



РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА В СОЕДИНЕНИЯХ СТАЛИ 10Г2ФБ, ВЫПОЛНЕННЫХ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКОЙ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Академик НАН Украины **С. И. КУЧУК-ЯЦЕНКО**, **Г. К. ХАРЧЕНКО**, **О. Д. СМЯЯН**, доктора техн. наук,
Ю. В. ФАЛЬЧЕНКО, канд. техн. наук, **В. Ф. ЗАГАДАРЧУК**, **Е. И. БУТКОВА**, инженеры
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Исследованы особенности распределения водорода при контактной стыковой сварке оплавлением стали 10Г2ФБ. Установлено, что характер распределения водорода в зоне контакта определяется величиной осадки.

Ключевые слова: контактная стыковая сварка оплавлением, низколегированная сталь, величина осадки, сварка трением, водород, аномальный массоперенос, деформация

Ранее в работах [1–4] было показано распределение газообразующих примесей внедрения (водорода, кислорода и углерода) в соединениях, выполненных разными способами сварки давлением. Для оценки содержания водорода в соединениях стали 10Г2ФБ [1] и никелевого сплава ЭИ-698ВД [2], выполненных сваркой трением (СТ), применяли методику и аппаратуру для локального масс-спектрального анализа с использованием лазерного луча. Показано, что при конвенционной СТ стали 10Г2ФБ [1] в зоне соединения наблюдается снижение водорода в 2 раза на участке шириной 4 мм. Общее снижение содержания водорода происходит на участке шириной около 8 мм, что соответствует ширине зоны пластической деформации. Установлено, что инерционная СТ обуславливает снижение содержания водорода по линии соединения (ЛС) примерно в 6 раз по сравнению с его содержанием в основном металле. На характер распределения и локальное содержание водорода в зоне соединения оказывают влияние температура металла и скорость его пластической деформации.

В работах [1, 2] также установлено, что при СТ содержание не только водорода, но и углерода в стыке снижается. Аналогичная картина наблюдается и в распределении углерода при контактной стыковой сварке оплавлением (КССО) стали 10Г2ФБ [4]. Однако нет публикаций, в которых бы рассматривались особенности распределения водорода в зоне соединений низколегированных сталей, в частности 10Г2ФБ, полученных КССО. В отличие от СТ при КССО в искровом промежутке создается газовая среда, содержащая пары металла и легирующих элементов сталей. Водород может присутствовать в газовой среде иск-

рового промежутка в атомарном состоянии, взаимодействуя с другими ее компонентами. При СТ газообразная среда подобного состава в месте контакта практически отсутствует. Сравнительные исследования распределения водорода в соединениях одинаковых сталей, выполненных различными способами сварки давлением на оптимальных режимах, позволяют получить информацию о доминирующих факторах, влияющих на распределение водорода в соединениях, полученных сваркой давлением.

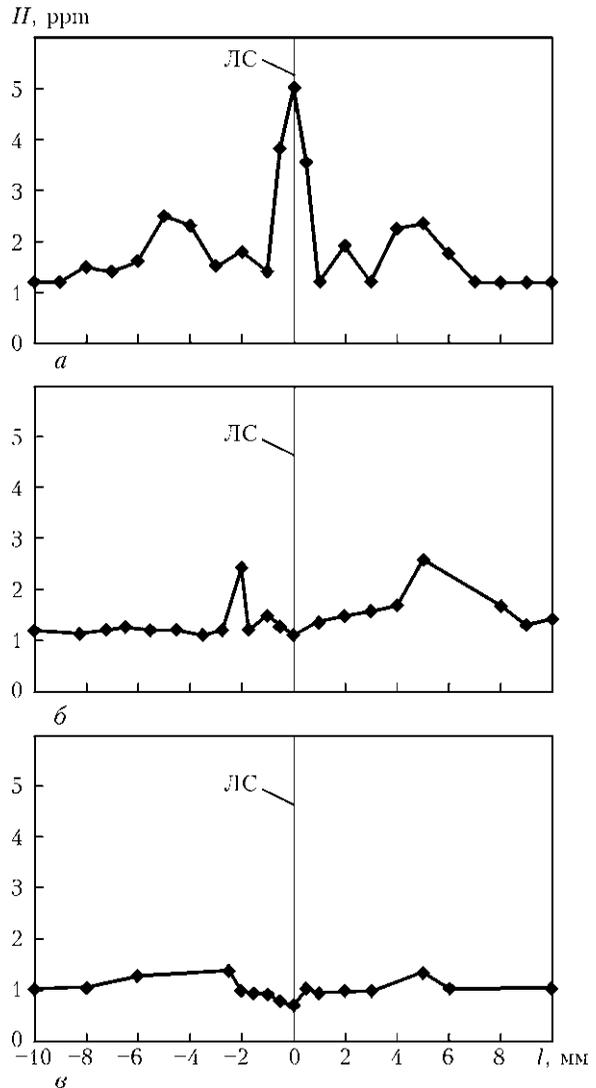
Цель данной работы состояла в изучении распределения водорода в соединениях, полученных КССО. Исследования проводили на образцах трубной стали 10Г2ФБ толщиной $\delta = 8$ мм. Образцы вырезали из пластин шириной 200 мм и сваривали на режимах, рекомендованных для данной категории стали [5]. Содержание водорода в основном металле в среднем составляло 1,2 ppm. В процессе сварки варьировали степень деформации металла ЗТВ соединений путем изменения величины осадки в пределах $(0,1 \dots 2)\delta$.

