

ИССЛЕДОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ КОРНЕВОГО ШВА НИКЕЛЕВОГО СПЛАВА ЭП-718

Э. Р. Хисамутдинов

birulk@yandex.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. В статье представлены режимы роботизированной сварки плавящимся электродом, которые позволяют получить корневой шов из никелевого сплава ЭП-718 без образования горячих трещин и с меньшим значением погонной энергии, чем ручной сваркой неплавящимся электродом.

Ключевые слова: роботизированная сварка; никелевые сплавы; сварка плавящимся электродом; сварка в среде инертных газов; режимы сварки ЭП-718.

ВВЕДЕНИЕ

Авиационная промышленность одна из областей, где наиболее ярко выражена потребность в современных технологиях и материалах, для обеспечения конкурентоспособности объектов. Так например на отечественный проект – двигатель ПД-14 – возложены большие надежды, ведь он является первым в современной России турбореактивным двигателем для гражданской авиации, созданным с нуля. При всем особом отношении к этому проекту, все равно находятся узлы, изготовление которых остается трудоемким и осложнено конструктивными и технологическими особенностями.

К такому трудоемкому узлу относится опора турбины низкого давления, состоящее из двух тел вращения, соединенных между собой стойками. Стойки ввариваются во внешнюю обечайку по контуру окон, а с внутренним телом свариваются встык по ответным элементам (рис. 1). Изготавливается корпус из железоникелевого сплава ЭП-718. Данный материал обладает удовлетворительной свариваемостью – имея более низкую теплопроводность и температуру плавления, чем нержавеющие стали, данный материал более чувствителен к термическому циклу сварки и к тепловложению в целом.

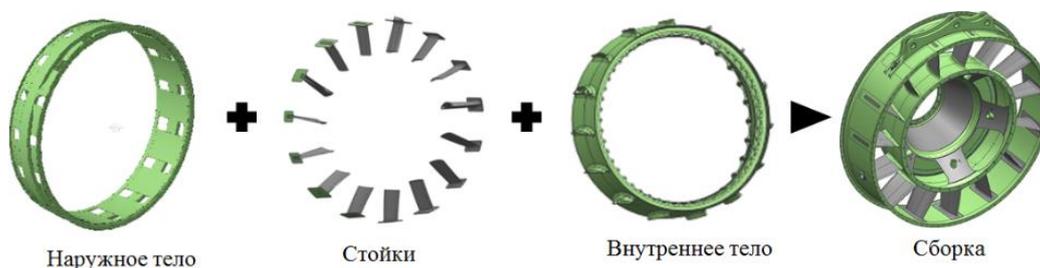


Рис. 1. Опора ТНД

Целью данной работы является в разработке технологии сварки железоникелевого сплава с повышенной трещиностойкостью и пониженным тепловложением.

Для достижения результата были сформулированы следующие задачи исследования: выбрать способ сварки, определить конструктивные элементы, определить геометрические и энергетические параметры, отработать технологию на плоских образцах, отработать технологию на полноразмерных образцах, сформулировать рекомендации по выполненным работам.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ЖЕЛЕЗНИКЕЛЕВОГО СПЛАВА С ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬЮ И Пониженным ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕМ

Железоникелевый сплав ЭП-718, на данный момент, сваривается в промышленных масштабах неплавящимся вольфрамовым электродом в защитных газах или электронно-лучевой сваркой. Выбор способа зависит от толщины основного металла: до 0,8 мм – аргодуговая сварка без присадки; до 2 мм – с присадкой ЭП533; от 4-5 мм и более – только электронно-лучевой сваркой.

Ранее в работе [1] были представлены аргументы в пользу роботизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов (Роб. СПЭ).

Эксперимент осуществлялся на базе лаборатории роботизации сварки кафедры Сварочных, литейных и аддитивных технологий на роботизированном комплексе, включающем роботизированную руку ABB IRB 1600 и контроллер ABB IRC 5. Сварочное оборудование было представлено двумя комплектами: первый комплект основан на присадочной проволоке диаметром 1,2 мм и сварочном источнике питания EVOSPARK EvoMIG 350 и использовался для отработки режимов сварки ЭП718 толщиной 5 мм и последующего перехода к сварке образцов толщиной 4мм; второй комплект основан на источнике питания ESAB AristoMIG 5000i и использовался на этапе сварки конструктивно подобных элементов с присадочной проволокой диаметром в 1 мм.

