



ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА И СОЕДИНЕНИЙ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ В СОСТАВЕ ПОКРЫТИЯ ЭЛЕКТРОДОВ НА ИХ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Академик НАН Украины **И. К. ПОХОДНЯ**, **И. Р. ЯВДОЩИН**, канд. техн. наук, **И. П. ГУБЕНЯ**, инж.
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Установлена зависимость удельных выделений и химического состава твердой составляющей сварочного аэрозоля от содержания железного порошка в покрытии электродов. Рассмотрено влияние содержания соединений калия в составе покрытия рутиловых и основных электродов на их санитарно-гигиенические характеристики.

Ключевые слова: ручная дуговая сварка, электроды, электродное покрытие, сварочный аэрозоль, состав покрытия, санитарно-гигиенические характеристики, твердая составляющая, удельные выделения

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами на сегодня востребована и, по прогнозам специалистов [1, 2], продолжит свое существование благодаря ряду преимуществ: относительно невысокой цене процесса и расходных материалов, возможности сварки во всех положениях и в труднодоступных местах, отсутствию жестких требований к квалификации сварщика. Вместе с тем уже более 50 лет продолжают поиски путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик электродов.

Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля [3], который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля (ТССА) и твердой составляющей сварочного аэрозоля (ТССА). Одним из главных факторов, определяющим уровень удельных выделений и химический состав ТССА, является состав электродного покрытия, поскольку именно оно при нагреве и плавлении является главным источником аэрозоля — 35...70 % от общего объема в зависимости от вида электродного покрытия [3, 4].

Железный порошок, широко применяемый при производстве покрытых электродов, позволяет повысить производительность труда сварщика, снизить стоимость сварочных работ, улучшить сварочно-технологические свойства электродов [5]. Повышение производительности достигается благодаря увеличению перехода в сварочную ванну металлической составляющей электродного покрытия.

Исследование влияния содержания железного порошка в электродном покрытии на санитарно-гигиенические характеристики проводили на ос-

нове электродов АНО-37 с рутиловым видом покрытия (первая серия экспериментов). Изготавливали четыре партии экспериментальных электродов с содержанием железного порошка 0, 10, 20, 30 мас. % (индекс электродов ДЗ-0, ДЗ-1, ДЗ-2, ДЗ-3 соответственно).

Сварку проводили в камере [4] от источника переменного тока — трансформатора СТШ-500 (табл. 1). Санитарно-гигиенические свойства оценивали следующим образом: сварочный аэрозоль, образовавшийся в камере в процессе сварки, путем полной фильтрации осаждался на фильтры ФПП-15-1,5, которые взвешивали до и после осаждения. Полученная разница по массе, отнесенная к массе сожженной части электрода или времени горения дуги, представляет собой удельные выделения (D , г/кг) или интенсивность выделения (G , г/мин) ТССА соответственно.

При этом также путем осаждения аэрозоля на целлюлозный фильтр и механического удаления его в стеклянную тару дополнительно отбирали ТССА для химического анализа методом рентгеновской флуоресцентной спектрометрии (СРМ-25) (табл. 2, рис. 1).

Результаты экспериментов свидетельствуют о значительном (более 20 %) уменьшении выделений ТССА при введении железного порошка в электродное покрытие. Это объясняется следую-

Таблица 1. Режимы сварки покрытыми электродами серии ДЗ

Индекс электродов	$U_{св}$, В
ДЗ-0	26...28
ДЗ-1	26...28
ДЗ-2	25...27
ДЗ-3	24...26

Примечание. Сварочный ток 180 А.

Таблица 2. Химический состав соединений ТССА электродов серии АНО-37 с рутиловым покрытием, мас. %

Индекс электродов	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃
ДЗ-0	2,85	18,2	2,91	11,08	50,28	0,53	13,03	0,17	0,60	0,38
ДЗ-1	2,73	22,38	2,76	8,94	51,87	0,56	9,68	0,18	0,51	0,35
ДЗ-3	2,65	22,73	2,11	6,50	50,80	0,48	13,6	0,16	0,50	0,50

щими факторами: изменением температуры капли на торце электрода [4], общим относительным уменьшением компонентов электродного покрытия, активно принимающих участие в образовании сварочного аэрозоля (целлюлоза, ферромарганец, мрамор), что приводит к значительному уменьшению (почти в 2 раза) содержания токсичного соединения марганца в составе ТССА (табл. 2). Были проведены также испытания сварочно-технологических свойств электродов, которые дали хорошие результаты — добавление железного порошка не ухудшало поведение металла и шлака при сварке, не повлияло на отделимость шлака и формирование металла.

