

МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ И СВОЙСТВАМИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ОДНОИМПУЛЬСНОЙ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКОЙ

Каргин А.М.

*Томский политехнический университет, ИШНKB, АЗ-22, аспирант,
e-mail: amk20@tpu.ru*

Аннотация

Рассмотрены современные подходы к управлению структурой металла шва, получаемых методом одноимпульсной аргонодуговой сварки. Проанализированы различные способы и приемы, применяемые для получения оптимальной структуры и свойств сварных соединений. В данном обзоре рассматриваются возможности и эффективность управления структурой и свойствами сварных соединений, выполненных одноимпульсной аргонодуговой сваркой.

Введение

Развитие промышленного производства требует разработки и применения эффективных методов обработки и сварки, которые обеспечивали бы высокое качество изделий и конструкций. Актуальность применения одноимпульсной аргонодуговой сварки обусловлена необходимостью получения стабильной формы и свойств сварных соединений. Современные сварочные источники расширяют возможности управления структурой сварных соединений путем регулирования тепловложения, а свойства расходных материалов позволяют управлять химическим составом сварных соединений.

Целью работы являлся анализ методов управления структурой сварных соединений сталей при сварке неплавящимся электродом.

В настоящее время вопрос управления структурой металла шва и зоны термического влияния (ЗТВ) при сварке неплавящимся электродом изучен недостаточно, что может приводить к дефектам не только при выполнении сварочных работ, но и при эксплуатации деталей. В связи с этим обеспечение оптимальной структуры сварных соединений независимо от исходного состояния материала является актуальной задачей.

Для процесса сварки свойственны некоторые особенности, которые связаны с повторным расплавлением используемого для создания металлоконструкций материала, и его повторной кристаллизацией. Благодаря высокой скорости охлаждения и повышенному содержанию примесей, в металле шва часто появляются выделения избыточных фаз, вследствие чего металл шва и зоны термического влияния (ЗТВ) обладает пониженными пластическими характеристиками, особенно, при эксплуатации в условиях низких температур. Поэтому одной из основных задач при сварке является получение оптимальной структуры, обеспечивающей получение требуемых свойств металла.

Регулирование структуры металла ставит целью уменьшение содержания закалочных составляющих (мартенсита и нижнего бейнита), повышения температуры их образования и получения наиболее благоприятной внутренней тонкой структуры, уменьшения размера действительного зерна.

Регулирование структуры ЗТВ и шва возможно путем выбора рациональной системы легирования и состава стали, осуществляемого на этапах конструкторско-технологической проработки сварных узлов или разработки сталей для вновь создаваемых конструкций. Из высокопрочных сталей (σ_b до 1500...2000 МПа) предпочтительно применение комплекснолегированных сталей с минимально возможным содержанием углерода, одновременно легированных карбидообразующими элементами Мо и W. Из сталей повышенной прочности (σ_b до 800 МПа) рекомендуется применение так называемых микролегированных сталей, содержащих до 0,1 % углерода и группу дисперсионно упрочняющих элементов Nb–V и Mo–Nb–V (в сумме до 0,5 %).

Управление структурой сварного шва возможно двумя группами методов, которые можно разделить на металлургические и технологические.

Металлургические методы

В процессе сварки неплавящимся электродом наиболее просто металлургическое воздействие на металл шва можно осуществить путем легирования с помощью присадочной проволоки соответствующего состава. Для легированных сталей наиболее рациональным является применение сварочной проволоки с составом, близким к основному металлу [1]. Проведенный анализ показывает, что для обеспечения мелкодисперсной структуры сварных швов низкоуглеродистой стали 09Г2С, выполненных дуговой сваркой неплавящимся электродом, может быть эффективно использована проволока Св-08Г2С. Присутствие марганца способствует большему содержанию в сварном шве игольчатого феррита, что является достоинством использования марганца как элемента-раскислителя, а также улучшает структуру швов. Введение никеля в состав стали способствует измельчению структуры стали и в целом улучшает механические свойства сварных швов. Происходит не только измельчение структуры, но и более равномерное распределение карбидной смеси. Кремний используется, в первую очередь, как раскислитель, способствуя выведению оксида марганца из стали, и поэтому используется совместно с марганцем для легирования. Уменьшение содержания кислорода в металле шва ведет к повышению ударной вязкости.

Другим металлургическим методом воздействия на металл сварного шва является применение модифицирования. В качестве модификаторов могут использоваться различные карбидообразователи. Наиболее эффективными элементами являются вольфрам, молибден и ниобий, а наиболее доступным – ванадий. Так, введение ниобия в количестве 0,02 % способствует образованию термически стойких карбидов, которые препятствуют росту зерна и способствуют измельчению структуры, поэтому модифицирование ниобием может рекомендоваться для управления структурой сварных швов.

Технологические методы

Важным преимуществом технологических методов является возможность воздействия на структуру металла в ЗТВ. Основные технологические приемы управления структурой представлены на рис. 1.



Рис. 1. Технологические приемы воздействия на структуру сварных швов при сварке неплавящимся электродом

Предварительная холодная деформация позволяет измельчить структуру зерна за счет образования зародышей новых зерен. В связи со сложностью реализации при сварке этот технологический прием не получил распространения.

Термообработка по режиму нормализации наиболее эффективно воздействует на структуру сварных соединений, однако практическая реализация термообработки в условиях монтажа является затратной.

