

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ С ЛОКАЛЬНО ИЗМЕНЕННЫМ ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ЗЕРЕН

В. Г. КУЗЬМЕНКО, д-р техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),
В. И. ГУЗЕЙ, инж. (Киев. гор. гос. администрация)

Исследованы интенсивность образования сварочного аэрозоля и его состав при сварке под плавными флюсами типа АН-60 с различным способом введения фтора: посредством добавки флюоритового сырья в шихту с последующим ее плавлением в печи, а также термической обработки в среде фторсодержащих газов — продуктов разложения фторида аммония NH_4F .

Ключевые слова: электродуговая сварка, сварочные флюсы, фторированная обработка, сварочные аэрозоли, санитарно-гигиенические характеристики

Электрическая сварочная дуга, используемая в различных технологиях, обеспечивает значительную производительность процесса плавления основного и присадочного металла и высокий уровень эксплуатационных характеристик шва. Однако при этом возникает проблема защиты рабочей и окружающей среды от вредных выбросов [1] — сварочных аэрозолей, включающих твердую и газообразную составляющие. При этом практически все компоненты шлака, участвующие в сварочном процессе, в той или иной степени попадают в воздух рабочей зоны. Единственным электродуговым процессом, при котором имеет место улавливание сварочных аэрозолей, является сварка под флюсом. В случае нормального протекания этого процесса флюс полностью экранирует дугу от светового излучения, существенно снижая, но в то же время изменяя характер образования выбросов при сварке. В высокотемпературной области сварочной ванны, где происходит плавление основного и присадочного металла, а также флюса, исходя из особенностей выброса сварочных аэрозолей в рабочее пространство, можно выделить следующие зоны (рис. 1): генерирования (межэлектродный промежуток 1); концентрации аэрозолей (околодуговое пространство 2); фильтрации аэрозолей (слой твердого флюса 3).

С одной стороны, присутствие флюса в высокотемпературной зоне сварочной ванны способствует увеличению количества и изменению состава аэрозолей в зоне 1, а с другой, флюс в зоне 3 верхнего холодного слоя обеспечивает охлаждение и улавливание аэрозолей при фильтрации в межзеренном пространстве. Фтор, находящийся в составе сварочных материалов, в зависимости от степени ионизации плазмы может оказывать значительное влияние на электропроводность дугового промежутка и состояние дуги в целом. Поскольку этот элемент имеет наибольший потенциал ионизации (при сопоставлении с прочими), увеличение

содержания фтора в сварочной дуге приводит к повышению ее электрического сопротивления, изменение которого в свою очередь влияет на размеры, форму и температуру сварочной дуги. По данным работы [2], снижение содержания CaF_2 во флюсе приводит к возрастанию длины дуги, о чем свидетельствует увеличение ее разрывного промежутка l_d . Согласно работам [3, 4] увеличение содержания фтора и галогенидов в зоне дуги приводит к уменьшению l_d и диаметра столба, а также к повышению температуры последнего.

Вклад флюсов в образование аэрозолей при сварке определяется их химическим составом и физическими свойствами. При этом в зоне дуги из флюса прежде всего испаряются компоненты с низкой температурой кипения и высоким давлением пара, особенно имеющие в шлаковом расплаве значительные положительные отклонения от закона Рауля. Кроме того, состав сварочного аэрозоля зависит от образования газообразных продуктов взаимодействия, в частности, фторидов, появление которых связано с химической реакцией, протекающей между фторидом кальция CaF_2 и оксидами в высокотемпературной зоне сварочной ванны. К таковым прежде всего следует отнести тетрафторид кремния SiF_4 , образующийся при взаимодействии CaF_2 с соответствующим оксидом.

На количество образовавшегося сварочного аэрозоля и его состав оказывает влияние характер горения дуги, зависящий, в свою очередь, от состава флюса. В зависимости от его состава, а следовательно, и состава газопаровой фазы, в которой горит дуга, состояние последней может изменяться.

