



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДАМИ С РУТИЛОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

**И. Н. ВОРНОВИЦКИЙ**, канд. техн. наук, **Н. В. ЗАХАРОВА**, **О. В. ШИШКОВА**, инженеры  
(ЗАО «Электрод», г. Железногорск, РФ),  
**А. А. ВИЛИСОВ**, **А. В. ЗИНЧЕНКО**, инженеры (Центр повышения квалификации кадров, Пермь, РФ)

Описаны технологические преимущества электродов с рутиловым типом покрытий для сварки высоколегированных сталей по сравнению с электродами с основным типом покрытия. Приведены сведения о новых марках электродов, разработанных в ЗАО «Электрод».

*Ключевые слова:* дуговая сварка, нержавеющие стали, покрытие электроды, рутиловый тип покрытия, технологические свойства

Специалисты ЗАО «Электрод» разработали несколько марок электродов с рутиловым покрытием для сварки высоколегированных сталей, которым присвоено буквенно-цифровое обозначение ЖЗЛ (ЖЗ — Железногорский завод; Л — для сварки высоколегированных сталей). В табл. 1 приведены некоторые характеристики электродов. ЗАО «Электрод» продолжает разработку и совершенствование электродов с рутиловым и иными типами покрытий для сварки высоколегированных сталей и сплавов, аналогами которых являются известные электроды ОЗЛ-17У, АНЖР-1, АНЖР-2 и др.

В последние двадцать–тридцать лет изменился характер использования электродов с рутиловым покрытием для сварки высоколегированных сталей по сравнению с электродами (того же назначения) с основным покрытием. На основании анализа информации [1–3] можно утверждать, что доля электродов с рутиловым покрытием за рубежом в общем объеме выпуска электродов для сварки высоколегированных сталей составляет примерно 80 %, остальное — электроды с основным и прочими покрытиями.

На постсоветском пространстве доля электродов с рутиловым покрытием для сварки высоколегированных сталей составляет всего около 10 %, хотя в течение нескольких десятилетий Московский

опытный сварочный завод, Институт электросварки им. Е. О. Патона и ряд других организаций [4, 5] активно занимались их разработкой и совершенствованием.

Преимуществом электродов с рутиловым покрытием является высокая технологическая маневренность, благодаря которой существенно облегчается труд сварщика, снижается трудоемкость при сварке, обеспечивается высокое качество сварных соединений.

Для рутиловых электродов характерны легкое зажигание и повторное зажигание дуги, возможность сварки как постоянным, так и переменным током, мелкокапельный перенос электродного металла и формирование гладкой мелкочешуйчатой поверхности металла шва, что в свою очередь способствует легкой, а зачастую самопроизвольной, отделимости шлака, коэффициент теплового расширения которого в 1,5 раза больше, чем основного шлака. Следует подчеркнуть незначительное разбрызгивание электродного металла. Все перечисленные свойства обеспечиваются благодаря тщательному подбору состава покрытия, содержащего значительную долю рутила или продуктов его переработки.

Другие функциональные свойства рутиловых электродов (возможность сварки тонколистовых конструкций, сварки вертикальных швов сверху вниз, повышенная производительность процесса) определяются диаметром электрода и толщиной

**Таблица 1**

Новые марки электродов с рутиловым покрытием	Тип электродов (ГОСТ 10052-75)	Марки свариваемых сталей	Марки электродов-аналогов с основным покрытием
ЖЗЛ-1	Э-08Х17Н8М2	10Х17Н13М2Т, 08Х17Н5 МЗ, 08Х16Н13М2Б	НИАТ-1
ЖЗЛ-6	Э-10Х25Н13Г2	10Х23Н18, 20Х23Н18, 08Х21Н6М2Т, 08Х23Н6	ОЗЛ-6, ЦЛ-25
ЖЗЛ-8	Э-07Х20Н9	08Х18Н10, 12Х18Н10Т, 08Х18Н12Б	ОЗЛ-8
ЖЗЛ-11	Э-08Х20Н9Г2Б	08Х18Н12Б, 08Х18Н12Т	ЦЛ-11
ЖЗЛ-15	Э-08Х19Н10Г2Б	12Х18Н12Т	ЦТ-15
ЖЗЛ-400	Э-07Х19Н11МЗГ2Ф	08Х17Н13М2Т	ЭА-400/10У
ЖЗЛ-НЖ/13	Э-04Х20Н9	06Х18Н11, 04Х18Н10	УОНИ-13/НЖ-2, ОЗЛ-6
ЖЗЛ-395	Э-11Х15Н25М6АГ2	ХН35ВТ, Х15Н25АМ6	ЭА-395/9

(коэффициентом массы) покрытия. При этом формирование шва и ряд перечисленных выше показателей электродов зависят от поведения жидкого металла и шлака. В частности, вязкость рутиловых шлаков как нелегированных, так и легированных электродов больше, чем других типов шлаков промышленных электродов. Многие опытные сварщики научились правильно использовать это свойство шлака при сварке швов в различных пространственных положениях.

