

УДК 621.791. 75. 052

Гальцов И. А., Каленская А. В., Гедрович А. И.

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА ПЛАКИРОВАННОЙ СТАЛИ
С КОМПЛЕКСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА МЕТАЛЛ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ**

В комбинированных слоистых конструкциях, предназначенных для работы в агрессивных средах или при высоких температурах, соединение отдельных частей целесообразно производить с помощью сварки, так как механическое соединение часто оказывается конструктивно сложным и ненадежным в эксплуатации. Однако при этом приходится сваривать стали, отличающиеся одна от другой своими физико-химическими свойствами, в результате чего получить качественное и надежно работающее в особых условиях сварное соединение довольно трудно.

Сварка биметалла или плакированной стали предопределяет получение соединения разнородных сталей. Поэтому сварка высоколегированных сталей со средне- или низколегированными составила самостоятельную проблему, являющуюся одной из наиболее сложных проблем современной сварочной науки и техники, над решением которой длительное время работают многие исследователи как в России, так и за рубежом.

Наиболее часто в корпусных сварных металлоконструкциях применяют плакированную сталь ферритоперлитного+аустенитного классов типа 09Г2С+08Х18Н10Т. Но при сварке плавлением переходных слоев от ферритоперлитной к аустенитной стали возникает проблема соединения разнородных материалов, отличающихся физико-механическими свойствами и химическим составом [1–3].

Целью работы является разработка оптимальной, комплексной технологии сварки переходного и плакирующего слоя, плакированной стали 09Г2С+08Х18Н10Т (30+5мм), с применением внутренних стоков тепла и низкочастотных колебаний.

Двухслойная сталь 09Г2С+08Х18Н10Т состоит из сталей разных структурных классов, обладающих различными физико-механическими свойствами и неодинаковой свариваемостью.

Эффект разбавления, при сварке переходного и плакирующего слоя, вызывает ряд проблем, которые приводят к необходимости установления критериев выбора сварочных материалов, способов сварки и последовательности действий. В связи с этим при сварке следует учитывать особенности каждого слоя металла, а также переходной зоны между ними.

Основные особенности сварки двухслойной стали можно представить следующим образом (рис. 1).

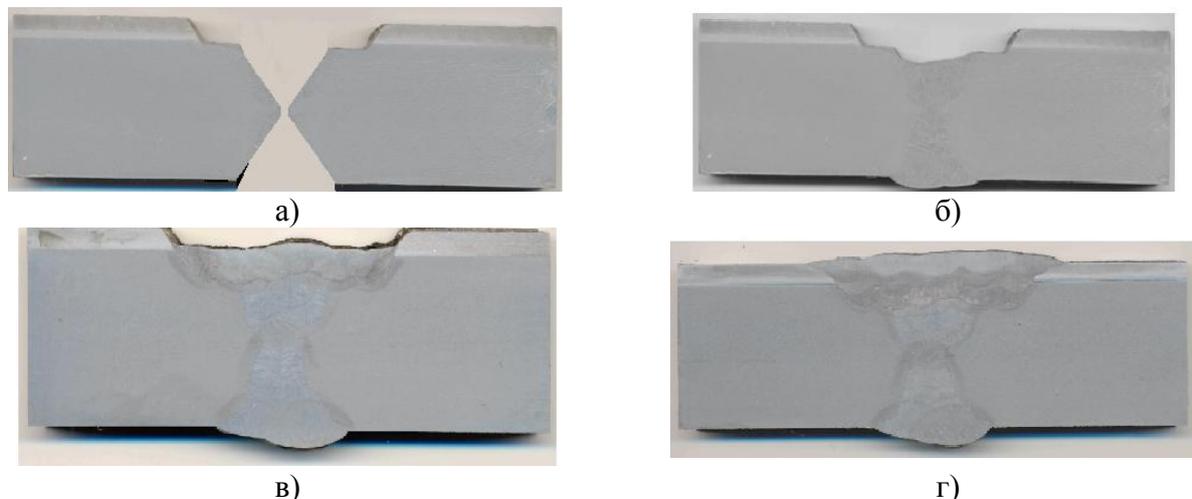


Рис. 1. Основные этапы получения сварного соединения плакированной стали:

а – разделка под сварку, тип С-37, ГОСТ 16098 – 80; б – сварка основного слоя; в – сварка переходного слоя; г – сварка плакирующего слоя

В месте контакта разнолегированных металлов развивается химическая и структурная неоднородность. Кроме того сварка как технологический процесс получения неразъемного соединения характеризуется высоколокальным введением тепловой энергии в металл.

