

УДК 621.791.75

Размышляев А. Д., Агеева М. В., Ярмонов С. В., Выдмыш П. А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЙ ВАННЫ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ, ГЕНЕРИРУЕМОГО УСТРОЙСТВАМИ ВВОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДУГОВОЙ СВАРКЕ

В работах [1–5] показано, что при наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля (ПОМП) коэффициент расплавления проволоки повышается на 20–30 %, и значительно уменьшается глубина и площадь зоны проплавления основного металла, измельчается структура шва. Данные о конструкциях УВ ПОМП для процессов дуговой сварки и наплавки немногочисленны. В некоторых работах [1, 2], посвященных, в основном, рассмотрению влияния ПОМП на геометрию швов (валиков) при дуговой сварке (наплавке), данные об использованных при этом конструкциях устройств ввода (УВ) ПОМП даже не упоминаются. Вопрос же об оптимальности применявшихся конструкций УВ ПОМП в большинстве работ не обсуждался. Следует отметить, что во всех указанных работах применяли устройства ввода (УВ) ПОМП в виде П – образного магнитопровода (с обмотками). Например, в работе [3] конструкция УВ ПОМП представляла собой электромагнит с П-образным сердечником. Однако приведенное в этой работе УВ ПОМП применимо только к процессу наплавки узлов цилиндрической формы и не применимо для наплавки плоских изделий. В известных работах не обсуждалась возможность использования конструкций УВ ПОМП, выполненных по другим схемам. Магнитное поле, которое генерирует П-образные электромагниты, представляет собой поле в воздушном зазоре. В имеющихся литературных источниках, например, в работе [6], приведены методики определения только интегральных характеристик магнитного поля в воздушном зазоре. Для устройств ввода ПОМП для процессов дуговой сварки и наплавки необходимы характеристики магнитного поля в зазоре, т. е. значения компонент индукции в зоне ниже полюсов электромагнитов.

Целью настоящей работы является установка особенности строения поперечного магнитного поля, генерируемого УВ ПОМП, применительно к процессу дуговой сварки.

Для выполнения исследований были изготовлены одиночные стержни сечением 26×16 мм из пластин из малоуглеродистой стали, а также четырехслойные катушки из медного провода диаметром 1,0 мм высотой 30 мм (рис. 1). Длина стержней составляла 130 мм. Возможна была регулировка расстояния H от торца стержня до катушки, а также расстояния от нижних торцов стержней до изделия – поверхности пластины из немагнитной стали типа 12X18H10T – (на рис. 1 не приведена) $-h = 15$ мм. В конструкциях УВ ПОМП с перемычкой (рис. 1, б, в) угол наклона стержней к вертикали составлял $\alpha = 22^\circ$. Ширина стержня (в плане) $b = 26$ мм, толщина стержней составляла 16 мм, расстояние между стержнями А и В у их нижних торцов – $a = 40$ мм.

На рис. 1, б, в приведены конструкции УВ ПОМП с перемычкой, а на рис. 1, а – конструкция УВ ПОМП без перемычки. Индукцию измеряли универсальным тесламетром 43205 с датчиком Холла, имевшим базу $0,9 \times 0,9$ мм. Индукцию измеряли с шагом 10 мм вдоль оси ОХ у поверхности изделия, расположенной на расстоянии $h = 15$ мм от нижних торцов стержней электромагнитов (рис. 1).

Установлено, что для всех схем УВ ПОМП (по рис. 1) распределение компонент индукции B_x , B_z имеет одинаковый характер (рис. 2). Однако при наличии перемычки из малоуглеродистой стали такого же поперечного сечения, как и стержни, уровень индукции B_x в точке $X = 0$, а индукции B_z под стержнями А и В (при $X = 20$ –30 мм) приблизительно на 20–25 % больше, чем в схеме из двух стержней без перемычки (по рис. 1, а). Неизменностью строения магнитного поля при изменении ряда факторов (в том числе намагничивающей

силы катушек, наличия или отсутствия перемычки) может служить только неизменность относительных значений индукций в определенных точках пространства, например, вдоль оси OX (как это показано на рис. 2). Поэтому результаты измерений, приведенные на рис. 2, были обработаны. Данные показали, что распределение вдоль оси OX относительных значений индукций $B_x/B_{x \max}$ и $B_z/B_{z \max}$ укладываются на одни и те же линии (рис. 3). Отсюда следует важный вывод о том, что независимо от наличия или отсутствия перемычки и места расположения катушек строение магнитного поля ниже торцов стержней УВ ПОМП имеет одинаковый характер.

