

УДК 621.791.927.5

Размышляев А.Д.<sup>1</sup>, Миронова М.В.<sup>2</sup>, Дели А.А.<sup>3</sup>

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПРОПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ ВОЛЬФРАМОВЫМ ЭЛЕКТРОДОМ В ПРОДОЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

*Показано, что при сварке вольфрамовым электродом в аргоне среднее газодинамическое давление дуги несколько больше, чем металлостатическое давление в ванне под дугой, а изменения глубины проплавления металла при сварке с воздействием продольного магнитного поля соответствуют происходящим при этом изменениям среднего газодинамического давления дуги.*

Имеющиеся литературные данные о размерах зоны проплавления основного металла при сварке неплавящимся (вольфрамовым) электродом (СНЭ) в продольном магнитном поле (ПРМП) немногочисленны. Данные работы [1] о глубине проплавления металла при СНЭ относятся к воздействию (ступенчатому) ПРМП частотой 50 Гц при значениях индукций: 100, 200, 300 и 400 мТл. Однако, при таком способе сварки практически применяют ПРМП с индукцией значительно меньшей (порядка до 30...50 мТл) [2]. В работе [3] были проведены исследования о влиянии ПРМП на давление дуги при сварке вольфрамовым электродом в аргоне. Однако, влияние давления дуги на формирование размеров зоны проплавления металла не было установлено (и не анализировалось).

Цель настоящей работы – установление влияния давления дуги при СНЭ в аргоне с воздействием ПРМП на формирование размеров зоны проплавления основного металла.

Выполняли эксперименты по сварке (проплавлению дугой) плоских пластин толщиной 6 мм из сталей 12Х18Н10Т и СтЗсп. Первая из них не обладала ферромагнитными свойствами, а вторая – была ферромагнетиком. Параметры режима сварки вольфрамовым лантанированным электродом диаметром 4,0 мм были следующими:  $I_{св} = 200...210 \text{ А}$ ,  $U_d = 14...15 \text{ В}$ ,  $V_{св} = 28 \text{ м/ч}$ . Угол заточки торца электрода составлял  $90^0$  (без притупления). Следует отметить, что условия и параметры режима сварки были такими же, как и в работе [3], в которой выполнены исследования давления дуги и распределения его вдоль радиуса дуги.

Характерно, что для сталей 12Х18Н10Т и СтЗсп при увеличении индукции ПРМП в области значений 20...30 мТл имеется снижение глубины проплавления основного металла ( $H_{np}$ ), а при дальнейшем увеличении индукции ПРМП наблюдается возрастание  $H_{np}$  (рис. 1а). Ширина зоны проплавления  $B$  при увеличении индукции линейно возрастает (рис. 1б). Более глубокая и широкая зона проплавления пластины из стали 12Х18Н10Т, чем пластины из стали СтЗсп обусловлена различием теплофизических свойств этих сталей (прежде всего тем, что коэффициент теплопроводности нержавеющей стали меньше, чем у малоуглеродистой стали).

Вид макрошлифов зоны проплавления пластины из стали 12Х18Н10Т при СНЭ без воздействия и с воздействием ПРМП частотой 50 Гц приведен на рис. 2.

Авторы работы [1] воздействие ПРМП на проплавляющую способность дуги связывали с максимальным давлением дуги, которое наблюдалось не в осевой ее зоне. На наш взгляд такой подход не является корректным, поскольку в осевой зоне дуги при воздействии ПРМП наблюдалось существенное уменьшение газодинамического давления дуги, и даже иногда имело отрицательные значения. В этом случае целесообразно было связывать влияние глубины проплавления металла со средним значением этого давления по поперечному сечению дуги. В связи с этим в настоящей работе использованы средние по поперечному сечению дуги значения газодинамического давления, которые получали обработкой данных работы [3] по методике, приведенной в работе [4]. Полученные при этом данные приведены на рис. 3.

<sup>1</sup>ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

<sup>2</sup>ПГТУ, ст. препод.

<sup>3</sup>ОАО «Азовобщесмаш», инж.

