

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОДНОПРОХОДНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА СТАЛЬНЫХ ТОКОПОДВОДОВ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЯ

**Г. В. КУЗЬМЕНКО**, инж., **В. Г. КУЗЬМЕНКО**, д-р техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),  
**Н. В. БОЛОТОВ**, инж. (ОАО «Шелеховское специализированное предприятие «Ремонт зданий и сооружений», РФ),  
**Ю. В. ШЕМЕТ**, инж. (ОАО «СибВАМИ» Сибирский научно-исследовательский,  
конструкторский и проектный ин-т алюминиевой и электродной промышленности, г. Иркутск, РФ)

Описана технология однопроходной автоматической электродуговой сварки соединения плата–блумс на электролизерах ОА-300М2 Иркутского алюминиевого завода. В основе новой технологии лежит способ электродуговой сварки закладным электродом. Разработанные технология и оборудование могут применяться для сварки деталей крупного сечения, в том числе и в монтажных условиях.

*Ключевые слова:* автоматическая электродуговая сварка, подвижный закладной электрод, порошковая проволока, провар, электролизное производство, ошиновка электролизера, катодный стержень

Развитие технологии производства алюминия электролитическим способом сопровождается ростом токовой нагрузки электролизеров. В последние годы спроектированы и построены электролизеры на токи 300 кА и более. При этом предъявляются жесткие требования к системе подвода тока к электролизерам, которая должна обеспечивать минимальные потери электричества в процессе ее длительной (пять и более лет) эксплуатации [1, 2]. Как правило, при проектировании узлов токоподвода предпочтение отдают сварным соединениям как наиболее надежным и обеспечивающим минимальное электрическое сопротивление. Учитывая необходимость пропуска больших токов, элементы токоподвода к электролизерам для производства алюминия имеют достаточно большие сечения, что создает определенные проблемы при выборе способа сварки. Кроме того, стыки чаще всего располагаются в труднодоступных местах, что еще больше усложняет сварочные работы. До последнего времени отсутствовала специализированная сварочная технология и оборудование, обеспечивающие высокопроизводительную сварку токоподводящих узлов.

С июня 2005 г. на Иркутском алюминиевом заводе компании ОАО «СУАЛ» ИркАЗ, г. Шелехов, Иркутская обл., ведется строительство пятой серии электролизного производства (два корпуса по 100 электролизеров с рабочим током более 300 кА) (рис. 1). Согласно проекту на каждом электролизере при его монтаже необходимо сварить 80 стыков сечением 80×220 мм (по 40 с каждой стороны). Эти стыки соединяют стальные

(Ст3) катодные стержни (блумсы) со сталеалюминиевыми переходными бобышками (платами). Последние представляют собой стальную литую деталь (сталь 15Л) с алюминиевым гибким спуском, приваренным к ней с помощью контактной стыковой сварки. Всего при монтаже электролизеров в обоих корпусах требуется сварить 16 тыс. стыков. Работы по сварке указанных соединений необходимо выполнять в стесненных условиях (рис. 2). Размеры рабочей зоны (между шпангоутами катодного кожуха) составляют всего 550 мм по ширине, 1200 мм по высоте и 600 мм по глубине. При этом блумсы располагаются между шпангоутами парами, расстояние между ними составляет 330 мм.

На стадии проработки вопроса специалисты ИркАЗ, СибВАМИ (головная проектная организация) и генерального подрядчика по строительству пятой серии электролизного производства ИркАЗ компании «Шелеховское специализированное предприятие «Ремонт зданий и сооруже-



Рис. 1. Строящийся цех № 9 Иркутского алюминиевого завода



Рис. 2. Катодные стержни (блумсы) электролизера

ний» (ШСП РЗС) рассматривали несколько вариантов сварки указанных соединений: полуавтоматическую электродугую, электрошлаковую, термитную сварку и пр. Однако ни один из них не удовлетворял предъявляемым требованиям по качеству и производительности.