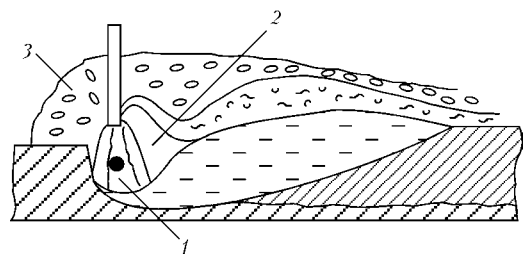


Рис. 1. Схема зоны образования и улавливания аэрозолей в высокотемпературной области сварочной ванны при электродуговой сварке под флюсом (см. объяснения в тексте)

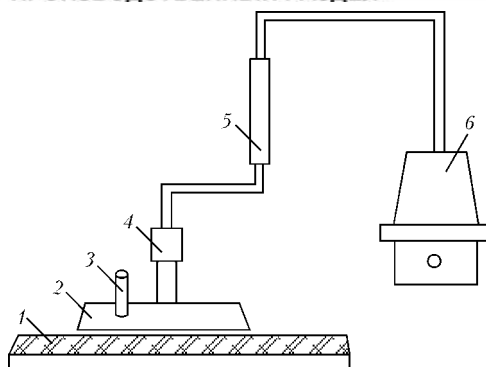


Рис. 2. Схема установки для улавливания аэрозолей при электродуговой сварке под флюсом: 1 – флюс; 2 – колпак; 3 – мундштук сварочного автомата; 4 – патрон с фильтром; 5 – ротаметр; 6 – пылесос

Так, присутствие компонентов с высоким потенциалом ионизации в дуге будет приводить к уменьшению ее длины и диаметра столба, а также к повышению его температуры. Противоположное воздействие оказывают компоненты с низким потенциалом ионизации. При этом в зависимости от состояния дуги интенсивность образования аэрозолей при сварке увеличивается или уменьшается.

Ранее [5, 6] нами исследовались склонность к гидратации флюсов, содержащих повышенную концентрацию фтора в поверхностном слое зерен, а также их способность обеспечивать стойкость металла шва против образования пористости от ржавчины при сварке. Как показали результаты исследований, такие флюсы в 2...3 раза менее склонны к поглощению влаги из воздуха и обеспечивают значительно более высокую стойкость металла шва к порообразованию по сравнению со стандартными флюсами с равномерным распределением фтора в объеме зерна. Причем эти показатели обеспечиваются при содержании фтора (в пересчете на CaF_2) в пределах 0,5...1,5%. Благодаря более низкому (по сравнению со стандартными флюсами) общему содержанию фтора в поверхностно-фторированных флюсах их использование предположительно может улучшить пока-

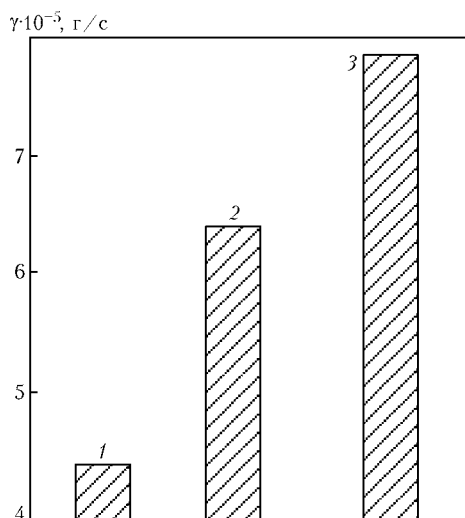


Рис. 3. Интенсивность γ выделения твердой составляющей сварочного аэрозоля при сварке под флюсами типа AN-60, фторированным 0,5 мас. % NH_4F (1) и 1,0 мас. % NH_4F (2) и стандартным AN-60 (3)

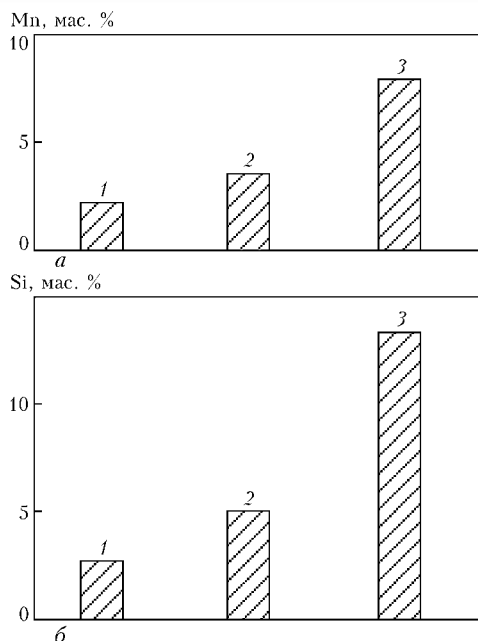


Рис. 4. Содержание марганца (а) и кремния (б) в твердой составляющей сварочного аэрозоля, образующегося при электродуговой сварке под флюсами разных типов (1–3 – см. рис. 3)

затели санитарно-гигиенических характеристик фторированных флюсов.

