

НОВЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ СВАРКИ УГЛЕРОДИСТЫХ И НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ*

И. Р. ЯВДОЩИН, Н. В. СКОРИНА, А. Е. МАРЧЕНКО, кандидаты техн. наук, **Ю. Д. ВАКОЛЮК**, инж.,
А. П. ПАЛЬЦЕВИЧ, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены сведения о новых разработках ИЭС им. Е. О. Патона в области покрытых электродов общего назначения с рутиловым, ильменитовым и основным видами покрытия.

Ключевые слова: дуговая сварка, покрытые электроды, низкоуглеродистые стали, высокопрочные стали, сварочные технологические свойства, механические свойства

Номенклатура электродов общего назначения, выпускаемых предприятиями Украины и стран СНГ, главным образом представлена электродами с рутиловым (АНО-4, АНО-21, МР-3, ОЗС-4, ОЗС-12), ильменитовым (АНО-6, МР-3М, МР-3В) и основным (УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, АНО-27) покрытиями. Большинство этих электродов разработано более 30 лет назад, а электроды УОНИ-13 — более 60. Перечисленные выше марки уступают лучшим зарубежным аналогам в первую очередь по сварочно-технологическим свойствам и не могут с ними конкурировать. Единственным фактором, сдерживающим поступление зарубежных электродов на отечественный рынок, является слишком высокая цена — в 1,5...2 раза выше цены на отечественные электроды. Однако в последние годы разница в ценах на отечественные и зарубежные электроды сокращается (поскольку дорожает сырье и энергия), и вскоре зарубежные электроды начнут теснить старые отечественные разработки на рынках СНГ. Учитывая сложившуюся ситуацию, Институт электросварки им. Е. О. Патона совместно с НПФ «Патон-Электрод» ведут разработки электродов нового поколения, которые смогут противостоять экспансии на отечественный рынок электродов зарубежных фирм. Разработки ведутся в следующих направлениях:

первое — создание универсальных электродов с рутиловым и рутилцеллюлозным покрытиями для сварки конструкций из низкоуглеродистых марок сталей;

второе — создание универсальных электродов с ильменитовым покрытием (как вариант электродов, покрытие которых построено на дешевом титансодержащем сырье);

третье — создание низководородных электродов для сварки конструкций из углеродистых низколегированных сталей;

четвертое — создание ультранизководородных электродов для сварки низколегированных высокопрочных сталей.

* Данный материал в виде доклада был заслушан на III Международной конференции по сварочным материалам стран СНГ (г. Днепропетровск, 1–4 июня 2004 г.).

Первое направление представлено двумя новыми разработками — электродами АНО-37 с покрытием рутилового и АНО-36 — рутилцеллюлозного вида (табл. 1). Обе марки соответствуют типу Э46 по ГОСТ 9467–75. Они предназначены для сварки переменным или постоянным током конструкций из низкоуглеродистых марок сталей во всех пространственных положениях в гражданском и промышленном строительстве, при ремонте и в других случаях. По комплексу сварочно-технологических свойств эти электроды значительно превосходят электроды АНО-4, АНО-21, МР-3, ОЗС-4. Они обеспечивают легкое начальное и повторное зажигание дуги, отличное формирование металла шва, легкую отделимость шлаковой корки, малое разбрызгивание металла.

Благодаря повышенному содержанию целлюлозы в покрытии электроды АНО-36 позволяют выполнять вертикальные швы высокопроизводительным способом сверху вниз. Многие потребители отмечают, что электроды АНО-36 и АНО-37 соответствуют уровню лучших зарубежных аналогов, однако спрос на них значительно ниже, так как они несколько (5...7%) дороже электродов старых разработок. Тем не менее с учетом указанных выше технологических преимуществ спрос на электроды АНО-36 и АНО-37 постепенно возрастает, особенно со стороны организаций, для которых вопросы качества сварных швов играют важную роль.

