

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СВАРКИ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ

*Д.С. Яковлев*

Приведены результаты аналитического обзора современных сварочных материалов. Установлено, что перспективным материалом является порошковая проволока. Представлены виды, описание и конструкция сварочных порошковых проволок, назначение и состав сердечника порошковой проволоки. Описаны специфические особенности плавления порошковой проволоки и влияние на них состава сердечника, режима сварки и конструкции порошковой проволоки. Отмечены проблемы, возникающие при производстве толстостенных (до 50 мм) труб большого диаметра из проката высоких групп прочности, для решения которых одним из эффективных вариантов является применение порошковых проволок.

*Ключевые слова:* сварка труб, сварочная порошковая проволока.

Непрерывное удаление мест добычи углеводородов от мест основного и при этом растущего потребления является общемировой тенденцией. В связи с этим большое внимание уделяется вопросам повышения экономической эффективности и обеспечение высокого уровня безопасности передачи энергии на большие расстояния. Для газовой промышленности перспективным решением является развитие технологий трубопроводного транспорта на основе применения более высоких рабочих давлений за счет использования труб из сталей высокой прочности [1]. Задача создания высоконадежных высокопрочных труб потребовала развития научных подходов, разработки и использования самых совершенных технологий на всех этапах металлургического и трубного передела: от выплавки металлопроката до операций формовки, сварки, экспандирования трубной заготовки.

Одной из основных технологических операций при производстве электросварных труб большого диаметра является сварка. К сварным соединениям труб предъявляются различные требования в зависимости от условий эксплуатации, транспортируемой среды и т. д. Сварной шов состоит из основного и присадочного материала, при этом доля участия основного металла различна в зависимости от параметров разделки кромок под сварку и режимов сварки. Для получения качественного сварного соединения, отвечающего высоким требованиям заказчика, необходимо комплексное исследование процесса сварки, сварочных материалов, а также листового проката, используемого при производстве труб.

Анализ существующего рынка сварочных материалов показывает, что одним из перспективнейших материалов является порошковая проволока.

Порошковая проволока представляет собой непрерывный электрод трубчатой или другой более сложной конструкции (рис. 1) с порошкообразным наполнителем – сердечником. Сердечник состоит из смеси минералов, руд, ферросплавов

металлических порошков и других материалов. Назначение различных составляющих сердечника – защита расплавленного металла от вредного влияния воздуха, раскисление, легирование металла, связывание азота в стойкие нитриды, стабилизация дугового разряда и т. д. Составляющие сердечника должны, кроме того, удовлетворять общепринятым требованиям, предъявляемым ко всем сварочным материалам: обеспечивать хорошее формирование швов, легкую отделимость шлаковой корки, минимальное разбрызгивание металла, отсутствие пор, трещин, шлаковых включений и других дефектов, определенные механические свойства сварных швов и т. д. [2].

В сердечник всех порошковых проволок с целью увеличения производительности сварки и придания благоприятных сварочно-технологических свойств вводят железный порошок.

По способу защиты порошковые проволоки делятся на два вида:

- 1) самозащитные;
- 2) для сварки с дополнительной защитой газом или флюсом.

Плавление и перенос металла при сварке порошковой проволокой имеют специфические особенности. Характеристики дуги при сварке порошковой проволокой существенно зависят от состава сердечника, который обладает низкой по сравнению с металлической оболочкой электропроводностью. По этой причине активное пятно дуги занимает не все сечение проволоки, а находится на оболочке или капле расплавленного металла. Сердечник плавится за счет излучения дуги и конвективного теплообмена с расплавленным металлом и разогретыми газами. В связи с этим при сварке порошковой проволокой плавление оболочки несколько опережает плавление сердечника. Отставание процесса плавления сердечника от плавления оболочки – нежелательное явление и вызывает ухудшение показателей сварки и снижение эффективности защиты металла от воздуха. Замедленное плавление сердечника затрудняет

