

УДК 621.791.927.5

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

ОСОБЕННОСТИ ПЛАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ПОД ФЛЮСОМ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

В работе [1] показано, что воздействие постоянного поперечного магнитного поля (ПОМП) позволяет увеличить коэффициент расплавления электродной проволоки (α_p) при дуговой наплавке под флюсом на 20–25 % при уровне индукции 30–40 мТл этого поля в зоне капли на торце электрода.

В работе [2] исследовано влияние величины индукции постоянного и знакопеременного частотой 50 Гц ПОМП на коэффициент расплавления проволоки диаметром 4 мм из немагнитного материала (12X18H10T) и ферромагнитного материала (Св-08ГА). Показано, что постоянное магнитное поле повышает α_p проволоки Св-12X18H10T и Св-08ГА на 20 %, а переменное ПОМП частотой 50 Гц на – 10 %.

Однако в этих работах не рассмотрены особенности плавления электродных проволок при наплавке с воздействием ПОМП в диапазоне частот 0–50 Гц. Кроме того, в работах [1, 2] исследовано плавление проволок только диаметром 4 мм, а обычно при дуговой наплавке (сварке) используют проволоки также и диаметром 3 и 5 мм.

Целью данной работы является определение влияния частоты ПОМП на особенности плавления электродных проволок диаметром 3, 4 и 5 мм при дуговой наплавке под флюсом.

Для создания ПОМП использовали устройство, представляющее собой П-образный электромагнит с магнитопроводом из набора пластин толщиной 0,5 мм из электротехнической стали сечением 3×3 см, на наклонных участках которого размещены катушки с числом витков $W = 70$ в одной катушке. Схема устройства ввода (УВ) ПОМП и подробное описание его конструкции приведены в работе [2]. В этой же работе приведены методика, и аппаратура для измерений индукции в зоне электродной капли (у поверхности основного металла). В качестве основного металла во всех экспериментах использовали пластины из стали 12X18H10T (немагнитный материал) толщиной 12 мм. При наплавке (на обратной полярности) использовали проволоки Св-08А и Св-12X18H10T диаметрами 3, 4 и 5 мм. Наплавки выполняли автоматом АДС-1002 от выпрямителя ВДУ-1202 (при падающей внешней характеристике). При наплавке использовали флюс АН-26П. Для создания ПОМП различных частот (до 33 Гц включительно) использовали источник специальной конструкции, который питал катушки УВ ПОМП. Источник генерировал импульсы тока прямоугольной формы, при этом длительность пауз между разнополярными импульсами составляла 0,01 с. Для создания ПОМП частотой 50 Гц катушки УВ ПОМП запитывали от сети через понижающий напряжение трансформатор. Для создания постоянного ПОМП катушки УВ ПОМП запитывали от сварочного выпрямителя (ВСЖ-303). Коэффициент расплавления электродных проволок при дуговой наплавке определяли по стандартной методике (методом взвешивания). На каждом режиме выполняли по 3 наплавки. На всех графиках приведены среднеарифметические значения α_p из трех измерений.

Установлено, что для электродов диаметрами 3, 4 и 5 мм как из немагнитных, так и магнитных материалов α_p в одинаковой степени возрастает при увеличении индукции постоянного ПОМП (рис. 1) ($I_n = 500$ А). Для проволок диаметром 4 и 5 мм возрастание α_p начиналось при уровне индукции ПОМП 10 мТл, а для проволок диаметром 3 мм приращение α_p начиналось с уровня индукции ПОМП 17 мТл.

При воздействии постоянного ПОМП наблюдается существенное приращение α_p ($\Delta \alpha_p / \alpha_p$) для электродов всех диаметров (3, 4 и 5 мм) до индукции ПОМП порядка 30 мТл, а при дальнейшем увеличении индукции ПОМП (до 45 мТл) этот рост прекращается (рис. 1).

Следует отметить, что для проволок Св-08А приращение α_p ($\Delta\alpha_p/\alpha_p$) было несколько меньшим (на 3–4 %), чем для проволок Св-12Х18Н10Т, значения которых приведены на рис. 1. Это можно объяснить тем, что, вероятно, магнитный материал проволок Св-08А несколько снижал значение индукции в зоне капли на торце электродов.

