электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
издатель ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

Модифицирование наплавленного металла наноразмерными частицами карбида вольфрама с целью повышения эксплуатационных свойств сварных соединений

77-48211/577519

04, апрель 2013

Коберник Н. В., Михеев Р. С., Панкратов А. С., Линник А. А.

УДК 621.791

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
koberniknv@yandex.ru

Введение.

В последнее время большое внимание уделяется обеспечения требуемых значений ударной вязкости сварного шва и околошовной зоны. Для обеспечения необходимых и стабильных значений ударной вязкости применяется легирование никелем. Такое влияние никеля на ударную вязкость сварного шва связывают с тем, что никель смещает область $\gamma - \alpha$ превращения в сторону более низких температур, способствуя тем самым образованию достаточно мелкодисперсной и однородной структуры нижнего бейнита с минимальной шириной доэвтектоидной ферритной оторочки [1]. Однако в условиях высокопроизводительных процессов автоматической сварки такой подход не всегда решает задачу обеспечения ударной вязкости.

Дополнительным резервом увеличения значения ударной вязкости является модифицирование металла сварного шва наноразмерными тугоплавкими частицами. Возможность модифицирования структуры в значительной степени зависит от строения кристаллической решетки вводимых частиц, определяющего смачиваемость частиц в расплаве и теплопроводность. Эти свойства характеризуют возможность влияния наноразмерных частиц на образование зародышей кристаллизации.

Известны работы [2, 3], в которых показано успешное применение наноразмерных частиц WC в условиях ручной дуговой сварки (где частицы вводились через покрытие электрода), сварки под флюсом (где частицы вводятся через флюс), сварки в защитном газе (где частицы поступают в зону сварки с потоком защитного газа)

Настоящая работа направленна на раскрытие влияния наноразмерных частиц на кристаллизацию сварочной ванны в неравновесных условиях процесса автоматической дуговой сваркой под флюсом двумя проволочными электродами.

Методика проведения исследований.

Исследования проводили при выполнении сварного соединения пластин из низкоуглеродистой стали Ст3сп (ГОСТ 380-2005) толщиной 12 мм с V - образной разделкой кромок. Угол разделки кромок составлял $35°_{-5°}$, а притупление кромок 1,8±0,8 мм.

Сварку проводили за один проход автоматической дуговой сваркой под флюсом двумя проволочными электродами. Параметры режима сварки: первая дуга − постоянный ток обратной полярности, I_1=550 А, $U_{д1}$=29 В, угол наклон электрода α_1=90º; вторая дуга − переменный ток с балансом 75%, I_2=550 А, $U_{д2}$=29 В, угол наклон электрода α_2=65º (схема углом вперед). Расстояние между электродами составляло 27 мм, а скорость сварки 26 м/ч.

Согласно результатам работы [4], указанные выше параметры режима являются достаточными для формирования сварочной ванны большого размера (площадь поперечного сечения 128 мм^2), что является дополнительным фактором, уменьшающим ударную вязкость металла шва сварного соединения.

В качестве присадочных материалов применяли проволоку сварочную сплошного сечения марки L60 (0,05 – 0,15 %C, 0,8-1,25 % Mn, 0,1-0,35 % Si), диаметром 4 мм и флюс марки 761 (производства *Линкольн*).

Перед проведением процесса сварки композиционные гранулы равномерно вводили в зону сварки по всей длине шва. Композиционные гранулы были предоставлены Лабораторией плазменных процессов в металлургии и обработке металлов (№ 16) ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН. Для оценки влияния модифицирующих компонентов на структуру и свойства металла шва сварного соединения дополнительно проводили сварку соединений без композиционных гранул.

Структуру наплавленных покрытий исследовали на оптическом микроскопе Leica DMILM с использованием программы Qwin для анализа изображений, а также на растровом электронном микроскопе FEI Quanta 3D FEG, оснащенном приставкой для микрорентгеноспектрального анализа.

После сварки проводили измерения твёрдости по Виккерсу (HV 5) сварного шва и околошовной зоны на универсальном приборе Wilson Wolpert 930 N вдавливанием индентора при нагрузке 50 Н.

