снижению эффективности применения высокопрочных алюминиевых сплавов.

Процесс утолщения кромок в данной работе предлагается выполнять путем холодной прокатки.

На рисунке 2 показано разработанное приспособление для одностороннего утолщения одновременно двух свариваемых кромок.

К геометрии утолщенных кромок были выдвинуты следующие требования: высота утолщения кромок «а», показанная на рис.2а, должна быть больше, чем заглабление заплечиков при СТП. Ширина зоны пластической деформации должна быть более половины диаметра заплечика. (рис.2в).

Установка для утолщения свариваемых кромок, показанная на рис.2б, работает следующим образом. В тисках, устанавливают и закрепляют одновременно две заготовки. К ним подводят деформирующий ролик. Подъемом стола фрезерного станка, создают осадку кромок до тех пор, пока толщина каждой заготовки не увеличится на 0,4 - 0,5мм (рис.2в).

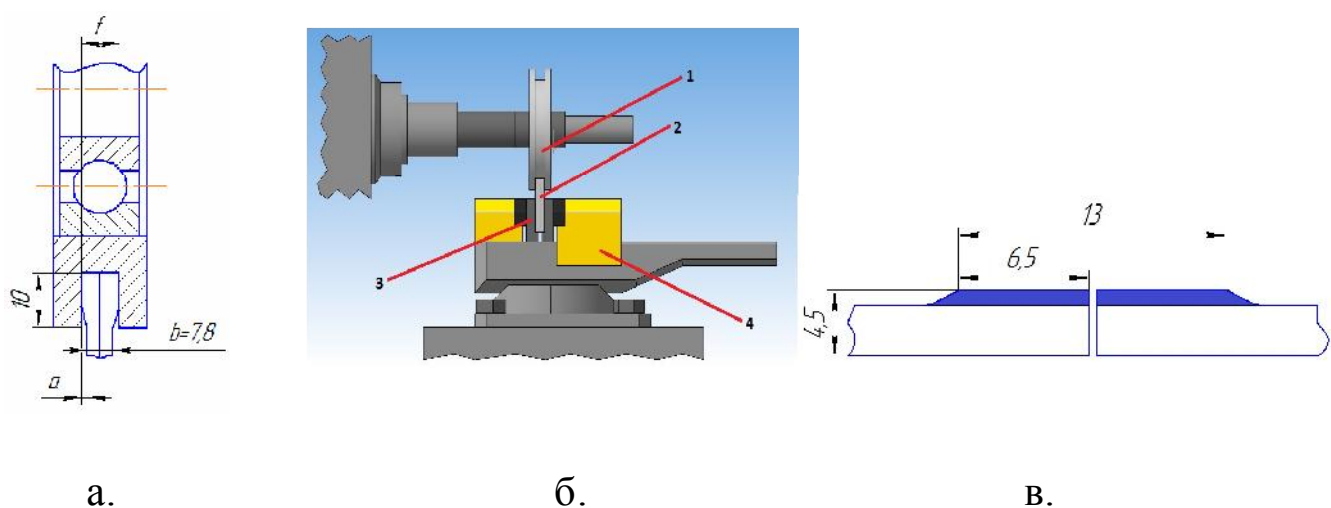


Рис.2. Оборудование для утолщения кромок и их геометрия.
1-кольцо деформирующее; 2- заготовки; 3-подкладки; 4-тиски;

Утолщённые кромки получили за 6 проходов, осаживая кромки за каждый проход по 0,25 мм.

Сварку трением с перемешиванием по утолщённым кромкам осуществляли следующим образом:

- устанавливали режим сварки: угол наклона инструмента $1,5^{\circ}-2^{\circ}$; скорость вращения инструмента 14с^{-1} ; скорость перемещения стола – скорость сварки 10 м/ч;

- на стол фрезерного станка укладывали заготовки утолщением вверх и закрепляли их;

- погружали вращающийся инструмент до тех пор, пока заплечик не углубится в утолщённые кромки на величину 0,2-0,3 мм;

- включали продольную подачу стола и осуществляли процесс сварки.

Из полученных сварных соединений вырезали шлифы и выполнили замеры толщин в различных сечениях с помощью измерительного инструментального микроскопа. Результаты замеров представлены в таблице 2. На рис. 3 пунктирной линией показана форма и размеры утолщённых кромок, а сплошной линией геометрия шва после СТП.

Таблица 2. Результаты замеров геометрии шва после СТП.

№ сечения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Толщина металла, мм	3,88	3,82	3,88	4,31	4,42	4,38	4,31	4,30	4,31

№ сечения	10	11	12	13	14	15	16	17
Толщина металла, мм	4,30	4,31	4,40	4,44	4,30	3,89	3,85	3,84

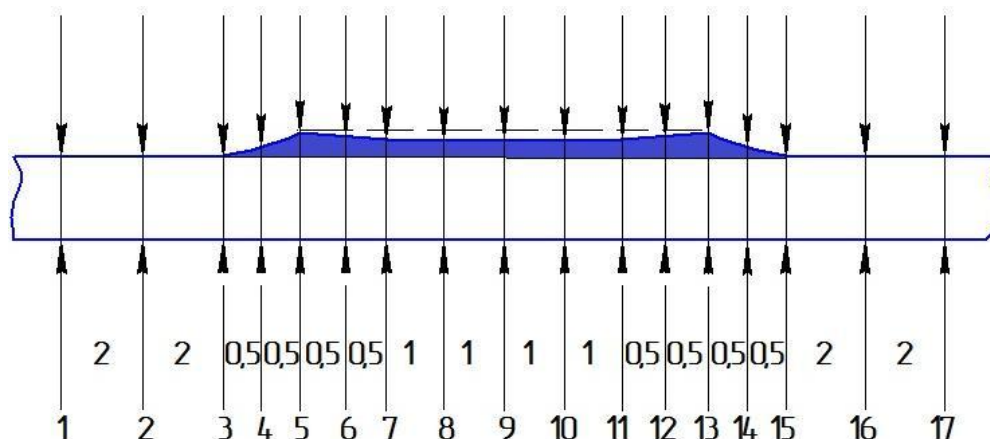


Рисунок 3. Профилограммы утолщённых кромок и соединения, полученного СТП.

Видно, что данный способ подготовки кромок позволяет не только избавиться от проблемы утонения сварного шва, но и обеспечивает его утолщение.

Все образцы, испытанные на статическое растяжение, разрушались по основному металлу, как показано на рис. 4.



Рисунок 4 – Характер разрушения соединений, выполненных СТП по утолщённым кромкам

Выводы

1. Разработана технология и оборудование для получения одностороннего утолщения кромок в холодную на алюминиевых сплавах.
2. Разработана технология сварки по утолщенным кромкам, позволяющая получать сварные соединения, не уступающие по прочности основному металлу.
3. Сварка по утолщённым кромкам может способствовать уменьшению собственного веса конструкций.

Список использованной литературы

1. Сварка трением с перемешиванием – плюсы и минусы / В.А. Фролов [и др.] // Автоматическая сварка.- 2007.-№11.-С.32-38
2. Котлышев Р.Р. Гипотеза образования соединения при сварке трением с перемешиванием / Р.Р. Котлышев, А.А. Чуларис, Ю.Г.Людмирский // Сварка и Диагностика.-2010.-№4. - С.31-35
3. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов (обзор) / А.Я. Ищенко [и др.] // Автоматическая сварка.- 2007. №11.- С. 32-38
4. Особенности сварки алюминиевых сплавов / goodwill-ru.com