

ПОКРЫТЫЕ ЭЛЕКТРОДЫ МАРКИ УАНА ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Н. В. СКОРИНА, В. С. МАШИН, кандидаты техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены характеристики и некоторые особенности технологии изготовления покрытых электродов для ручной дуговой сварки алюминия и алюминиевых сплавов, разработанных в ИЭС им. Е. О. Патона. Показана необходимость завершения химических реакций, протекающих при приготовлении обмазочной массы для стабилизации ее экструзии при опрессовке. Установлена оптимальная температура прокалки электродов, обеспечивающая низкую склонность покрытий к поглощению атмосферной влаги.

Ключевые слова: покрытые алюминиевые электроды, обмазочная масса, режимы термообработки, алюминиевые сплавы, режимы сварки, механические свойства

В последнее время все чаще возникает потребность в восстановлении и ремонте деталей, узлов и конструкций сельскохозяйственных машин, автомобилей, трубопроводов и емкостей различного назначения из литейных и деформируемых алюминиевых сплавов. Распространенный способ аргонодуговой сварки (наплавки) вольфрамовым и плавящимся электродом требует тщательной подготовки свариваемых кромок и электродной проволоки, дорогостоящих вольфрамовых электродов, инертных газов, сложного сварочного оборудования и высокой квалификации операторов-сварщиков.

Наиболее простым и дешевым способом сварки и ремонта алюминиевых изделий является сварка покрытыми электродами, которую можно легко применять в полевых условиях и в небольших ремонтных мастерских.

Анализ литературных данных показал, что в ведущих промышленно развитых странах все более расширяется применение электродов для ручной дуговой сварки и наплавки алюминия и его сплавов. Практически все известные зарубежные фирмы, производители электродов (Oerlikon, ESAB, Castolin, Thyssen, Bohler, Kestra, UTP и др.), имеют в своих программах выпуска по несколько марок алюминиевых электродов, и их количество из года в год возрастает. Положительный опыт применения электродов, выпускаемых этими фирмами, имеется и на предприятиях Украины. Однако высокая стоимость электродов ограничивает их использование в требуемых объемах.

В странах СНГ в промышленных масштабах в основном применяют покрытые электроды марок ОЗА-1, ОЗАНА-1 (для сварки технически чистого алюминия) и ОЗА-2, ОЗАНА-2 (для сварки силуминов), которые выпускает АО «Спецэлектрод», г. Москва. Однако из-за низкой прочности и высокой гигроскопичности покрытия, сильного разбрызгивания металла при сварке, плохой отделимости шлаковой корки, невысокого качества швов и необходимости высокотемпературного подог-

рева свариваемого металла они не соответствуют современным требованиям.

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработаны покрытые электроды марки УАНА [1] для дуговой сварки и наплавки деталей и конструкций из деформируемых и литейных алюминиевых сплавов. Основу покрытия составляют фториды и хлориды щелочных и щелочноземельных металлов. Поскольку жидкое стекло — традиционное связующее покрытий электродов, предназначенных для сварки стали, то под влиянием растворимых хлоридов и фторидов щелочных и щелочноземельных металлов коагулирует и теряет вязущие свойства, в новых электродах использовано связующее, совместимое с сильными электролитами.

Рентгеноструктурным анализом на рентгеновском дифрактометре «Дрон-2» установлено, что

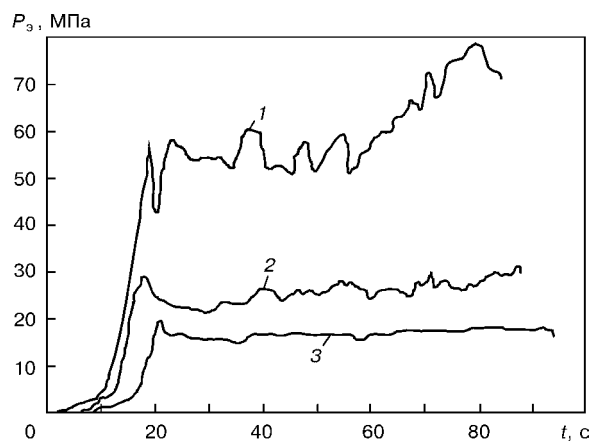


Рис. 1. Кривые экструзии обмазочной массы электродов P_3 серии УАНА в процессе ее перемешивания t (фильера размерами 4×40 мм при расходе массы $Q = 1 \text{ см}^3/\text{с}$), мин: 1 — 26; 2 — 35; 3 — 45

Таблица 1. Основные характеристики покрытых электродов для сварки алюминия и его сплавов

Марка электрода	Марка проволоки	Диаметр проволоки, мм	Свариваемые сплавы	Рекомендуемый предварительный подогрев сплавов, °С
УАНА-1	СвА5	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АД00; АД0; АД1; АД	200...350
УАНА-2	СвАК5	3,15; 4,0; 5,0; 6,3	АД31; АД33; АД35; АЛ2; АЛ4; АЛ9 и др.	100...300

Таблица 2. Режимы сварки электродами серии УАНА

Параметр	Диаметр электрода, мм			
	3,15	4,0	5,0	6,3
Рекомендуемые* значения тока при положении шва, А:				
нижнем	80...110	100...130	130...160	160...180
вертикальном	80...100	90...130	120...150	150...170
Толщина свариваемого металла, мм	3...5	4...10	8...14	12...16
Рекомендуемая* температура предварительного подогрева, °С	100...200	100...250	100...350	100...350

* Для сварки стыковых соединений листовых конструкций.