В сварных пластинах изучали характер распределения водорода в стыке методом локального масс-спектрального анализа с использованием лазерного луча по методике, описанной в работах [1, 2]. Следует пояснить, что авторы настоящей работы понимают под термином «линия соединения», которая служит точкой отсчета при оценке содержания водорода по обе стороны от нее. Визуально на микрошлифах в зоне соединений сталей, выполненных КССО, в зоне стыка выявляется так называемая светлая полоса шириной 0,4...1,2 мм, содержание углерода в которой составляет до 50 % его содержания в основном металле [4]. В средней части микрошлифов после соответствующих термообработок и травления выявляется ферритная полоса, по середине которой находится ЛС [6].



На рисунке приведена картина распределения водорода при различных величинах осадки. При малой величине осадки, соизмеримой с искровым зазором 0,18, на ЛС содержание водорода в 4...5 раз превышает его содержание в основном металле. По мере увеличения осадки и соответственно степени деформации всех участков нагретого металла ЗТВ содержание водорода по ЛС снижается до уровня показателей основного металла. При этом наблюдается увеличение концентрации водорода на расстоянии 3...6 мм по обе стороны от линии сварки. С увеличением осадки более 0,88 в грат уходят приконтактные объемы, имеющие повышенное содержание водорода. Участок металла по ЛС обедняется водородом. Например, в сварном соединении, выполненном при осадке 1,28, наиболее заметное снижение водорода наблюдается по обе стороны от ЛС на участке общей шириной около 8 мм. По ЛС содержание водорода снижается примерно в 2 раза по сравнению с его содержанием в основном металле. На расстоянии до 6 мм от ЛС наблюдаются пиковые значения на уровне содержания водорода в основном металле. При КССО наблюдается неравномерность распределения водорода по обе стороны от ЛС. Экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что наиболее интенсивно водород уходит из участка, расположенного со стороны действия сжимающей силы. Сравнив приведенное на графике распределение водорода в металле ЗТВ с аналогичным для СТ такой же стали, следует отметить, что во многом они идентичны. В обоих случаях наблюдается снижение содержания водорода по ЛС, а также повышение по обе стороны от нее.

Можно предположить следующий механизм ухода водорода из стыка. Наиболее интенсивно идет перенос водорода от центра к грату в процессе деформации расплава. Одновременно с изложенным выше процессом идет перемещение водорода в направлении, нормальном к плоскости контакта, т. е. в приконтактные объемы металла. Характер распределения водорода в зоне объемного взаимодействия можно объяснить проявлением эффекта аномального массопереноса [7] и образованием при КССО зон сжатия и растяжения, которые располагаются последовательно одна за другой и параллельно ЛС. По ЛС находится основной участок сжатия, поэтому водород из зоны сжатия переходит в зону растяжения, прилегающую к этому материалу. Полученные экспериментальные данные в полной мере согласуются с эффектом Горского [8] о перемещении примесей внедрения в зоны растяжения при пластической деформации металла. Наряду с отмеченными закономерностями распределения водорода общими для СТ и КССО



Распределение водорода в зоне соединений стали 10Г2ФБ, полученных КССО, при осадке 0,18 (а); 0,38 (б) и 1,28 (в)

имеются отличия, неспецифичные для КССО. В соединениях сталей, сваренных на оптимальных режимах КССО, содержание водорода по отношению к основному металлу уменьшается в 1,5...1,7 раза, а при СТ — в 4...5 раз.

Таким образом, в соединениях стали 10Г2ФБ, полученных КССО, содержание водорода в зоне соединения зависит от величины осадки. С ее увеличением содержание водорода в стыке снижается, причем в меньшей степени, чем при СТ.

