

О. Я. Кирнос, Е. Г. Кузнецов

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОВОЛОК ПОРОШКОВЫХ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ НАПЛАВКИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

В связи с необходимостью обеспечения определённо-го комплекса эксплуатационных свойств уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры при её производстве существенное значение приобретают процессы их высокопроизводительной и качественной наплавки, а также материалы, используемые для данных целей. Одним из наиболее технологичных процессов является автоматическая наплавка порошковыми проволоками.

Анализ использования процессов сварки и наплавки в мировой и отечественной промышленной индустрии: машиностроении, металлургии, судостроении, энергетике, химической промышленности и в других отраслях показывает устойчивый и динамичный рост применения порошковых проволок.

В последние годы в мировой и отечественной сварочной практике коренным образом пересматриваются подходы к созданию и использованию сварочных материалов. Наиболее существенно это относится к разработке и применению порошковых проволок.

Данный материал, являющийся проволочным электродом, обеспечивает максимальную универсальность применения, более высокие показатели, характеризующие производительность работ, сварочно-технологические свойства, качество сварочного шва, отделимость шлаковой корки, в сравнении с цельнотянутыми проволоками, и может применяться для полуавтоматической и автоматической сварки (наплавки) под флюсом, в атмосфере защитных газов, а также в самозащитном исполнении для сварки (наплавки) открытой дугой.

Достигнутый за последние два десятилетия технологический уровень производства и применения порошковых проволок привёл к созданию новых типов электродного материала и специализированных способов его применения, что способствовало расширению областей и объёмов его использования, существенному повышению конкурентоспособности в сравнении с другими сварочными технологиями.

Для наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры требуются высоколегированные наплавочные материалы. Изготовление порошковых проволок, удовлетворяющих требуемому составу, в современных условиях является процессом более технологичным в сравнении с получением цельнотянутых проволок, которые производятся волочением с малыми обжатиями и многократными промежуточными отжигами.

Порошковая проволока, в отличие от цельнотянутой проволоки, имеющей сплошное сечение, состоит из оболочки и сердечника. В качестве оболочки используется металлическая лента, главным образом стальная низкоуглеродистая, что позволяет получать сварочные и наплавочные материалы, в том числе высоколегированные на основе железа.

При необходимости, для получения более сложных сплавов, например, на основе никеля, используют никелевые ленты. Сердечник порошковых проволок представля-

ет собой смесь порошковых легирующих (ферросплавов, чистых металлов, карбидов, боридов и т. п.), а также газо- и шлакообразующих компонентов.

Таким образом, технология производства порошковых проволок позволяет получать наиболее технологичным способом в требуемом количестве наплавочные материалы, составы которых по содержанию легирующих элементов могут удовлетворять любым требуемым эксплуатационным условиям.

Кроме этого, использование порошковых проволок, предназначенных для применения в атмосфере защитных газов или для сварки открытой дугой, позволяет осуществлять многократные наплавки по островкам или тонкому слою шлака, что в сочетании с благоприятной формой сварочного валика и лёгкой отделимостью шлаковой корки делает их наиболее приемлемыми для роботизированной и автоматической наплавки.

В данной статье рассматриваются основные концепции разработки и производства порошковых проволок, предназначенных для наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры в ЗАО «Спецсплав» (г. Днепрпетровск, Украина) и их применения в арматуростроении.

ЗАО «Спецсплав» — это химико-металлургическое предприятие, являющееся одним из ведущих украинских разработчиков и производителей сварочных и наплавочных материалов, продукция которого поставляется на многие предприятия добывающей, металлургической, машиностроительной, химической, энергетической и других отраслей промышленности стран СНГ.

ЗАО «Спецсплав» входит в состав холдинга, образованного предприятием ЗАО «Промарматура» (г. Днепрпетровск, Украина), что обуславливает выполнение совместных работ по разработке и производству наплавочных порошковых проволок и технологий их применения в арматуростроении. Данная работа осуществляется специалистами ЗАО «Спецсплав» в процессе тесного взаимодействия с конструкторским бюро и инженерно-техническими службами ЗАО «Промарматура».

Уникальность производственной базы ЗАО «Спецсплав» состоит в том, что для производства сварочных и наплавочных материалов, в частности, порошковых проволок, используются, главным образом, легирующие шихтовые материалы, изготовленные на базе собственного химико-металлургического производства. Здесь же производятся и флюсы сварочные, применяемые для осуществления процессов сварки и наплавки, в том числе электрошлаковых. (Для ознакомления см. www.spetssplyav.dp.ua).

В данном комплексе оба предприятия связаны технологически и финансово и ориентированы на выпуск интегральных видов продукции, что обуславливает надлежащий контроль качества на всех промежуточных стадиях.