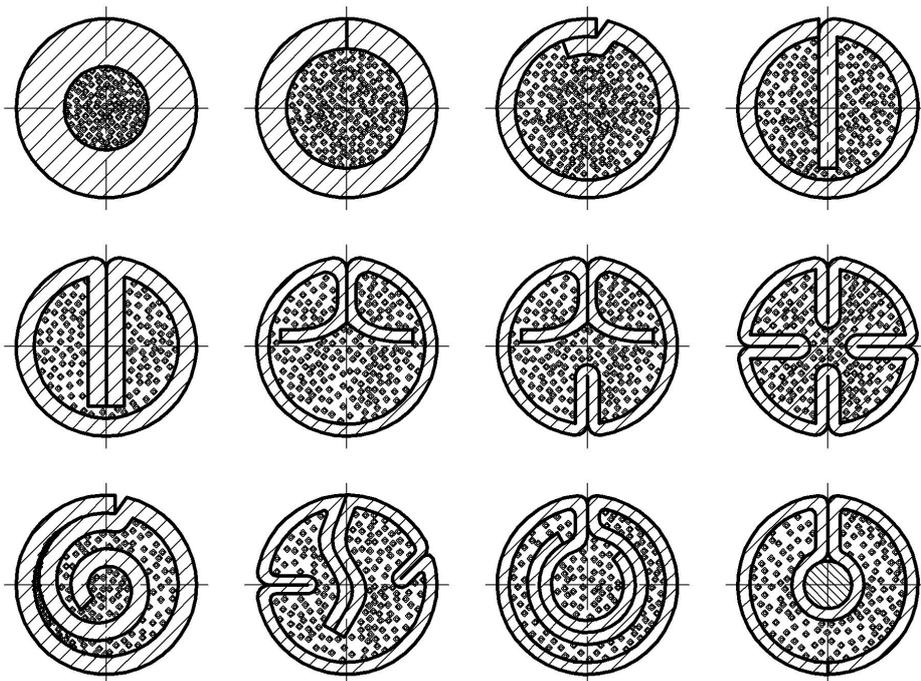


Рис. 1. Конструкции порошковой проволоки

сварку короткой дугой, кроме того, частицы не-расплавившегося сердечника, попадая в сварочную ванну, засоряют металл шва шлаковыми включениями.

На соотношение плавления оболочки и сердечника существенное влияние оказывают режим сварки, конструкция проволоки и ее состав.

Влияние режима сварки на плавление порошковой проволоки приведено на рис. 2. На малом токе и напряжении дуги выступающая часть сердечника имеет форму близкую к цилиндрической (см. рис. 2, а). При увеличении тока ее длина увеличивается (см. рис. 2, б). С ростом напряжения отставание плавления сердечника также увеличивается, но под воздействием тепла столба дуги его выступающая часть приобретает коническую форму (см. рис. 2, в).

Кроме того, значительное влияние на характер плавления порошковой проволоки оказывает

содержание металлических порошков в сердечнике. Чем больше содержится в сердечнике металлических порошков, тем меньше длина неоплавленной части сердечника.

Параметры переноса металла изменяются в значительных пределах в зависимости от режима сварки, состава сердечника и других факторов. Установлено, что с увеличением тока и напряжения масса капель уменьшается.

В состав проволок, применяющихся для сварки в защитных газах и под слоем флюса, нет необходимости вводить газообразующие материалы, поскольку надежная защита расплавленного материала обеспечивается защитным газом или флюсом.

Первые промышленные образцы порошковой проволоки разработаны и опробованы еще в 1959–1961 гг. Однако ввиду высокой трудоемкости их изготовления и, как следствие, высокой стоимостью, их применение во многих случаях было не-

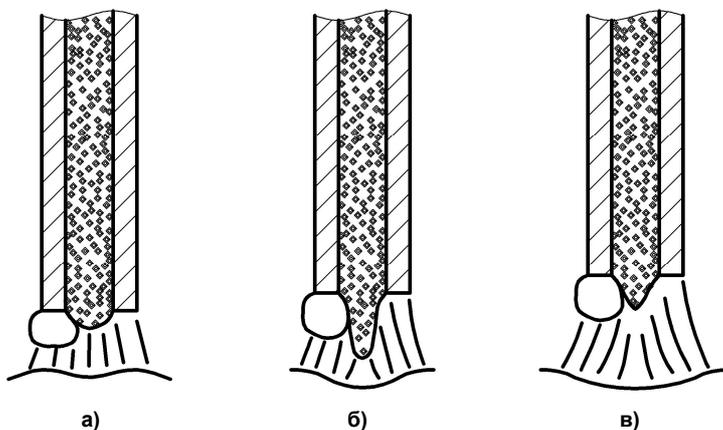


Рис. 2. Влияние режима сварки на плавление порошковой проволоки

## Краткие сообщения

целесообразно [3]. В последние годы технология изготовления порошковой проволоки совершенствовалась, появилась серьезная конкуренция среди производителей проволоки, что благоприятно сказалось на ее цене, которая все же остается достаточно высокой по сравнению с проволокой сплошного сечения.

При сравнении порошковой проволоки с проволокой сплошного сечения, можно выделить ряд основных преимуществ первой:

1) возможность достижения высоких показателей механических свойств сварного соединения (в частности, ударной вязкости) при низкой температуре;

2) малая склонность к образованию трещин, особенно индуцированным водородом, в металле шва и сварном соединении;

3) возможность точного микролегирования для обеспечения особых свойств металла сварного шва;

4) высокие сварочно-технологические свойства;

5) возможность осуществления сварки без дополнительной защиты;

6) высокая производительность процесса сварки (особенно для проволок типа metal-core);

7) малые потери на разбрызгивание;

8) улучшенный характер переноса капель через дугу (более «спокойный» процесс).