процесс приготовления обмазочной массы сопровождается химическими реакциями, протекающими между компонентами покрытия. В процессе взаимодействия образуются малорастворимые соли и высвобождается кристаллизационная влага. Выбраны оптимальные условия (продолжительность смешивания, порядок выдачи и доза связующего), обеспечивающие возможность протекания реакции и ее завершения к концу стадии приготовления обмазочной массы. Этим предотвращается опасность комкования и достигается требуемая стабильная во времени консистенция обмазочной массы (рис. 1). Готовая обмазочная масса характеризуется плавным режимом экструзии при опресовке электродов (рис. 1, кривая 3) и достаточно высокой прочностью покрытия на электроде.

Гигроскопичность покрытий электродов определяли по увеличению их массы ΔW в результате поглощения влаги в гидростате с постоянной влажностью ϕ , которая составляла 84 % (насыщенный раствор бромистого калия при комнатной температуре).

Выбраны оптимальные условия термообработки электродов. Температура прокаливания электродов составляет 250 °С. В этом случае достигается минимальная гигроскопичность покрытия. Дальнейшее повышение температуры прокаливания не отражается на гигроскопичности покрытий (рис. 2), но приводит к резкому увеличению энергозатрат на изготовление электродов.

Повышение температуры прокаливания $T_{пр}$ до 250 °С улучшает сварочно-технологические свойства электродов, в частности способствует мелкокапельному переносу электродного металла. Длительность коротких замыканий, определяемая с

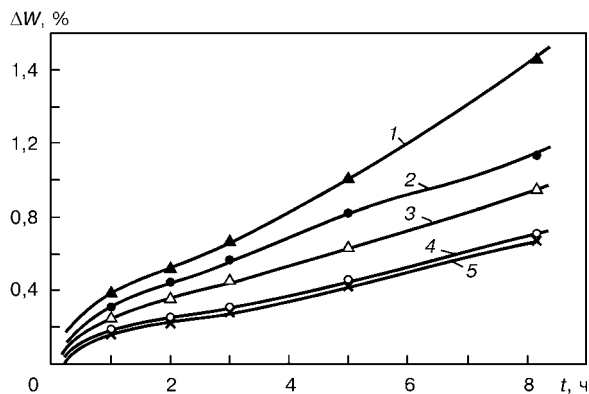


Рис. 2. Кинетика поглощения атмосферной влаги покрытием электродов серии УАНА, прокаленных при разных температурах: 1 — 100; 2 — 150; 3 — 200; 4 — 250; 5 — 300 °С

помощью информационно-измерительной системы АНП-2 [2], при этом снижается от 13,7 ($T_{пр} = 100$ °С) до 12,0 ($T_{пр} = 250$ °С) мкс. Такие же параметры переноса имеют, например, испытанные параллельно электроды марки 2101 Super фирмы «Castolin» (12,0 мкс) аналогичного назначения.

Основные характеристики алюминиевых электродов серии УАНА и режимы сварки приведены в табл. 1 и 2. Коэффициент наплавки составляет 6,0...6,8 г/(А·ч). Расход электродов на 1 кг наплавленного металла не превышает 2,0...2,2 кг.

Кромки металла перед сваркой рекомендуется подогревать газовым пламенем или в печи. Температуру предварительного подогрева выбирают в зависимости от марки сплава и толщины свариваемых деталей (табл. 2). Следует учитывать, что для алюминиевых сплавов режимы сварки и температура предварительного подогрева могут быть даны лишь ориентировочно, так как вследствие большой теплопроводности на выбор параметров сварки, кроме толщины металла и его химического состава, значительно влияют конфигурация и размеры изделий. Если при выборе температуры предварительного подогрева значения температуры для марки сплава (табл. 1) и для толщины свариваемого металла (табл. 2) отличаются между собой, то выбирается значение температуры предварительного подогрева, рекомендуемое для марки сплава.

Сварку алюминиевыми электродами выполняют на постоянном токе при обратной полярности. В качестве источников питания используют сварочные выпрямители типа ВДУ-306 с крутопадающей вольт-амперной характеристикой и плавной регулировкой напряжения на дуге. При двусторонней сварке металла толщиной до 10 мм разделку свариваемых кромок обычно не производят. Шлак удаляют с помощью стальных щеток и горячей воды. Для исследования механических свойств сое-

Таблица 3. Твердость HRB наплавленного металла при сварке сплава АЛ2 покрытиями алюминиевыми электродами

Марка электрода	HRB при T , °С	
	20	200
УАНА-2 (5,8 % Si)	57...60	57...62
2101 Super (8,8 % Si)	59...62	60...62
ОК 96.50 (9,1 % Si)	68...70	69...70

Примечание. Массовая доля кремния в основном металле составляет 11,4 %, твердость HRB сплава АЛ2 при температуре 20 °С — 49...50.

