

Павлов Н.В., Крюков А.В.

Юргинский технологический институт (филиал) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Юрга, Россия (652050, Юрга, ул. Ленинградская, 26), e-mail: pavlin123@rambler.ru

Среднелегированные мартенситно-бейнитные стали обеспечивают высокую прочность конструкции при одновременном снижении металлоемкости. Однако, при сварке стали данного класса склонны к образованию закалочных структур и холодных трещин. Одним из перспективных способов получения качественного сварного соединения является сварка с импульсной подачей электродной проволоки в смеси газов. Установлено, что механические свойства сварных соединений, полученных при сварке в смеси газов Ar+CO₂, повышаются на 10-15% по сравнению с защитой в CO₂. Это обусловлено сохранением элементов раскислителей (6%-кремний и 8%-марганец), которые остаются в металле шва, повышают ударную вязкость. Проведенные металлографические исследования двух способов позволяют говорить, что закономерности изменения структуры аналогичны.

Ключевые слова: импульсная подача, смесь газов, среднелегированные мартенситно-бейнитные стали, эксплуатационные свойства

CONCENTRATION PROTECTIVE GAS TO IMPROVE THE QUALITY OF WELDED JOINTS IN WELDING WITH PULSED ELECTRODE WIRE FEED

Pavlov N.V., Kryukov A.V.

Yurginskij Technological Institute (branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education, "National Research Tomsk Polytechnic University" Jurga, Russia (652050, Jurga, Leningradskaya str., 26), e-mail: pavlin123@rambler.ru

Srednelegirovannye martensitno-bainitnye stali obeshchivajut vysokuju prochnost' konstrukcii pri odnovremennom snizhenii metalloemkosti. Odnako, pri svarkе stali danogo klassa sklonny k obrazovaniju zakalочных структур и холодных трещин. Одним из перспективных способов получения качественного сварного соединения является сварка с импульсной подачей электродной проволоки в смеси газов. Установлено, что механические свойства сварных соединений, полученных при сварке в смеси газов Ar + CO₂ increased by 10-15% compared with the protection into CO₂. Due to the preservation of elements of reductants (6% and 8% -brenny -Manganese), which remains in the weld metal, increase the toughness. Metallographic study two methods suggest that the patterns of change in the structure are similar.

Keywords: pulse feed, a mixture of gases, srednelegirovannye martensitno-bainitnye steel service properties.

Среднелегированные мартенситно-бейнитные стали обладают высоким комплексом эксплуатационных свойств и используются для производства ответственных конструкций [3,9]. Они обеспечивают высокую прочность конструкции при одновременном снижении металлоемкости. Однако при сварке стали данного класса склонны к образованию закалочных структур и холодных трещин. Получение надежных сварных соединений осложняется также повышенной чувствительностью к концентраторам напряжений при статических и, особенно, при динамических нагрузках. Такая опасность тем больше, чем выше легирование стали углеродом [9].

Одним из способов получения качественного сварного соединения является сварка с использованием механизмов импульсной подачи электродной проволоки (ИПЭП) [7,11].

Рационально использовать механизмы тянущего типа, т.к. это определяет не только портативность системы, но и что более важно точнее передает форму импульса. Это объясняется тем, что перемещение проволоки через направляющий канал полуавтомата чувствительно к форме и размеру изгиба шланга [2,4,8]. Перемещение проволоки в импульсном режиме через сопротивление шланга в любом случае сопровождается демпфированием переднего и заднего фронтов импульса, но если учесть, что положение шланга может меняться в ходе каких-либо манипуляций сварщика, то будет меняться и форма импульса, и соответственно условия воздействия на процесс сварки.

Вследствие этого сварка с импульсной подачей электродной проволоки (ИПЭП) с использованием механизмов тянущего типа является актуальной задачей, данный процесс как обеспечивает преимущества импульсно-дуговых способов сварки, так и не имеет существенных недостатков.

Также не маловажным фактором, влияющим на качество сварного соединения, является защитная газовая среда. Проанализировав существующие и применяемые защитные газы и смеси на их основе, рационально использовать смесь Ar+CO₂ [1]. Данная смесь активно применяется на производстве, положительно сказывается на технологических свойствах сварочной дуги (повышая стабильность ее горения), происходит снижение размеров брызг и уменьшение потерь на разбрызгивание, уменьшается выпуклость шва, с резким переходом к основному металлу (рис. 1) [10].

