

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКЦИИ В ЗОНЕ ВАННЫ ПРИ ДУГОВОЙ СВАРКЕ ПОД ФЛЮСОМ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В работах [1, 2] показано, что применение поперечного магнитного поля (ПОМП) при дуговой сварке и наплавке позволяет увеличить на 20..30% коэффициент расплавления электродной проволоки, эффективно управлять глубиной и площадью проплавления основного металла, то есть такой процесс является энергосберегающим и ресурсосберегающим процессом.

Было также установлено, что для наплавки изделий (пластин) из ферромагнитных сталей применение ПОМП затруднено из-за того, что устройства ввода (УВ) ПОМП обеспечивают под стержнями значительную вертикальную (продольную) компоненту индукции B_z у поверхности изделия, а поперечная компонента индукции у его поверхности в зоне сварочной дуги и ванны практически равна нулю [1, 2]. Однако применительно к сварке (наплавке) пластин из ферромагнитных сталей (например, сталей Ст3, 09Г2С и т.п.), стыковых соединений зачастую имеется зазор (воздушный) между кромками свариваемых пластин. На наш взгляд, это коренным образом должно повлиять на высказанное выше представление о неэффективности применения ПОМП для сварки стыковых соединений из ферромагнитных сталей. В связи с этим, в настоящей работе приведены результаты

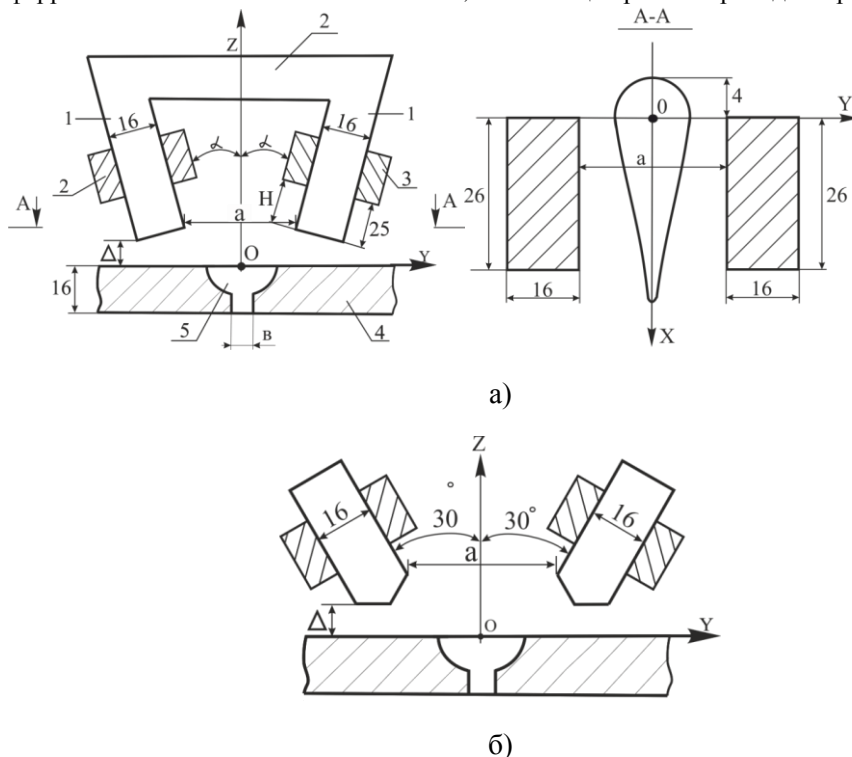


Рис. 1. Схем размещения УВ ПОМП:

1-стержни; 2-перемычка; 3- обмотки (катушки); 4- пластины;
5- полость сварочной ванны.

исследований по определению распределения индукции ПОМП в зоне сварочной ванны применительно к сварке стыковых соединений (по ГОСТ 8713-79 для сварки под флюсом) с гарантированным зазором. Исследования выполняли для вариантов стыковых соединений С29, С18 и С25.