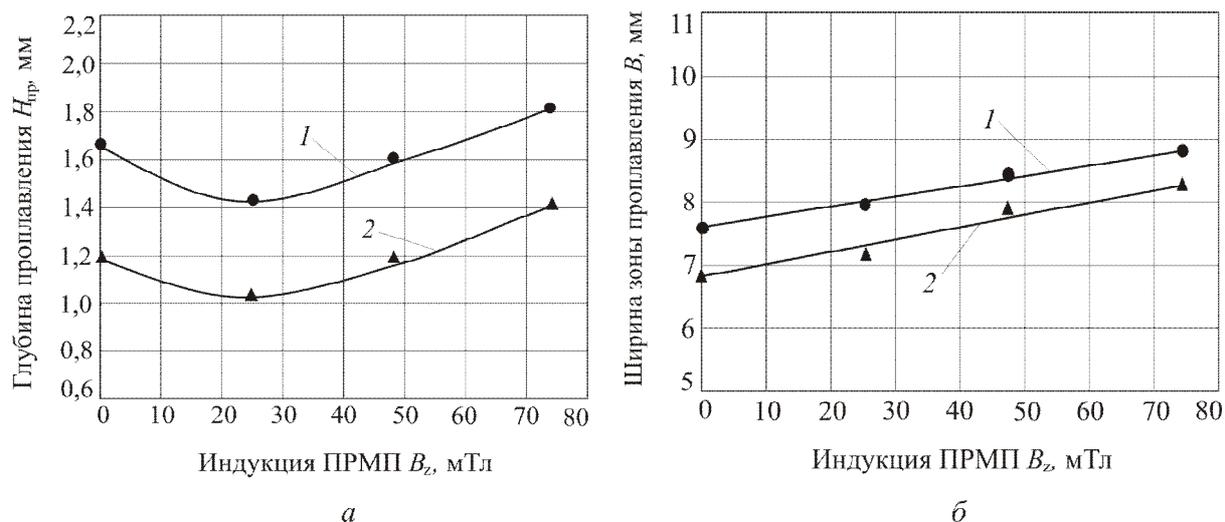


Рис. 1 – Влияние индукции ПРМП частотой 50 Гц на глубину  $H_{пр}$  (а) и ширину зоны проплавления  $B$  (б) при сварке вольфрамовым электродом пластин из стали 12X18H10T (1) и СтЗсп (2)

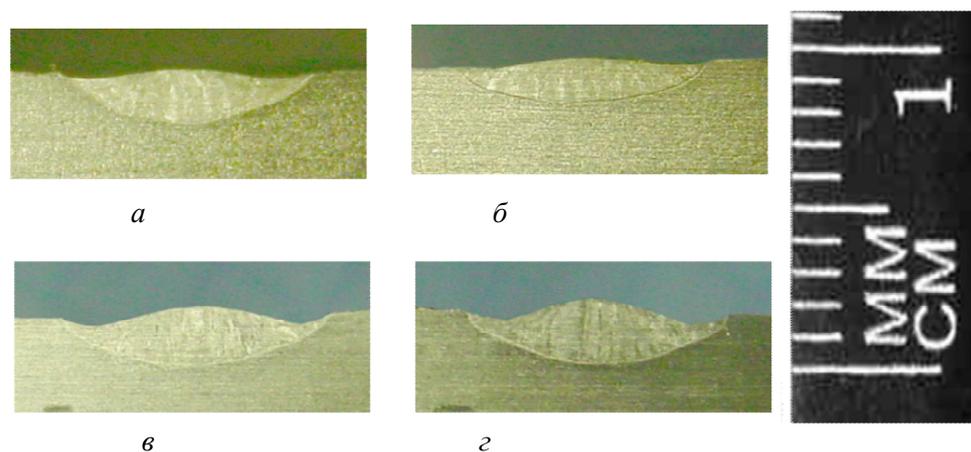


Рис. 2 – Макрошлифы зоны проплавления при СНЭ: а – без воздействия поля; б, в, z – с воздействием ПРМП, соответственно  $B_z = 27, 50, 62$  мТл

При сопоставлении зависимости  $H_{пр} = f(B_z)$  с зависимостью среднего газодинамического давления дуги (рис. 3) заметен их сходный характер. Глубина проплавления металла обусловлена не характером радиального распределения давления дуги, а характером зависимости среднего давления дуги при изменении индукции ПРМП. Увеличение ширины зоны проплавления при увеличении индукции ПРМП (рис. 1б) объясняется имеющим место при этом увеличением как видимого диаметра столба дуги, так и диаметра давления дуги, данные о которых приведены в работе [3]. Эти данные практически полностью совпадают.

