

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ МЕТАЛЛА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ СВАРКИ ПОД ВОДОЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

С. Ю. Максимов, д. т. н., Е. А. Прилипко, к.т.н.

Институт электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины

Физико-химические и металлургические процессы при сварке под водой протекают в тяжелых, экстремальных условиях, которые обуславливают сложность проблем получения качественных соединений. Это связано не столько с техническими, сколько с тепловыми и металлургическими особенностями указанного способа: интенсивным теплоотводом, значительным насыщением расплавленного металла водородом, повышенным давлением окружающей среды. Так как применение технологических приемов, хорошо зарекомендовавших себя в условиях сварки на воздухе, под водой затруднено или вообще невозможно, задача повышения свойств металла шва обычно решается металлургическим путем – за счет изменения состава рудоминеральной части шихты электродных материалов и легирования металла шва. А это, в свою очередь, приводит к ухудшению сварочно-технологических свойств электродных материалов.

Альтернатива металлургическому подходу в решении задачи, видится в создании условий принудительной дегазации сварочной ванны путем ее перемешивания. Учитывая сложность использования каких-либо механических устройств, реализация такого подхода возможна за счет применения внешнего электромагнитного воздействия (ВЭВ), которое способствует снижению химической микронеоднородности, равномерному распределению легирующих элементов, снижению пористости и формированию мелкокристаллической структуры.

Для реализации ВЭВ с учетом характера растекания тока в сварочной ванне [1] и необходимости обеспечения минимального возмущающего воздействия на дугу было выбрано аксиальное (продольное по отношению к электроду) магнитное поле с прерывистыми импульсами, которое генерировали с помощью электромагнита, установленного над сварочной ванной коаксиально токоподающему мундштуку.

Многопроходную сварку образцов стали 15ХСНД толщиной 14 мм с V-образной обработкой кромок осуществляли на глубине 1м порошковой проволокой ППС-АН1 на режиме: $I_{св} = 180$ А прямой и обратной полярности, $U_d = 32$ В, $V_{св} = 7$ м/ч.

Установлено, что структура металла швов, полученных как при сварке по штатной технологии, так и с приложением ЭМВ, в основном представляет собой ОЦК-твердый раствор марганца, кремния и никеля в α -железе. Сравнительные исследования показали, что применение ВЭВ влияет на процесс кристаллизации. Об этом можно судить по фотографиям микроструктур, рис.3.14. В швах, выполненных по штатной технологии, микроструктура состоит преимущественно из перлита с очень тонкими ферритными прослойками по границам кристаллов (рис. 1 а). В образцах, полученных с применением ВЭВ,

наблюдается значительное уменьшение размеров кристаллов, особенно при напряженности магнитного поля $B = 10$ мТл. Наряду с увеличением толщины ферритных прослоек просматриваются участки структурно свободного феррита, что может быть следствием повышения диффузионной подвижности углерода из-за уменьшения количества несовершенств кристаллической решетки, рисунок 1 б.

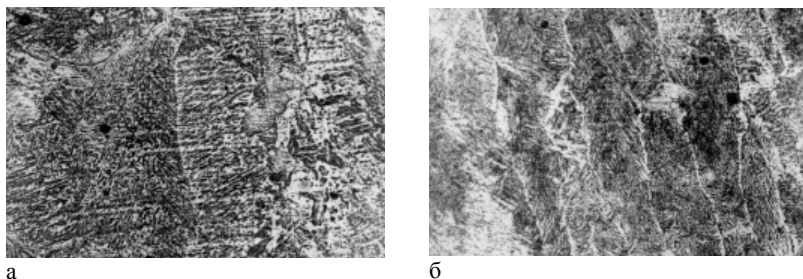


Рис.1. Микроструктуры сварных соединений ; а - без ЭМВ; б - с ЭМВ, обратная полярность при $B=15$ мТл.