Второе направление представлено новыми электродами с ильменитовым покрытием марки АНО-4И (табл. 1), они являются аналогом электродов В-17 фирмы «Kobe Steel» (Япония) и предназначены для сварки конструкций из низкоуглеро-

Таблица 1. Электроды с рутиловым и ильменитовым покрытием для сварки низкоуглеродистых сталей

Марка электрода	Тип по	
	EN 499	ГОСТ 9467–75
АНО-36	E 42 0 RC 11	<u>Э46-АНО-36-d-УД</u> E 432(3)-PЦ11
АНО-37	E 38 2 RR 12	<u>Э46-АНО-37-d-УД</u> E 431(3)-P21
АНО-4И	E 38 2 RA 12	<u>Э46-АНО-4И-d-УД</u> E 430(4)-P21



Таблица 2. Низководородные электроды для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, работающих в условиях низких климатических температур

Марка электрода	Тип по	
	EN 499	ГОСТ 9467-75
АНО-12 АНО-12MR	Е 46 4 В 32 Н 10	Э50А – АНО-12-d – УД Е 515 – БЖ 26
АНО-101	Е 46 6 В 32 Н 10	Э50А – АНО-101 – d – УД Е 517 – БЖ 26
АНО-102	Е 46 5 1Ni В 32 Н 10	Э50А – АНО-102 – d – УД Е 515 – БЖ 26

дистых сталей во всех пространственных положениях при сварке конструкций в судостроении, при судоремонте, сварке буровых платформ для добычи нефти и газа. По уровню механических свойств металла шва они соответствуют типу Э46 по ГОСТ 9467-75, по сварочно-технологическим превосходят электроды с ильменитовым покрытием марок АНО-6, АНО-6У, МР-3М, МР-3В. Они менее склонны к образованию подрезов, обеспечивают хорошее формирование металла шва, легкую отделимость шлаковой корки, малое разбрызгивание. По стоимости электроды АНО-4И практически равноценны ильменитовым электродам прежних разработок, однако, как всякая новая марка, пока мало знакомая потребителю, электроды АНО-4И медленно завоевывают признание.

Третье направление представлено новыми разработками — низководородными электродами АНО-12, АНО-12MR, АНО-101 и АНО-102 (табл. 2), которые рекомендуется применять вместо электродов УОНИ-13/55.

Электроды УОНИ-13/55 традиционно применяются для сварки особо ответственных конструкций. Однако для них характерны такие недостатки, как формирование усиленных валиков, плохая отделимость шлаковой корки, особенно в глубокой разделке. Порог хладноломкости металла шва для этих электродов составляет -30°C . Новые электроды (АНО-12, АНО-12MR, АНО-101) заметно превосходят электроды УОНИ-13/55 как по сварочно-технологическим, так и по механическим свойствам металла шва. Они предназначены для ручной дуговой сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей. Пригодны для сварки швов во всех пространственных положениях на постоянном токе обратной полярности или переменном токе от источников с на-

ряжением холостого хода не менее 70 В. В отличие от УОНИ-13/55 данные электроды характеризуются спокойным горением дуги, малым разбрызгиванием, обеспечивают мелкочешуйчатое формирование металла шва, легкую отделимость шлаковой корки, высокую стойкость металла шва против образования трещин. По комплексу свойств они не уступают электродам ОК 48.80, ОК 53.04 фирмы ESAB. Электроды данной группы — это электроды многоцелевого назначения. Они широко опробованы в судостроении и судоремонте при сварке сталей классов А, Д, Е. Электроды АНО-12 и АНО-12MR обеспечивают высокую ударную вязкость при низких температурах вплоть до -50°C . Электроды АНО-12MR характеризуются низкой гигроскопичностью покрытия в условиях высокой влажности окружающей атмосферы (относятся к классу «moisture resistance»). Электроды АНО-12 сертифицированы DetNorske Veritas по категории 4Y H10. Электроды АНО-101 обеспечивают порог хладноломкости металла шва ниже -70°C , что достигается применением микролегирования без каких-либо добавок никеля в сварной шов. Электроды АНО-102 предназначены для сварки конструкций из углеродистых и низколегированных сталей, когда к металлу шва предъявляются требования повышенной коррозионной стойкости в морской воде. Она обеспечивается в результате легирования шва никелем и медью.

Несмотря на отмеченные достоинства, спрос на новые электроды этой группы очень небольшой. Отчасти это связано с их более высокой ценой (на 15...20% выше, чем у УОНИ-13/55), хотя она в 1,5...2,0 раза ниже цены на электроды зарубежных аналогов.