В последние годы в Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины был разработан новый высокопроизводительный способ электродуговой сварки закладным электродом [3–5], предназначенный для соединения стыков компактных сечений в узкий зазор. Способ может быть реализован в двух вариантах. Первый — сварка электродом большого сечения (рис. 3, а) — предусматривает использование покрытого пластинчатого электрода с сердечником толщиной 4...6 мм и шириной, равной толщине свариваемых деталей. В процессе сварки осуществляется подача электрода по мере его оплавления. Согласно второму варианту используется закладной электрод в виде плавящегося мундштука, а дополнительный присадочный металл в виде проволоки подается через каналы в сердечнике элект-

рода. При этом электрод может быть как неподвижным (рис. 3, б), так и перемещаемым параллельно свариваемым кромкам в процессе сварки (рис. 3, в).

Данный способ был предложен специалистам ИркаЗ, СибВАМИ и ШСП РЗС в качестве альтернативы для соединения платы с блюмсом в электролизерах ОА-300М2 при строительстве пятой серии электролизного производства ИркаЗ.

На предварительном этапе с руководством ИркаЗ СУАЛ была достигнута договоренность о проведении демонстрации способа сварки закладным электродом в одном из работающих цехов предприятия. С этой целью в г. Шелехов была командирована группа специалистов ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины с необходимым сварочным оборудованием и материалами. С помощью опытного портативного сварочного автомата были сварены натурные образцы блюмсов и плат (рис. 4). На рис. 5 приведен макрошлиф сварного соединения. Следует отметить, что сварку проводили в условиях влияния магнитного поля, в непосредственной близости с токоподводящими шинами, по которым шел ток до 56 кА.

Положительные результаты демонстрации способа сварки закладным электродом убедили руководство ИркаЗ СУАЛ в возможности создания на его основе промышленной технологии, для чего в начале 2006 г. между ИркаЗ СУАЛ, ШСП РЗС и ИЭС им. Е. О. Патона был заключен контракт на разработку технологии, оборудования и сварочных материалов для сварки соединения плата – блюмс.

На первом этапе реализации проекта были проведены эксперименты, целью которых являлся выбор схемы сварки соединения плата – блюмс, наиболее пригодной в конкретных производственных условиях. Выяснилось, что сварка электродом

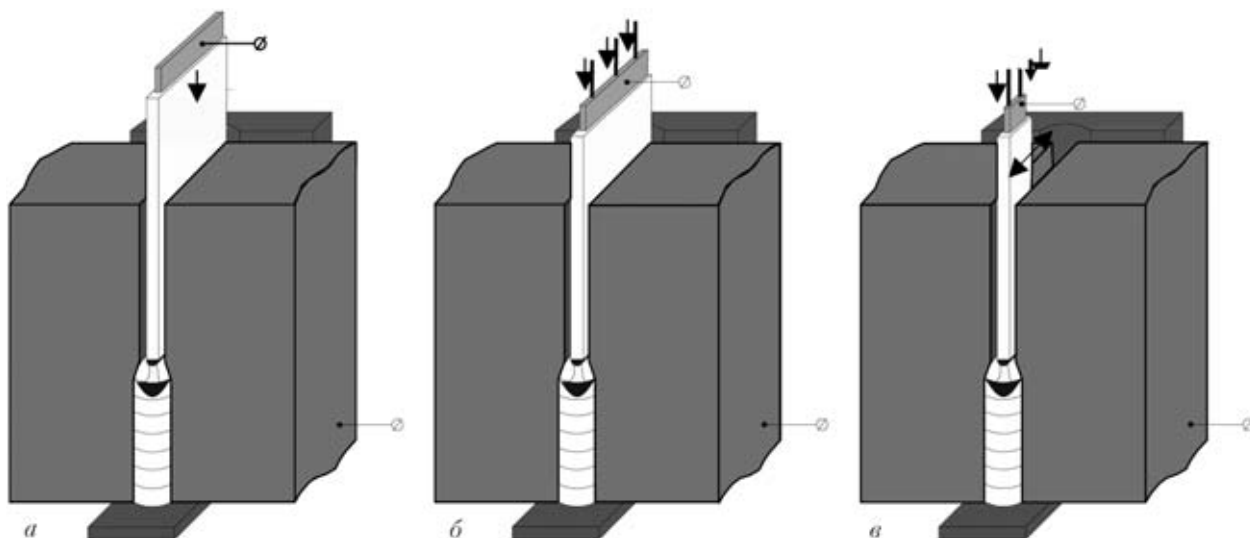


Рис. 3. Схема однопроходной электродуговой сварки закладным электродом большого сечения (а), неподвижным плавящимся мундштуком (б) и плавящимся мундштуком с колебаниями (в)

большого сечения, хотя и позволила получить в лабораторных условиях сварные соединения удовлетворительного качества, не обеспечивала достаточной стойкости швов против пористости и требовала применения специальных электродов, массовое производство которых пока не налажено.