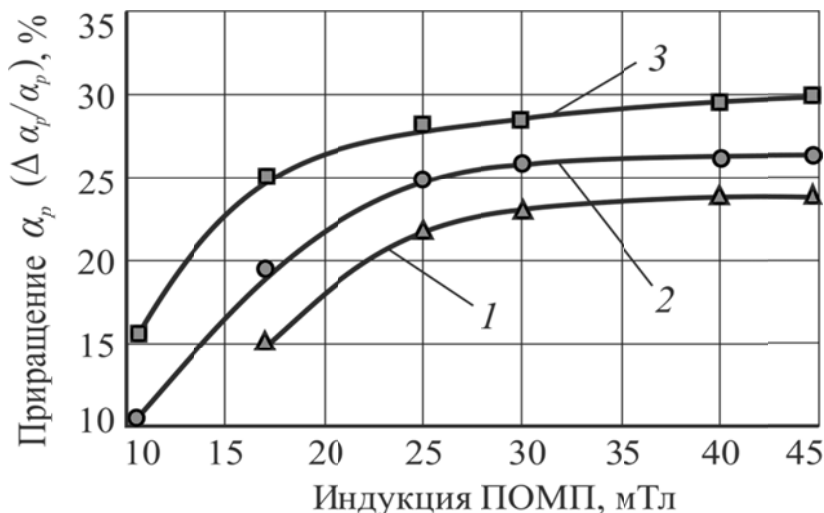


Рис. 1. Влияние индукции постоянного ПОМП на приращение α_p ($\Delta\alpha_p/\alpha_p$) электродов: 1, 2, 3 – соответственно диаметры электродов 3; 4; 5 мм ($I_n = 470\text{--}500$ А, $U_d = 30\text{--}32$ В)

Установлено, что при воздействии знакопеременного ПОМП частотой до 50 Гц (включительно) приращение коэффициента расплавления электродов ($\Delta\alpha_p/\alpha_p$) уменьшается от значений порядка 28–23 % при постоянном ПОМП, и при частоте ПОМП 50 Гц это приращение снижается до нулевых значений (рис. 2, кривые 1, 2, 3). Однако, если использовать однополярные импульсы ПОМП в диапазоне частот 12–50 Гц, то при уровне индукции ПОМП 30 мТл ($I_n = 470\text{--}500$ А) сохраняется значительный уровень приращений α_p ($\Delta\alpha_p/\alpha_p$), составляющий для электродов диаметром 3, 4 и 5 мм соответственно 20, 25 и 28 % (рис. 2, кривые 4, 5, 6).

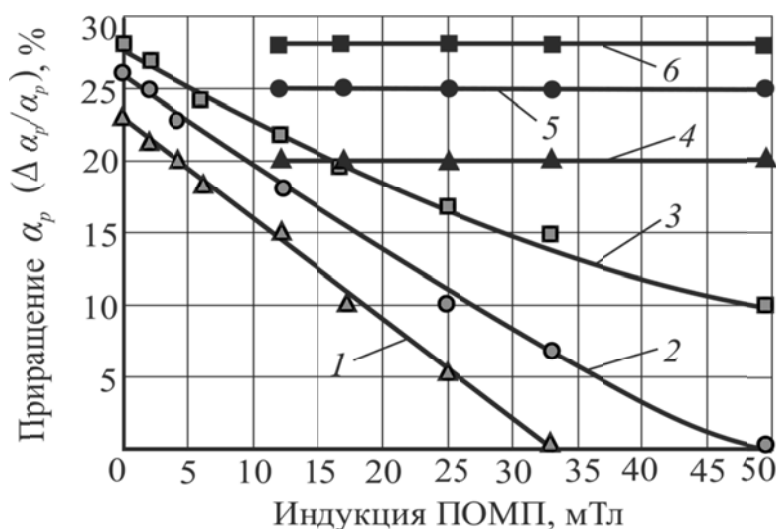


Рис. 2. Влияние частоты ПОМП на приращение α_p ($\Delta\alpha_p/\alpha_p$) электродов ($I_n = 470\text{--}500$ А, $U_d = 30\text{--}32$ В):

1, 4 – $d_3 = 3$ мм; 2, 5 – $d_3 = 4$ мм; 3, 6 – $d_3 = 5$ мм; 1, 2, 3 – знакопеременное ПОМП; 4, 5, 6 – однополярные импульсы ПОМП

Таким образом, для повышения α_p электродов диаметрами 3, 4 и 5 мм целесообразно применять однополярные импульсы ПОМП частотой свыше 12 Гц, либо постоянное ПОМП при уровне индукции поля в зоне электродной капли на торце электрода порядка 30 мТл (не менее).