При отработке технологии сварки корневого прохода в первой комплектации следующие параметры

– Устанавливались неизменными: диаметр электродной проволоки (d_s), расход защитного газа на защиту корня (q_k); вылет электрода (l_c), общая длина шва ($L_{ш}$).

– Варьировались: сила тока ($I_{св}$), напряжение (U), скорость сварки ($v_{св}$), амплитуда (A), шаг волны (λ), скорость подачи проволоки ($v_{пм}$), расход защитного газа в горелку (q_3), скорость сварки ($v_{св}$).

При отработке технологии сварки корневого прохода во второй комплектации следующие параметры настраивались: скорость подачи проволоки ($v_{пм}$), контроль длины дуги (D) – безразмерный коэффициент, отвечающий за размер дугового промежутка, режим синергии (C), ток импульса, А ($I_{и}$), базовый ток (I_b), частота импульсов, Гц (F), длительность импульса, мс ($t_{и}$).

Предварительные работы велись на плоских образцах 100x50x5 мм и 100x50x4 мм из сплава ЭП718. Были написаны траектории для каждой комплектации оборудования (рис. 2). Написание траектории на ESAB AristoMIG 5000i сопровождалось использованием встроенной функции Weave, позволяющей строить зигзагообразные и трапециевидные волны.

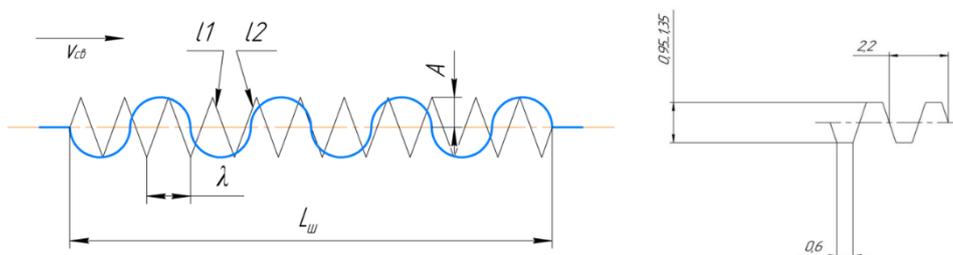


Рис. 2. Траектории движения горелки: слева – на EVOSPARK EvoMIG 350, справа – на ESAB AristoMIG 5000i

Особенность источника питания ESAB AristoMIG 5000i заключается в его полной интеграции в робототехнический комплекс. Это позволило дополнительно отработать технологию роботизированной установки прихваток (рис. 3).

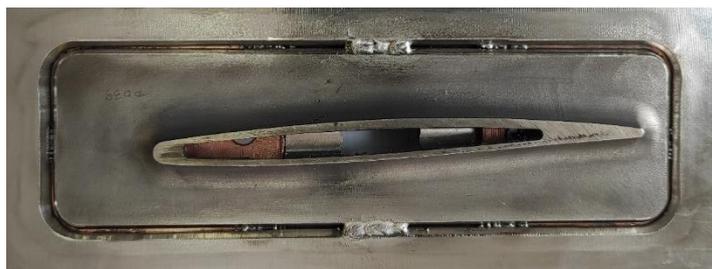


Рис. 3. Прихваченный сектор к стойке

Полученные прихватки стачивались с обратной стороны заподлицо, для равномерной и плотной установки на медную подкладку в оснастку для дальнейшей сварки. Для обеспечения проплавления прихватки, на участке прихватки у траектория движения горелки уменьшалась амплитуда, а значения тока импульса увеличилось (табл. 1).

