

УДК 621.791.048.2

**ВВЕДЕНИЕ МОДИФИКАТОРОВ В ЗОНУ СВАРКИ ПРИ
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФЛЮС-ПАСТ.**

Кокорин Р.В., аспирант гр. МТа-241, I курс

Руководитель: Пимонов М.В. к.т.н. доцент кафедры технологии
машиностроенияКузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.
Горбачева. г. Кемерово.

Для изготовления энергетического оборудования преимущественно используются теплоустойчивые стали работающие при повышенных температурах (до 580°C).

Особенности легирования теплоустойчивых сталей заключаются в следующем. Основной характеристикой для оборудования энергетического машиностроения является длительная работа при повышенных температурах в течении длительного срока без разрушений (длительная прочность). Для повышения длительной прочности используют два вида структурного упрочнения:

1) образование твердого раствора с введением элементов таких как: хром, молибден и вольфрам, повышающих температуру рекристаллизации и снижающих интенсивность диффузионных процессов в сплаве;

2) получение высокодисперсной смеси фаз путем введения карбидов ванадия, ниобия и титана, закалки стали и последующего отпуска.

Для сварных конструкций более предпочтительным является первый способ структурного упрочнения. Твердые растворы замещения позволяют получить менее прочный и более пластичный металл в зоне термического влияния. [1]

В поверхностях нагрева используются такие стали как 12МХ; 15ХМ; 12Х1МФ. Химический состав основного металла и сварочной проволоки приведен в таблице 1.

	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V
12МХ	0.09 - 0.16	0.17 - 0.37	0.4 - 0.7	до 0.3	0.4 - 0.7	0.4 - 0.6	до 0.2	до 0.05
15ХМ	0.11 - 0.18	0.17 - 0.37	0.4 - 0.7	до 0.3	0.8 - 1.1	0.4 - 0.55		
Св-08ХГСМА	0.06 - 0.1	0.45 - 0.7	1.15 - 1.45	до 0.3	0.85 - 1.15	0.4 - 0.6		
12Х1МФ	0.1 - 0.15	0.17 - 0.37	0.4 - 0.7	до 0.3	0.9 - 1.2	0.25 - 0.35	0.15 - 0.3	0.15 - 0.3
Св-08ХГСМФА	0.06 - 0.1	0.45 - 0.7	1.2 - 1.5	до 0.3	0.95 - 1.25	0.5 - 0.7		0.2-0.35

Таблица 1. Химический состав основного металла и сварочной проволоки.

При сварке данных сталей возникает проблема диффузии углерода при высоких рабочих температурах, что в свою очередь не позволяет легировать сверх нормы металл шва такими элементами как: хром и ванадий, которые образуют устойчивые карбиды. По данной причине химический состав

наплавленного и основного металла должны быть схожими, как по элементному составу, так и по их процентному количеству. [2]

В трудах К.В. Багрянского было описано три способа измельчения структуры металла сварного соединения: искусственное охлаждение сварочной ванны; воздействие на кристаллизующийся металл механическими колебаниями; введение специальных добавок. Последний способ наиболее технологичный и не требует дополнительного оборудования. Также было описано влияние таких сильных карбидообразующих элементов как титан, ниобий, цирконий и ванадий. [3]

Процессы модифицирования могут протекать по разным механизмам в зависимости от вида модификатора. Существует два основных механизма:

- В расплавленный металл вводятся примеси, приводящих к образованию легкоплавких составляющих эвтектического типа, которые создают перед растущими кристаллами прослойки с более низкой температурой кристаллизации.

- Введение в металл шва дисперсных частиц с большей температурой кристаллизации чем у основного металла. При этом данные частицы могут образовываться непосредственно в сварочной ванне за счет специальной системы легирования, а также поступать в расплав в виде нанопорошков.

Модификаторы по их виду действия можно разделить на 4 вида:

- Поверхностно-активные элементы;
- «Эвтектики»;
- «Холодильники»;
- Тугоплавкие частицы.

Положительное влияние, оказываемое тугоплавкими частицами, вводимыми в зону сварки, является измельчение структуры и уменьшение направленности роста кристаллов, что в свою очередь благоприятно влияет на механические свойства сварного соединения.

