

УДК 621.791.75

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

ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОПЛАВЛЕНИЕ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ И НАПЛАВКЕ

Вопросы управления размерами зоны проплавления основного металла при дуговой сварке и наплавке под флюсом с применением продольного магнитного поля (ПРМП) достаточно полностью исследованы. Процесс же формирования зоны проплавления основного металла при сварке и наплавке с воздействием поперечного магнитного поля (ПОМП) изучен недостаточно.

Применительно к сварке неплавящимся электродом в среде аргона было установлено, что воздействие ПОМП приводит к некоторому уменьшению глубины проплавления и увеличению ширины шва. Влияние ПОМП на геометрические параметры шва (валика) рассмотрено в работах [1–6]. В частности, в работе [1] показано, что при сварке нержавеющей (немагнитной) стали 1X18H10T проволокой Св-08Г2С диаметром 1,0 мм в аргоне на режимах, обеспечивающих струйный перенос, наложение ПОМП нарушает струйный перенос и увеличивает разбрызгивание электродного металла. Ширина шва при воздействии ПОМП возрастает с 14 мм до 17 мм при напряженности магнитного поля 75 Э, а глубина проплавления при этом уменьшается с 2,8 мм до 1,5 мм. Показано также, что при сварке с короткими замыканиями с применением ПОМП происходит сильное разбрызгивание электродного металла. В работе [2] при наплавке на малоуглеродистую (ферромагнитную) сталь на обратной полярности проволокой Св-08ГА диаметром 2 мм под флюсом АН-348А при частотах $f = 0–20$ Гц и индукции поля $B_{max} = 0–0,02$ Тл установлено (качественно), что в зависимости от частоты и величины индукции магнитного поля ширина валика может как увеличиваться, так и уменьшаться. Аналогичные данные получены в работах [3–6].

Литературных данных о влиянии ПОМП на геометрию валика при сварке (наплавке) под флюсом немагнитных сталей (сплавов) не имеется.

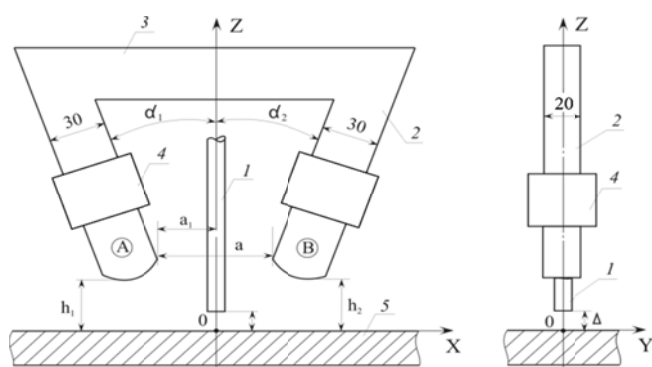


Рис. 1. Схема конструкции УВ ПОМП:

1 – электродная проволока; 2 – стержни;
3 – переключатель; 4 – катушки; 5 – изделие (пластина)

Целью работы является установление закономерностей процесса проплавления основного металла при дуговой сварке под флюсом при воздействии постоянного, а также знакопеременного ПОМП.

Для определения эффективности проплавления основного металла (геометрии сечения валиков и швов) выполняли наплавки проволокой под флюсом на обратной полярности с использованием устройства ввода (УВ) ПОМП, схема конструкции которого приведена на рис. 1. В этой конструкции стержни (2) и переключатель (3), выполненные из листов электротехнической стали Э 42 толщиной 0,5 мм, имели сечение 30×20 мм. На этих

стержнях размещали обмотки (4) с числом витков $W = 70$ из медного изолированного провода диаметром 2,0 мм. Индукцию ПОМП измеряли у поверхности пластины – изделия (5) универсальным тесламетром 43205 с датчиком Холла, имевшем измерительную базу $0,9 \times 0,9$ мм.

