

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА ПРИ MIG-СВАРКЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ СВАРНОГО ШВА

Д. И. МАНСУРОВ¹, Р. И. ТКАЧЕНКО²

¹mdanar690@gmail.com, ²SAURONWARPLANES@mail.ru

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

Аннотация. Данная работа посвящена эксперименту по оценке влияния параметров движения электрода при сварке плавящимся электродом в защитных газах на геометрические параметры сварного соединения. Составлен план полного трехфакторного эксперимента и проведен эксперимент, результаты проанализированы.

Ключевые слова: сварка плавящимся электродом в защитных газах; роботизированная сварка; факторный эксперимент; сварка с поперечным перемещением электрода.

ВВЕДЕНИЕ

Сварка плавящимся электродом в защитных газах имеет широчайшее применение – от строительства до тяжелого машиностроения, от судостроения до авиационной промышленности, от больших толщин в сотни миллиметров до долей миллиметра.

При сварке используют разные траектории перемещений электрода. Подбором траектории, ее геометрических параметров и скорости движения электрода можно влиять на геометрию сварного соединения.

При ручной и полуавтоматической сварке движением электрода управляет сварщик, на характеристики движения электрода влияют индивидуальные особенности сварщика. Это приводит к тому, что невозможно оценить влияние характеристик движения электрода на параметры сварного соединения.

Целью исследования является изучить влияние траектории и параметров поперечного перемещения электрода при MIG сварке на геометрические параметры сварного шва. Для чистоты эксперимента будет использоваться роботизированная сварка, что обеспечит выполнение швов в одинаковых условиях.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

При планировании эксперимента необходимо определить контролируемые выходные параметры и управляемые входные параметры (факторы). Выходными параметрами будут геометрические параметры шва – ширина шва s , высота шва e и отношение ширины шва к его высоте H , характеризующий плавность перехода шва к основному металлу (рис. 1).

Входными параметрами (факторами) эксперимента будут (рис. 1):

- 1) скорость сварки ($v_{св}$).
- 2) шаг поперечного движения электрода (λ), равный расстоянию между началами ближайших повторяющихся элементов траектории. Шаг λ определяет плотность линий движения электрода.
- 3) параметр T , отвечающий за характер траектории. Данный параметр характеризует отношение продолжительности горения дуги (нахождения электрода) в середине шва и на его краях

$$T = \frac{\sum l_{\text{уч.сеп.шва}}}{\sum l_{\text{уч.краёв.шва}}}$$

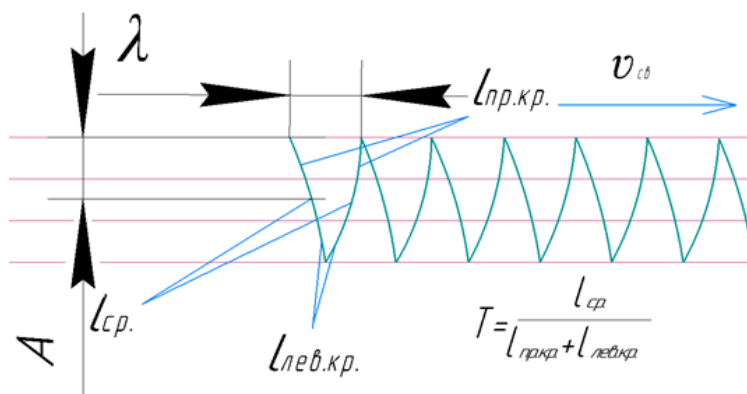


Рис. 1. Геометрические параметры шва и выходные факторы эксперимента

Амплитуда траектории движения электрода во всех экспериментах будет равна 3 мм.

Что бы определить интервалы варьирования факторов необходимо определить верхний, нижний и нулевой уровни варьирования. Изначально остальные параметры режима сварки по справочнику [1], в дальнейшем они определялись синергическим управлением источника питания.

Таблица 1

Параметры режима сварки

$v_{\text{шт}}$, мм/с	Тип дуги	Синергическое управление
2,5	pulse	да

Границы интервала варьирования для скорости сварки определяются объемом наплавляемого металла: максимальная скорость сварки определяется из условия заполнения разделки, а минимальная – заполнением шва с площадью, соответствующей максимальным размерам шва (рис. 4). Геометрические параметры шва определялись по ГОСТ14771-76 [2] как для сварки в стык пластины толщиной 3 мм.