При разработке номенклатурного перечня порошковых проволок для арматуростроения выбор химического состава наплавочного слоя, с учётом отраслевой направленности, производился, в первую очередь, исходя

Таблица № 1. Проволоки порошковые производства ЗАО «Спецсплав», предназначенные для износостойких наплавов уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры и оборудования, эксплуатирующегося в подобных условиях

Марка проволоки	Краткая характеристика и область применения
Проволоки порошковые для наплавки сплавов ферритно-мартенситного класса преимущественно на углеродистые и низколегированные марганцовистые стали типа 20, 20Л, 09Г2С	
ПП-Нп-12Х13 ТУ У 27.1-30268695-001-2001 Наиболее близкий аналог — электроды УОНИ-13/НЖ	Проволока предназначена, прежде всего, для наплавки деталей металлургического оборудования, в частности роликов МНЛЗ, а также энергетического оборудования, в частности уплотнительных поверхности деталей запорной арматуры, работающих в слабоагрессивных средах при температурах до 600° С. В атмосфере пара и на воздухе обеспечивает жаропрочность до температуры 540° С, жаростойкость до 650° С. Твердость наплавленного слоя 40—46 НРс.
ПП-Нп-10Х14Т (ПП АН106) ГОСТ 26101-84 Наиболее близкий аналог — электроды УОНИ-13/НЖ	Проволока предназначена для наплавки деталей металлургического и энергетического оборудования, в частности трубопроводной арматуры, испытывающей ударные нагрузки. Наплавленный слой обладает коррозионной стойкостью и износостойкостью при повышенных температурах. В атмосфере пара и на воздухе обеспечивает жаропрочность и жаростойкость до 650° С. Твердость наплавленного слоя 42—46 НРс.
ПП-Нп-ПСТ20 ТУ У 28.7-30268695-006-2004	Проволока предназначена для наплавки деталей, работающих в слабоагрессивных и агрессивных средах при температурах от -60° С, до 450—500° С (вода, пар, аммиак, влажный природный газ, нефть, нефтепродукты, жидкие и газообразные углеводородные среды). Наплавленный металл обеспечивает высокую коррозионную стойкость, жаропрочность и жаростойкость при температурах 600—700° С. Твердость наплавки: по первому слою 300—400 НВ, по второму — 200—300 НВ, по третьему — 170-220 НВ. После термообработки твердость по третьему слою до 400 НВ.
Проволоки порошковые для наплавки сплавов ферритного класса преимущественно на углеродистые и низколегированные марганцовистые стали типа 20, 20Л, 20ГЛ, 09Г2С	
ПП-Нп-ПСТ25/0 ТУ У 28.7-30268695-006-2004	Проволока предназначена для наплавки ответственных узлов паровых и газовых турбин, уплотнительных поверхностей арматуры и др. Обеспечивает стойкость против межкристаллитной коррозии и обладает повышенной жаростойкостью до 1050° С. В средах, содержащих сернистые газы, данный сплав обеспечивает стойкость до 600° С. Твердость наплавки: по первому слою 200-300 НВ, по второму — 180—220 НВ, по третьему — 150—200 НВ. После термообработки твердость по третьему слою до 388 НВ
Проволоки порошковые для наплавки сплавов аустенитно-ферритного класса преимущественно на аустенитные и аустенитно-ферритные стали	
ПП-Нп-10Х17Н9С5ГТ ГОСТ 26101-84 Наиболее близкий аналог — электроды ЦН-6	Проволока предназначена для наплавки уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры, арматуры котлов, работающих при температурах до 550° С. Имеет повышенную стойкость против эрозии, задиоров, межкристаллитной и общей коррозии. Твердость после наплавки 27—33 НРс.
ПП-Нп-ПСТ1785 ГОСТ 26101-84 Наиболее близкий аналог — электроды ЦН-12М	Проволока предназначена для наплавки уплотнительных поверхностей деталей арматуры энергетических установок, работающих при высоких давлениях и температуре до 600° С, а также других изделий, в которых требуется стойкость к задирам. Наплавленный металл обеспечивает также стойкость к общей и межкристаллитной коррозии в агрессивных средах. Твердость наплавленного слоя 28—35 НРс.
ПП-Нп-20Х13Г12М3Т ТУ У 27.1-30268695-001-2001	Проволока предназначена для наплавки деталей, подвергающихся интенсивному гидроабразивному износу при кавитационных и коррозионных воздействиях при температурах от -253° С. Наплавленный слой обеспечивает высокую жаропрочность и коррозионную стойкость при температурах до 800° С. Имеется опыт наплавки рабочих колес и улиток шламовых насосов, отводов пульпопроводов и пр. на горно-обогатительных комбинатах. Твердость после наплавки 220—300 НВ.
Проволоки порошковые для наплавки сплавов аустенитного класса преимущественно на аустенитные и аустенитно-ферритные стали	
ПП-Нп-ПСТ2513 ГОСТ 26101-84 Наиболее близкий аналог — электроды ЭА-48М/22	Проволока предназначена для наплавки аустенитного подслоя, деталей, наплавленный слой которых обеспечивает высокую стойкость в окислительных средах при температуре до 1000° С. Твердость после наплавки 150—180 НВ.
ПП-Нп-ПСТ8 ТУ У28.7-30268695-006-2004 Наиболее близкий аналог — электроды ЗИФ-1, ЗИФ-9, ЦТ-15	Проволока предназначена для наплавки оборудования в химическом аппарато- и машиностроении, нефтеперерабатывающей промышленности, работающего в агрессивных средах. Наплавленный слой обеспечивает стойкость к межкристаллитной коррозии, также обладает высокой длительной прочностью при температурах от -253° С до 800° С. Твердость после наплавки 180—300 НВ.