Четвертое направление представлено ультранизководородными электродами АНО-100, предназначенными для сварки конструкций из низколегированных высокопрочных сталей при строительстве буровых платформ, мостовых, подъемно-транспортных механизмов. При сварке таких сталей важнейшим фактором, определяющим технологию сварки конструкций, является содержание диффузионно-подвижного водорода в металле шва. Чем меньше его содержание, тем ниже температура предварительного подогрева конструкции и вероятность образования холодных трещин. Впервые в Украине созданы ультранизководородные электроды, обеспечивающие содержание диффузионно-подвижного водорода в наплавленном металле

Таблица 3. Типичные значения механических свойств металла шва при сварке углеродистых и низколегированных сталей

Марка электрода	σ_b , МПа	δ , %	KCV , Дж/см ² , при температуре, $^{\circ}\text{C}$			
			+20	-40 (-20)	-60 (-50)	-70
АНО-36 АНО-37	480...520	22...24	130...150	(40...60)	—	—
АНО-4И	480...500	22...24	130...160	(50...60)	—	—
АНО-12 АНО-12MR	600...610	24...26	190...200	90...100	40...60	—
АНО-101	650...660	25...27	190...200	90...100	75...90	65...80
АНО-102	620...630	23...25	170...180	70...90	35...45	—
АНО-100	640...660	24...26	210...220	60...80	(40...50)	—

не более $3 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ (в расчете на расплавленный металл — менее $1,8 \text{ см}^3/100 \text{ г}$). Применение этих электродов позволит значительно сократить трудозатраты при сварке конструкций из высокопрочных сталей. Их обозначение по ГОСТ 9467-75 Э60 АНО-100-д-ЛД, а по EN 499 — E 50 5 2Ni E 04H2Г-7-Б 20

В 42 Н 5. Спрос на ультранизководородные электроды для сварки низколегированных высокопрочных сталей, по нашему мнению, будет постепенно возрастать по мере увеличения объемов производства и применения высокопрочных сталей в Украине и странах СНГ. И потенциальным их

Data are given on new PWI developments in the field of general-purpose coated electrodes with rutile, ilmenite and basic types of coatings.

потребителям будет полезно знать о наличии указанной разработки.

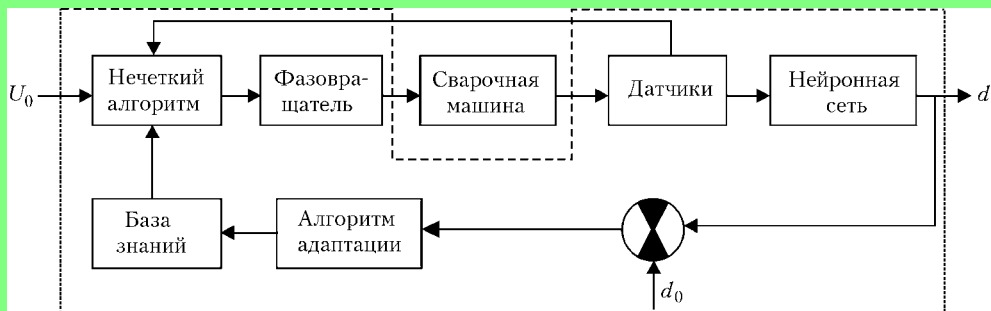
Типичные значения механических свойств металла шва при сварке новыми отечественными электродами (по всем четырем направлениям разработок приведены) в табл. 3.

Дополнительную информацию по новым электродам можно получить по адресу: 03150, г. Киев, ул. Боженко, 11, Институт электросварки им. Е. О. Патона, отдел 10.

Поступила в редакцию 01.06.2004

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА С СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Искусственные нейронные сети (ИНС) создаются по принципу прямого моделирования человеческого мозга. Они не программируются, а обучаются. Благодаря параллельной и распределенной обработке входных данных ИНС позволяют управлять сложными многофакторными процессами с нелинейными зависимостями критерия качества, когда нет математических моделей.



Структурная схема системы управления на основе нейронной сети и нечеткой логики

Для контактной точечной сварки нейронная сеть состоит из трех слоев: входного, скрытого и выходного. Количество нейронов входного слоя определяется числом контролируемых параметров, а именно: сварочным током и напряжением между электродами, измеренными в заданные моменты времени протекания тока. Число нейронов скрытого слоя определяется во время обучения сети, в процессе обучения также определяются веса входных параметров, вес выходного нейрона и пороговые значения. В качестве выходного параметра при точечной сварке выбирается диаметр ядра сварной точки или усилие на разрыв.

С использованием обученной нейронной сети и нечеткой логики разработана компьютерная система контроля и управления процессом точечной сварки малоуглеродистой стали с цинковым покрытием (рисунок). По сравнению с известными системами она обеспечивает более стабильное и контролируемое качество сварной точки в реальном времени.

Область применения: автомобильная и авиационная промышленность, сельхозмашиностроение.

Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11.
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины.
Отд. № 24, Подола Н.В.
Тел.: (38044) 227 55 88