

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Аржанникова И.Е., Султанов Н.З.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

По состоянию на сегодняшний день предприятия авиапрома сталкиваются с рядом проблем. В условиях рыночной среды каждому промышленному предприятию необходимо повышать качество авиационной техники, снижать затраты и сокращать время вывода новой продукции на рынок. Приоритетным направлением в решении проблемы является применение высокопроизводительных современных технологий. Использование новых технологий необходимо для наращивания объема производства всего авиапрома и его конкурентоспособности на международном рынке. На практике на предприятиях авиастроения низкая степень использования современных технологий при высокой потребности. Основная проблема заключается в отсутствии опытных экспериментальных заводов с новейшим оборудованием, где опытно-конструкторские и техбюро проводили испытания новых технологий авиационной техники. Усложняет ситуацию недостаточное количество научно-исследовательских бюро в связи с отсутствием инвестиций. В результате опытно-конструкторские бюро напрямую работают непосредственно с заводом изготовителем, что увеличивает время и качество разработок опытных образцов, снижает процент исследований.

Разработка мероприятий по улучшению качества и увеличению серийности производства ведётся на самих предприятиях крайне редко из-за отсутствия подготовленных кадров, поэтому проблема исследования и разработки алгоритма адаптации новой технологии является на сегодняшний день актуальной. В качестве примера рассмотрим перспективную технологию автоматической сварки плавящимся электродом (СМТ). Внедрение данной технологии позволит использовать и оптимизировать технологические возможности в процессе сварки кольцевых швов нестандартного (не круглого) сечения, криволинейных швов двойной кривизны авиационной техники. Применение новой технологии повышает качество выпускаемых изделий, степень соответствия их заданному теоретическому контуру, увеличивает конкурентоспособность каждого российского авиапромышленного предприятия в условиях рыночных отношений. Следует отметить, что применение новой технологии СМТ связано с необходимостью исследований процессов сварки в условиях производства каждого конкретного предприятия.

Объект исследования – процесс сварки изделий на предприятии авиационной промышленности.

Предмет исследования – технология автоматической сварки плавящимся электродом стыковых соединений алюминиевых сплавов авиационной техники с процессом СМТ.

Цель работы – определение возможности применения новой технологии автоматической сварки плавящимся электродом авиационной техники.

Для достижения вышеуказанной цели поставлены и решены следующие задачи: проведён краткий анализ технологий сварки, выбрано сварочное оборудование, подобран режим сварки каждой технологии, подготовлены испытуемые образцы, проведен эксперимент, проведен анализ полученных результатов. При решении поставленных задач использован метод сравнительного анализа, физический эксперимент.

Для исследования процесса новой технологии автоматической сварки плавящимся электродом необходимо провести анализ используемых технологий сварки.

Для сварки стыковых соединений авиационной техники на предприятии применяются тонкостенные алюминиевые сплавы типа АМГ, при этом используется технология ручной дуговой сварки неплавящимся электродом в аргоне, используют этот метод и в автоматическом режиме. При применении данной технологии сварки происходит существенное коробление теоретического контура авиационной техники после сварки, для восстановления которого необходимо каждый раз производить термокалибровку, что требует значительных временных и денежных затрат. Низкая скорость сварки и неизбежность повторяющихся дефектов сварных соединений как результата ручной сварки снижает производительность применяемой технологии [1,5,6].

В результате использования автоматической сварки плавящимся электродом происходит уменьшение дефектов сварных соединений и снижение влияния человеческого фактора. Данный метод эффективен только при сварке продольных и поперечных стыковых соединений. Сварка стыковых соединений авиационной техники производится по сложному теоретическому контуру, поэтому остаётся необходимость производить дорогостоящую термокалибровку.

Процесс СМТ (холодный перенос металла) - совершенно новая технология сварки, которая основана на низком контролируемом тепловложении, что принципиально отличает её от применяемой технологии ТИГ. СМТ — это процесс дуговой сварки с переносом металла новым методом отрыва каплей расплавленного металла электродной проволоки. Процесс СМТ характерен отсутствием брызг и стабильным горением дуги, меньшим тепловложением и проплавлением [2].

Для выявления возможности применения новой технологии сварки, обеспечивающей прочные и герметичные неразъёмные сварные соединения авиационной техники, в условиях лаборатории предприятия проведено испытание на образцах из алюминиевого сплава следующими способами дуговой сварки:

- 1) ручная дуговая сварка неплавящимся электродом;
- 2) автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом;
- 3) автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом с СМТ процессом.