из указаний к применению сплавов, изложенных в РД РТМ 26-07-210.93 и стандарте ЦКБА 014 (1 ред., 2004). При этом учтены требования «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» Госгортехнадзора РФ, а также применена использованная в них классификация сталей и сплавов.

Кроме этого, проанализированы химические и структурные особенности, практическое использование и показатели стойкости известных нам сталей и сплавов в различных условиях с учётом параметров: температура, давление, состав рабочей среды. При этом учитывалось коррозионное, абразивное и кавитационное воздействие рабочей среды. Таким образом, совершенствовались известные и разрабатывались новые типы сплавов.

Как уже отмечалось, применение самозащитных проволок является, на наш взгляд, наиболее перспективным технологическим методом наплавки уплотнительных поверхностей арматуры. На стадии разработки конкретных марок проволок существенное значение уделяется созданию эффективной защиты столба дуги и сварочной ванны, что обеспечивает отсутствие пор в наплавленном слое, а использование разработанных в ЗАО «Спецсплав» комплексных лигатур, раскислителей-модификаторов и современных методов стабилизации горения дуги позволяет получить улучшенные сварочно-технологические свойства и значительно уменьшить разбрызгивание.

Технологически важным является то, что для арматуростроительных нужд требуются проволоки порошковые различных диаметров для выполнения наплавки разных по массивности деталей и требуемой конструктивной ширины уплотнительных поверхностей.

На производстве ЗАО «Спецсплав» изготавливаются наплавочные порошковые проволоки в широком диапазоне диаметров от $\varnothing 1,8$ — $3,6$ мм для выполнения основной массы наплавочных работ и до $\varnothing 5,0$ — $6,0$ мм для наплавки крупногабаритных деталей. В таблице № 1 приведён основной номенклатурный перечень порошковых проволок, производимых ЗАО «Спецсплав» для использования в арматуростроении и в близких эксплуатационных условиях.

Несмотря на заметные успехи, полученные при исследовании свариваемости арматуростроительных сталей, вопрос напряженного состояния и склонности к трещинообразованию в зависимости от геометрии изделия, его химического состава, состава наплавляемого сплава и параметров наплавки является малоизученным. С учетом известных критериев, наплавочные материалы изготавливаются, как правило, низкоуглеродистыми и (или) высоконикелевыми, обеспечивающими достаточно низкое содержа-

ние растворенного водорода в наплавленном слое, подбираются соответствующие микролегирующие добавки, подавляющие трещинообразование. Существенное значение, при этом для уменьшения термических напряжений, обусловленных сварочным термоциклом, также имеет предварительный подогрев деталей перед наплавкой и их последующая термообработка.

Завод ОАО «Армапром» (г. Миргород) является базовым предприятием нашего холдинга, где проводятся промышленные испытания и применяются порошковые проволоки для наплавки уплотнительных поверхностей арматуры.

При этом производство и применение порошковых проволок для наплавки включены в общую холдинговую систему менеджмента качества.

На ОАО «Армапром» наплавка уплотнительных поверхностей осуществляется, главным образом, самозащитными порошковыми проволоками, в деталях:

- «корпус» обратных клапанов (затворов), задвижек, регулирующей арматуры;

- «стакан», «захлопка», «клин» и «золотник».

Наплавка производится в трубопроводной арматуре DN 50-200, изготовленной из типичных арматуростроительных марок сталей:

- сталь 15, 20, 20А, 25, 25Л

- сталь 09Г2С, 09Г2СЛ

- сталь 20ХНЗ, 20ХНЗЛ

- стали типа 18-9, 18-10 (12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т)

- сталь 12Х17Н13М2Т, 12Х18Н12МЗТЛ.

Ширина наплавки уплотнительных поверхностей варьируется от 4 до 20 мм, что обусловлено выбором необходимого диаметра проволок порошковых и характерными параметрами процесса сварки.

Параметрически диаметр проволоки должен согласовываться с шириной наплавки уплотнительной поверхности, обусловленной конструктивными размерами данного элемента изделия, а также требуемыми характеристиками сварочного источника и наплавочной установки.

В связи с необходимостью совершенствования наплавочного оборудования наметилось конструктивное взаимодействие со специализирующимися в этом направлении предприятиями — ПКТБА и ООО «Экосервис» (г. Пенза, РФ).

В ЗАО «Спецсплав» порошковые проволоки изготавливаются на современном оборудовании. Для обеспечения надлежащего качества и минимальной влагонасыщенности проволоки прокаливают и упаковывают с силикагелем в стальные барабаны в соответствии с требованиями ГОСТ 26101-84.

Самое высшее наслаждение — сделать то, что, по мнению других, вы сделать не можете.

У. Бэджот

Чтобы удивиться, нужно мгновение, а чтобы сделать удивительную вещь, нужны годы терпения и упорного труда.

К. Гельвеций