Известно, что на образование сварного соединения тратится только четверть от общей теплоты дуги, а большая его часть расходуется на перегрев сварочной ванны, нагрев изделия, его деформацию, диффузию химических элементов между слоями, что приводит к ухудшению свойств сварного соединения плакированной стали. Поэтому находят способы более эффективного использования теплоты для повышения как производительности сварки, так и качества сварных соединений.

С целью повышения качества сварного шва переходного слоя плакированной стали ферритоперлитного + аустенитного классов возможно применение электродов и проволок с повышенным содержанием легирующих элементов, в частности никеля, компенсирующих разбавление аустенитного металла шва ферритным металлом и обладающим блокирующим действием реактивной диффузии углерода из стали менее легированной в более легированную. Данная технология сварки наиболее распространена в сварочном производстве, но она же является и наиболее дорогостоящей, с точки зрения применения никеля.

Также возможно применение сварки с регулируемым термическим циклом. К ним относятся такие технологические способы регулирования структуры и свойств, как использование дополнительного гранулированного присадочного металла (ДГПМ), электромагнитное перемешивание (ЭМП) металла в сварочной ванне, ввод дополнительных электродов без тока в сварочную ванну, дозирование мощности, сужение сварочного зазора (УЗ), модулирование сварочного тока (МТ), принудительное и сопутствующее охлаждение (ПСО) в процессе сварки [1].

Но применяя способ ЭМП интенсивному электромагнитному перемешиванию ванны препятствует наличие шунтирования магнитного поля перлитной сталью, а также нарушение шлаковой защиты. В этом процессе весьма эффективен ввод внутренних стоков тепла в виде охлаждающей присадки (макрохолодильников), также снижающей температуру ванны.

Попадая в сварочную ванну, макрохолодильники либо частично расплавляются или полностью расплавляются, но не тотчас после попадания в расплав, а много позже, когда основной объем металла уже затвердел. Он сперва ведет себя, как подобает внутреннему кристаллизатору, снимает перегрев, является центром зарождения множества кристаллов, растущих от него точно также, как растут кристаллы от края сварочной ванны. А затем, по мере прогревания, когда вокруг них уже все затвердело, макрохолодильники расплавляются и затвердевают вновь лишь в тот момент, когда температура сварочной ванны снизится до температуры начала их кристаллизации [3].

Но при введении охлаждающей присадки в жидкий металл сварочной ванны, наряду с позитивным влиянием на металлургию шва, возникает проблема образования завывшения геометрических характеристик валика. Решение данной проблемы состоит в применении низкочастотной поперечной вибрации сварочной проволоки.

Низкочастотные колебания улучшают перемешивание аустенитноферритного шва, равномерно распределяют вводимый макрохолодильник в объеме металла сварочной ванны, уменьшают проплавление основного металла.

При колебаниях сварочной дуги столбчатые зерна металла шва изменяют свою ориентацию. Это происходит потому, что столбчатые зерна растут перпендикулярно фронту кристаллизации сварочной ванны, а при колебаниях дуги сварочная ванна тоже совершает колебания. Изменение ориентации столбчатых зерен резко уменьшает вероятность образования кристаллизационных трещин.

Для процесса автоматической сварки под слоем флюса с макрохолодильником был разработан флюс, содержащий в своей сердцевине металлический сердечник такого же хи-

мического состава что и материал проволоки, диаметр соответствовал условию $D_{\text{макр}} \leq 0,5 d_{\text{эл}}$, длиной $L_{\text{м}}=1,5\text{мм}$ (рис. 2). Оболочка соответствовала флюсу 48ОФ-6М.

Массовая доля макрохолодильника в формировании сварного валика составляла 40–50% от наплавленной массы электродной проволоки.

