

*Грызлов Владислав Андреевич
студент
Сибирский государственный аэрокосмический университет имени
академика М. Ф. Решетнева
Россия, г. Красноярск
e-mail: vladikshama@yandex.ru*

*Баранов Константин Сергеевич
студент
Сибирский государственный аэрокосмический университет имени
академика М. Ф. Решетнева
Россия, г. Красноярск*

ИЗМЕНЕНИЕ ШИРИНЫ ПЯТНА НАГРЕВА СВАРНОГО ШВА И ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗНЫХ ПАРАМЕТРАХ ТОКА ФОКУСИРОВКИ ПРИ ЭЛС

***Аннотация:** В статье предложена научно-исследовательская работа изменения ширины пятна нагрева сварного шва и глубины проплавления при ЭЛС, с введением разных параметров тока фокусировки с помощью имеющейся математической модели реализованной в программе MATHCAD.*

***Ключевые слова:** процесс ЭЛС, ширина пятна нагрева, глубина проплавления, ток фокусировки.*

*Gryzlov Vladislav Andreevich
student
Siberian State Aerospace University named after academician M.F. Reshetnev
Russia, Krasnoyarsk*

*Baranov Konstantin Sergeevich
student
Siberian State Aerospace University named after academician M.F. Reshetnev
Russia, Krasnoyarsk*

CHANGING THE WIDTH OF THE SPOT OF HEATING THE WELD AND THE DEPTH OF PENETRATION AT DIFFERENT PARAMETERS OF THE FOCUSING CURRENT DURING ELS.

***Abstract:** The article proposes a research work on changing the width of the spot of heating the weld and the depth of penetration during EBW, with the introduction of different parameters of the focusing current using the available mathematical model implemented in the MATHCAD program.*

***Keywords:** ELS process, heating spot width, penetration depth, focusing*

current.

Эффективное развитие промышленности подразумевает непрерывное совершенствование имеющихся и разработку новых технологических процессов, повышение экономических, эксплуатационных показателей и надёжности изделий [1]. Одним из направлений, существенно расширяющим технологические возможности процесса сварки, является использование высококонцентрированных источников энергии.

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) является одним из методов сварки, относящихся к этому перспективному и развивающемуся направлению, и обладает рядом технологических преимуществ перед другими видами сварки [2]. Широкие возможности автоматизации процесса ЭЛС, позволяющая получать глубокие и узкие швы с минимальной зоной термического влияния. На рисунке 1 изображен график изменения геометрии сварного шва ширины пятна нагрева и глубины проплавления при разных фокусировках.