Ударную вязкость металла шва сварных соединения определяли испытаниями по методу Шарпи (KCV) на образцах типа X (ГОСТ 6996-66) при температуре «минус» 20 и «минус» 40 ºС.

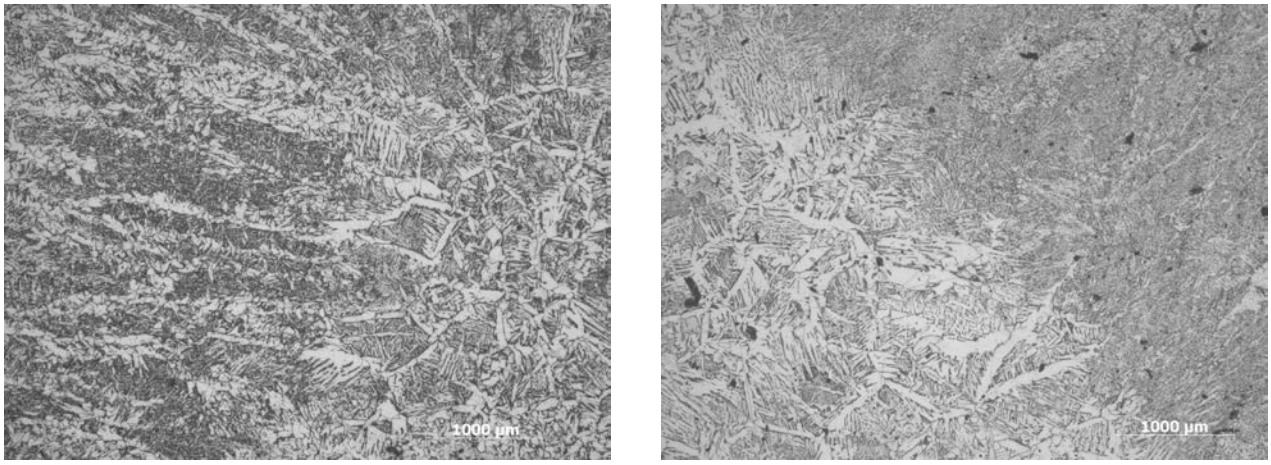
Результаты и обсуждение проведенных исследований

На представленных выше режимах были получены сварные швы с удовлетворительном формированием (площадью 185 мм^2).

Структура металла шва имеет строгую столбчатую направленность кристаллов, характерную для сварного шва. В ней присутствуют бейнитная, ферритная и перлитная (5 – 10 %) составляющие (рис. 1). Кристаллы бейнита, декорированные ферритно-перлитной смесью, при отсутствии модификаторов имеют средний размер 400-600 мкм (рис. 1, а). Феррит состоит из полиэдрических зерен средним размером 80-100 мкм.

Предварительное введение композиционных гранул в зону сварки не вносит существенных изменений в набор морфологических форм структурно-фазовых составляющих металла шва. Однако, вследствие уменьшения величины размера кристаллов

бейнита и ферритных зерен до 200-300 мкм и 50-70 мкм соответственно, она становится более равномерной (рис. 2, б).