Для сварного соединения С29 брали 2 пластины из стали СтЗсп толщиной 16 мм с зазором и выполняли углубление (полость) по размерам сварочной ванны, полученным выплеском ванны при сварке, проволокой диаметром 5 мм. На режиме: $I_n=750$ А, $U_d=32$ В; $V_n=20$ м/ч. Ванна имела размеры $H_{пр}=7,7$ м, ширину $B=14,7$ мм, длину $L=70$ мм (рис.1). Для ввода ПОМП использовали П-образное устройство (с перемычкой сверху) с сечением стержней 26×16 мм с двумя обмотками на наклонных стержнях с числом витков $W=100$ медного провода диаметром 1,0мм.

Полюса (стержни) УВ ПОМП устанавливали поперек оси ванны по схеме, приведенной на рис. 1а. Угол наклона стержней к вертикали составлял $\alpha=30^\circ$. В катушках (3) пропускали постоянный ток $I_k=16$ А, зазор между пластинами (4) составлял $v=1$ мм, $\Delta=0$.

Исследовали распределение индукции B_y и B_z вдоль оси ОХ. Данные исследований показали (рис. 2), что при $a=20$ мм, $\Delta=0$ уровень индукции B_y у поверхности ванны ($Z=0$) значителен и составляет $B_y \approx 25$ мТл (рис.2, кривая 1), а у дна ванны этот уровень индукции ещё выше и составляет $B_y \approx 30$ мТл (рис.2, кривая 3).

У дна ванны (из-за наличия зазора $v=1$ мм) компонента индукции $B_z \approx 7$ мТл несколько больше, чем у поверхности ванны (полости), когда $B_z \approx 5$ мТл (кривые соответственно 4 и 3 на рис.2). Следует отметить, что этот уровень индукции B_z получен при незначительном числе $I \times W$ ($I \times W=1600$) на каждом стержне и показал перспективность использования ПОМП при однопроходной сварке под флюсом стыковых соединений пластин с зазором (на флюсовой подушке).

Если сделать скосы стержней под углами 30° (по схеме рис. 1, б), то значение индукции B_y у поверхности ванны ($Z=0$) возрастает (ср. кривые 1 и 3 на рис. 2) почти в 1,5 раза. Увеличиваются и значения индукции B_z (кривые 4 и 6 на рис. 2). Однако индукция B_z в 3...4 раза меньше, чем горизонтальная компонента индукции B_y .

Таким образом, скосы торцов стержней УВ ПОМП (по схеме рис. 1, б), позволяют увеличивать индукцию в зоне жидкого металла сварочной ванны. Наличие перемычки (2) (по схеме рис.1,а) также желательно, поскольку при этом увеличивается компонента индукции B_y почти в 1,5 раза.

Исследовали влияние параметров a и Δ на уровень индукции B_y , B_z у поверхности основного металла ($Z=0$). Схема торцов стержней была применена по схеме рис. 1, б. Параметр a изменяли в пределах $a=20...40$ мм, а параметр Δ – в пределах $\Delta=0...10$ мм. Данные исследований показали, что если $\Delta=0$, то с увеличением расстояния a от 20 до 35 мм уровень индукции B_y в активной зоне сварочной ванны ($X=5...25$ мм) уменьшается, и если увеличить a до $a=40$ мм, то уровень индукции её уменьшается (кривые 3, 4 на рис. 3). Таким образом, желательно уменьшать (с учетом конструктивных возможностей) параметр a . Приемлемым является значение $a=30...40$ мм.

Если принять постоянным значения параметра $a=30$ мм и увеличивать расстояние от торцов стержней до изделия Δ от нулевых значений до $\Delta=10$ мм. То при значениях $\Delta=0...5$ мм уровень индукции B_y в зоне сварочной ванны ($X=5...25$ мм) не изменяется, и составлял значения $B_y=24...25$ мм (кривые 1, 2 на рис. 4). Если же увеличить значение Δ до $\Delta=10$ мм, то уровень индукции B_y уменьшится до значений $B_y=10...15$ мТл, то есть практически в 2 раза (кривая 3 на рис. 4). Следовательно, оптимальными являются значения Δ в пределе $\Delta=0...5$ мм.