Таблица 4. Механические свойства соединений алюминиевых сплавов, полученных ручной дуговой сваркой покрытыми электродами

Марка сплава	Марка электрода	Температура предварительного подогрева, °С	Механические свойства		
			σ_b , МПа	a_H , Дж/см ²	α , град
АД1	УАНА-1	20	$\frac{73,6...77,2}{75,4}$	$\frac{33...40}{39}$	$\frac{160...170}{165}$
		200	$\frac{72,4...78,6}{75,2}$	$\frac{43...45}{44}$	$\frac{180}{180}$
АД33	УАНА-2	20	$\frac{188,4...202,2}{198,4}$	$\frac{12...15}{13}$	$\frac{110...126}{118}$
		150	$\frac{192,6...202,2}{198,4}$	$\frac{15...17}{16}$	$\frac{155...165}{160}$
	ОК 96.50	20	$\frac{188,4...202,2}{198,2}$	$\frac{11...14}{12}$	$\frac{102...114}{110}$
		150	$\frac{196,8...202,2}{198,8}$	$\frac{14...17}{16}$	$\frac{145...152}{146}$
АЛ9	УАНА-2	20	$\frac{172,4...180,6}{176,2}$	$\frac{1,1...1,3}{1,2}$	$\frac{10...12}{11}$
		200	$\frac{180,2...195,6}{186,4}$	$\frac{1,9...2,2}{2,0}$	$\frac{13...15}{14}$
	2101 Super	20	$\frac{178,2...186,4}{182,8}$	$\frac{1,2...1,4}{1,3}$	$\frac{10...12}{11}$
		200	$\frac{182,6...198,4}{190,2}$	$\frac{2,0...2,4}{2,2}$	$\frac{12...15}{14}$

Примечание. В числителе приведены минимальные и максимальные значения, в знаменателе — средние значения по результатам испытаний 5...9 образцов.

динений, полученных ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, использовали листы деформируемых сплавов марки АД1 и АД33 толщиной 6 мм и литейные сплавы марки АЛ2 и АЛ9 толщиной 8 мм. Для проведения сравнительной оценки качества электродов применяли также зарубежные алюминиевые электроды марки ОК 96.50 фирмы ESAB и 2101 Super фирмы «Castolin». Во всех случаях диаметр электронной проволоки составлял $\approx 3,2$ мм. Одностороннюю ручную сварку выполняли при комнатной температуре и с предварительным подогревом основного металла до 200 °С. Твердость наплавок определяли на приборе Роквелла шариком диаметром 1/16 дюйма при нагрузке 600 Н.

Исследования показали, что твердость основного металла сплава АЛ2 на 8...10 единиц ниже, чем твердость наплавленного металла (табл. 3). Несколько большая твердость швов, полученных электродами марки ОК 96.50 и 2101 Super, обусловлена повышенным содержанием в них кремния.

Установлено также, что предварительный подогрев свариваемых сплавов снижает общее количество пустот в швах и несколько повышает механические свойства соединений (табл. 4). При этом сварные соединения (с выпуклостью швов с одной или двух сторон) разрушаются по зоне сплавления шва с основным металлом или по основному

металлу (сплав АД33). После снятия выпуклости (с двух сторон) образцы разрушаются по шву.

Электроды УАНА обеспечивают достаточно высокую стабильность горения дуги, хорошее формирование шва, в том числе в вертикальном положении, легкую отделимость шлаковой корки и высокие значения механических свойств металла шва. Покрытие электродов характеризуется низкой гигроскопичностью и высокой механической прочностью.

Электроды поставляются во влагонепроницаемой упаковке. Перед сваркой они прокаливаются при температуре 150...200 °С в течение 1,0...1,5 ч. Прокаленные электроды должны храниться в герметичной упаковке. Время между прокалкой и сваркой не должно превышать 24 ч. Опытное производство небольших партий новых электродов (массой до 200 кг) освоено в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, а промышленная технология производства электродов УАНА-1 и УАНА-2 — АО «Спецэлектрод», г. Москва.

1. Скорша Н. В., Машии В. С. Покрытые электроды для ручной дуговой сварки алюминия и его сплавов // Сварщик. — 2000. — № 2. — С. 26, 32.
2. Применение системы АНП-2 для измерения электрических и временных параметров сварочного контура / И. К. Походня, И. И. Заруба, В. В. Андреев и др. // Информ. материалы СЭВ. — 1985. — Вып. 2. — С. 68–70.

Characteristics and some peculiarities of the technology of manufacture of covered electrodes for manual arc welding of aluminium and aluminium alloys developed by the E.O.Paton Electric Welding Institute are presented. The necessity of completion of chemical reactions occurring in preparation of the covering mixture to stabilise its extrusion in moulding is shown. The optimal baking temperature of electrodes to ensure low susceptibility of coverings to absorption of atmospheric moisture was determined

Поступила в редакцию 04.09.2002