В работе Панкратова А.С. показано что:

1. Введение наноразмерных частиц до (500 нм) в сварочную ванну, обеспечивает модифицирование металла шва и рост значений ударной вязкости.

2. Установлено, что частицы карбида вольфрама при их введении в головную часть сварочной ванны сохраняются в металле шва и выполняют функцию модифицирования, что приводит к снижению как размера зерна не менее, чем в 2 раза, так и к снижению разброса этого показателя и, как следствие, к увеличению среднего значения ударной вязкости не менее чем на 35 % и снижению разбросу ее значений не менее чем на 40 %. [4]

Для теплоустойчивых сталей введение карбидов в большом количестве не представляется возможным так как, в работе при повышенных температурах карбиды коагулируют и происходит их выпадение по границам зерен. В сварных конструкциях это ведет к снижению пластичности и длительной прочности. Введение карбидов возможно только для образования

дополнительных очагов кристаллизации, что в свою очередь способствует измельчению структуры металла шва.

При легировании металла шва модификаторами с помощью сварочной проволоки эффект проявляется только при больших массовых долях модификатора, что связано с чрезмерным перегревом капли электродного металла во время прохождения дугового промежутка. В связи с этим легирование сварочной проволоки невозможно тугоплавкими частицами, которые в присутствии сотых долей процента в металле шва позволяют увеличить ударную вязкость наплавленного металла.

При РАД способе сварки поверхностей нагрева с толщиной стенки трубы до 8 мм модифицирование металла шва возможно только при использовании нестандартной сварочной проволоки с модификаторами. Данный способ не технологичен по таким причинам как: недостаточный контроль за формированием обратной стороны корня шва; многослойность сварных швов; невозможность защиты обратной стороны корня шва, более высокая стоимость сварочных материалов.

Существует также способ сварки методом РАД с применением формирующих флюс-паст. Данный метод уже позволяет вводить модификаторы при сварке, а также обеспечивает достаточные формирующую и защитную способности. Недостатком данного метода является возможность введения модификаторов только при сварке корневого слоя и малая площадь границы металл-шлак, в связи с чем малая часть вещества прореагирует и перейдет в металл шва, многослойность сварки при данном методе сохраняется.

Дальнейшим развитием использования флюс-паст при РАД методе сварки являются активизирующие флюс-пасты. Данный метод позволяет увеличить глубину проплавления и производить однослойную сварку для толщин до 8мм. При данном методе уже возможно вводить модификаторы в весь объем металла сварного соединения, так как данный вид сварки позволяет проводить сварку без разделки и зазора, а сама флюс-паста с модификаторами наносится на всю площадь свариваемых кромок.

При этом в процессе сварки возможно существенно увеличить защиту сварочной ванны от неблагоприятного воздействия водорода с помощью введения в состав флюса галогенидов. Связывание атомарного водорода в стойкое химическое соединение HF возможно путем взаимодействия плавикового шпата с кислыми оксидами. Уменьшение количества водорода в металле шва повысит стойкость не только наплавленного металла, но и металла ЗТВ к холодным трещинам. Снижение водорода в наплавленном металле также позволяет увеличить работу образования холодных трещин, так как водород является самой распространенной причиной образования концентраторов напряжения.

Метод не получил широкого применения из-за трудности приготовления и нанесения состава на свариваемые кромки изделия. Работы по улучшению технологических характеристик велись С.Г. Паршиным. Он предлагал

использовать уже готовые ленты с приготовленным составом. Недостатком данного метода введения флюс-пасты в зону сварки является сохранение необходимости подготовки кромок непосредственно на объекте строительства. Решением данной проблемы, а также увеличение распространенности применения данного метода сварки будет подготовка и нанесение флюс паст непосредственно на заводе изготовителе, без последующей подготовки кромок на объекте строительства энергетического оборудования.

Список литературы:

1. Р.А. Козлов «Сварка теплоустойчивых сталей» Ленинград «Машиностроение», 1986г.
2. Под редакцией академика Б.Е. Патона «Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением» Москва «Машиностроение» 1974 г.
3. К.В. Багрянский «Электродуговая сварка и наплавка под керамическими флюсами».
4. Панкратов Александр Сергеевич: «Модифицирование металла шва наноразмерными частицами карбида вольфрама и нитрида титана при сварке под флюсом низколегированных низкоуглеродистых сталей» 2017