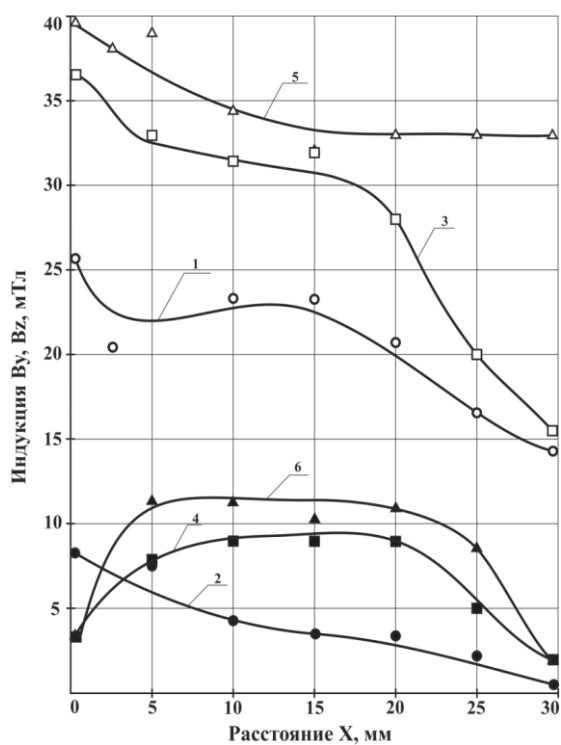


Рис. 2. Распределение индукции B_y , B_z вдоль оси OX ($Z=0$)

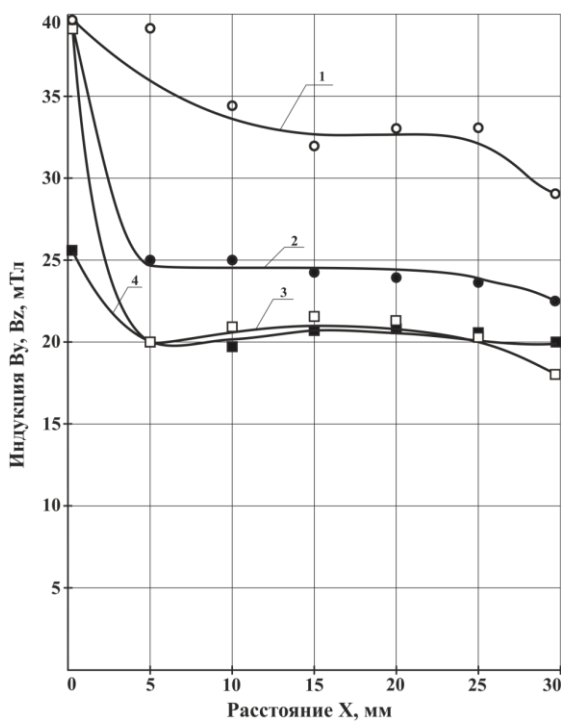


Рис. 3. Распределение индукции B_y вдоль оси OX ($\Delta=0$):
1, 2, 3, 4 – соответственно для значений $a=20; 30; 35; 40$ мм.

Итак, при $I \times W = 1600$ (каждого стержня), П-образной системе из двух стержней с перемычкой (по схеме рис. 1, а) и оптимальных значениях $a = 30$ мм, $\Delta = 0 \dots 5$ мм в зоне сварочной ванны при сварке стыкового соединения типа С29 (с зазором $v = 1 \dots 2$ мм). Позволяет создать уровень индукции $B_y = 20 \dots 30$ мм, что является приемлемым для индуцирования потоков жидкого металла сварочной ванны, а также управления глубиной проплавления основного металла и производительностью расплавления электродной проволоки.

Выполняли исследования применительно к стыковой односторонней сварке пластин с зазором для типа соединения С18 (ГОСТ 8713-79). В пластинах толщиной 16 мм выполняли скосы под углом 25° к вертикали с притуплением 4 мм. Пластины устанавливали с зазором 2 мм (по ГОСТ 8713-79 зазор должен быть в пределах $0 \dots 2$ мм). Вид пластин с разделкой и установленных стержней УВ ПОМП приведен на рис. 5. Выемку в виде ванны в этом случае не делали, так как полагали, что форма разделки (V-образная) близка к форме поперечного сечения шва (по ширине). В катушках пропускали постоянный ток $I_k = 16$ А ($I \times W = 1600$).