1. *Распределение примесей внедрения в зоне соединения при сварке трением* / О. Д. Смиян, С. И. Кучук-Яценко, Г. К. Харченко и др. // Автомат. сварка. — 2007. — № 9. — С. 5–9.
2. *Розподіл водню, кисню й вуглецю в зоні з'єднання жароміцного нікелевого сплаву при зварюванні тертям* / О. Д. Смиян, І. В. Зяхор, Г. К. Харченко, О. О. Новомлинець // Вісн. Чернігів. держ. технол. ун-ту. Сер. Техн. науки. — 2008. — № 34. — С. 138–143.
3. *Распределение водорода и кислорода в металле шва при ударной конденсаторной сварке шпилек из сплава АМгб* / Е. И. Буткова, О. Д. Смиян, Д. М. Калеко, Н. Я. Резниченко // Автомат. сварка. — 1988. — № 2. — С. 17–22.

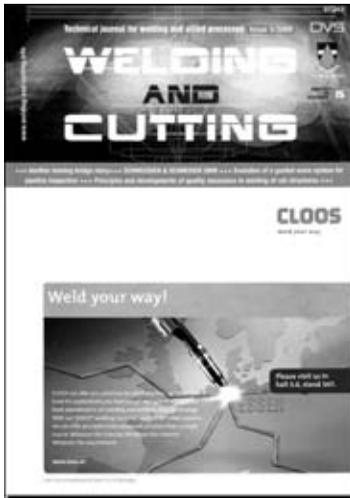


4. Зневуглевоження сталі при контактному стиковому зварюванні оплавленням / Г. К. Харченко, О. Д. Сміян, С. І. Кучук-Яценко та ін. // Вісн. Чернігів. держ. технол. ун-ту. Сер. Техн. науки. — 2008. — № 37. — С. 120–131.
5. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка оплавлением. — Киев: Наук. думка, 1992. — 236 с.
6. Неоднородность соединений трубных сталей, выполненных контактной стыковой сваркой оплавнением / С. И. Ку-

- чук-Яценко, Г. К. Харченко, Ю. В. Фальченко и др. // Автомат. сварка. — 2002. — № 2. — С. 3–6.
7. Герцикен Д. С., Мазанко В. Ф., Фальченко В. М. Импульсная обработка металлов и массоперенос при низких температурах. — Киев: Наук. думка, 1991. — 208 с.
8. Физика твердого тела. Энциклопедический словарь / Под ред. В. Г. Барьяхтара. — Киев: Наук. думка, 1996. — Т.1. — 656 с.

The peculiarities of hydrogen distribution in flash-butt welding of steel 10G2F13 were studied. It was found that the nature of hydrogen distribution in contact zone is defined by the upsetting value.

Поступила в редакцию 18.11.2009



ПО СТРАНИЦАМ ЖУРНАЛА «WELDING and CUTTING», 2009, № 5

КОНФЕРЕНЦИИ XING ОБЩЕСТВА «СВАРКА, РОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Первое заседание этого общества состоялось в декабре 2008 г. в связи с учреждением независимого и объективного сайта <https://www.xing.com/net-/schweisstechnik>. Начиная с января 2009 г. обществом было проведено около 30 конференций, посвященных обсуждению общих вопросов сварки и других способов соединения, включающих использование клеевых соединений, пайку, а также альтернативные варианты типа механического соединения и соединений путем импульсного электромагнитного воздействия. Вначале эти конференции проводили на немецком языке и на них обсуждали проблемы сварки новых материалов, стандартизации и сертификации, разработки и изготовления конструкций, контроля качества соединений, моделирования процессов соединения, металлографии, напыления материалов, испытания соединений, обучения и переподготовки сварщиков и другие вопросы. В мае 2009 г. было проведено около 35 конференций на английском языке, с июля 2009 г. появилась возможность принимать доклады на русском языке, в дальнейшем планируется включение докладов на испанском и французском языках.

В настоящее время это общество насчитывает около 1500 членов из 75 стран, проводится около 35 конференций на английском и немецком языках и три конференции на русском, имеется 7 отделений из 7 различных компаний, принимающих доклады на трех языках. Общее представление о работе общества можно получить через различные поисковые программы типа Google при использовании около 300 ключевых слов, однако более полная информация доступна только членам этого общества.

Учитывая наличие более 26 тысяч экспертных групп и сетевых сайтов XING предоставляет возможность общения через Интернет бизнесменам всего мира. Свыше 7 миллионов профессионалов, студентов, людей, занятых поисками работы, пользуются сайтами этого общества в Интернете, общаясь на 16 языках по вопросам бизнеса, образования, работы и профессионального роста.

Более полную информацию о деятельности XING общества вы можете получить у зав. отделения Ursula Buech (тел. +49(0)8931812585, E-mail: buech@world-wide-welding.com).