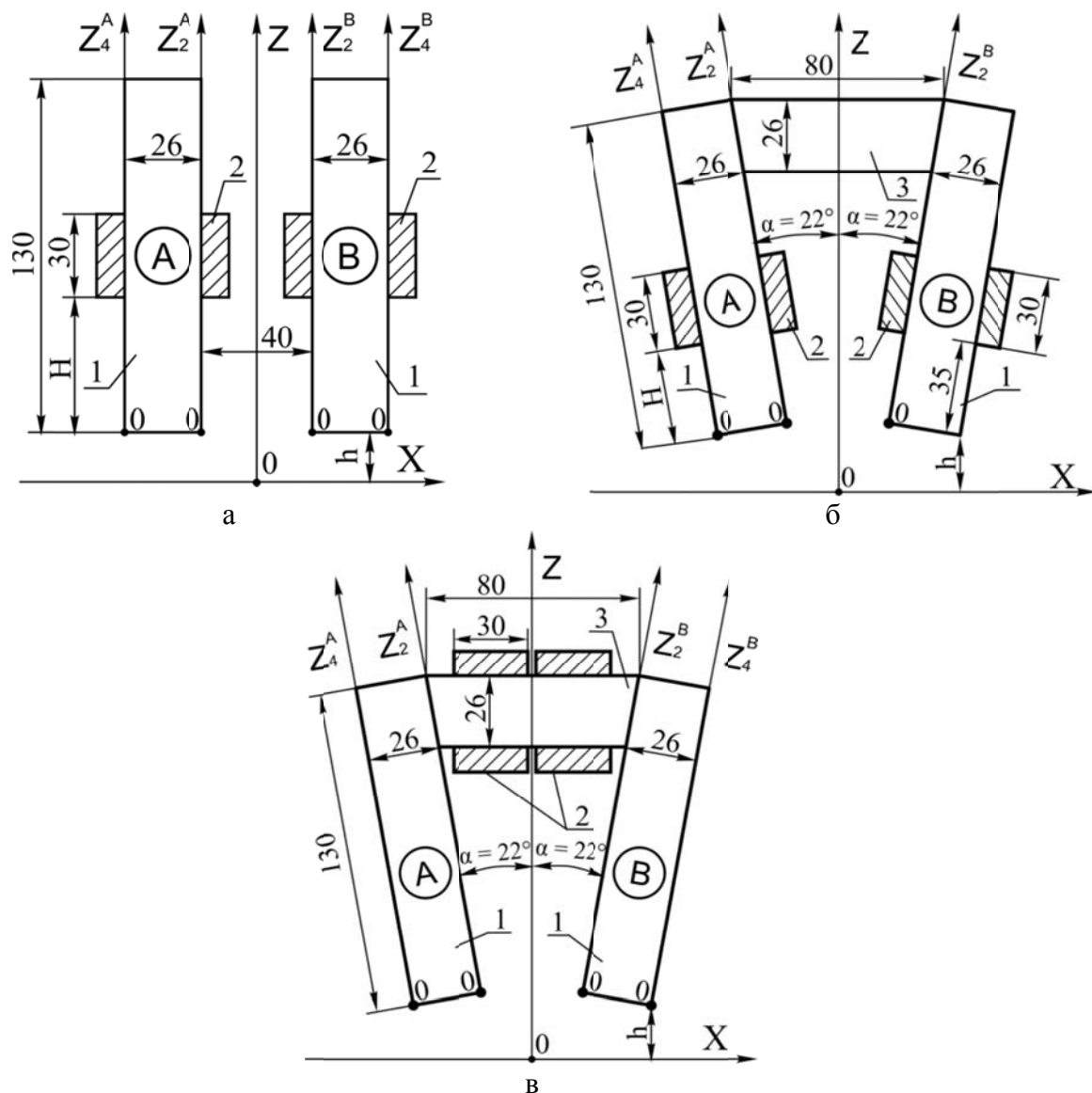


Рис. 1. Схемы конструкций УВ ПОМП:

а – без перемычки; б – с перемычкой; в – с катушками на перемычке (в); 1 – стержень; 2 – катушка; 3 – перемычка.

При уменьшении расстояния H от катушек до нижних торцов стержней А и В в нижней части (ниже катушек) возрастает намагниченность этих участков стержней. Интенсивность поля (индукция B_x , B_y , B_z) во всех точках пространства ниже торцов стержней А и В адекватно (пропорционально, а точнее по одной и той же зависимости) возрастают. Поэтому как бы ни изменяли расстояние H относительные величины $B_x/B_{x \max}$, $B_z/B_{z \max}$ в тех же точках остаются неизменными (в том числе и вдоль оси OX).