Изготовлены образцы в количестве 30 штук из алюминиевого сплава АМгб толщиной стенки 2 мм размером 300X150 мм. Для получения качественных соединений, поверхности образцов подвергнуты предварительной подготовке перед сваркой - химическому травлению, механической зачистке (шабрению).

Произведен подбор существующего оборудования и выбор основных параметров режимов сварки .

При сварке 10 образцов (номер 1-10) поддерживался режим: напряжение дуги $U_d = 14$ В, скорость сварки $V_{св} = 8$ м/ч, расход защитного газа (аргон) $Q = 8$ л/мин, сила тока $I_{св} = 80-85$ А, источник питания ТИР 315, толщина вольфрамового электрода 3 мм, сварочная проволока св. АМгб 2.5 мм.

При сварке 10 образцов (номер 11-20) поддерживался режим: напряжение дуги $U_d = 14,5$ В, скорость сварки $V_{св} = 30$ м/ч, расход защитного газа (аргон) $Q = 10$ л/мин, сила тока $I_{св} = 85-91$ А, источник питания TPS 4000 , сварочная проволока св. АМгб 1,2 мм.

При сварке 10 образцов (номер 21-30) поддерживался режим: напряжение дуги $U_d = 14,5$ В, скорость сварки $V_{св} = 48$ м/ч, расход защитного газа (аргон) $Q = 100$ л/мин, сила тока $I_{св} = 90-95$ А, источник питания TPS 5000 СМТ MV, сварочная проволока св. АМгб 1,2 мм.

После сварки полученные образцы подвергли визуальному-измерительному контролю, рентгено- контролю на соответствие нормативным документам по сварке алюминиевых сплавов авиационных конструкций, измерению поперечной усадки сварных соединений (таблица 1) и механическим испытаниям по ГОСТу 6996-66 (таблица 2) .

Таблица 1 - Показатели поперечной усадки сварных соединений
испытываемых образцов

В миллиметрах

Способ дуговой сварки	Номер образца										Среднее значение
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом	1,5	1,5	1,6	1,4	1,5	1,4	1,6	1,4	1,4	1,6	1,49
Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,0	1,0	1,2	1,3	1,1	1,13
Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом с СМТ процессом	0,8	0,7	0,6	0,5	0,6	0,7	0,4	0,8	0,6	0,7	0,64

Чем выше температура нагрева при сварке, и меньше время охлаждения,

тем сильнее деформация сварного шва. Чем выше скорость сварки, тем меньше деформация. Измерение значений поперечной усадки сваренных образцов показывает взаимосвязь возникающей деформации и скорости сварки [3].

По результатам исследования установлено, что среднее значение поперечной усадки десяти образцов при сварке неплавящимся электродом составило 1,49 мм (таблица 1). Наибольшее значение по 10 образцам говорит о том, что применяемая технология ТИГ не совершенна. При используемой технологии высокая скорость охлаждения сварного соединения и небольшая скорость сварки вызывает сильную тепловую деформацию сварного соединения, что приводит к короблению образцов. Среднее значение поперечной усадки при автоматической дуговой сварке плавящимся электродом составило 1,13 мм. Это говорит о том, что при использовании технологии плавящимся электродом скорость сварки увеличилась в 3 раза, и соответственно уменьшилась тепловая деформация. Среднее значение при автоматической дуговой сварке плавящимся электродом с СМТ процессом составило 0,64 мм. Это лучшее значение из трёх полученных, которое показывает, что скорость сварки увеличилась до 50 м/ч, а значение тепловой деформации уменьшилось до минимума.

Следует иметь в виду и то, что измерение только поперечной усадки сваренных образцов недостаточно для заключения применения новой технологии на предприятии. Для определения всех сварочных напряжений и деформаций необходимо дальнейшее всестороннее исследование сваренных образцов - измерение продольных, поперечных деформаций, поперечных перемещений края пластины, продольных перемещений в околошовной зоне, радиальных перемещений цилиндрической оболочки. Данные испытания - измерение и расчёт необходимо провести на специализированном оборудовании, часть из которого имеется в АКИ ОГУ. Данное оборудование приобретено по гранту «Программа развития системы подготовки кадров для оборонно-промышленного комплекса в образовательных организациях высшего образования, подведомственных Министерству образования и науки Российской Федерации», реализуемого в ОГУ. В условиях лаборатории АКИ ОГУ возможно провести компьютерное моделирование, а именно протипировать в 3D модель сваренные образцы и рассчитать значения сварочных деформаций под нагрузкой, идентичной возникающей при эксплуатации авиационной техники. Таким образом, возможно применение новой технологии и необходимо дальнейшее исследование, которое определит результат об эффективности использования новой технологии с СМТ процессом на предприятии.