Интерес представляет выяснение вопроса о том, как соотносятся значения газодинамического и металлостатического давлений слоя жидкого металла под дугой (высотой  $H_{пр}$  и плотностью  $7,0 \text{ г/см}^3$ ). Данные показали, что при сварке без ПРМП ( $B_z = 0$ ) среднее давление дуги составило  $0,15 \text{ кПа}$ , а металлостатическое –  $0,098 \text{ кПа}$ , то есть последнее давление в 1,5 раза меньше первого. При сварке в ПРМП с индукцией  $B_z = 20 \dots 30 \text{ мТл}$ , когда наблюдается минимальная глубина проплавления основного металла, эти давления составляют величины соответственно  $0,10 \text{ кПа}$  и  $0,084 \text{ кПа}$ , то есть последнее давление меньше первого приблизительно в 1,2 раза. При максимальной индукции  $B_z = 50 \text{ мТл}$  ПРМП, когда глубина проплавления основного металла существенно возросла, эти давления соответственно составили величины  $0,15 \text{ кПа}$  и  $0,098 \text{ кПа}$ , то есть давление дуги вновь приблизительно в 1,5

раза больше металлостатического давления. Эти данные, полученные для способа сварки вольфрамовым электродом в аргоне, приблизительно соответствуют общепринятому в сварочной литературе положению, когда обсуждаются вопросы формирования глубины проплавления основного металла при дуговой сварке и наплавке плавящимся электродом.

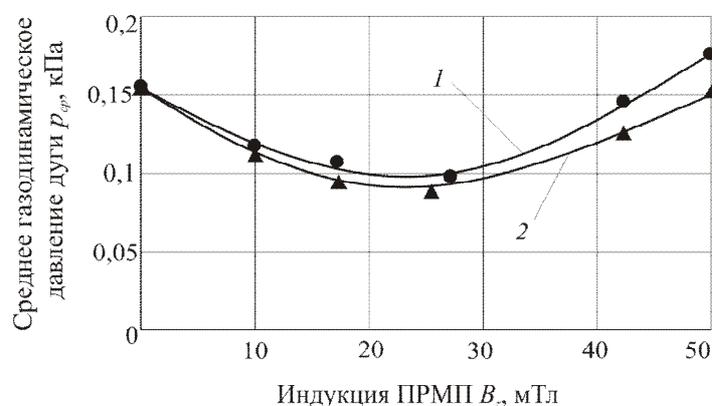


Рис. 3 – Влияние индукции ПРМП на среднее газодинамическое давление дуги:  
1 – постоянное ПРМП; 2 – переменное частотой 50 Гц ПРМП

Однако, спецификой процесса СНЭ в аргоне является то, что для него характерно (ему присуще) наличие «избыточного давления дуги». Вероятно, что в формировании глубины проплавления основного металла при этом способе сварки «лимитирующими» (определяющими конечный результат) являются не только тепловые процессы (энергия, выделяющаяся в активном пятне дуги на изделии), но и среднее газодинамическое давление дуги.

#### Выводы

1. При сварке вольфрамовым электродом в аргоне без воздействия и с воздействием ПРМП среднее газодинамическое давление дуги в 1,2...1,5 раза больше, чем металлостатическое давление в кратере ванны под дугой.
2. При сварке вольфрамовым электродом в аргоне с воздействием ПРМП изменения глубины проплавления основного металла соответствуют происходящим при этом изменениям среднего газодинамического давления дуги на сварочную ванну.

#### Перечень ссылок

1. Болдырев А.М. Влияние продольного магнитного поля на проплавляющую способность дуги прямой полярности / А.М. Болдырев, В.А. Биржев // Сварочное производство. – 1982. – № 4. – С. 10 – 11.
2. Сварка с электромагнитным перемешиванием / В.П. Черныш, В.Д. Кузнецов, А.Н. Брискман и др. – Киев: Техника, 1983. – 127с.
3. Размышляев А.Д. Влияние продольного магнитного поля на характеристики дуги при сварке неплавящимся электродом в аргоне / А.Д. Размышляев, М.В. Миронова, А.А. Дели // Автоматическая сварка. – 2008. – № 3. – С. 21 – 25.
4. Размышляев А.Д. Особенности проплавления основного металла при дуговой наплавке в продольном магнитном поле / А.Д. Размышляев, М.В. Миронова // Автоматическая сварка. – 2008. – № 8. – С. 24 – 28.

Рецензент: В.И. Щегина  
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 27.02.2009