Соединения щелочных металлов в составе электродного покрытия могут находиться в виде связующего (водорастворимые силикаты), а также как стабилизирующий компонент, поскольку имеют низкую работу выхода электронов.

Содержание соединений калия и натрия в покрытии оказывает большое влияние на валовые выделения и химический состав ТССА, так как они, с одной стороны, характеризуются высоким давлением насыщенного пара, а с другой — оказывают влияние на номинальное напряжение на дуге, а значит, и на температурную обстановку в зоне дуги.

Для определения влияния содержания соединений щелочных металлов на санитарно-гигиенические характеристики электродов с рутиловым покрытием была проведена серия исследований.

Соединения щелочных металлов в виде титаната калия вводили в электродное покрытие рутиловых электродов (серия Э) за счет снижения содержания железного порошка (табл. 3). Содержание компонентов, используемых в покрытии и не приведенных в табл. 3, не изменялось. Кроме того, в электродных покрытиях этой серии присутствовали силикаты натрия (Э1) и калия

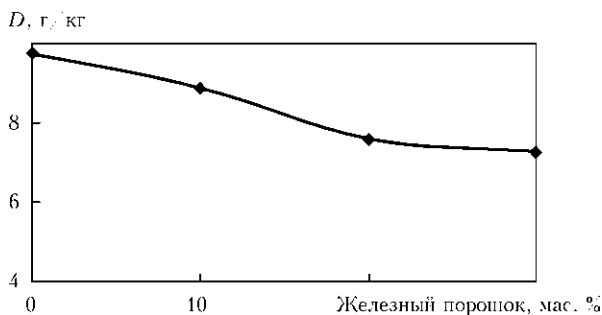


Рис. 1. Зависимость удельных выделений ТССА от содержания железного порошка в электродном покрытии

Таблица 3. Содержание компонентов в покрытии в рутиловых электродах, мас. %

Компоненты покрытия	Э1	Э2	Э3	Э4	Э5
Титанат калия	—	—	4	8	12
Железный порошок	10	10	6	2	—
Тип жидкого стекла	Na	K	K	K	K

(Э2...Э5) в составе сухого остатка жидкого стекла, которое используется в качестве связующего. Электродами проводили сварку на переменном токе от трансформатора СТШ-500. В ходе сварки определяли удельные выделения ТССА и отбирали пробы для определения химического состава ТССА по изложенной выше методике. Изменяемые содержания компонентов покрытия приведены в табл. 3, режимы сварки — в табл. 4, химический состав — в табл. 5, удельные выделения — на рис. 2.

Анализ результатов эксперимента показывает, что с ростом содержания соединений калия в электродном покрытии удельные выделения ТССА снижаются, что можно объяснить понижением напряжения (см. табл. 4) вследствие увеличения

Таблица 4. Режимы сварки покрытыми электродами серии Э

Индекс электродов	U _{св} , В
Э1	26...28
Э2	24...26
Э3	21...23
Э4	20...22
Э5	20...22

Примечание. Сварочный ток 185 А.