Влияние фторированных флюсов на санитарно-гигиенические характеристики сварочного процесса исследовали на экспериментальной установке для улавливания аэрозолей при электродуговой сварке под флюсом (рис. 2). В установке воздух со сварочным аэрозолем прокачивали через специальный фильтр, задерживающий твердые частицы. Количество аэрозоля, накопившегося на фильтре, определяли посредством его взвешивания до и после экспозиции. В экспериментах наплавку осуществляли на следующем режиме: постоянный ток (обратная полярность) 600...620 А; напряжение на дуге 37 В; скорость наплавки 32 м/ч; напряжение холостого хода трансформатора 50 В; вылет электрода 70 мм; высота засыпки слоя флюса 40 мм. В исследованиях использовали стандартный флюс AN-60 и два бесфтористых марганец-силикатных флюса, близких по составу к флюсу указанной марки (таблица), но прокаленных при температуре 500 °С в закрытой емкости в смеси с 0,5 и 1,0 мас. % соли фторида аммония NH_4F . Химические составы исходного и фторированных флюсов представлены в таблице.

Данные об интенсивности выделения твердой составляющей сварочного аэрозоля в зависимости от типа флюса приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что их количество на 12...37% меньше

Химический состав исследованных флюсов типа AN-60, мас. %

Содержание NH_4F в смеси с бесфтористым флюсом при фторировании термообработке, мас. %	MnO	SiO_2	CaF_2	CaO	Fe_2O_3
0	36,5	45,3	—	8,9	0,28
0,5	36,7	45,0	0,48	8,2	0,23
1,0	36,9	45,3	0,84	7,9	0,32

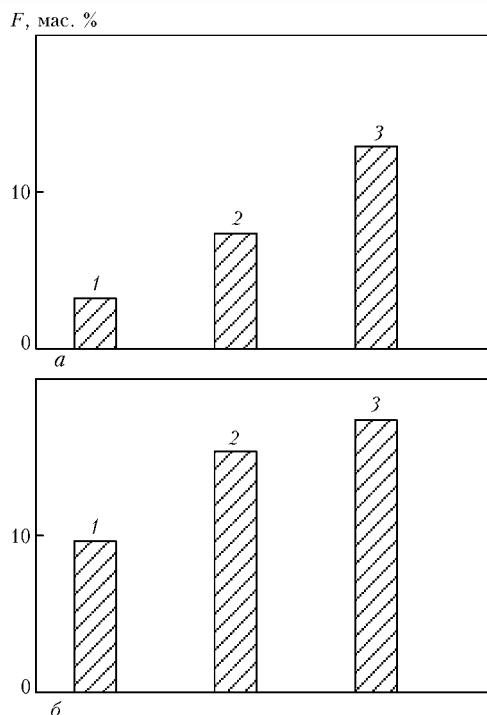


Рис. 5. Содержание фтора в растворимых (а) и нерастворимых (б) соединениях в сварочном аэрозоле, образующемся при сварке под флюсами: 1–3 то же, что и на рис. 3

при использовании фторированных флюсов, чем стандартного АН-60, и снижается еще больше по мере уменьшения содержания NH_4F . Установлен также химический состав твердой составляющей аэрозоля и в нем определено содержание марганца, кремния, а также растворимых и нерастворимых соединений фтора (рис. 4 и 5). Химический состав твердой составляющей сварочного аэрозоля при сварке под фторированными флюсами отличается от такового при сварке под флюсом АН-60 пониженным содержанием компонентов: марганца на 56...75 %, кремния на 62...80 %, нерастворимых фторидов на 40...75 % и растворимых на 10...50 %.

