

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВАРНЫХ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

А.В. Олефиренко, Г.Г. Клочков



ОЛЕФИРЕНКО
Андрей
Васильевич

Генеральный директор ООО «МобилСтрой». Специалист в области организации технического обслуживания и ремонта узлов и агрегатов подвижного состава на железнодорожном транспорте, кузовов пассажирских цельнометаллических вагонов, использования в транспортной технике антикоррозионных материалов повышенной долговечности.

Основным конструкционным материалом для изготовления кузовов пассажирских вагонов в настоящее время является низкоуглеродистая сталь. Это обусловлено низкой стоимостью полуфабрикатов из стали и ее хорошей свариваемостью при дуговой и контактной сварке. В период до 1960–1970 гг. цены на полуфабрикаты из низкоуглеродистой стали были

в 3–6 раз ниже цен на полуфабрикаты из алюминиевых сплавов.

Начиная с 1975–1985 гг. цены на полуфабрикаты из алюминиевых сплавов были заметно снижены, и алюминиевые полуфабрикаты перестали быть дефицитными. В ряде стран (Швейцарии, ФРГ, Франции, Японии и др.) начались широкие исследования по применению алюминиевых сплавов в конструкции кузовов пассажирских вагонов (включая вагоны метро и скоростные поезда) с целью уменьшения массы, снижения стоимости изготовления и значительного повышения срока эксплуатации.



КЛОЧКОВ
Геннадий
Геннадьевич

Инженер 1-й категории ФГУП «ВИАМ». Специализируется в области исследования деформируемых алюминиевых сплавов.

Наибольших успехов в конструировании и производстве сварных кузовов вагонов из алюминиевых сплавов добились фирмы Швейцарии, Японии и ФРГ. В настоящее время за рубежом успешно эксплуатируются более 20 тыс. пассажирских вагонов из алюминиевых сплавов [1].

В нашей стране работы по производству кузовов пассажирских вагонов из алюминиевых сплавов начались в период 1965–1970 гг. Был построен опытный электропоезд, который несколько лет эксплуатировался на магистрали. Заканчивается строительство экспериментального поезда с вагонами из алюминиевых сплавов под условным названием «Сокол». Однако на сегодня серийное производство сварных кузовов вагонов из алюминиевых сплавов в нашей стране отсутствует, а число построенных опытных вагонов не превышает 25–30 шт.

Для изготовления сварных кузовов вагонов важен выбор марки алюминиевых сплавов. За рубежом в период до 1980–1985 гг. в основном применяли сплавы системы Al–Zn–Mg (сплав 2020), а с 1985–1995 гг. сплавы системы Al–Mg–Si (сплавы 6005, 6005A, 6013, 6061 и др.). Переход на эти сплавы был связан с их отличной прессуемостью и высокой коррозионной стойкостью, несмотря на определенное снижение прочности по сравнению со сплавом 2020. В нашей стране до настоящего времени в основном применяют сплавы системы Al–Zn–Mg (сплав 1915).

За последние десятилетия отмечаются существенные изменения в компоновке кузовов пассажирских вагонов. Проведенный анализ показывает, что до 1985–1990 гг. за рубежом, как правило, применяли каркасную конструкцию, т. е. набор продольных и поперечных жесткостей, к которым крепили листовую обшивку в основном с помощью контактной и дуговой сварки. В нашей стране до настоящего времени эта конструктивно-технологическая схема является основной и единственной. Трудоемкость изготовления кузова вагона по такой схеме весьма высока (до 3000–5000 нормо-часов на кузов) из-за необходимости изгото-

товления большого количества элементов жесткостей и их точной сборки и подгонки под сварку.

За рубежом ряд фирм «Хуговенс» (ФРГ), «Авиасвис» (Швейцария), «Пешене» (Франция), «Алюминикс» (Италия) разработали и освоили в серийном производстве технологию изготовления крупногабаритных прессованных полых панелей длиной до 24–26 м и шириной 0,55–0,75 м. Причем ширина прессованных панелей определяется только усилием и размерами рабочего пространства прессов. Предполагается, что при увеличении мощности прессов принципиально возможно изготовление полых панелей шириной до 1,2–1,6 м.