Исследования выполняли при наплавке с воздействием ПОМП, обеспечивающего 2 варианта отклонения дуги: поперек направления наплавки и вдоль направления наплавки. В этих двух вариантах наплавки необходимо обеспечить максимальные значения поперечной компоненты индукции ПОМП (B_x) и минимальные значения продольной компоненты индукции (B_z).

Предварительными исследованиями было установлено, что оптимальным наклоном стержней A и B к вертикали является угол $20\text{--}30^\circ$, который в дальнейшем исследованиях оставляли без изменений в указанных пределах. Установлено также, что оптимальной является закругленная форма торцов стержней УВ ПОМП (рис. 1). После варьирования размерами h_1 , h_2 , a_1 , a установлено, что при величине $h_1 = h_2 = 25\text{--}30$ мм; $a_1 = 40\text{--}45$ мм; $a = 80\text{--}90$ мм распределение поперечной компоненты индукции B_x вдоль оси OX между стержнями A и B получается достаточно равномерным, а величина индукции B_z в активной зоне сварочной ванны ($x \leq 20\text{--}30$ мм) не превышает значений $2\text{--}5$ мТл при уровне индукции $B_x = 20\text{--}23$ мТл (рис. 2, а). Это распределение индукции B_x , B_z вдоль оси OX следует учитывать при выполнении наплавки вдоль оси OX и расположении стержней УВ ПОМП также вдоль оси OX . В этом варианте наплавки дуга будет отклоняться вдоль оси OY .

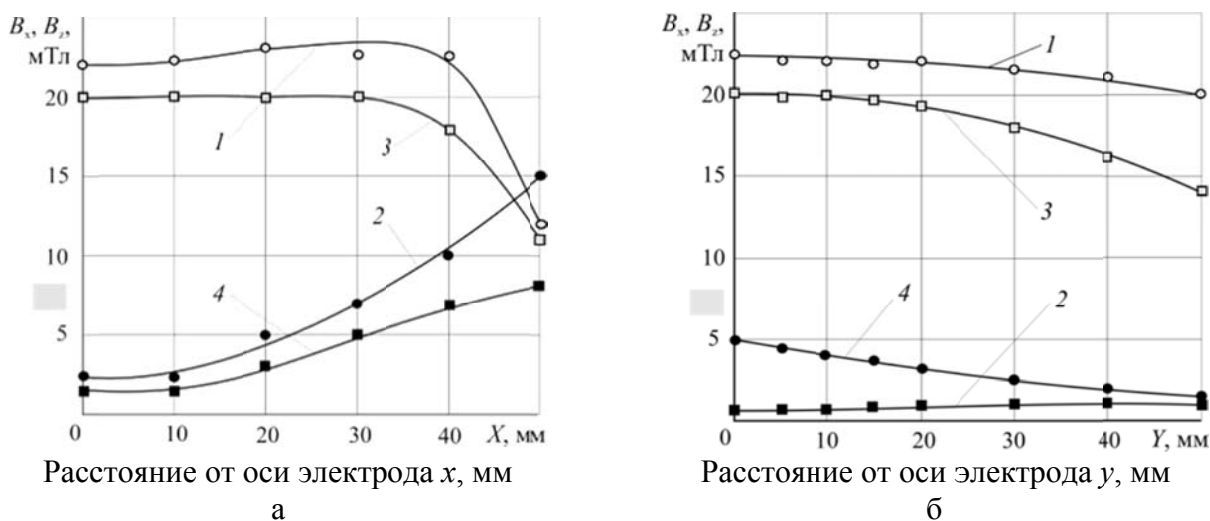


Рис. 2. Распределение индукции B_x , B_z ПОМП вдоль оси OX (а) и оси OY (б):

1, 3 – B_x ; 2, 4 – B_z : а – 1, 2 – $Y = 0$; 3, 4 – $Y = 20$ мм; б – 1, 2 $X = 0$; 3, 4 – $X = 20$ мм (постоянное ПОМП, ток в катушках 60 А)

Для варианта выполнения наплавки вдоль оси OY (рис. 1) измерениями установлено, что вдоль оси OY в диапазоне значений $X = 0\text{--}30$ мм (в зоне сварочной дуги и хвостовой части ванны) уровень индукции $B_x = 22,5\text{--}20$ мТл, а уровень индукции B_z незначителен и составляет $5\text{--}2,5$ мТл (рис. 2, б). Таким образом, и в этом варианте наплавки на сварочную дугу и жидкий металл ванны будет воздействовать, в основном, поперечная компонента индукции B_x .