Скорость сварки можно определить по формуле:

$$Sv_{\text{св}} = v_{\text{н.н.}} S_{\text{Э}}$$

Верхний предел варьирования фактора T принят равным 1, что соответствует равному нахождению электрода по краям шва и на его середине. Нижним пределом варьирования фактора T принят равным 0,5, что соответствует нахождению электрода в двое больше по краям, чем в центре траектории. За нулевой уровень параметра T примем значение 0,75.

Интервал варьирования для шага λ зависит от множества факторов, включая сложность траектории. В этом эксперименте шаг волны подбирался наименьшим, но так чтобы он позволял манипулятору достаточно точно выполнять траектории (сохраняя их форму) при необходимой скорости сварки. При очень малых значениях шага скорость движения электрода становилась больше и манипулятору было сложнее сохранять форму траектории.

Для упрощения подготовки образцов сварку было решено заменить наплавкой. Образцы подготавливались в ручную. Форма образцов представлена на рис. 2.

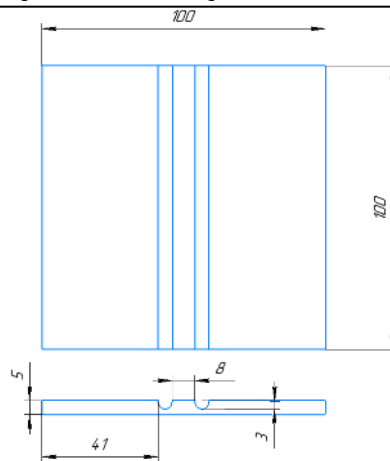


Рис.2 Форма и размеры подготавливаемых образцов

РЕЗУЛЬТАТЫ

Все эксперименты проведены. В матрице эксперимента представлены полученные замеры выходных параметров.

Таблица 2

Матрица эксперимента

№ экс-та	№ опыта	λ , мм	$v_{св}$, мм/с	T	A , мм	$v_{н.л.}$, мм/с	c , мм	e , мм	H
1	1	4	4,2	1	3	2,5	9,3	1,24	7,5
	2						9,9	1,3	7,7
	3						10,1	1,4	7,1
2	1			9,5			1,3	7,3	
	2			10,2			1,3	7,5	
	3			11,1			1,5	7,2	
3	1		2,7	1			11,4	1,9	5,9
	2						10,9	1,8	6,0
	3						10,7	2,5	4,3
4	1	12		1,7			7,1		
	2	11,9		2,1			5,5		
	3	11,1		2			5,6		
5	1	3	4,2	1			8,9	1,1	8
	2						9,7	1,3	7,3
	3						10,6	1	10,6
6	1			11,1			1,2	9,2	
	2			12			1,4	8,4	
	3			10,3			1	9,8	
7	1		2,7	1	11,4	2,5	4,6		
	2				10,9	2	5,3		
	3				11,6	2	5,7		
8	1	12		1,9	6,4				
	2	11,9		1,9	6,4				
	3	12,8		1,7	7,4				

Анализ влияния входных параметров на дефектность швов:

Нумерация опытов: первое число – № эксперимента, второе – № опыта.



Рис. 3. Фото сваренных образцов

1.3-2.3: На канавке 2.3 видно, что металл распределяется равномернее, ближе к центру канавки, но при этом есть больше дефектов

3.3-4.3: На канавке 3.3 металл распределен ближе к центру шва, а у 4.3 валик более не равномерный; более ярко выраженная чешуйчатость, особенно 4.3; дефектов нет.

5.3-6.3: распределение металла так же равномернее на 5.3, и канавка 6.3 имеет дефекты; чешуйчатость несколько ниже 5.3 и шов более ровный

7.3-8.3: чешуйчатость больше, валик более не ровный, и перепад высот между краем и серединой валика выше на 7.3.

Анализ полученных данных проводился в программе SMATH Studio по методике факторного эксперимента [3].