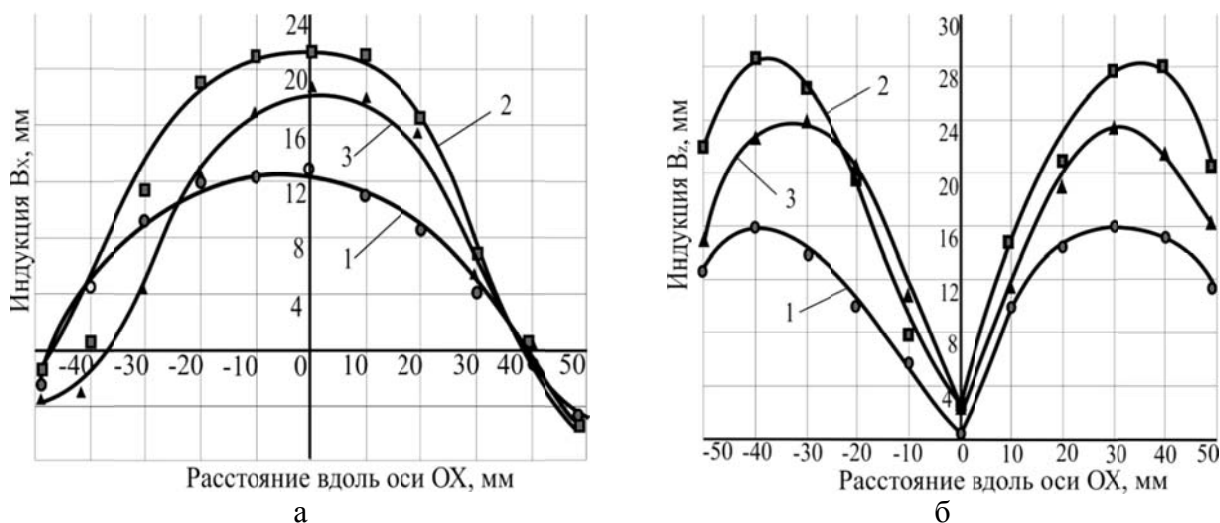


Рис. 2. Распределение индукции B_z (б) вдоль оси OX ($h = 15$ мм; $a = 40$ мм; $H = 35$ мм): а – индукции B_x ; б – индукции B_z ; 1 – с перемычкой по рис. 1, в; 2 – с перемычкой по рис. 1, б; 3 – без перемычки по рис. 1, а.

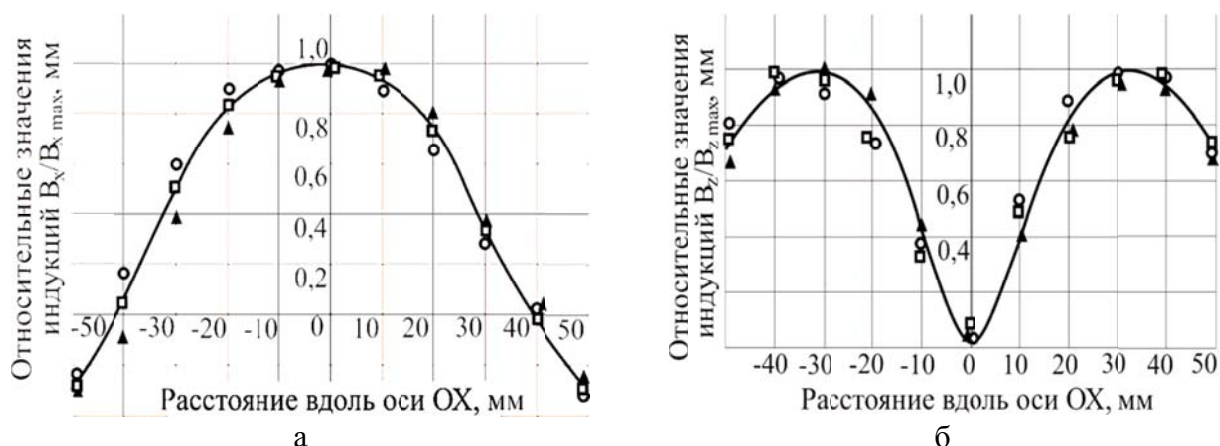


Рис. 3. Распределение относительных значений индукций вдоль оси OX (условные обозначения приведены на рис. 2): а – относительные значения индукций $B_x/B_{x,max}$; б – относительные значения индукций $B_z/B_{z,max}$.