Эксперименты по сварке неподвижным плавающим мундштуком показали, что при данной толщине свариваемых деталей (80 мм) для обеспечения равномерного провара кромок необходимо подавать не менее четырех присадочных проволок, что существенно усложняло оборудование и делало его малоприменимым в монтажных условиях.

В итоге была выбрана схема сварки двумя порошковыми самозащитными проволоками, подаваемыми через два плавящихся трубчатых электрода-мундштука, совершающих возвратно-поступательные перемещения (колебания) в зазоре между свариваемыми кромками для обеспечения их полного провара. Преимущества данной схемы сварки следующие:

- возможность активного воздействия на металлургические процессы в сварочной ванне посредством введения легирующих присадок и раскислителей в сердечник порошковой проволоки;

- относительная простота и компактность оборудования, облегчающие его использование в стесненных монтажных условиях;

- универсальность — возможность сварки деталей толщиной от 10 до 150 мм путем изменения количества используемых электродов (один или два), режимов сварки (от 250 до 900 А) и амплитуды колебаний;

- возможность изготовления электродов промышленным способом на электрообмазочных прессах, что особенно важно при организации их массового производства.

В процессе выполнения работ по контракту специалистами ИЭС им. Е. О. Патона разработано специализированное оборудование (АДПМ-2) и сварочные материалы (проволока ПП АНПМ1), а также трубчатые закладные электроды (АНПМ-8), позволяющие обеспечить требуемые производительность и качество сварных соединений.

Сварочный аппарат марки АДПМ-2 (рис. 6) в комплекте с технологической оснасткой для сборки стыка и формирования сварного шва отличается компактностью, что особенно важно в монтажных условиях. Аппарат имеет два исполнения — для сварки правого и левого блюмса. В качестве источника сварочного тока применяется сварочный выпрямитель ВДУ-1250 фирмы «СЭЛМА».

**Технические характеристики аппарата АДПМ-2**  
 Пределы регулирования сварочного тока, А ..... 250...900  
 Напряжение дуги, В, не более ..... 40  
 Диаметр электродной проволоки, мм ..... 2,4  
 Количество электродных проволок, шт. .... 2

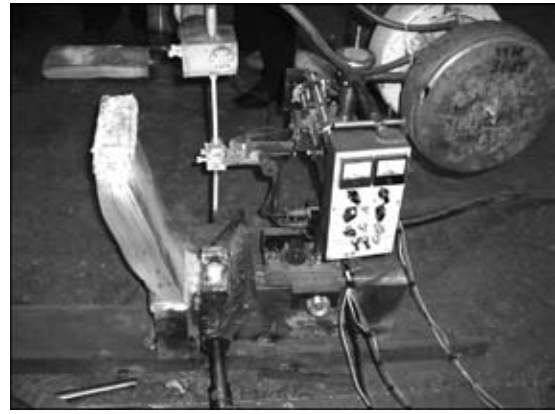


Рис. 4. Натурный образец плата – блюмс



Рис. 5. Макрошлиф сварного соединения (свариваемый материал Ст 3, толщина 80 мм)

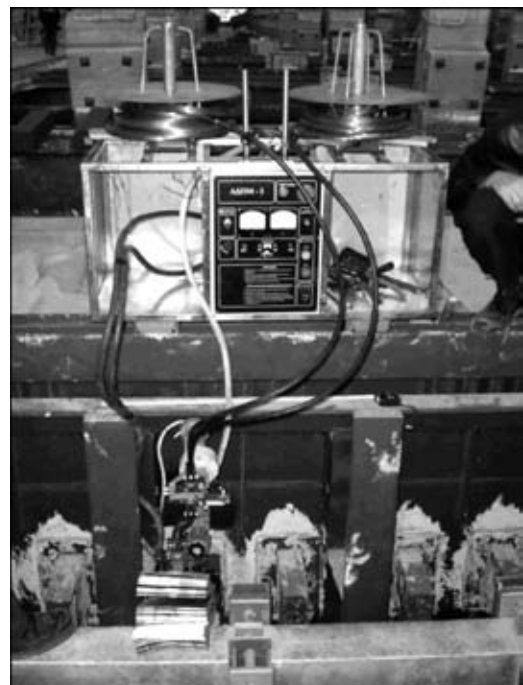


Рис. 6. Аппарат АДПМ-2 для сварки соединения плата – блюмс при монтаже электролизера