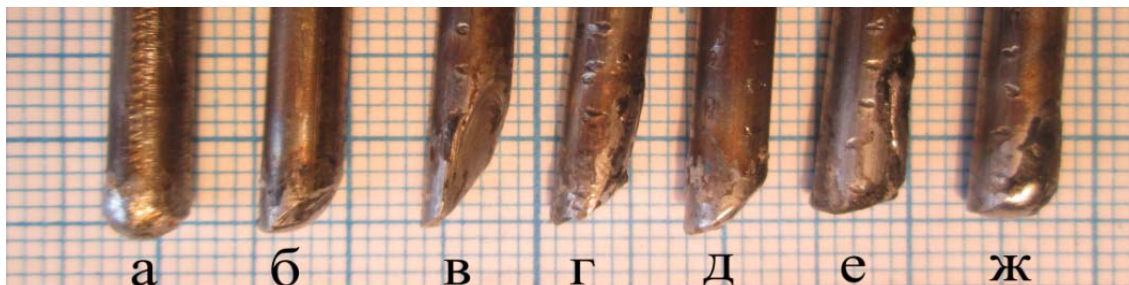


Рис. 3. Виды оплавленных торцов электродов при дуговой наплавке под флюсом ($d_3 = 4$ мм; $I_H = 470\text{--}500$ А, $U_d = 30\text{--}32$ В):

а – без поля; б, в, г, д – постоянное ПОМП с индукцией соответственно 10; 17; 30; 40 мТл; е, ж – знакопеременное ПОМП соответственно частотой 12 и 50 Гц ($B = 17$ мТл)

Для объяснения причин влияния ПОМП на α_p электродов при дуговой наплавке под флюсом изучали вид торцов, оплавленных дугой при наплавке с воздействием ПОМП. При этом выполняли наплавки под флюсом с воздействием ПОМП определенных параметров и быстро выключали дугу и поднимали вверх электрод. На каждом режиме выполняли не менее трех экспериментов. Анализировали виды оплавленных дугой торцов электродов. Типичные виды таких торцов в качестве примера приведены на рис. 3. Характерной особенностью является то, что все торцы (за исключением торца при наплавке без воздействия ПОМП – рис. 3, а) имеют скосы под углом α к горизонту. При смене полярности подключения катушек УВ ПОМП дуга отклоняется в другую сторону и соответственно боковая поверхность электрода у торца оплавляется с противоположной стороны с аналогичным углом скоса торца. При увеличении индукции постоянного ПОМП величина угла α возрастает (рис. 3, б–д). При воздействии знакопеременного ПОМП частотой 12 Гц угол α уменьшился (рис. 3, е) и при частоте 50 Гц торец электрода является плоским и угол $\alpha = 0$ (рис. 3, ж). Значения угла α увеличиваются при увеличении индукции постоянного ПОМП и он больше для электродов меньшего диаметра (рис. 4, а). При увеличении частоты знакопеременного ПОМП угол α уменьшается от значений порядка $46^\circ\text{--}60^\circ$ при постоянном ПОМП до нулевых значений при частоте 50 Гц ПОМП (рис. 4, б, кривые 1, 2, 3). Это связано с тем, что дуга при частоте 50 Гц с такой же частотой изменяет наклон своей оси вертикально и торец электрода не заостряется, является плоским. Если же применить однополярные импульсы ПОМП в диапазоне частот 12–50 Гц, то значения угла составляют $46^\circ\text{--}51^\circ$. То есть, торец электрода в этом случае является заостренным. Эти данные позволяют объяснить влияние ПОМП на α_p плавления дугой под флюсом электродов следующим образом.

Образование скосов электродов при воздействии ПОМП при дуговой наплавке является важным фактором, определяющим повышение α_p электродов. Скос электрода при наплавке образуется потому, что постоянное ПОМП, либо ПОМП в виде однополярных импульсов воздействует также и на дугу, отклоняя ее столб в сторону воздействующей электромагнитной силы от взаимодействия вектора индукции ПОМП с током в дуге. Наклон столба дуги от вертикали обуславливает оплавление торца электрода сбоку, что приводит к образованию скоса торца (угла α_p по отношению к горизонту). Под воздействием электромагнитной силы происходит отрыв капель и смещение (течение) жидкого металла вдоль оплавленного (со скосом) торца электрода. Это приводит к уменьшению прослойки жидкого металла между

твердым торцом электрода и активным (анодным) пятном дуги на жидкой прослойке. Улучшаются условия передачи тепла дуги электроду и это повышает α_p электродов. Наиболее эффективно это происходит для больших диаметров электродов, при плавлении которых образуются большие капли.