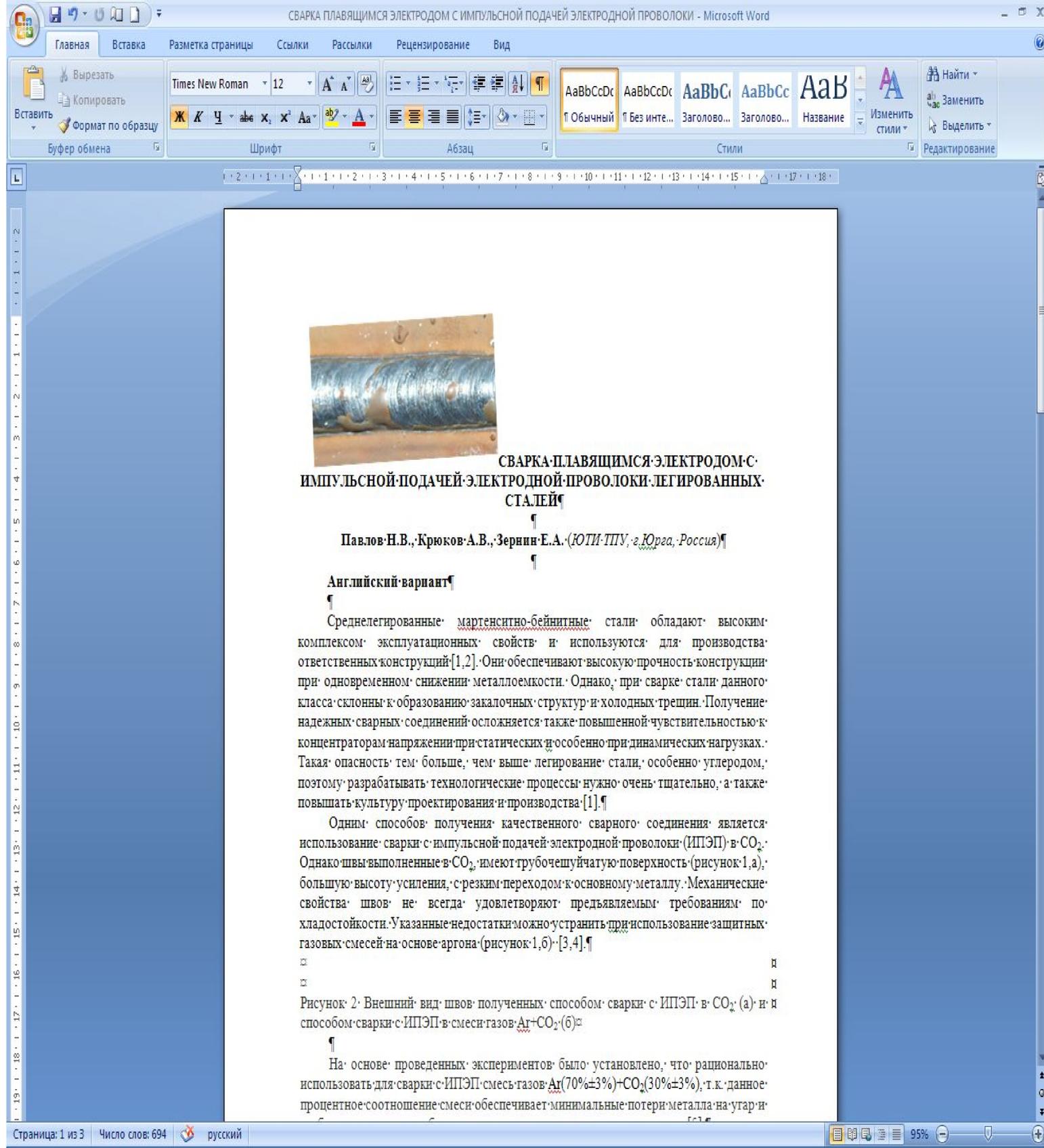


Рис. 1. Внешний вид швов полученных способом сварки с ИПЭП в CO₂ (а) и способом сварки с ИПЭП в смеси газов Ar+CO₂ (б)

На основе проведенных ранее экспериментов было установлено, что применение смеси Ar(70%±3%)+CO₂(30%±3%) при сварке сталей обычного качества (Ст3пс) снижает величину потерь электродного металла на угар и разбрызгивание до 2% [5]. Однако вопросы применимости данного процесса при сварке среднелегированные мартенситно-бейнитных сталей мало изучены.