Рис. 7. Соединение плата – блюмс до (справа) и после (слева) сварки

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч .....	50...300
Скорость колебаний, м/ч .....	5...15
Амплитуда колебаний, мм .....	0...70
Масса, кг:	
головка сварочная .....	12,8
кондуктор .....	10,5
шкаф управления (с пустыми катушками для проволоки) .....	50

Для выполнения работ на пятой серии электролизного производства ИркаЗа было изготовлено и поставлено заказчику в общей сложности десять аппаратов АДПМ-2 (в том числе два опытных) и партия сварочных материалов, проведено обучение персонала, обслуживающего сварочные аппараты в процессе эксплуатации. С участием специалистов ИЭС им. Е. О. Патона в конце 2006 — начале 2007 г. непосредственно на монтаже строящихся цехов № 9 и 10 сварено более тысячи соединений плата – блюмс (рис. 7), в том числе при пониженных температурах (до  $-25^{\circ}\text{C}$ ). После чего бригада сварщиков ШСП РЗС, полностью освоив технологию и оборудование, приступила к их промышленному использованию. К настоящему времени сварено более 10 тыс. стыков.

Результаты промышленного применения способа сварки закладным электродом, соответствующей сварочной аппаратуры и сварочных материалов показали следующее:

машинное время сварки стыка сечением  $80 \times 220$  мм при номинальном зазоре 16...18 мм и сварочном токе 600...800 А составляет 10...12 мин, в результате чего достигнута производительность до 15 стыков на одном аппарате в смену с учетом затрат времени на подготовку стыков и установку фиксирующих приспособлений;

разработанное оборудование и технологическая оснастка отличаются достаточной надежностью и благодаря рациональной конструкции могут быть легко отремонтированы в цеховых условиях;

обслуживание оборудования не требует высококвалифицированного персонала, что значительно сокращает сроки освоения технологии;

качество сварных соединений удовлетворяет предъявляемым требованиям по электропроводности.

В целом можно заключить, что электродуговая сварка закладным электродом получила дальнейшее развитие, что позволило создать на ее основе высокоэффективную промышленную технологию, которая может быть рекомендована для использования на других алюминиевых заводах при капитальном строительстве и внедрении электролизеров большой мощности, ремонте катодных устройств в действующих цехах электролиза, где еще до сих пор используются разъемные (болтовые) токоподводы.

1. Ветюков М. М., Цыплаков А. М., Школьников С. И. Электрометаллургия алюминия и магния. — М.: Металлургия, 1987. — 320 с.
2. Справочник металлурга по цветным металлам. Производство алюминия / Под ред. Ю. В. Баймакова, Я. Е. Канторовича. — М.: Металлургия, 1971. — 559 с.
3. Пат. 68361 Украина, МПК В 23 К 9/2. Спосіб електродугового зварювання плавким електродом та електрод для його здійснення / В. Г. Кузьменко, Г. В. Кузьменко. — Оубл. 26.12.2004.
4. Пат. 2219021 РФ, МКИ В 23 К 9.14, 35/36. Способ электродуговой сварки плавящимся электродом и электрод для его осуществления / В. Г. Кузьменко, Г. В. Кузьменко. — Оубл. 29.12.2003.
5. Однопроходная электродуговая сварка закладным электродом металла большой толщины / Г. В. Кузьменко, В. Г. Кузьменко, В. И. Галинич и др. // Автомат. сварка. — 2006. — № 6. — С. 44–49.

Technology of automatic arc welding of plate-blooms: joint in OA-300M2 electrolyzers of Irkutsk Aluminium Plant is described. The new technology is based on the process of embedded electrode arc welding. The developed technology and equipment can be applied for welding large cross-section parts, also in site conditions.

Поступила в редакцию 20.04.2007