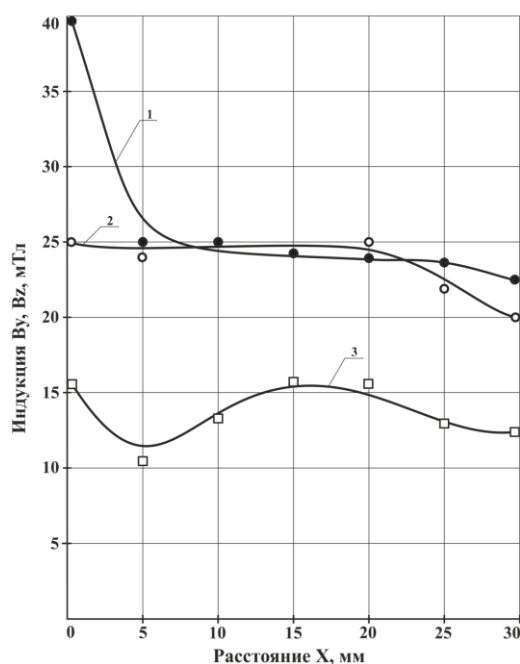


Рис. 4. Распределение индукции B_y вдоль оси OX

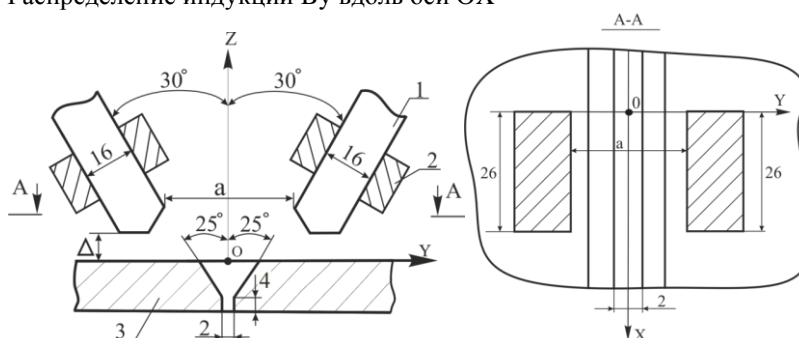


Рис.5. Схема размещения стержней УВ ПОМП:
1-стержни; 2- обмотки; 3- пластины.

Исследования показали (рис. 6), что индукция B_y при значении параметров $a=35$ мм и $\Delta=0$ значительна как на уровне поверхности ($Z=0$), так и у корня разделки ($Z\approx 12$ мм). Характерно, что у корня разделки величина индукции B_y больше, чем у поверхности (рис. 6). Компонента индукции B_z у поверхности пластин была незначительной (порядка 5...7 мТл), а у корня разделки была несколько больше (порядка 8...12 мТл).

Таким образом, возможно использование ПОМП при сварке (односторонней) стыковых соединений типа С18. Уровень индукции B_y в зоне шва ($B_y\approx 24...40$ мТл) достаточен для создания потоков жидкого металла в сварочной ванне при сварке под флюсом. То есть, можно ожидать влияние ПОМП на размеры швов и структуру металла при дуговой сварке проволокой под флюсом стыковых соединений типа С18.

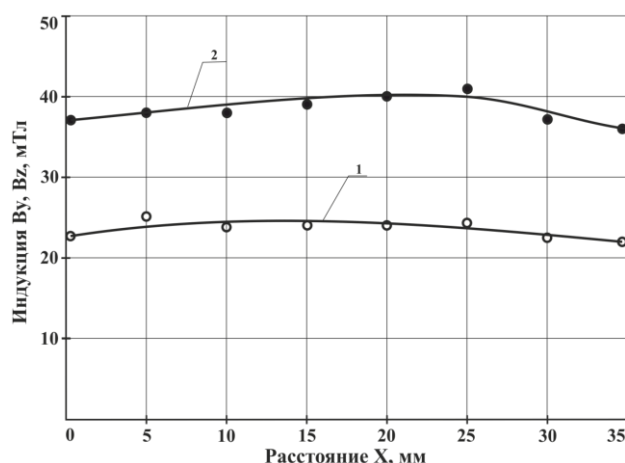


Рис. 6. Распределение индукции B_y вдоль оси OX ($Y=0$):
1 – у поверхности пластин; 2 – у корня разделки.