Уравнение регрессии ширины шва:

$$E = (Tv_{ce}) = 10,8834 - 0,6594 \cdot 0,75 \cdot v_{ce} - 0,4276 \cdot 0,25 \cdot T.$$

Уравнение регрессии высоты шва:

$$G = (Tv_{ce}) = 1,6369 - (0,3656 \cdot 0,75 \cdot v_{ce}) - 0,0464 \cdot 0,25 \cdot 0,75 \cdot T \cdot v_{ce}.$$

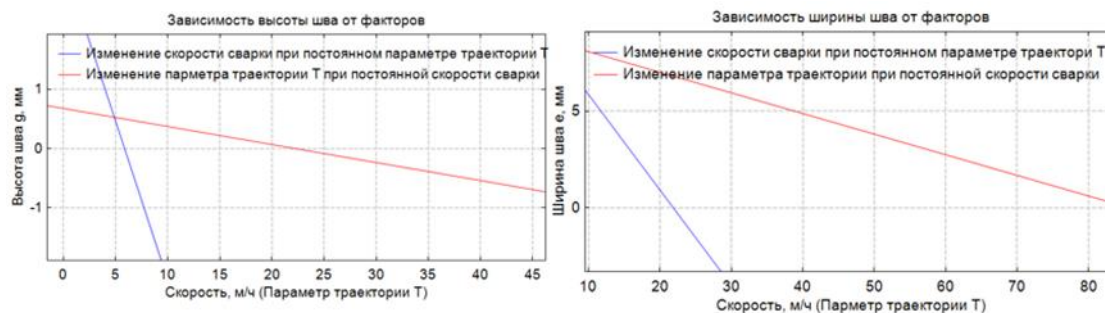


Рис. 4. Полученные зависимости из анализа выходных данных эксперимента

Влияние факторов на коэффициент формы шва оценить пока не удалось, так как не получено адекватного регрессивного уравнения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Провели эксперимент согласно плану
2. Установили связь между факторами и вероятностью образования дефектов типа несплавлений:
 - повышение скорости сварки и шага влияет негативно;
 - форма шва влияет в меньшей степени, но траектории с более равномерным распределением времени нахождения электрода по краям и в середине дает лучше результат при больших скоростях.

3. Получили уравнения регрессии для выходных параметров. Оценка показала недостаточную адекватность уравнения для коэффициента формы шва, что может быть связано с точностью подготовительных работ.

4. В дальнейшем планируется составить план мероприятий по дальнейшему исследованию влияния траектории на свойства шва.

ВЫВОДЫ

По уравнениям определено:

1. На ширину шва негативно влияет (уменьшает) увеличение скорости сварки и распределение траектории по краям шва (в особенности скорость сварки);

2. На высоту шва положительно влияет (уменьшает) увеличение скорости сварки и распределение траектории по краям шва (причем скорость сварки имеет меньшее влияние).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулов А. И., Асиновская Г. И., Баженов В. В. Сварка в машиностроении: В 4-х т. /Ред-С 24 кол.: Г.А. Николаев (пред.) и др.-М.:Машиностроение, 1978- -т.2 1978.
2. ГОСТ 14771-76 – Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
3. Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. М 30 Методы планирование эксперимента и обработки данных: учеб. пособие / Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 131 с.: ил

ОБ АВТОРАХ

МАНСУРОВ Данар Ильдарович, бакалавр 3-го курса ИАТМ

ТКАЧЕНКО Роман Иванович, бакалавр 3-го курса ИАТМ.

METADATA

Title: Experimental study of the influence of the trajectory of the electrode movement during MIG welding on the formation of the weld.

Authors: D. I. Mansurov¹, R. I. Tkachenko²

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

Email: ¹mdanar690@gmail.com, ²SAURONWARPLANES@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (24), pp. 29-33, 2021. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: This work is devoted to an experiment to evaluate the influence of the parameters of the electrode movement during welding with a melting electrode in protective gases on the geometric parameters of the welded joint. A plan for a complete three-factor experiment was drawn up and an experiment was conducted, the results were analyzed.

Key words: geometric accuracy; parallel kinematics; metal cutting machine; modeling; positional accuracy; parallel kinematic machines; precision cnc.

About authors:

MANSUROV, Danar Ildarovich, bachelor student 3 year.

TKACHENKO, Roman Ivanovich, bachelor student 3 year.