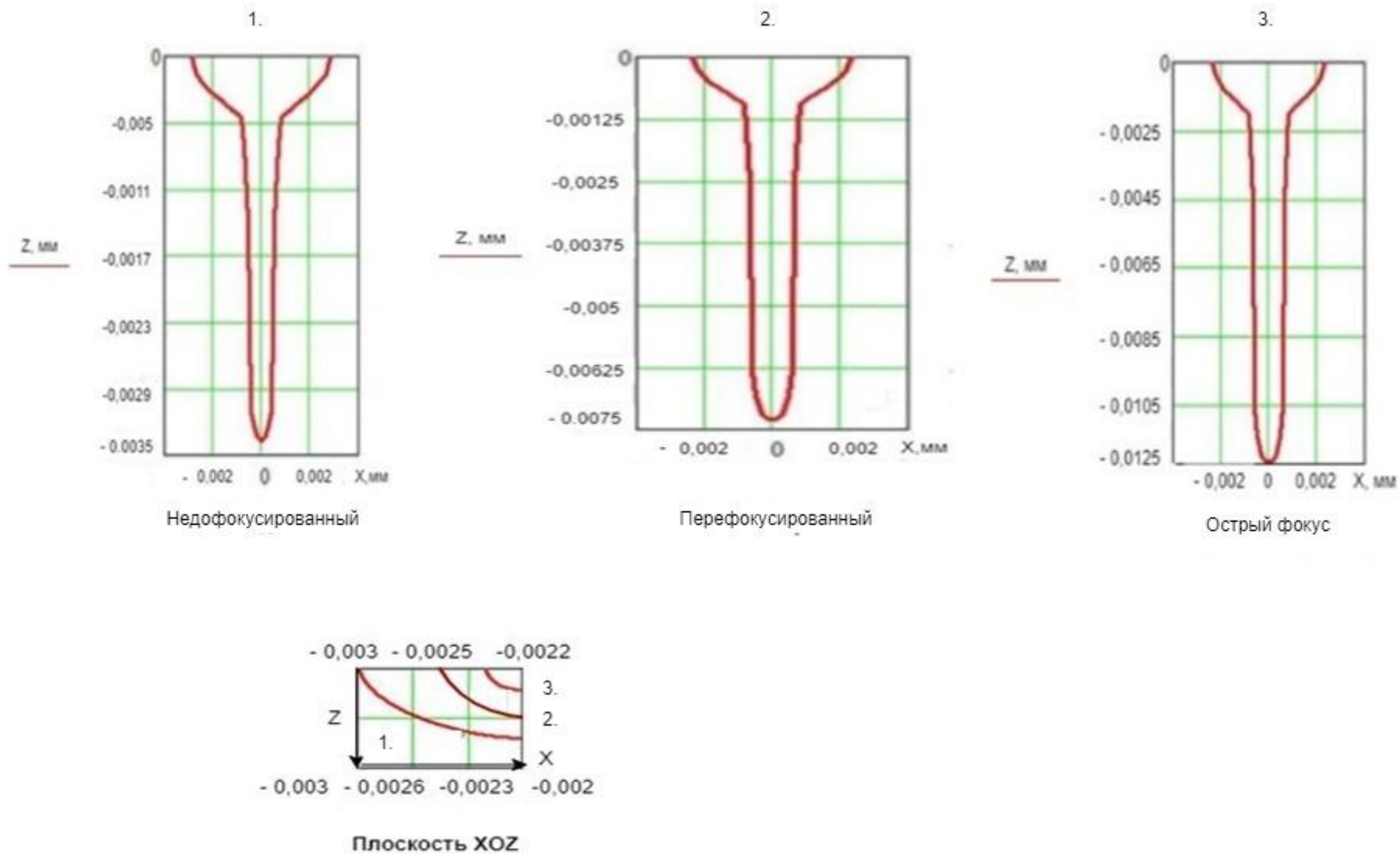


Рисунок 1 – Изменения геометрии сварного шва ширины пятна нагрева и глубины проплавления при разных фокусировках

Реализация данного графика имитированного процесса изменения геометрии сварного шва ширины пятна нагрева и глубины проплавления при разных фокусировках производилась в программе Mathcad с применением математической тепловой модели ЭЛС написанная ниже [3]:

$$T = (x, y, z, t) = \frac{k_1 q \eta}{16 r^2 c p \sqrt{\pi a}} \int_{t_0}^t \frac{1}{\sqrt{\tau}} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{x + r + V \tau}{2 \sqrt{a \tau}} \right) \operatorname{erf} \left(\frac{x - r + V \tau}{2 \sqrt{a \tau}} \right) \right. \\ \left. \left[\operatorname{erf} \left(\frac{y + r}{2 \sqrt{a \tau}} \right) \operatorname{erf} \left(\frac{y - r}{2 \sqrt{a \tau}} \right) \right] \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp \left(\frac{(z + 2nL)^2}{4 a \tau} \right) \partial \tau + \frac{k_2 q \eta}{16 \pi \lambda} \int_{t_0}^t \frac{1}{\tau} \exp \right. \\ \left. \operatorname{erf} \left(\frac{z - S + 2nL}{2 \sqrt{a \tau}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{z - S + 2nL}{2 \sqrt{a \tau}} \right) \right. \\ \left. \left(\frac{(x + V \tau)^2 + y^2}{4 a \tau} \right) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \partial \tau, \right. \\ \left. \operatorname{erf} \left(\frac{z - S + 2nL}{2 \sqrt{a \tau}} \right) + \operatorname{erf} \left(\frac{z - S + 2nL}{2 \sqrt{a \tau}} \right) \right] \quad (1)$$

где: k_1 и k_2 – коэффициенты учитывающие распределение мощности электронного луча между поверхностным источником (x , y) и линейным по оси z ;

$2n$ – размер линейного источника;

S – координата ввода линейного источника;

r – радиус поверхностного источника.