Чтобы определить пластичность сварного соединения, определяют угол загиба образца до появления первой трещины в наплавленном металле. Согласно нормативных документов по сварке алюминиевых сплавов авиационной техники все образцы проверены под углом в 40°. При этом испытании трещин не обнаружено, все образцы соответствуют НТД

Основным механическим свойством отожженного листа материала АМгб является временное сопротивление $\sigma_b=31,5$ кгс/мм² при $T=20^\circ$ [4]. В

авиационных конструкциях согласно нормативных документов по сварке допускается значение временного сопротивления сварного соединения из алюминиевых сплавов не менее 90% временного сопротивления основного материала.

Таблица 2 – Результаты испытания сварных образцов на разрыв

В килограмм силы на миллиметр в квадрате

Способ дуговой сварки	Номер образца									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом	29,5	29,3	29,2	31,2	30,1	29,0	29,7	29,8	29,3	29,4
Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом	29,8	29,3	30,1	29,3	29,8	29,4	29,7	29,4	29,8	29,1
Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом с СМТ процессом	29,5	29,5	30,2	29,4	29,0	31,0	29,0	29,1	29,3	29,9

Чтобы проанализировать данные таблицы 2, необходимо произвести расчёт средних значений и допускаемого процента основного материала по трём способам сварки. Из таблицы 3 видно, что все образцы соответствуют НТД.

Таблица 3 – Соответствие полученных значений временного сопротивления материала испытываемых образцов НТД

Способ дуговой сварки	Среднее значение временного сопротивления, кгс/мм ²	Отношение σ_b образца к основному материалу, в %
Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом	29,82	94,7
Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом	29,54	93,8
Автоматическая дуговая сварка плавящимся электродом с СМТ процессом	29,59	93,8

Таким образом, проведенное исследование позволило сделать следующие выводы. Автоматическая сварка плавящимся электродом с СМТ процессом является высокопроизводительной технологией, отличается от применяемой технологии ТИГ низким тепловложением, исключением термокалибровки, отсутствием повторения дефектов сварных швов. Проведённые механические испытания 30 сварных образцов и полученные данные: поперечной усадки, временного сопротивления, позволяют сделать следующие выводы. Положительный результат по всем значениям получен при автоматической дуговой сварке плавящимся электродом с СМТ процессом. Полученные при этом сварные соединения обладали механическими свойствами близкими к свойствам основного металла сварного шва. С увеличением скорости сварки деформация уменьшается, вот почему минимальное значение поперечной усадки определяет возможность применения новой технологии с процессом СМТ и обеспечивает минимальное коробление авиационной конструкции.

Из вышесказанного установлено, что для получения качественных равнопрочных сварных соединений из алюминиевого сплава авиационной техники, достижения требуемой точности сборки и уменьшения остаточной деформации, обеспечения качества сборки под сварку, соответствия КД изделия целесообразно вести сварку новой технологией с СМТ процессом.

В результате эксперимента полученные данные демонстрируют эффективность перспективной технологии автоматической сварки с СМТ процессом и её преимущество в сравнении с применяемой технологией, что определяет возможность её применения в условиях предприятия. Исследование процесса новой технологии автоматической сварки плавящимся электродом необходимо продолжить – провести металлографию сваренных образцов, определить ряд сварочных напряжений и деформаций, провести компьютерное моделирование в условиях лаборатории АКИ ОГУ, разработать алгоритм адаптации технологических приёмов на основе модели процесса автоматической сварки плавящимся электродом, обработать результаты на основе опытных данных.

Список литературы

- 1. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением / А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. - М. : Машиностроение, 1977. – 432 с.*
- 2. Библиофонд. Электронная библиотека // Электронная библиотека «Библиофонд» : [сайт]. – М., [2003-2009]. – Режим доступа : <http://bibliofond.ru.view>*
- 3. Винокуров В. А. Теория сварочных деформаций и напряжений / В. А. Винокуров, А.Г. Григорьянц. - М. : Машиностроение, 1984. – 271 с.*
- 4. Марочник стали и сплавов // Сайт Национального технического университета ХПИ : [сайт]. – Х., [2003-2014]. – Режим доступа : http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=1433*
- 5. Маслов В.И. Сварочные работы: для нач. проф. образования / В.И. Маслов. – М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 240 с.*

6. Рабкин Д.М Дуговая сварка алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, В.Г. Игнатъев, И.В. Довбищенко. -М. : Машиностроение, 1982. - 95 с.