Интенсивное перемещение потоков расплава в полном объеме ванны в результате наложения внешнего электромагнитного поля привело к отсутствию видимого текстурирования структуры. Причем при сварке с ВЭВ на обратной полярности, рис.1 б, наблюдается более высокая дисперсность структурных составляющих. Это связано с расхождениями энергозатрат в швы и соответствующие изменения скоростей кристаллизации, которые в сравнении с условиями сварки по штатной технологии, рис. 1 а, позволяют на порядок уменьшить размеры структурных составляющих. Качественно аналогичные результаты ранее были получены при сварке с ВЭВ на воздухе конструкционных сталей [2]. В этой работе авторами был предложен механизм измельчения, основанный на разветвлении выступающих частей твердой фазы в период импульсного роста с увеличенными мгновенными скоростями.

В результате изучения макрошлифов можно сказать, что структуры ЗТВ также изменяются в зависимости от применения ВЭВ и полярности $I_{св}$. Образцы, полученные при сварке на прямой полярности, характеризуются ярко выраженным текстурированием структуры в направлении, перпендикулярном боковой поверхности сварочной ванны. В структуре просматриваются колонии мартенситных "игл", что приводит к повышению микротвердости ЗТВ. Применение ЭМВ при сварке на обратной полярности $I_{св}$ позволяет гомогенизировать структуру ЗТВ, повысить ее дисперсность. Образующиеся частицы имеют округлую форму, которая, как известно [3], благоприятно влияет на пластические свойства материала. При $B = 15$ мТл их размеры на порядок меньше, чем на других режимах, и, как следствие, уменьшается микротвердость. Мартенсит в ЗТВ при таких индукциях электромагнитного поля не выявлен. Это свидетельствует о том, что данный режим ВЭВ характеризуется максимальной интенсивностью гидродинамических процессов в ванне, которые сопровождаются периодическими подплавлениями фронта кристаллизации и уменьшением скорости охлаждения в ЗТВ. При этом образование мелких частиц подавляет образование закалочных структур.

Таким образом, для получения в условиях подводной мокрой сварки гомогенной структуры как в шве, так и в ЗТВ, обеспечивающей улучшение пластических и прочностных свойств, более благоприятной является сварка с применением ВЭВ на обратной полярности Исв.

Положительное воздействие ВЭВ на гомогенизацию структуры подтверждается дюрOMETрическими измерениями. Разброс значений микротвердости в пределах одной области уменьшается и при 15 мТл почти отсутствует. Величина микротвердости снижается, как в металле шва, так и в металле ЗТВ, рисунок 2.

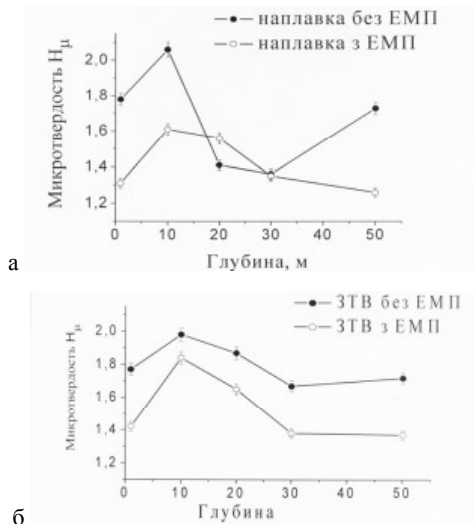


Рис.2. Влияние глубины на микротвердость металла шва (а) и ЗТВ (б).

Выводы.

1. Применение ВЭВ в условиях сварки под водой позволяет гомогенизировать структуру металла шва и ЗТВ и повысить ее дисперсность.

2. Сварка по предложенной технологии обеспечивает снижение твердости как металла шва, так и ЗТВ. Отмеченный эффект сохраняется и на повышенных глубинах.

Список использованных источников

1. Максимов С.Ю. Распределение тока в жидкометаллической ванне при сварке под водой / С.Ю.Максимов, Е.А.Прилипка, И.В.Воленко // Захист металургійних машин від поломок. -2011. -Випуск 13. -с. 239-241.

2. Гаген Ю.Г., Мартынюк Т.А. Влияние параметров продольного магнитного поля на структуру и механические свойства сварных соединений газонепроводов // Автомат. сварка. – 1978. - №9. – с. 37-38.

3. Иванова В.С., Терентьев В.Ф. Природа усталости металлов. – М.: Металлургия. – 1975. – с. 389-431.