Генерацию поперечных колебаний сварочной проволоки ($\omega=4\text{--}5\text{Гц}$, $A=2\text{мм}$) производили с помощью контакта проволоки с шестигранным керамическим роликом (рис. 3).

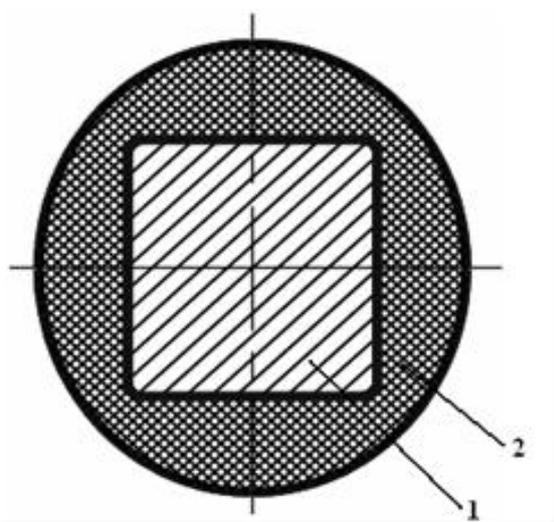


Рис. 2. Схема частицы флюса, с сердечником-макрохолодильником:
1 – макрохолодильник; 2 – оболочка плавленного флюса

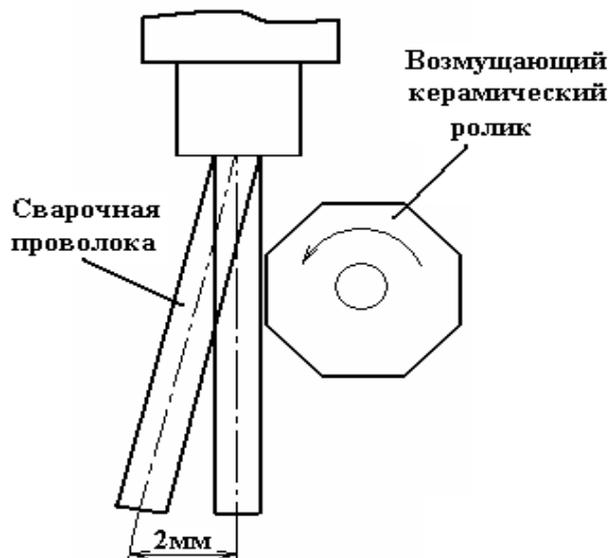


Рис. 3. Генерация вибрационных колебаний сварочной проволоки керамическим роликом

В процессе сварки сварочная проволока, выходя из горелки, контактирует с шестигранным керамическим роликом, в результате возникающей силы трения (проволока-ролик) ролик вращается, с помощью граней отклоняет проволоку. Диаметр шестигранного керамического ролика подобран так, что колебания соответствовали режиму $\omega = 4\text{--}5\text{ Гц}$, $A = 2\text{ мм}$.

В процессе сварки флюс плавится, ядро макрохолодильника, имея большую плотность, попадает в жидкий металл сварочной ванны, оболочка флюса всплывает на поверхность жидкого металла [2].

Скорость охлаждения жидкого металла сварочной ванны увеличивается в 1,8 раза, с $W_{425-800}^{\text{охл}}=10^0\text{ С/с}$ (при обычном способе сварки) до $W_{425-800}^{\text{охл}}=18^0\text{ С/с}$ (при сварке с комплексным воздействием на жидкий металл сварочной ванны).

Режимы автоматической сварки под слоем флюса переходного и плакирующего слоя с комплексным воздействием на жидкий металл сварочной ванны приведены в табл. 1.

Таблица 1

Режимы автоматической сварки под слоем флюса переходного и плакирующего слоя стали 09Г2С+08Х18Н10Т с комплексным воздействием на жидкий металл сварочной ванны

АФк+ $M_{\text{макр}}=40\text{--}50\%$ + $\omega = 4\text{--}5\text{ Гц}$, $A=2\text{ мм}$ (постоянный ток, обратной полярности)					
Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, см/мин	Погонная энергия, кДж/см	Межваликовая температура, °С
4,0	440–460	27–29	50–54	12,4	23

Применение комплексного способа при автоматической сварке под слоем флюса позволяет на 67% увеличить площадь поперечного сечения сварного валика (с $F_{ш}=45\text{мм}^2$ до $F_{ш}=67\text{мм}^2$) (рис. 4), тем самым уменьшить количество наложения сварочных валиков с 5 до 4 при сварке переходного слоя, и с 12 до 9 при сварке плакирующего слоя (рис. 5 а, б), без увеличения погонной энергии сварки [4].