На основе достижений в области производства полых панелей за рубежом предложена принципиально новая конструктивно-технологическая схема изготовления кузовов пассажирских вагонов из алюминиевых сплавов. Весь кузов вагона сварен из длинномерных полых панелей только продольными швами без поперечных стыков и каких-либо дополнительных продольных и поперечных жесткостей. По данным зарубежных источников, трудоемкость изготовления кузова вагона из таких панелей составляет 1500–1800 нормо-часов, т. е. в 2–3 раза меньше, чем для традиционной каркасно-панельной схемы изготовления.

В данной работе рассмотрена конструктивно-технологическая схема кузова пассажирского вагона и возможность его изготовления из алюминиевых сплавов на машиностроительных предприятиях России.

С учетом отечественного и зарубежного опыта следует признать наиболее подходящими следующие геометрические размеры кузова вагона из алюминиевых сплавов: длина – 22–24 м, ширина – 3,4–3,6 м, расстояние между осями шкворней – 15–16 м. Для организации массового производства кузовов вагонов с такими геометрическими размерами рационально применение только панельной конструкции (без продольного и поперечного силового наборов). Принципиальная схема панельной сборки кузова приведено на рис. 1. Ос-

новными подсборками являются левая и правая боковые стенки, нижняя рама с полом, крыша и торцовые стенки.

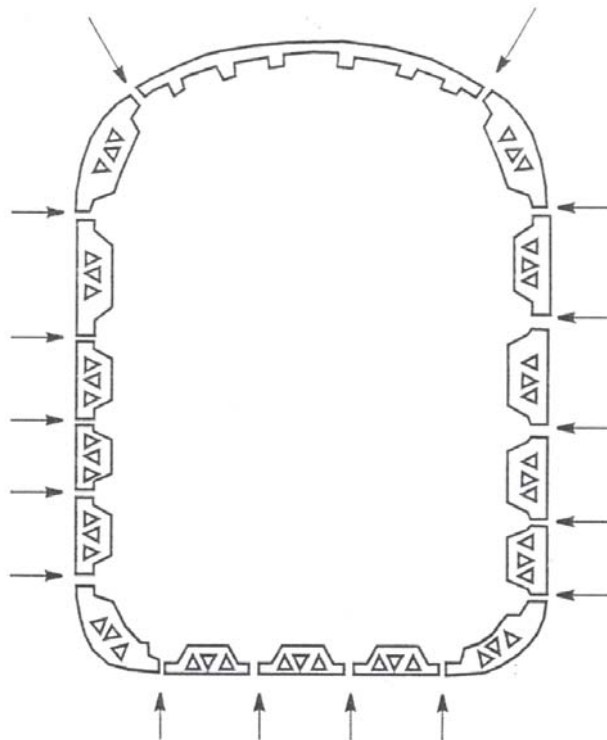


Рис. 1. Конструктивно-технологическая разбивка кузова вагона из полых панелей (стрелками отмечены места расположения продольных сварных швов)

Боковые стенки кузова вагона рационально изготавливать из трех-четырех прессованных полых панелей длиной 22–24 м, при этом сварку всех продольных швов выполнять только в нижнем положении с применением мощной системы растяжителей вдоль стыка и подвижного локального прижима [2]. Принципиально возможна сварка плавящимся электродом постоянным током обратной полярности и неплавящимся вольфрамовым электродом с присадочной проволокой или без нее переменным синусоидальным током или с прямоугольными разнополярными импульсами. Весьма перспективной является сварка без присадочной проволоки с использованием материала прессованной панели в зоне стыка в виде «домика». Этот способ сварки резко облегчает и удешевляет производство. Скорость сварки для

характерных толщин 2–3 мм может быть до 25–50 м/ч.

Достижения в области сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов, в процессе которой отсутствует нагрев конструкции и коробления на протяженных стыках, дают дополнительные основания для снижения трудоемкости и стоимости конструкций кузовов вагонов [3–5].

Сборку панелей под сварку продольными швами целесообразно производить с помощью специальных замков, отпрессованных вместе с панелью. Это позволяет легко производить стыковку панелей и полностью отказаться от прихваток ручной сваркой. Прессованные поля панели, образующие боковую стенку, собирают сразу все вместе до сварки, без какой-либо механической обработки.