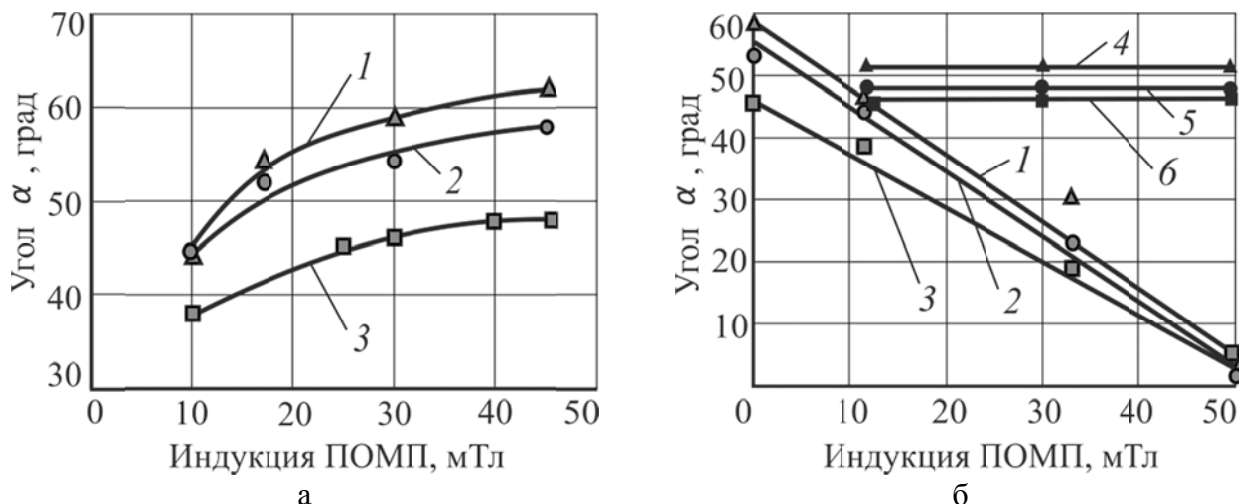


Рис. 4. Влияние индукции постоянного ПОМП (а) и частоты ПОМП (б) на угол α ($I_n = 470\text{--}500$ А, $U_d = 30\text{--}32$ В):

1, 4 – $d_s = 3$ мм; 2, 5 – $d_s = 4$ мм; 3, 6 – $d_s = 5$ мм; 1, 2, 3 – знакопеременное ПОМП; 4, 5, 6 – однополярные импульсы ПОМП ($B = 30$ мТл)

Следует отметить, что применение ПОМП при дуговой наплавке повышает α_p электродов и такая технология является энергосберегающей, позволяющей уменьшить расход электроэнергии на наплавку (сварку) под флюсом до 20–30 %.

ВЫВОДЫ

1. При дуговой наплавке проволокой под флюсом целесообразно применение либо постоянного ПОМП, либо однополярных импульсов ПОМП частотой более 12 Гц. При этом коэффициент расплавления электродов диаметром 3, 4 и 5 мм повышается соответственно на 20; 25 и 28 % при уровне индукции ПОМП в зоне электродной капли не менее 30 мТл.

2. При воздействии постоянного ПОМП, либо однополярных импульсов ПОМП при дуговой наплавке под флюсом образуется скос торца электрода, вследствие чего улучшаются условия отрыва капли от торца электрода и повышается коэффициент расплавления электрода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Производительность расплавления электродной проволоки при дуговой наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля / А. Д. Размышляев, М. В. Миронова, К. Г. Кузьменко, П. А. Выдмыш // Автоматическая сварка. – 2011. – № 5. – С. 48–51.

2. Размышляев А. Д. Производительность расплавления электродной проволоки при дуговой наплавке под флюсом с воздействием поперечного магнитного поля / А. Д. Размышляев, М. В. Миронова // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – № 1 (22). – С. 140–147.