Таблица 5. Химический состав соединений ТССА электродов серии Э с рутиловым покрытием, мас. %

Индекс электродов	K ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃
Э1	4,46	11,7	2,82	16,3	1,72	0,54	49,1
Э2	9,75	16,3	3,44	16,0	1,72	0,50	48,6
Э3	13,04	13,6	3,77	14,7	1,69	0,50	45,6
Э4	14,4	15,0	3,46	13,0	1,58	0,59	45,9
Э5	22,4	11,73	3,43	9,0	1,51	0,40	47,9

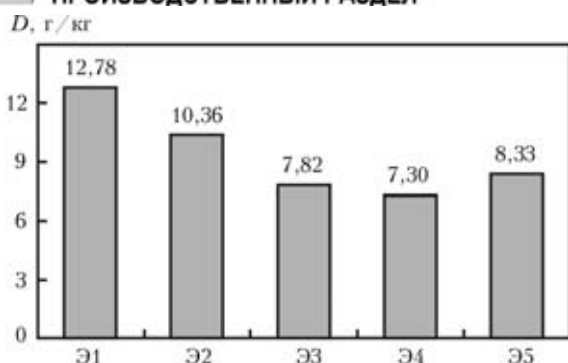


Рис. 2. Удельные выделения ТССА электродов с рутиловым покрытием

количества ионов калия в столбе дуги. Это приводит к уменьшению мощности дугового разряда и снижению интенсивности испарения расплавленных частиц металла и шлака. Однако при высоком содержании соединений калия (Э5) скорость испарения увеличивается, несмотря на уменьшение мощности дуги, что приводит к росту удельных выделений ТССА — срабатывает фактор роста концентрации соединений калия в шлаковом расплаве. При этом содержание K_2O в ТССА увеличивается, а токсичных соединений марганца — уменьшается (см. табл. 5).

Во второй серии экспериментов (серия К) оценивали влияние содержания соединений калия на

Таблица 6. Содержание компонентов покрытия основных электродов, мас. %

Компоненты покрытия	К-Б	К-1	К-2	К-3
Железный порошок	30	28	26	22
Поташ	—	2	4	8
Тип жидкого стекла	Na	Na	Na	Na

Таблица 7. Режимы сварки покрытиями электродами серии К

Индекс электродов	$U_{св}$, В
К-Б	26...27
К-1	25...26
К-2	24...25
К-3	23...24

Примечание. Сварочный ток 190...200 А.

Таблица 8. Химический состав соединений ТССА электродов с основным покрытием, мас. %

Индекс электродов	Mn	Si	K	Na	Ca	Al	Fe	F
К-Б	4,1	1,9	5,2	14,0	15,0	0,33	16,9	23,2
К-1	3,6	1,5	12,0	12,7	11,6	0,35	18,1	18,1
К-2	3,3	1,4	13,8	11,8	10,7	0,27	17,9	18,3
К-3	2,6	1,2	19,6	9,4	9,6	0,20	17,1	20,3

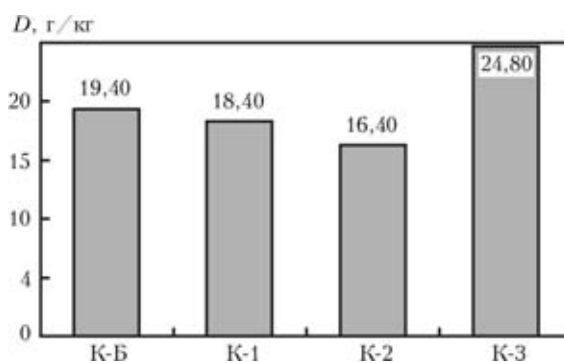


Рис. 3. Удельные выделения ТССА электродов с основным покрытием

санитарно-гигиенические характеристики электродов с основным покрытием. В качестве источника соединения калия использовали поташ (K_2CO_3), который вводили в покрытие в количествах 0, 2, 4 и 8 % (табл. 6). Содержание компонентов, используемых в покрытии и не приведенных в таблице, не изменялось.

Сварку проводили на постоянном токе обратной полярности от выпрямителя ВД-306. Режимы сварки приведены в табл. 7, химический состав ТССА — в табл. 8, удельные выделения ТССА — на рис. 3.

Результаты, как и в предыдущей серии для электродов с рутиловым покрытием, показывают, что увеличение содержания щелочных металлов в электродном покрытии сначала приводит к снижению выделений ТССА, а при высоком содержании соединений калия — к росту выделений ТССА. Такая зависимость объясняется влиянием двух противоположно действующих факторов: с одной стороны, уменьшением мощности дуги в результате падения напряжения и соответственно понижением температуры расплавов металла и шлака, что приводит к снижению интенсивности испарения, а с другой — увеличением содержания в шлаковом расплаве соединений щелочных металлов с высокой упругостью давления паров, что приводит к росту интенсивности испарения. На определенном этапе (при высоком содержании соединений калия) второй фактор превалирует и приводит к росту выделений ТССА (К-3).