В отличие от боковых стенок секцию крыши кузова из-за принципиально меньших нагрузок целесообразно изготавливать из прессо-

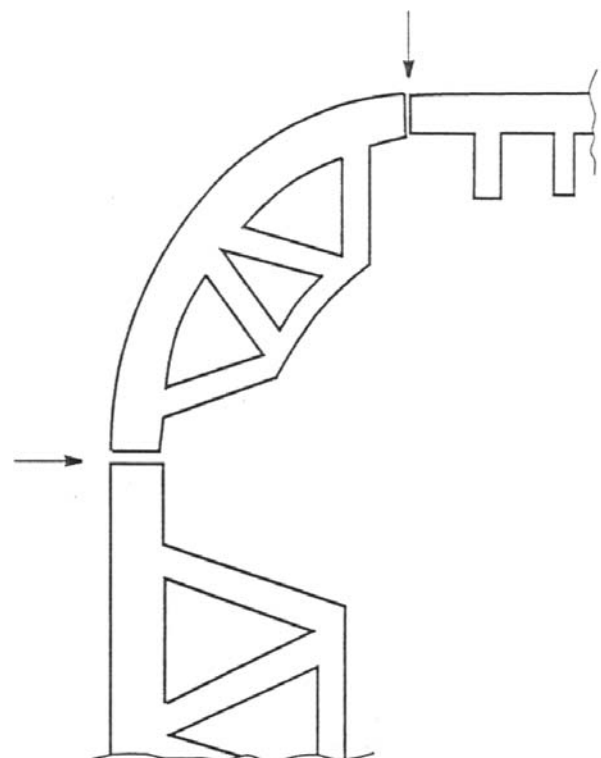


Рис. 2. Типовая схема соединения боковых панелей кузова вагона с панелью крыши через промежуточную панель с радиусом перехода 500–800 мм

ванных панелей с открытым продольным силовым набором (см. рис. 1 и 2) и шириной 1,8–2,5 м. Такая ширина панели позволяет изготавливать секцию крыши, как правило, из одной прессованной панели без продольного стыка.

Сборку боковых стенок с секцией крыши наиболее целесообразно выполнять с помощью специальных прессованных полых панелей с требуемым радиусом перехода. Силовую раму пола следует выполнять из полых прессованных панелей с большей строительной высотой, чем у боковых панелей и, соответственно, меньшей шириной; соединение пола с боковыми стенками через полые прессованные панели с требуемым радиусом перехода, а торцовые стенки кузова из прессованных панелей с открытым продольным профилем шириной 1,2–1,5 м с одним продольным стыком. Все проемы окон, дверей и люков вырезают механическим путем только после сварки каждой боковой и торцовых панелей.

В связи с очень большими размерами прессованных панелей (до 26 м) проводить подготовку поверхности под сварку обычными способами (травлением, осветлением, пассивированием, шабрением) практически очень сложно, так как требуется комплект ванн химической подготовки с длиной каждой ванны до 28–30 м. Поэтому наиболее рационально применение механических способов подготовки поверхности (например, вращающейся металлической щетки). Такая простейшая подготовка поверхности под дуговую сварку алюминиевых сплавов вызывает необходимость детально исследовать возможность обеспечения качественной сварки в производственных условиях. При простейшей механической подготовке поверхности основными дефектами сварных соединений являются оксидные включения, пористость и плохое формирование шва. Эти дефекты резко снижают статическую и циклическую прочность, а в ряде случаев и герметичность конструкции.

Установлено, что при подготовке поверхности под сварку только механическим путем наложение импульсов тока на дугу приводит к

уменьшению числа дефектов в 6–10 раз (для сплавов типа АВ, АД31, АД33, АД35 и АД37). Это связано с тем, что активное перемешивание металла сварочной ванны вызывает механическое разрушение и дробление оксидных пленок и облегчает всплытие пузырьков газа и удаление пор. Кроме того, использование мощных кратковременных импульсов тока повышает стойкость против образования горячих трещин, что связано не только с образованием дезориентированной и более мелкодисперсной структуры, но и эффектом «залечивания» зарождающихся трещин под действием периодических гидродинамических колебаний металла.

Были определены показатели свариваемости алюминиевых сплавов системы Al–Mg–Si, которые приведены в таблице (стр. 46).