Характерной особенностью электродов с рутиловым покрытием является более высокое напряжение дуги, по сравнению с электродами с основным покрытием, при практически одинаковом сварочном токе (табл. 2).

Можно полагать, что температура дуги электродов с рутиловым покрытием выше, чем с основным, а скорость плавления электродов с рутиловым покрытием, как известно, больше, чем с основным покрытием. Эти факторы обуславливают необходимость корректировки конструкции разделки, например, размеров зазоров и притупления при сварке стыковых швов.

С целью разработки практических рекомендаций по сварке новыми электродами проведены специальные опыты, результаты которых приведены ниже.

Благодаря очень легкому зажиганию дуги практически мгновенно формируется сварочная ванна, форма, объем и масса которой легко поддаются регулированию за счет сварочного тока и скорости перемещения электрода. При этом регулируется и подвижность ванны, исключается вытекание металла из ванны и легко обеспечивается формирование шва во всех пространственных положениях. Этому также способствует образующийся при плавлении электродов довольно вязкий шлак. Именно вязкость шлака препятствует вытеканию жидкого металла из зазора при сварке корневых швов, что позволяет обеспечить при достаточных навыках сварщика формирование обратного валика или иной, заданной нормативной документацией, формы.

В результате дополнительных опытов установлено, что при чрезмерной толщине покрытия часть образующегося шлака затекает перед сварочной ванной и тогда затрудняется наблюдение за формированием шва. Это может привести к нарушению его прямолинейности и формы.

Установлено также, что при сварке новыми электродами формируется стабильная, легко управляемая дуга, допускающая манипулирование торцом электрода в самых неудобных для сварщика положениях и во всех положениях шва.

Легкое повторное зажигание дуги обеспечивает возможность выполнения вертикальных и потолочных швов в непрерывном и пульсирующем режимах, т. е. с кратковременными обрывами дуги,

Таблица 2

Диаметр электрода, мм	Рекомендуемый сварочный ток для электродов, А, с покрытием		Напряжение на дуге при сварке электродами, В, с покрытием	
	основным	рутиловым	основным	рутиловым
2,00	40...65	45...65	22	29
2,50	50...85	60...90	22	29
3,25	85...115	80...120	21	30
4,00	105...160	120...170	21	32

обеспечивая симметричное формирование швов заданного размера (ширины и толщины). Этот прием (кратковременные обрывы дуги) обеспечивает возможность сварки тонколистового металла, тонкостенных труб, формирования корневого слоя шва с чрезмерным или переменным зазором по периметру трубы (вследствие неточной сборки и подготовки стыков труб к сварке).

Возможность сварки на переменном токе позволяет использовать (особенно в условиях монтажа и ремонта) простое и доступное оборудование.

Легкая или самопроизвольная отделимость шлака существенно снижает трудоемкость сварочных работ, а также уменьшает вероятность образования шлаковых включений. Однако сварщик должен помнить о некоторой опасности травмирования глаз (особенно), если эффект самоотделения шлака проявляется очень активно.

Испытания электродов ЖЗЛ выявили несколько повышенную чувствительность электродов к перегреву. Поэтому сварку следует выполнять в диапазоне токов, рекомендованных для каждого диаметра электродов, при контролируемых показаниях амперметра.

Как уже отмечалось, в нашей стране широкое применение электродов с рутиловым покрытием для сварки высоколегированных сталей несколько задержалось. Вероятно, одной из причин этого следует признать недостаточную информированность потребителей и сварщиков о технологических особенностях электродов с рутиловым покрытием, завоевавших признание во многих странах. Авторы выражают надежду, что предлагаемая статья выполнит положительную роль в успешном освоении нового прогрессивного материала, каким являются высоколегированные электроды с рутиловым покрытием.

1. *Schweißgeräte* und Schweißzusätze: Lincoln Smitweld GmbH. Katalog. — Netherlande, 2001. — 414 S.
2. *Consumable for manual and automatic welding: Welding handbook*. — Göteborg: ESAB, 2001. — 445 p.
3. *Welding consumable guide* / Zika. — Israel, 2001. — 84 p.
4. *Судлин З. А.* Высоколегированные сварочные электроды // Свароч. пр-во. — 1985. — № 2. — С. 3–5.
5. *Липодаев В. Н., Каховский Ю. Н.* Разработка электродов для сварки стабильноаустенитных сплавов — ЭП943 и ЭП516 // Всесоюз. конф. по свароч. материалам (Киев, 5–7 окт. 1976): Тез. докл. — Киев, 1976. — С. 27–29.

The paper presents the technological advantages of rutile type electrodes for high-alloy steel welding, compared to electrodes with a basic coating type. Information is given on the new grades of electrodes, developed at CJSC «Electrod».

Поступила в редакцию 22.07.2004