Именно независимость значений $B_x/B_{x,max}$, $B_z/B_{z,max}$ в точках на оси OX от параметра H , наличия перемычки и места расположения обмоток позволяет сделать такой важный вывод: это распределение не зависит от того, как замыкаются силовые линии (через стальную перемычку, или по воздуху) в верхней части двухстержневой системы УВ ПОМП. Это обстоятельство предопределяет возможность в дальнейшем моделировать магнитное поле таких схем УВ ПОМП с использованием метода электролитической ванны и других методов моделирования [7]. При этом создается возможность использовать при моделировании схему из двух стержней без перемычки (по рис. 1, а) как наиболее простую.

Возможность моделирования строения магнитных полей с использованием метода электролитической ванны высказана в работе [7], однако, применительно к таким конструкциям, как УВ ПОМП, конкретных рекомендаций нет, и это потребовало выполнения исследований, результаты которых приведены ниже.

Для получения картины распределения компонент напряженности электрического поля в проводящей среде (в электролите) использовали модельные стержни, изготовленные из припоя ПОС-40 методом литья.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 4. Модельной жидкостью являлась вода. Стержни *A* и *B* помещали в ванну с водой, которая имела емкость $V = 15,5$ л. К торцам стержней *A* и *B* (см. рис. 4) подводили напряжение от источника частотой 50 Гц.

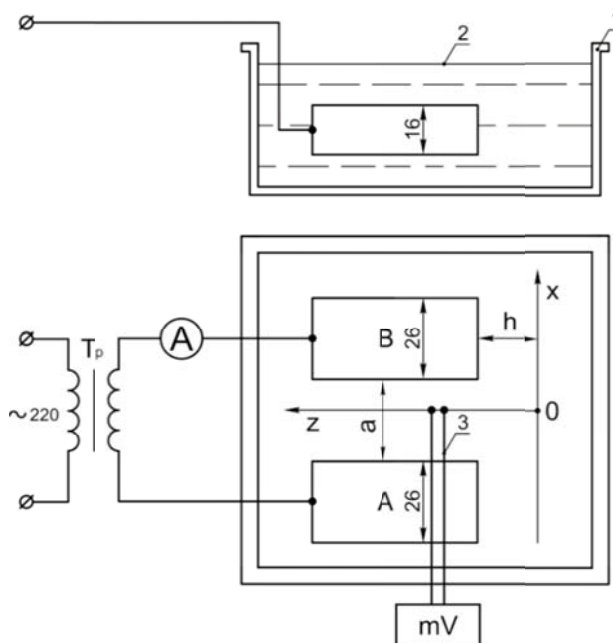


Рис. 4. Схема экспериментальной установки:

1 – сосуд; 2 – вода; 3 – зонд

Через стержни *A* и *B* и жидкость (воду) пропускали ток $I = 100$ мА, который контролировали прибором М920, а разность потенциалов между проволочками зонда измеряли милливольтметром типа ДТ92. Зонд (3) представлял собой две изолированные медные проволоочки диаметром 0,5 мм, которые выступали из изоляции на 0,5–1 мм. Расстояние между осями этих проволочек составляло $d = 3,6$ мм. Размещая зонд в исследуемые точки, измеряли падение напряжения от протекания тока в данной точке жидкости соответственно: вдоль оси *OX*: ΔU_x , и вдоль оси *OZ*: ΔU_z . Напряженности электрического поля $E_x = \Delta U_x / d$ [В/мм]; $E_z = \Delta U_z / d$ [В/мм] являются аналогами (по величине и направлению) компонент индукции B_x , B_z в сходственных точках для электромагнитов, которые генерировали ПОМП.

Выполнялись все необходимые условия для моделирования магнитных полей методом электролитической ванны, указанные в работе [7].

Исследовали распределение компонент ΔU_x , ΔU_z вдоль оси *OX*, расположенной на расстоянии $h = 15$ мм от нижних торцов стержней *A* и *B*. Данные измерений приведены на рис. 5.

Для установления возможности адекватного моделирования необходимо сопоставлять относительные значения индукций B/B_{\max} для реальных электромагнитов и относительных значений потенциалов $\Delta U/\Delta U_{\max}$, полученных при моделировании методом электролитической ванны для определенных точек пространства, в котором распространяются магнитные, либо электрические поля (в проводящей жидкости).

Данные исследований показали, что при использовании модельных стержней длиной $l = 100$ мм имеет место «пологое» распределение относительных значений ΔU_x вдоль оси *OX* (кривая 2 на рис. 5), которое не соответствует реальным значениям распределения индукции B_x для системы из двух стержней (кривая 1 на рис. 5). При уменьшении длины стержней до 50 мм и 30 мм распределение относительных значений ΔU_x , ΔU_z (кривые 3, 4 на рис. 5) полностью совпадает с распределением, установленным для реальных электромагнитов (кривая 1 на рис. 5).