Из данного графика путем имитации в программе MATHCAD ширины пятна нагрева и глубины проплавления при разных фокусировках, и остальных одинаковых параметрах ЭЛС видно, что значения ширины и проплавления меняются в следствии разной фокусировки тока сварки [4].

1. Недофокусированный.
2. Перефокусированный.
3. Острый фокус.

Имитированная плоскость XOZ которая в свою очередь имеет разные значения данных в рассмотренных графиках, взятая часть от оси (x , z) в

отрицательных координатах, вследствие увеличенного масштаба в MATHCAD было затруднение в полной проекции воспроизвести график во всех координатах.

Видно, что значения ширины трех расчетов разные, а на основании того, что есть значения коэффициентов ширины пятна нагрева по оси x в отрицательных координатах и рассмотренный закон нормального распределённого на плоскости кругового источника. Можем с точностью определить ширину пятна нагрева.

Что по отрицательным координатам, что по положительным координатам значения относительно 0 (где формировался луч по траектории) идентичные, а значит могу произвести вычисления ширины, учитывая, положительную проекцию координат и отрицательную [5].

Таблица 1 – расчеты ширины пятна нагрева при ЭЛС

Недофокусированный	Перефокусированный	Острый фокус
$a = 0.003 \cdot 2 = 0.006$	$b = 0,0025 \cdot 2 = 0,005$	$c = 0,0022 \cdot 2 = 0,0044$

а) При $\Delta I_f = 12 \text{ mA}$ (ток сварки, недофокусированный) ширина пятна нагрева отличается от величины проплавления на 65%.

б) При $\Delta I_f = +15 \text{ mA}$ (параметр тока фокусировки, перефокусированный) ширина пятна нагрева отличается от величины проплавления на 33%

с) При $\Delta I_f = 0 \text{ mA}$ (параметр тока фокусировки, острый фокус) ширина пятна нагрева отличается от величины проплавления на 96%

При острой фокусировки величина проплавления больше, и тем самым ширина пятна нагрева существенно отличается от величины проплавления.

В процессе экспериментального математического исследования путем разных токов фокусировки и при остальных одинаковых задаваемых параметрах ЭЛС выяснилось, что меняется площадь нагрева пятна ЭЛ свариваемого изделия на поверхности и глубина проплавления

В ходе исследования выяснилось, что при острой фокусировки

осуществляется глубокое проплавление и соотношение ширины пятна нагрева от глубины проплавления отличается на 96%. Разница между величиной проплавления и шириной пятна нагрева, при острой фокусировки относительно больше, чем при других режимах фокусировки.

Список литературы:

1. Лаптенко В.Д., Расчет отклонения пучка электронов в магнитном поле при электронно-лучевой сварке. Красноярск; 1986.
2. Лаптенко В.Д. Способ направления электрода по криволинейному стыку // Автомат, сварка. 1982. № 11. С. 60-63.
3. Мурыгин А.В. Методика расчета диаметра электронного луча // Решетневские чтения: Материалы Всерос. научно-практич. конф. (10-12 ноября 1998 г., г. Красноярск). 2010. Вып. 2. С. 103-104.
4. Мурыгин А.В. Автоматизированная система управления электроннолучевой сваркой (АСУ ЭЛС) // Технология машиностроения. 2002. № 4. С. 52-54.
5. Способ и устройство слежения электронного луча при электроннолучевой сварке / П. Ритц, Б. Шпис акцептованная заявка № 2937646 ФРГ, МКИВ23К 15/00. Заявлено 18.09.79.