С помощью рентгеновского флуоресцентного анализа химического состава ТССА установлено, что с ростом содержания соединений калия в электродном покрытии основного вида увеличивается содержание калия в ТССА, а марганца, кремния, натрия и кальция — уменьшается (табл. 8).

Проведенные исследования подтверждают возможность улучшения санитарно-гигиенических характеристик электродов за счет регулирования состава покрытия. Полученные результаты представляют практический интерес и будут использованы в дальнейшей разработке универсальных электродов с покрытием рутилового вида.

1. Походня И. К. Сварочные материалы: состояние и тенденции развития // Автомат. сварка. — 2003. — № 3. — С. 9–20.
2. Маковецкая О. К. Основные тенденции на рынке сварочной техники в 2008–2011 гг. и прогноз его развития // Там же. — 2012. — № 6. — С. 44–50.
3. Voitkevich V. Welding fumes: formation, properties and biological effects. — Cambridge: Abington publ., 1995. — 110 p.
4. *Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов* / И. К. Походня, В. Н. Горпенюк, С. С. Миличенко и др.; под ред. акад. И. К. Походни. — Киев: Наук. думка, 1990. — 222 с.
5. Походня И. К., Марченко А. Е., Бейниш А. М. Высокопроизводительные электроды с железным порошком в покрытии // Автомат. сварка. — 1961. — № 10. — С. 52–68.

Presented is the dependence of the specific emissions and chemical composition of the particulate matter of welding fumes on the content of iron powder in electrode covering. Effect of the content of potassium compounds in covering of rutile electrodes on their sanitary-hygienic characteristics is considered.

Поступила в редакцию 08.10.2012

РАЗРАБОТАНО В ИЭС

ТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ШЛАКОВОЙ КОРКИ В ТРУБОСВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Разработана технология переработки отходов флюса после сварки, включающая сепарацию с последующим возвратом годного флюса в производство и изготовление из шлаковой корки флюса АН-60СМ. Технология производства флюса из шлаковой корки не предусматривает энергоемкого и экологически опасного процесса выплавки флюса в печах. Флюс изготавливается путем многостадийного дробления шлаковой корки, магнитной сепарации, россева полупродукта и сушки.

Флюс АН-60СМ по DIN 32522-81 имеет класс FMS 168 ACM SHP 53-403-40(2-16). Шлаковая основа: $\text{SiO}_2\text{-MnO-CaO-CaF}_2$. Основность (по формуле МИСа) — 0,85. Насыпная плотность — 1,3...1,8 кг/дм³. Механические свойства металла шва, сваренного под этим флюсом (СтЗ + Св08А): предел текучести — 375 МПа, временное сопротивление — 500 МПа, ударная вязкость КСЧ при +20 °С — 125 Дж/см², КСВ при –20 °С — 40 Дж/см² (сталь 10ХСНД + Св10ГН).

Утилизация отходов флюса сварочного производства позволяет сократить количество закупки исходного флюса. Изготавливаемый из шлаковой корки флюс АН-60СМ пригоден для сварки взамен флюсов общего назначения АН-348А, ОСЦ-45, АНЦ-1 в судо-, резервуаростроении, общем и химическом машиностроении.

Флюс АН-60СМ обеспечивает стойкость металла шва против образования пор в 1,5...2 раза выше, чем флюсы типа АН-348А (содержание диффузионного водорода меньше 3 см³/100 г металла шва).

Внедрение технологии переработки шлаковой корки позволяет сэкономить до 50 % стоимости исходного флюса за счет повторного использования регенерированного флюса в производстве.

Технология производства флюсов на основе переработки шлаковой корки не требует энергоемкой, сопровождающейся вредными выбросами в атмосферу, плавки флюса в печи.