Из представленных данных следует, что наиболее высокой стойкостью против образования горячих трещин обладает присадочная проволока АК5. Поэтому при сварке плавящимся электродом необходимо применять именно эту присадочную проволоку. Причем в подавляющем большинстве случаев целесообразно применение импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в аргоне или смеси с гелием. При импульсной сварке на постоянный (базовый) ток периодически накладываются импульсы тока с частотой 50, 100 или 200 Гц, что способствует управляемому струйному переносу металла. По сравнению со сваркой неплавящимся электродом импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом позволяет в 3–8 раз повысить производительность труда и значительно снизить сварочные деформации при практически одинаковом качестве сварных соединений. В качестве источников питания при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом рекомендуют отечественные импульсные выпрямители типа ВДГИ-301. Этот источник питания работает по принципу шунтирования дросселя и имеет тиристоры на стороне первичной обмотки силового трансформатора. В выпрямителе предусмотрены крутые и пологие импульсы с частотой 50 и 100 Гц, стабилизация базового и импульсного напряжений и

Таблица

Показатели свариваемости алюминиевых сплавов системы AlMgSi

Сплав	Присадочная проволока	Коэффициент трещинообразования, %		Критическая скорость деформации, мм/мин
		По крестовой пробе	По пробе «рыбий скелет»	
АВ	АВ	57	40	2,1
	АМг6	62	44	1,8
	АК5	0	5	6,2
АД31	АД31	38	32	3,0
	АМг6	54	39	2,3
	АМг3	26	25	3,4
	АК5	0	0	6,1
АД33	АД33	64	52	1,8
	АМг6	56	48	2,0
	АК5	0	0	6,3
АД35	АД35	35	31	2,9
	АМг6	46	42	2,2
	АК5	0	2	6,1
АД37	АД37	28	24	1,5
	АК5	0	3	5,1
Примечания: 1. Все образцы перед сваркой находились в состоянии после закалки и искусственного старения. 2. Приведены средние данные по результатам испытаний десяти образцов на каждый вариант.				

три ступени наклона базовых ВАХ: крутопадающие, пологопадающие и жесткие. В комплексе с этим источником питания рационально применение полуавтоматов типа ПДИ-303 и автоматов АДГ-601 и АДГ-502.

По результатам проведенного анализа можно отметить следующее.

1. Освоение металлургической промышленностью крупногабаритных полых прессованных панелей из алюминиевых сплавов длиной до 24–26 м открывает возможности перехода от кузовов вагонов каркасного типа к кузовам чисто панельной конструктивно-технологической схемы, без силового набора и поперечных стыков.

2. Применение панельной схемы кузова

позволяет резко снизить трудоемкость сборки под сварку, ограничиться только автоматической сваркой продольных швов «на проход» и полностью исключить контактную сварку.

3. Большие габаритные размеры прессованных панелей диктуют применение только механических способов подготовки поверхности под сварку, что в свою очередь предъявляет особые требования к способу сварки.

4. Для получения высококачественных сварных соединений после механических способов подготовки поверхности целесообразно применение импульсных способов сварки как при сварке плавящимся, так и неплавящимся электродами. Перспективно применение сварки трением с перемешиванием.

Список литературы

1. Automobile, railroad, navel welding Aluminium construction // Welding Review International. 1996. Vol. 15. No. 3. P. 96–99.
2. Рязанцев В. И., Федосеев В. А., Христов Ю. Я. Некоторые особенности сварки плавлением алюминиевых сплавов на станках с ЧПУ // Сварочное производство. 1984. №2. С. 16–18.
3. Семенов Б. И., Семенов А. Б., Солодилов С. А. Локальное механическое перемешивание металлов в твердом состоянии внедренным индентором. Часть 1 // Заготовительные производства в машиностроении. 2006. №8. С. 11–19.
4. Watanabe T. et al. Friction stir welding and related friction process characteristics // QUARTELY JOURNAL OF JAPAN WELDING SOCIETY. 2005. Vol. 23. No. 4. P. 603–607.
5. Ito T. et. al. Properties of friction-stir-welded 7075 aluminium // JOURNAL OF JAPAN WELDING SOCIETY. 2005. Vol. 74. No. 3. P. 9–13.