С целью определения влияния ПОМП на проплавляющую способность основного металла выполняли наплавки проволокой Св-12Х18Н10Т диаметром 4 мм под флюсом АН-20П на пластины из стали 12Х18Н10Т толщиной 12 мм (проволока и основной металл немагнитные материалы) с воздействием ПОМП. При наплавках использовали конструкцию УВ ПОМП, приведенную на рис. 1. Наплавки выполняли при воздействии постоянного ПОМП, а также переменного ПОМП частотой 50 Гц, 6 Гц и 2 Гц. Для создания постоянного ПОМП катушки устройства запитывали от выпрямителя ВСЖ – 303, переменного частотой 50 Гц – от трансформатора ТДМ – 402, а частотой 6 и 2 Гц – от источника питания УЭМП-1 конструкции КПИ. Для сопоставления результатов исследований выполняли также наплавки без воздействия ПОМП. Типичный вид макрошлифов, полученных при наплавке, приведен на рис. 3, а размеры валика в сечении приведены в табл. 1. На рис. 3, б, в, г, д, е приведены макрошлифы, которые относятся к варианту наплавки вдоль оси OY и расположению стержней УВ ПОМП вдоль оси OX , т. е. поперек оси валика. При этом получены следующие результаты. Если при наплавке без магнитного поля глубина проплавления основного металла составляет 5,5 мм, то при включении постоянного ПОМП, когда дуга отклонялась назад (а жидкий металл

сварочной ванны оттеснялся к хвостовой ее части), глубина проплавления увеличивалась до 8,0 мм (рис. 3, б). При смене полярности тока в катушках, когда дуга отклонялась вперед, а жидкий металл ванны был направлен к передней части ванны, глубина проплавления уменьшилась до 2,4 мм, т. е. более чем в 2 раза (рис. 3, в, г). При отклонении дуги вперед при увеличении тока в катушках до 50 А (увеличение индукции B_x) привело к ухудшению формирования валика (образуются ужимы по ширине валика), т. е. ширина валика периодически изменялась (см. табл. 1, макрошлиф г).