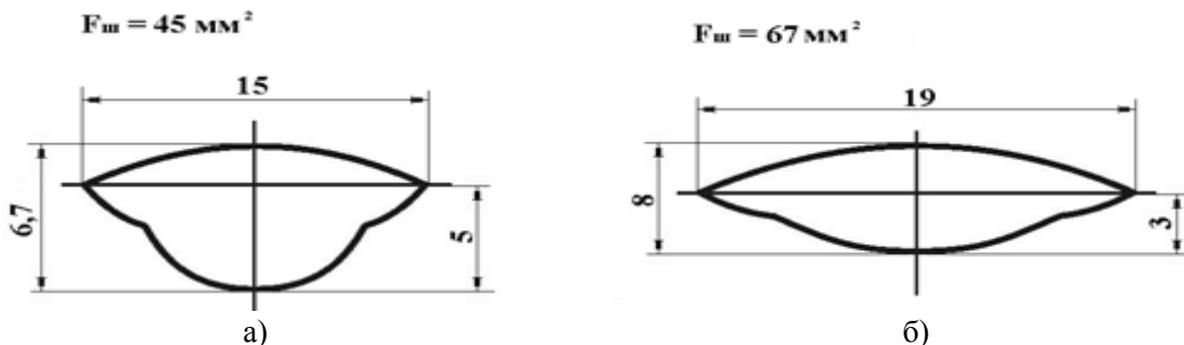


Рис. 4. Изменение геометрических параметров при автоматической сварке под слоем флюса (АФ):

а – АФ обычным способом; б – АФк с макрохолодильником ($M_{макр}=40-50\%$) и вибрацией электрода ($\omega=4-5$ Гц, $A=2\text{мм}$)