Выполняли исследования по определению распределения индукции B_y , B_z вдоль оси OX применительно к стыковому соединению С25 (ГОСТ 8713-79). Вид разделки кромок приведен на рис. 7 (установка УВ ПОМП не показана). Кромки пластин из стали ВмСтЗсп толщиной 16 мм были подготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ 8713-79. УВ ПОМП устанавливали над пластинами (собранными с зазором 1 мм) по схеме, указанной ранее (на рис. 1). Стержни УВ ПОМП имели сечение 26×16 мм в катушках пропускали постоянный ток $I_k=16$ А ($I\times W=1600$).

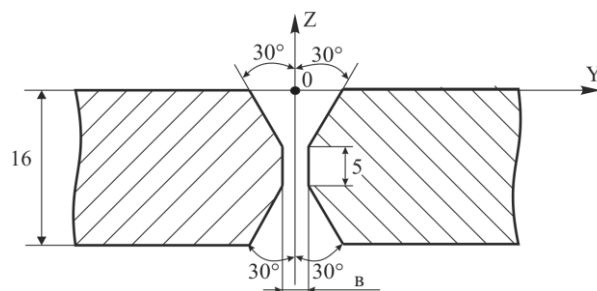


Рис. 7. Схема разделки кромок для сварного соединения типа С25.

Исследования показали, что индукция B_y при значениях $a=30$ мм; $\Delta=0$ составляет 30 мТл у поверхности пластин (в зоне разделки, под полюсами УВ ПОМП), а у корня разделки (у зазора $b=1$ мм) значительно больше, составляла

порядка 36...45 мТл (рис. 8), компонента индукции B_z незначительна (составляла порядка 6...12 мТл).

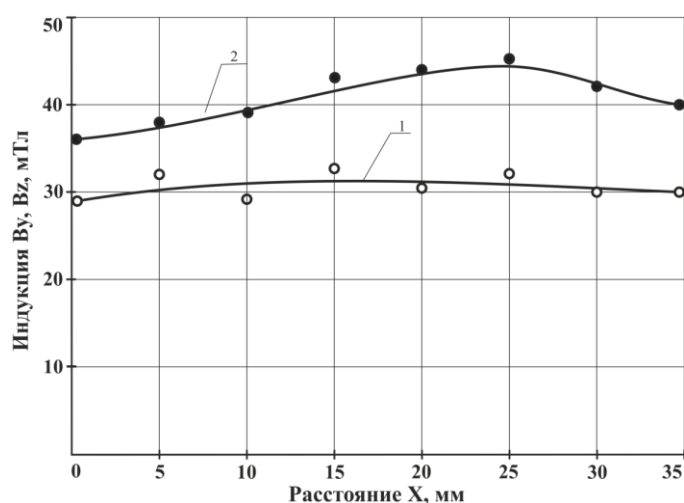


Рис.8. Распределение индукции B_y вдоль оси OX :

1 – у поверхности пластин; 2 – у корня разделки.

Таким образом, уровень поперечной компоненты индукции B_y в зоне сварного шва достаточен для управления гидродинамикой жидкого металла в сварочной ванне. При сварке 1-го шва стыковых соединений типа С25 проволокой под флюсом возможно использовать ПОМП.

Следует отметить, что эти исследования выполнены для оценки возможности использования ПОМП при сварке стыковых соединений из сталей-ферромагнетиков. Для практического использования ПОМП необходима корректировка конструкции УВ ПОМП с учетом имеющегося для автоматической сварки под флюсом оборудования (автоматов).

ВЫВОДЫ

1. Для сварных стыковых соединений С29 и С18, когда предусмотрена однопроходная дуговая сварка проволокой под флюсом, возможно достичь в зоне жидкого металла ванны уровень поперечной компоненты индукции ПОМП порядка 25...30 мТл и он достаточен для управления размерами швов при сварке.
2. Для сварных соединений типа С 25 с X-образной разделкой для сварки с двух сторон УВ ПОМП обеспечивают уровень поперечной компоненты индукции 30...40 мТл, достаточный для управления размерами швов при сварке 1-го прохода.

Перечень ссылок

1. Размышляев А.Д. Магнитное управление формированием швов при дуговой сварке / А. Д. Размышляев. – Мариуполь : ПГТУ, 2000. – 245 с.
2. Размышляев А.Д. 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.

Рецензент: д. т.н., проф. Малинов Л. С.

Статья поступила 26.12.2014 г.