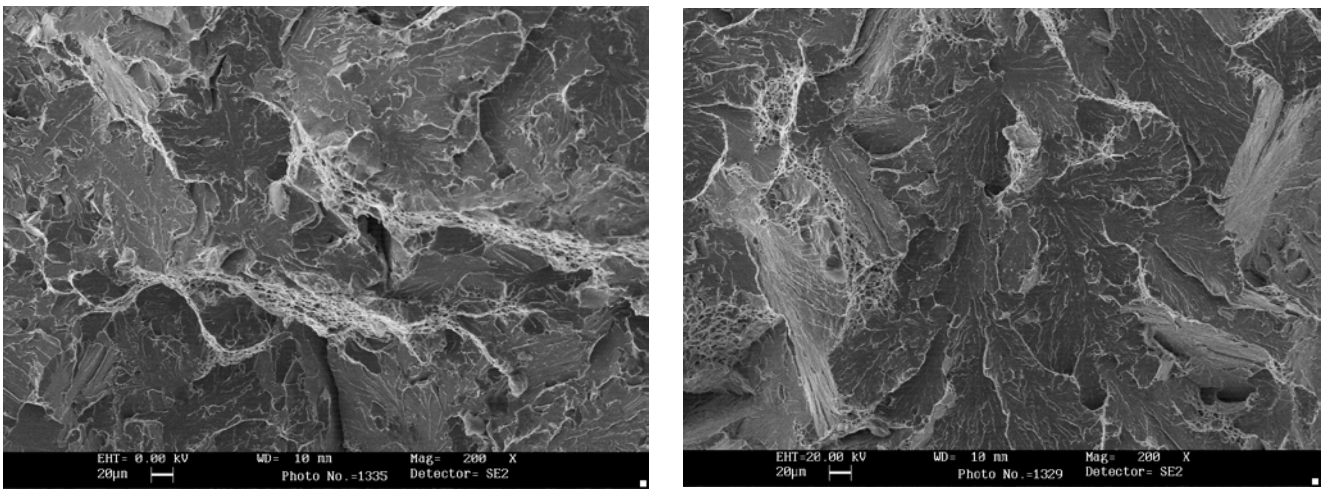
а) б)

Рисунок 1 Микроструктура металла шва без модификаторов (а)
и с введением композиционных гранул, содержащих наноразмерные частицы (б)

Твердость металла шва после введения в расплав сварочной ванны композиционных гранул составила 175 HV, что на 13% меньше по сравнению с вариантом без применения гранул (205 HV). Это может свидетельствовать о некотором повышении пластичности металла шва [5].

Ударная вязкость металла шва при температуре «минус» 20 и «минус» 40ºС, полученного с ведением композиционных гранул, составила 47 и 10 Дж/см^2 соответственно, что оказалось на 21 - 24% выше, чем ударная вязкость металла шва без введения композиционных гранул. Низкие значения ударной вязкости, по-видимому, связаны с чрезмерно большими размерами сварочной ванны и грубой макроструктурой. Однако, полученные результаты дают основания для повышения ударной вязкости шва и при других режимах сварки.

На рис. 2 показаны поверхности разрушения образцов, вырезанных из сварного шва, после испытаний на ударную вязкость. Наличие фасеток квазискола, размеры которых сопоставимы с размерами кристаллов бейнита, свидетельствует о преобладании хрупкой составляющей в механизме разрушения.



а) б)

Рисунок 5 Поверхности разрушения после испытаний на ударный изгиб с введением композиционных гранул (а) и без них (б)

Выводы

1) Значения ударной вязкости металла шва при температуре испытания «минус» 20°С «минус» 40°С увеличивается на 21 – 24 %, за счет введения композиционных гранул, содержащих наноразмерные частицы.
2) Набор морфологических форм структурно-фазовых составляющих металла шва не претерпевает существенных изменений при введении в зону сварки композиционных гранул, содержащих наноразмерные частицы карбида вольфрама. Однако, вследствие уменьшения величины размера кристаллов бейнита и ферритных зерен в 1,5 – 2 раза она становится более равномерной.

Список литературы

1. Влияние никеля на структуру и механические свойства шва, выполненного электродами с основным покрытием / Походня И.К., Макаренко В.Д., Карсун А.О., Милеченко С.С. // Автоматическая сварка. − 1986. − №2 − С. 1-5.
2. Влияние нанодисперсных карбидов W и никеля на структуру и свойства наплавленного металла / Г.Н. Соклов, А.С. Трошков, В.И. Лысак и др. //Сварка и Диагностика. − 2011. − №3. − С.36-38.
3. Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама /Г.Н. Соколов, А.С. Трошков, В.И. Лысак и др. // Физика и химия обработки материалов. − 2009. − № 6. − С 41-47.
4. Влияние рода и полярности тока на плавление электродного и основного металла при сварке под флюсом / Н.В. Коберник, Г.Г. Чернышов, П.П. Гвоздев, А.А. Линник // Сварка и диагностика. − 2011. − №5 − С. 24-27.
5. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. Учебник для вузов. – М. : МИСИС. – 1998. – 400 с.