Для выяснения причины такого улучшения показателей санитарно-гигиенических характеристик фторированных флюсов определяли l_d при использовании бесфтористых флюсов типа АН-60 и АН-348-А, прошедших термическую обработку в смеси с 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 1,0 и 1,5 мас. % NH_4F при температуре 500 °С. Этот же показатель определяли и у стандартных флюсов марок АН-60 и АН-348-А. Результаты исследований приведены на рис. 6. Разрывная длина дугового промежутка в объеме фторированных флюсов уменьшается по мере увеличения содержания NH_4F , используемого для их обработки, и достигает уровня стандартных флюсов: для пемзовидного флюса типа АН-60 при 1,7 % указанной соли и стекловидного флюса типа АН-348-А при 0,9 % NH_4F , что в пересчете на CaF_2 составляет соответственно приблизительно 1,3 и 0,7 мас. %.

Investigated are the intensity of formation of welding aerosol and its composition in submerged-arc welding using fused flux AN-60 containing fluoride added by different methods, e.g. by adding fluorite raw materials to the charge, followed by its furnace melting, or by heat treatment in the fluorine-containing gases, i.e. products of decomposition of ammonium fluoride NH_4F .

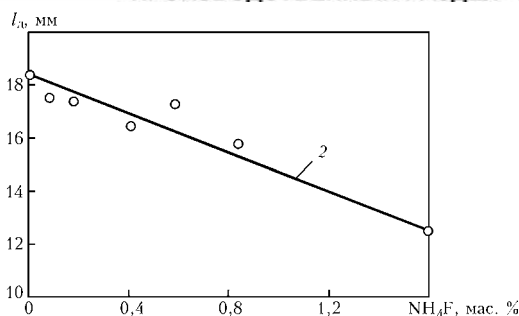


Рис. 6. Изменение длины дугового промежутка l_d при возбуждении и угасании дуги в объеме фторированного флюса типа АН-60 (для стандартного флюса АН-60 $l_d = 12$ мм)

Таким образом, локальный характер размещения фтора на поверхности зерен приводит к существенному улучшению санитарно-гигиенических характеристик флюса по сравнению с его равномерным распределением в объеме зерен стандартных флюсов прежде всего за счет уменьшения общего содержания фтора, а также, по-видимому, за счет снижения температуры дуги.

Выводы

1. Санитарно-гигиенические исследования исходных бесфтористых флюсов марганец-силикатного типа, подвергнутых фторирующей обработке, показали, что при их использовании имеет место снижение содержания твердой составляющей сварочного аэрозоля на 12...37 %, марганца на 56...75 %, кремния на 62...80 %, нерастворимых фторидов на 40...75 %, а растворимых — на 10...50 % (по сравнению со стандартными флюсами).
2. Результаты исследований длины дугового промежутка флюсов с фтором, локально размещенным на поверхности зерен, полученные при фторирующей обработке, показали, что ощутимое улучшение санитарно-гигиенических характеристик сварочного процесса происходит в результате снижения общего содержания фтора и изменения параметров горения дуги.

1. Мигай К. В. Гигиена и безопасность труда при электросварочных работах в судостроении. — Л.: Судостроение, 1975. — 128 с.
2. Курдо И. В., Подгаецкий В. В. Влияние флюсов на пористость автоматного шва, вызванную ржавчиной // Тр. по автомат. сварке под флюсом. — 1949. — № 6. — С. 36–62.
3. Лапин И. А., Туркин П. С., Самсонов В. И. Влияние плавикового шпата на структуру дуги, горящей в атмосфере воздуха // Свароч. пр-во. — 1978. — № 4. — С. 1–2.
4. Влияние плавикового шпата на температуру сварочной дуги / Г. Д. Шевченко, П. С. Туркин, М. Л. Лапин, В. И. Самсонов // Там же. — 1974. — № 11. — С. 3–4.
5. Кузьменко В. Г., Гузей В. И. Гидратация флюсов с локально измененным химическим составом зерен // Автомат. сварка. — 2004. — № 6. — С. 44–46.
6. Кузьменко В. Г., Гузей В. И. Порообразование в металле шва при сварке под флюсом с поверхностным насыщением зерен фтором // Там же. — 2005. — № 1. — С. 16–20.

Поступила в редакцию 08.12.2005