Порошковая проволока является высокопроизводительным электродным материалом, позволяющим решать широкий круг задач, связанных с изготовлением сварных конструкций на современном уровне.

На сегодняшний день сварка порошковой проволокой широко применяется во многих странах мира и относится к наиболее перспективным дуговым процессам для соединения металлов, восстановления изделий или придания им необходимых свойств. Однако применяется она в основном при механизированной сварке в среде защитных газов или без газовой защиты (самозащитная порошковая проволока) [4].

Рассматривая трубную отрасль, можно отметить, что в последнее время порошковая проволока все чаще находит применение при сварке стыков магистральных газо- и нефтепроводов на трубо-сварочных базах и в полевых условиях на трассах.

Тенденция к повышению рабочего давления в газопроводах и ужесточение условий эксплуатации (строительство газопроводов в регионах с вечномёрзлыми грунтами, глубоководных акваториях и сейсмоопасных районах) потребуют более широкого применения труб повышенной прочности (в перспективе до Х120), увеличения толщины их стенок до 50 мм и предъявления к трубам целого ряда специфических требований к деформационной способности, коррозионной стойкости, стойкости к протяженным разрушениям и др. Повышение прочности проката, достигающееся в основном за счет микролегирования и термомеханической контролируемой прокатки, и толщины проката, применяемого при производстве труб, вызывает определенные трудности при сварке, связанные с обеспечением требуемых механических характеристик в зоне термического влияния при отрицательных температурах.

Таким образом, одним из перспективнейших решений указанных задач является применение при производстве высокопрочных и толстостенных электросварных труб большого диаметра порошковой проволоки, обладающей рядом исключительных свойств, которые позволят повысить механические характеристики сварного соединения при отрицательных температурах.

### Литература

1. Русаков, В.В. Перспективы применения высокопрочных труб для проектов дальнего транспорта газа / В.В. Русаков, Т.П. Лобанова // *Наука и техника в газовой промышленности*. – 2011. – № 4. – С. 4–7.

2. Походня, И.К. Сварка порошковой проволокой / И.К. Походня, А.М. Суптель, В.Н. Шлепаков. – Киев: Наукова думка, 1972. – 223 с.

3. Производство порошковой проволоки / И.К. Походня, В.Ф. Альтер, В.Н. Шлепаков и др. – Киев: Вища школа, 1980. – 231 с.

4. Исследования и разработки ИЭС им. Е.О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой / И.К. Походня, В.Н. Шлепаков, С.Ю. Максимов, И.А. Рябцев // *Автоматическая сварка*. – 2010. – № 12. – С. 34–42.

**Яковлев Дмитрий Сергеевич**, инженер-исследователь группы технологии сварки, ОАО «Челябинский трубопрокатный завод» (г. Челябинск); dmitriy.yakovlev88@hotmail.com.

*Поступила в редакцию 24 марта 2014 г.*

## **ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL PECULIARITIES FOR FLUX-CORED WELDING**

**D.S. Yakovlev**, JSC "Chelyabinsk Pipe-Rolling Plant", Chelyabinsk, Russian Federation,  
dmitriy.yakovlev88@hotmail.com

The article presents the results of an analytical review of modern welding materials. The results show that the perspective material is flux cored wire. The article presents: the views and designs of flux-cored wires, the functions and composition of the flux core. The specific features of flux-cored wire at melting are described as well as the impact of flux core composition, welding mode, welding conditions and flux cored wire design on these specific features. The problems arising from the production of thick-walled pipes (up to 50 mm) of large diameter from mill products of high strength groups are formulated. The usage of the flux-cored wire is proved to be the effective solution for the problems described.

*Keywords: tube welding, flux-cored welding.*

### **References**

1. Rusakov V.V., Lobanova T.P. [Perspectives of Application of High-Strength Pipes for Gas Transportation Projects]. *Nauka i tekhnika v gazovoy promyshlennosti* [Science and Technology in Gas Industry], 2011, no. 4, pp. 4–7. (in Russ.)
2. Pokhodnya I.K., Suptel' A.M., Shlepakov V.N. *Svarka poroshkovoy provolokoy* [Flux Cored Welding]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1972. 223 p.
3. Pokhodnya I.K., Al'ter V.F., Shlepakov V.N. *Proizvodstvo poroshkovoy provoloki* [Production of Flux-Cored Wire]. Kiev: Vyscha Shkola Publ., 1980. 231 p.
4. Pokhodnya I.K., Shlepakov V.N., Maksimov S. Yu., Ryabtsev I.A. [The E.O. Paton Electric Welding Institute: Research and Development in the Field of Arc Welding and Flux-Cored Built-Up Welding]. *Avtomaticheskaya svarka* [Automated Welding], 2010, no. 12, pp. 34–42. (in Russ.)

*Received 24 March 2014*