В результате была поставлена цель: изучить влияние состава защитной газовой среды на структуру и эксплуатационные свойства сварных соединений из среднелегированной мартенситно-бейнитной стали.

Методы исследования

Для исследования влияния состава защитной газовой среды на структуру и эксплуатационные свойства сварных соединений из стали среднелегированной мартенситно-бейнитной стали провели экспериментальные исследования двух способов защиты сварных соединений:

- 1) сварка в CO₂(100%);
- 2) сварка смеси газов Ar(70%±3%)+CO₂(30%±3%).

В обоих случаях в состав экспериментальной установки входили: автоматическая сварочная головка ГСП-2, укомплектованная механизмом импульсной подачи электродной проволоки [6], источник питания ВС-300Б, смесительное оборудование, состоящее из трех ротаметров и смесительной камеры. Сварку производили пластины из стали 30ХГСА толщиной 10мм, в X-образную разделку сварочной проволокой Св-08ГСМТ-О (диаметром 1,2 мм)

Режимы сварки образцов представлены в табл. 1.

Режимы сварки образцов

№ образца	Материал	Защитный газ	I, А	U _н , В	V _{св} , мм/с	f, Гц
«1»	30ХГСА	100%CO ₂	200-210	23-24	3.6	64
«2»	30ХГСА	70%Ar+30%CO ₂	220-230	24-25	3.7	64

Различие в значениях энергетических параметров связано с тем, что для достижения одинаковых значений глубины проплавления необходимо увеличить режимы сварки с ИПЭП в смеси газов Ar+CO₂ на 5-10% по сравнению с ИПЭП в CO₂, так как добавление аргона приводит к ее уменьшению [7].

Оценка химического состава сварного шва проводилась с использованием последовательного рентгенофлуоресцентного спектрометра LabCenter XRF-1800.

Пробы для исследования производились в двух точках в основном металле и металле шва (рис.2). Диаметр точек равен 3мм.

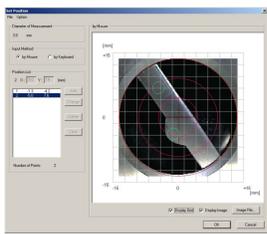


Рис.2. Точки замеров для исследования химического состава

Механические свойства сварных соединений определялись в соответствии с общепринятыми методиками, представленными в ГОСТ 6996-66 «Сварные соединения. Методы определения механических свойств».

Предел прочности определялся на разрывной машине «ALFRED J. AMSLER», соответствующей ГОСТ 7855-84.

Исследование микроструктуры наплавленного металла сварных соединений наблюдалась на микроскопе EC METAM PB (ГОСТ15150-69) в комплекте с цифровым фотоаппаратом Fuji Film Fine Pix S6500fd, обеспечивающим документирование данных с микроскопа.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенных исследований получены сварные образцы, которые подвергли количественной оценке химического состава, механическим испытаниям и структурному анализу сварного соединения (табл. 2, 3 и рис. 3).

Химический состав наплавленного металла

№ образца	Химические элементы				
	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
«1»	0,24-0,26	0,74-0,76	0,63-0,65	0,013	0,017
«2»	0,25-0,27	0,78-0,8	0,66-0,68	0,013	0,017

Таблица 2

Результаты механических испытаний сварных образцов

Способ защиты сварных соединений	Ударная вязкость, КСЧ, Дж/см ²		
	T=0°C	T=20°C	T=-20°C
Сварка с ИПЭП в CO ₂	62...66	72...76	52...56
Сварка с ИПЭП в смеси Ar+CO ₂	77...81	85...89	60...64

Таблица 3

Как видно из табл. 3, механические свойства сварных соединений, полученных при сварке в смеси газов Ar+CO₂ повышаются на 10-15% по сравнению с защитой в CO₂.

Это связано с тем, что при сварке в процесс раскисления в меньшей степени участвуют кремний и марганец, которые оставаясь в металле шва, повышают ударную вязкость.