Использование медных накладок и (или) подкладок-холодильников является достаточно доступным приемом и зачастую используется не только для управления структурой, но и формой сварного шва. Ограничения в использовании холодильников относятся в первую очередь к сталям, склонным к закалке.

Импульсное тепловложение при сварке является распространенным технологическим приемом, который облегчает формирование швов при сварке в различных пространственных положениях и сварке тонкого металла, при этом из-за изменения временной интенсивности введения теплоты этот прием воздействует на процессы образования структуры как сварного шва, так и ЗТВ. Многопроходная сварка оказывает благоприятное воздействие на структуру ЗТВ и металла шва. Для литого металла сварных швов, полученного многопроходной сваркой, характерна более мелкая и более разориентированная структура. Увеличение числа проходов при сварке является благоприятным технологическим приемом для формирования структуры соединения в целом.

С помощью технологических приемов также возможно изменение направления кристаллизации металла шва. Известен способ использования переменного электромагнитного поля для измельчения структуры металла шва.

Направление кристаллизации может быть изменено за счет коэффициента формы шва (глубины проплавления), например, при использовании активирующих флюсов [2].

Наиболее доступными и универсальными технологическими методами воздействия являются использование импульсных или шаго-импульсных режимов сварки, а также многопроходной технологии сварки [3].

Импульсные способы управления процессом сварки

За последнее десятилетие также нашли применение следующие импульсные способы управления процессом сварки [4]:

- наложение внешнего магнитного поля;
- программирование скорости подачи электрода;
- импульсная подача газа(ов);
- импульсное изменение тока.

В работе [5] выявлено, что электромагнитное поле оказывает наиболее важное влияние на процесс переноса электродного металла, так как тип переноса металла меняется с крупнокапельного на струйный. Применение ЭМВ на основе аксиальных импульсных магнитных полей позволяет увеличить частоту переноса капель и соответственно уменьшить их размеры.

В работе [6] показано, что при сварке с импульсной подачей электродной проволоки происходит снижение тепловложения и образование более благоприятной структуры металла шва и ОШЗ, что способствует повышению механических характеристик.

Разработана новая технология дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсаций газовых потоков и пульсаций потенциалов ионизации, когда впервые в сварочной технологии использованы раздельно положительные свойства гелия и аргона. Гелий, обладая высокой текучестью, проникает в стык между кромками и обеспечивает защиту и подогрев обратной стороны шва. По сравнению с традиционной технологией дуговой сварки в защитных газах без пульсаций новая технология более эффективна для получения бездефектных швов [7]. Применение при дуговой сварке в защитных газах попеременной импульсной подачи разнородных газов (гелия и аргона) позволило создать принципиально новый технологический процесс, сочетающий достоинство аргонодуговой (АДС) и гелиеводуговой (ГДС)

сварки [8]. Благодаря пульсирующему изменению давления в столбе дуги, вызванному различием плотности и потенциалов ионизации аргона и гелия, возникает эффект периодического ударного воздействия на сварочную ванну, обеспечивающий получение металла сварного шва с мелкозернистой структурой, высокими пластичностью и прочностью металла.

Заключение

Показана возможность и необходимость управления структурой и свойствами сварных соединений, выполняемых одноимпульсной аргонодуговой сваркой.

В качестве металлургических методов управления структурой металла сварного шва целесообразно применение легирования с помощью сварочной проволоки, а также модифицирования.

Показана эффективность и доступность технологического приема улучшения структуры сварных швов сталей путем использования импульсной или шаго-импульсной технологии и многопроходной сварки.

Таким образом, регулирование структуры ЗТВ и шва возможно путем выбора рациональной системы легирования состава стали и сварочных проволок, применение оптимальных режимов и технологии сварки, металлургических и технологических приемов.

Список литературы

1. Шипилов А.В., Коновалов А.В., Бровко В.В., Полосков С.И. (2011). Управление структурой сварных соединений при орбитальной TIG-сварке технологических трубопроводов компрессорных станций // Известия вузов. Машиностроение. – 2011. – № 6. – 44–52.
2. Design of weld fillers for mitigation of residual stresses in ferritic and austenitic steel welds / R.J. Moat et all. // Science and Technology of Welding & Joining. – 2011. – Vol. 16, № 3. – P. 279–284.
3. Murugan N., Gunaraj V. Prediction and control of weld bead geometry and shape relationships in submerged arc welding of pipes // Journal of Materials Processing Technology. – 2005. – Vol. 168. – P. 478–487.
4. Крампит Н.Ю., Буракова Е.М., Крампит М.А. Краткий обзор способов управления процессом дуговой сварки в среде защитных газов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.
5. Huang Jiankang, Han Rihong, Shi Yu, Fan Ding, Zhang Yuming // J. Mech. Eng. – 2012. – Vol. 48, № 8. – P. 44–48.
6. Крюков А.В., Павлов Н.В., Зеленковский А.А. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. – 2013. – № 5. – С. 37–39.
7. Новиков О.М., Радько Э.П., Иванов Е.Н. Разработка новой технологии дуговой сварки в защитных газах на основе применения пульсации газовых потоков и потенциалов ионизации // Сварщик – профессионал. – 2006. – № 6. – С. 10–13.
8. Тазетдинов Р.Г., Новиков О.М., Персидский А.С. Дуговая сварка в защитных газах ст попеременной импульсной подачей разнородных газов // Сварочное производство. – 2012. – № 1. – С. 38–42.