В сваренных образцах визуально не было обнаружено следов горячих трещин или иных дефектов вызванных сваркой, а также обеспечивает снижение погонной энергии за проход до 27% по сравнению с ручной АрДС с присадочным материалом (табл. 2). В табл. 2 представлено сравнение энергетических характеристик отработанных режимов с ручной АрДС, где для роботизированной сварки $I_{св}$ и U_d равны соответственно $I_{ср}$ и $U_{ср}$. Рентгенографическим контролем не было выявлено дефектов. Металлографическое исследование показало наличие межваликовых несплавлений не выявляемых радиографическим методом. Причиной межваликовых несплавлений является грубочешуйчатая поверхность корневого валика. Введение дополнительной зачистки корневого валика перед выполнением облицовочного прохода исключает появление межваликовых несплавлений в сварных соединениях

Таблица 1

Режимы сварки корневого прохода при сварке на весу и при переплавке прихватки

Участок	C	D	I_u, A	I_b, A	$F, Гц$	$t_u, мс$	$v_{св}, мм/с$	$v_{пп}, м/мин$	$2A, мм$	$\lambda, мм$
Над прихваткой	-	8	180	20	60	8,7	5,8	3,0	1,35	2,2
Основной стык	-	8	200	20	70	5,5	6,0	2,9	0,5	1

Таблица 2

Сравнение режима роботизированной СПЭ в комплектации № 2 с режимом ручной АрДС

Параметр	Значение		
	Ручная АрДС	Роб. СПЭ	Роб. СПЭ
№ прохода	1-3 проходы	Корневой, зазор 1мм	Корневой, зазор 1,5мм
$I_{св}, A$	100...120	69	69
$U_d, В$	10...12	16	16
$v_{св}, м/ч$	-	20,9	20,9
$v_{пп}, м/ч$	-	180	180
$Q_k, л/мин$	10	5	5
$Q_r, л/мин$	20...22	16...18	16...18
$A, мм$	-	0,475	0,675
Длина волны	-	2,2	2,2
$q_{п}, кДж/м$	520	142,5	142,5
$q_{п1}/q_{п2}, \%$	-	73 %	73 %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был предложен новый способ сварки для авиационной промышленности, позволяющий комплексно улучшить технологичность изготовления корпуса опоры ТНД. Роботизированная сварка плавящимся электродом в защитном газе в импульсном режиме позволит значительно снизить тепловложение в зону сварки и повысить трещиностойкость по сравнению с ручной сваркой неплавящимся электродом. Было зафиксировано образование грубочешуйчатой поверхности корневого шва, что вызвано недостаточной плотностью сварочного тока на проволоке Ø1,2 мм. Решением проблемы является проволока Ø1,0 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МУХАМЕДЬЯРОВ, Т. М.; ХИСАМУТДИНОВ, Э. Р.. РОБОТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ СПЛАВА ЭП718. Молодежный Вестник УГАТУ, [S.l.], n. 2(23), p. 91-94, май 2020. ISSN 2225-9309.
2. Сорокин Л.И. Свариваемость жаропрочных сплавов, применяемых в авиационных газотурбинных двигателях // Сварочное производство. 1997. №4.
3. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. Издание 2-е, переработанное. – К.: «Екотехнологія», 2007. 192.
4. Атрощенко В.В., Медведев А.Ю., Никифоров Р.В. Разработка технологии роботизированной сварки плавящимся электродом соединений из сплава ХН45МВТЮБР // Сварка и Диагностика. 2020. №4. С. 46-49.

ОБ АВТОРЕ

ХИСАМУТДИНОВ Эдуард Рустэмович, магистрант 2-го курса ИАТМ.

METADATA

Title: Research robotic welding in protective/shielding gases root seam nickel alloy EP-718.

Author: E. R. Hisamutdinov

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: birulk@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (24), pp. 61-64, 2021. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The article presents the modes of robotic welding with a melting electrode, which make it possible to obtain a root seam made of EP-718 nickel alloy without the formation of hot cracks and with a lower value of the running energy than manual welding with a non-melting electrode.

Key words: robotic welding; nickel alloys; consumable electrode welding; inert gas welding; welding modes of EPI-718.

About author:

HISAMUTDINOV, Eduard Rustemovich, postgraduate student 2 year.