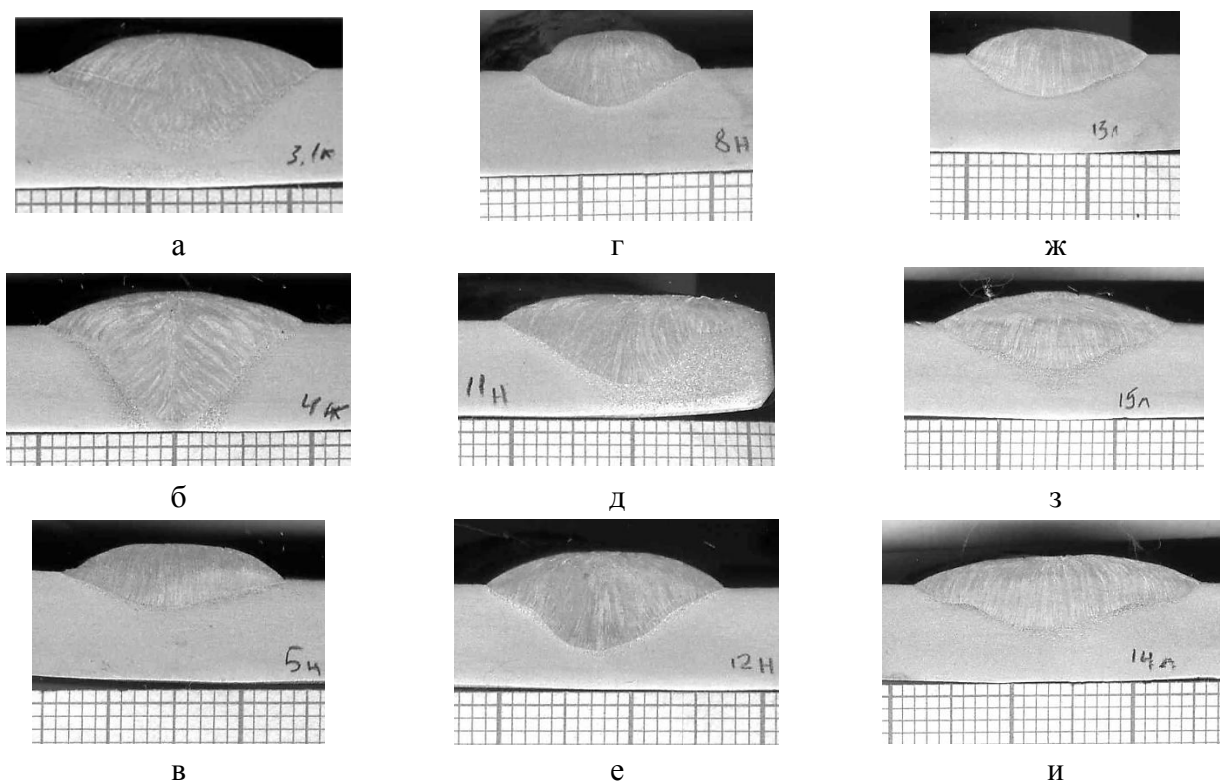


Рис. 3. Макрошлифы наплавки ($I_n = 500\text{--}520$ А; $U_d = 30\text{--}32$ В; $V_n = 30$ м/ч):

а – без ПОМП; б, в, г – постоянное ПОМП, $I_k = 40$ А: б – отклонение дуги назад; в, г – отклонение дуги вперед; д – $f = 6$ Гц, $I_k = 40$ А; е – $f = 6$ Гц, $I_k = 60$ А; ж – $f = 2$ Гц, $I_k = 40$ А; з – $f = 2$ Гц, $I_k = 30$ А; и – $f = 50$ Гц, $I_k = 40$ А; г – постоянное ПОМП;

б, в, г, д, е – наплавка выполнялась при расположении стержней системы поперек оси валика; ж, з и – наплавка выполнялась при расположении стержней вдоль оси валика

Установлено, что при размещении стержней УВ ПОМП вдоль оси валика постоянное ПОМП приводит к боковому смещению оси валика. Поэтому при таком варианте размещения стержней УВ ПОМП следует применять только знакопеременное ПОМП. Однако такое знакопеременное ПОМП частотой до 1 Гц дает зигзагообразное поперечное перемещение оси валика, и для устранения этого недостатка необходимо использовать ПОМП частотой от 2 Гц и выше.

Следует отметить, что в настоящей работе, в отличие от ранее выполненных работ [1–4], при наплавке с ПОМП на сварочную дугу и жидкий металл ванны воздействовала только поперечная компонента индукции B_x и все наблюдавшиеся эффекты обусловлены влиянием только этой компоненты магнитного поля. Полученные данные позволяют утверждать, что процесс сварки и наплавки с воздействием ПОМП является ресурсосберегающим процессом. ПОМП целесообразно использовать при сварке тонколистового металлов с низкой магнитной проницаемостью, например, хромоникелевых нержавеющей сталей. В этом случае изделие не искажает структуру магнитного поля в зоне сварочной дуги и жидкого металла ванны, и на них будет воздействовать, в основном, поперечная компонента индукции (B_x), которую генерирует УВ ПОМП.