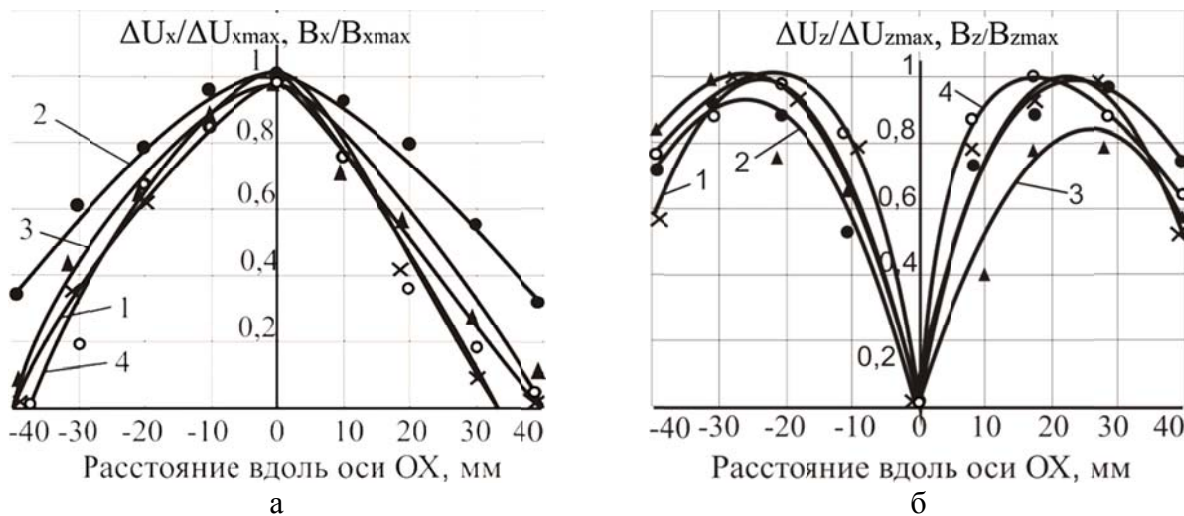


Рис. 5. Распределение относительных значений компонент вдоль оси OX (условные обозначения расшифрованы в тексте):

а – компонента ΔU_x ; б – компонента ΔU_z .

Таким образом, при моделировании строения магнитных полей с помощью электролитической ванны целесообразно использовать стержни длиной 30–50 мм. Этот метод моделирования можно рекомендовать для оптимизации конструкций УВ ПОМП.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что данные о распределении электрического потенциала у поверхности свариваемого изделия в модельной электролитической ванне со стержнями сечением 26×16 мм удовлетворительно совпадают с данными о распределении индукции поперечного магнитного поля, которое генерирует УВ ПОМП из двух электромагнитов, если длина модельных стержней составляет 30–50 мм.

2. Целесообразно в дальнейшем выполнение исследований по оптимизации конструкций УВ ПОМП с использованием моделирования методом электролитической ванны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измельчение структуры металла шва при сварке дугой, колеблющейся в поперечном магнитном поле. / А. М. Болдырев, Ю. С. Ткаченко, Н. П. Толоконников [и др.] // Автоматическая сварка. – 1975. – №7. – С. 70–71.
2. Шейнкин М. З. Применение магнитных колебаний при сварке под флюсом / М. З. Шейнкин, И. А. Шмелева, Н. Ф. Варяхов // Сварочное производство. – 1969. – № 6. – С. 24 – 25.
3. Влияние внешнего электромагнитного поля на скорость плавления электродной проволоки при автоматической наплавке под флюсом / П. А. Иофинов, В. С. Ибрагимов, А. К. Дмитриенко [и др.] // Сварочное производство. – 1991. – № 1. – С. 34 – 35.
4. Размышляев А. Д. Производительность расплавления электродной проволоки при дуговой наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля / А. Д. Размышляев, М. В. Миронова. // Автоматическая сварка. – 2011. – № 5. – С. 48 – 51.
5. Особенности проплавления основного металла при дуговой сварке и наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля / А. Д. Размышляев [и др.] – Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. прац. – Маріуполь : ПДТУ, 2012. – Випуск № 1 (24). – С. 185–187.
6. Сливинская А. Г. Электромагниты и постоянные магниты. / А. Г. Сливинская. – М. : Энергия, 1972. – 248 с.
7. Бессонов А. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. / А. А. Бессонов. – М. : Высшая школа, 1986. – 263с.