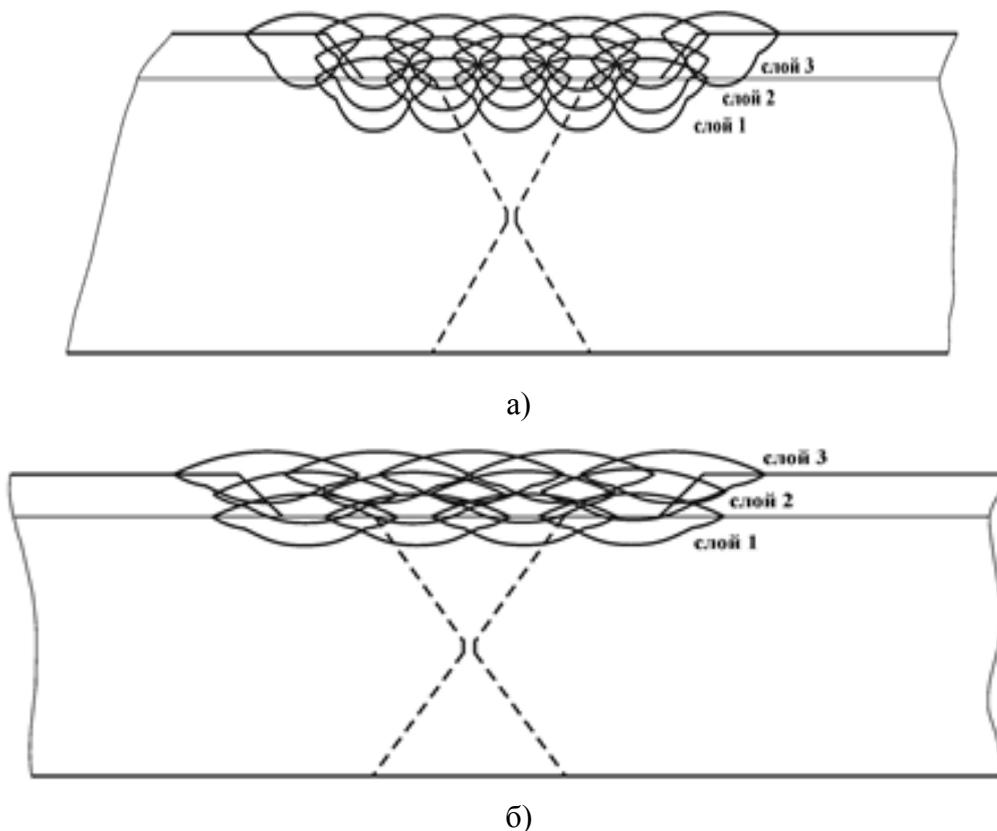


Рис. 5. Схема раскладки валиков сварки переходного (слой 1) и плакирующего (слой 2 и слой 3) слоев при автоматической сварке под слоем флюса (АФ):

а – АФ обычным способом ($n_{в}=17$); б – АФк с макрохолодильником ($M_{макр}=40-50\%$) и вибрацией электрода ($\omega=4-5$ Гц, $A=2\text{мм}$) ($n_{в}=13$)

Использование макрохолодильников в сварочных материалах АФк позволило исключить использование более дорогой проволоки Св-07Х25Н12Г2Т при сварке переходного слоя с заменой их на проволоку Св-08Х20Н9Г7Т, обеспечивая аустенитно-ферритную структуру сварных валиков. Содержание в структуре составило δ -феррита до 10%, магнитной фазы – 18%.

Характеристики процесса АФ сварки: проволока – Св-07Х25Н12Г2Т (переходной слой), Св- 08Х20Н9Г7Т (плакирующий слой), коэффициент наплавки – 14–16 г/А·ч.

Характеристики процесса АФк с макрохолодильником ($M_{\text{макр}}=40\text{--}50\%$) и вибрацией электродной проволоки ($\omega = 4\text{--}5$ Гц, $A = 2$ мм): проволока – Св-08Х20Н9Г7Т (переходной и плакирующий слой), макрохолодильник Св-08Х20Н9Г7Т рубленый, во флюсе, коэффициент наплавки – 22,5 г/А·ч.

ВЫВОДЫ

1. На образование сварного соединения тратится только четверть от общей теплоты дуги, а большая его часть расходуется на перегрев сварочной ванны, нагрев изделия, его деформацию, диффузию химических элементов между слоями, что приводит к ухудшению свойств сварного соединения плакированной стали.

2. При выполнении многопроходных сварных соединений эффективен ввод в металл сварочной ванны охлаждающей присадки (макрохолодильника), позволяющего рационально использовать температуру паразитного тепла сварочной дуги.

3. Применение комплексного способа при автоматической сварке под слоем флюса позволяет на 67% увеличить площадь поперечного сечения сварного валика (с $F_{\text{ш}}=45\text{мм}^2$ до $F_{\text{ш}}=67\text{мм}^2$), тем самым уменьшить количество наложения сварочных валиков с 5 до 4 при сварке переходного слоя, и с 12 до 9 при сварке плакирующего слоя, без увеличения погонной энергии сварки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патон Б. Е. Многослойная сталь в сварных конструкциях / Б. Е. Патон. – К.: «Техника», 1984. – 284с.
2. Пат. України №45027 В23К35/362. Флюс для электродугового зварювання сталей / Гальцов І. О., Гедрович А. І., Каленская А. В., Васильев С. А. Заявл. 7.05.2009, опубл. 26.10.2009., Бюл. №24.
3. Металловедение и термическая обработка стали и чугуна. Справ. Изд. / Под ред. акад. Н. Т. Гудцова, канд. техн. наук М. Л. Бернштейна, канд. техн. наук А. Г. Рахитадг. – М.: Металлургия, 1956.
4. Гальцов И. А. Изменение геометрии сварного шва при введении в сварочную ванну внутренних источников тепла и низкочастотных колебаний / Гальцов И. А., Каленская А. В., Гедрович А. И. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – Луганськ, 2010. – №3 (145). – Частина 2. – С. 72–77.