Таблица 1

Влияние ПОМП на геометрию валика

№№ по рис. 3	Характер ПОМП	Ширина валика B , мм	Глубина проплавления H_{np} , мм	Примечания
а	без поля	$\frac{15,5...19,5}{17,4}$	$\frac{5,4...5,7}{5,55}$	
б	постоянное, $I_k = 40$ А, (отклонение дуги назад)	$\frac{17,8...19,0}{18,7}$	$\frac{7,8...8,2}{8,0}$	Стержни УВ ПОМП поперек оси валика
в	постоянное, $I_k = 40$ А, (отклонение дуги вперед)	$\frac{15,8...16,6}{15,4}$	$\frac{2,3...2,5}{2,4}$	
г	постоянное, $I_k = 50$ А, (отклонение дуги вперед)	11,8 ... 18,0 Ужимы по ширине валика	$\frac{2,7...2,9}{2,8}$	
д	$f = 6$ Гц, $I_k = 40$ А	$\frac{16,2...18,0}{17,1}$	$\frac{5,3...5,7}{5,5}$	
е	$f = 6$ Гц, $I_k = 60$ А	$\frac{17,0...17,4}{17,2}$	$\frac{4,8...5,0}{4,9}$	
ж	$f = 2$ Гц, $I_k = 40$ А	$\frac{15,0...17,5}{17,3}$	$\frac{3,5...3,6}{3,55}$	Стержни УВ ПОМП вдоль оси валика
з	$f = 2$ Гц, $I_k = 30$ А	$\frac{17,9...20,5}{19,7}$	$\frac{3,4...4,0}{3,75}$	
и	$f = 50$ Гц, $I_k = 40$ А	$\frac{20,6...23,0}{21,6}$	$\frac{3,5...3,7}{3,6}$	

Следует также отметить, что при наплавке проволокой под флюсом с воздействием ПОМП коэффициент наплавки увеличивается на 20–30 % [5] и возможно уменьшение глубины проплавления основного металла. Такой процесс рекомендуется применять при наплавке и сварке тонколистового металла. Кроме того, такой процесс является ресурсо- и энергосберегающим.

ВЫВОДЫ

Спроектированное оптимальной конструкции устройство обеспечивает значительный уровень поперечной компоненты индукции ПОМП в зоне сварочной дуги и жидкого металла сварочной ванны. При дуговой наплавке под флюсом с использованием проволок и основного металла из немагнитных материалов воздействием ПОМП возможно уменьшить не менее чем в 2 раза глубину проплавления основного металла. Такой процесс целесообразно применять при наплавке и сварке тонколистового металла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Деминский Ю. А. Магнитное управление при газозлектрической сварке плавящимся электродом / Ю. А. Деминский, В. И. Дятлов // Автоматическая сварка. – 1963. – № 4. – С. 82–83.
2. Акулов А. И. Магнитное управление дугой при сварке плавящимся электродом в аргоне / А. И. Акулов, Б. В. Копяев // Автоматическая сварка. – 1972. – № 7. – С. 39–42.
3. Размышляев А. Д. Управление геометрическими размерами шва при дуговой сварке и наплавке воздействием магнитных полей (обзор) / А. Д. Размышляев // Сварочное производство. – 1994. – № 9. – С. 28–31.
4. Размышляев А. Д. Влияние управляющих магнитных полей на геометрические размеры шва при дуговой сварке под флюсом / А. Д. Размышляев, В. Р. Маевский // Автоматическая сварка. – 1996. – № 2. – С. 17–19.
5. Производительность расплавления электродной проволоки при дуговой наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля / [А. Д. Размышляев и др.] // Автоматическая сварка. – 2011. – № 5. – С. 48–51.
6. Размышляев А. Д. Магнитное управление формированием швов при дуговой сварке / А. Д. Размышляев. – Мариуполь : ПГТУ, 2000. – 245 с.

Статья поступила в редакцию 30.08.2012 г.