Проведенные металлографические исследования (рис.3) двух способов позволяют говорить, что закономерности изменения структуры аналогичны.

В центре металла шва видны темно-коричневые пластинки бейнита в более светлой матрице мартенсита (рис.3 а,б). А на границе зоны термического влияния (рис.3 в,г) феррит-бейнит (слева) и исходная ферритно-перлитная структура (справа внизу).

Стоит отметить, что сварные соединения не подвергались термообработке. Устранение подогрева и послесварочной термообработки из технологического процесса сварки стали 30ХГСА и уменьшение времени на зачистку изделия, позволит увеличить производительность труда по сравнению с первым способом на 5-10%.

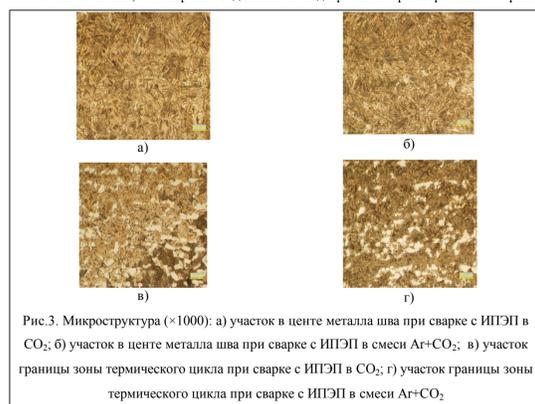


Рис.3. Микроструктура ($\times 1000$): а) участок в центре металла шва при сварке с ИПЭП в CO₂; б) участок в центре металла шва при сварке с ИПЭП в смеси Ar+CO₂; в) участок границы зоны термического цикла при сварке с ИПЭП в CO₂; г) участок границы зоны термического цикла при сварке с ИПЭП в смеси Ar+CO₂

Вывод

Установлено, что применение защитной газовой среды Ar(70%±3%)+CO₂(30%±3%) в сравнении с CO₂(100%), позволяет увеличить величину ударной вязкости сварного соединения на 10-15%, за счет меньшего выгорания элементов раскислителей (6%-кремний и 8%-марганец).

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14_08_31036

Список литературы

1. Аснис А.Е., Гутман Л.М., Покладий В.Р. «Сварка в смеси активных газов». - Киев: Наукова думка, 1982.- 216с.
2. Крюков А.В., Павлов Н.В., Зеленковский А.А. Особенности сварки с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. –2013. –№5. –С. 37 – 39.
3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. – 528с.
4. Лебедев В.А., Пичак В.Г. Механизированная дуговая сварка в CO₂ с регулируемой импульсной подачей сварочной проволоки // Сварочное производство. –1998. –№5. –С. 30 – 33.
5. Павлов Н.В., Крюков А.В., Зернин Е.А. Сварка с импульсной подачей проволоки в смеси газов // Сварочное производство. –2010. –№4. –С. 27 – 28.
6. Патент РФ на изобретение №2254969 Механизм импульсной подачи сварочной проволоки / Брунов О.Г., Федько В.Т., Крюков А.В. и др. Опуб. 27.06.2005. Бюл. №18.
7. Патон Б.Е., Лебедев В.А., Полосков С.И. Использование механических импульсов для управления процессами автоматической и механизированной сварки плавящимся электродом //Сварка и диагностика. –2013. –№6. –С. 16 – 20.
8. Федько В.Т., Брунов О.Г., Солодский С.А. Перенос электродного металла при сварке с импульсной подачей сварочной проволоки // Сварочное производство. –2006. –№8. –С. 9 – 14.
9. Чинахов Д.А., Брунов О.Г. Сварка с импульсной подачей электродной проволоки кольцевых соединений из стали 30ХГСА // Известия Томского политехнического университета. – 2006.Т.309. – №1. – С. 136 – 138.
10. Языков Ю.Ф., Алексина И.В. Преимущества сварки в защитных газовых смесях // Сварочное производство. – 2008.– №9. – С. 29 – 30.
11. Krampit A.G., Krampit N.Y. Method for the determination of the geometrical dimensions and area of the welded joint // Welding International. Volume 27, Issue 10,October 2013, Pages 834-836.

Рецензенты:

Данилов В.И., д.т.н., профессор, Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г.Юрга;
Бурков П.В., д.т.н., профессор, Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г.Юрга.