

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ СВАРОЧНОГО АЭРОЗОЛЯ

В.М. Гришагин, к.т.н., доцент, зав. кафедрой БЖДЭ и ФВ

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451) 62401

E-mail: grishagin.v._@list.ru

Интересы современной экологии распространяются не только на область защиты окружающей среды, но и внутренней среды человека. Сварочное производство в этом смысле является объектом многопланового исследования, результаты которого имеют научно-практическую ценность, если взаимосвязываются и учитываются экологический и технологический аспекты проблемы.

Все электродуговые процессы сварки сопровождаются выделением в воздух рабочей зоны сварочного аэрозоля (СА). Токсичные соединения и вредные газы, входящие в состав СА, при попадании через дыхательные пути в организм человека оказывают на него неблагоприятное воздействие. В зависимости от состава СА могут оказывать фиброгенное, токсическое, раздражающее, а также комбинированное действие на организм. При длительном воздействии они могут привести к профессиональным заболеваниям. Характер развития и тяжесть течения профессиональных заболеваний зависит от химического состава, концентрации и длительности воздействия СА [1–3].

Для разработки мероприятий по устранению вредного влияния СА на организм работающих и окружающую среду необходимо более глубоко изучить процессы образования СА, зависимости их химического состава, интенсивности выделения и токсичности от способа сварки и состава сварочного материала, а также состояние вопросов по средствам нейтрализации вредных веществ СА.

Дуговые сварочные процессы по сути протекают в реакторах открытого типа (рис. 1), где под воздействием высоких температур и инфракрасного излучения интенсивно испаряются компоненты покрытий, флюсов и металлы, которые, окисляясь и конденсируясь за пределами сварочной дуги, образуют субмикронные аэродисперсные частицы; происходят термохимические превращения фторидов и кремнефторидов, восстановление углекислого газа либо неполное окисление органических связующих обмазок и пластификаторов с образованием HF и SiF₄, CO; окисляется азот ($N_2 + O_2 + h\nu = 2NO$); кислород воздуха превращается в озон ($O_2 + h\nu \leq O^* + O^*$; $O_2 + O^* \leq O_3$). При выполнении работ, связанных с использованием карбида кальция, как правило загрязненного фосфидом кальция, образуется фосфин (PH₃). В случае сварки (резки) покрытых консервантами, краской либо (и) загрязнениями технологического происхождения деталей, узлов, конструкций, материалов в газовую фазу могут выделяться хлористый водород (HCl), хлор (Cl₂), фосген (COCl₂), четыреххлористый углерод (CCl₄), трихлорэтилен (CCl₂=CHCl), сернистый и серный ангидриды (SO₂, SO₃), сероводород (H₂S), фосфор (P₄), фосфорный ангидрид (P₂O₅), фосфин (PH₃) и другие токсичные соединения.

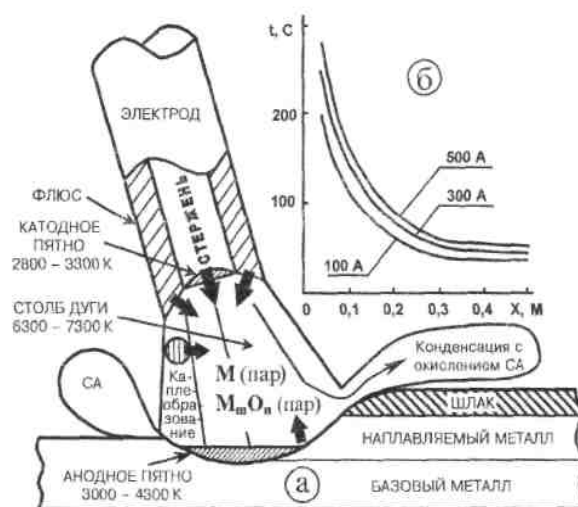


Рис. 1. Механизм образования СА: а – принципиальная схема тепломассообмена;
б – радиальное изменение температуры

При электродуговом процессе из-за воздействия на основной металл и материал электрода тепла дуги происходит их плавление и частичное испарение. Образовавшиеся в высокотемпературной зоне пары материала электрода и сварочной ванны выделяются в окружающую среду, имеющую более низкую температуру, где, конденсируясь в твердые частицы, образуют в воздухе взвесь мелкодисперсных частиц, которые за счет аэродинамических сил продолжительное время могут находиться во взвешенном состоянии. Таким образом, по механизму образования СА относятся к аэрозолям конденсации и представляют собой дисперсную систему, в которой дисперсной фазой являются мелкие частицы твердого вещества – твердая составляющая сварочного аэрозоля (ТССА), а дисперсной средой – смесь газов, или газообразная составляющая СА (ГССА).

Как видно из рис. 1а, процессы тепло-массообмена, формирования факела интенсифицируются за счет эжекции продуктов термолитиза потоками плазмы и набегающими воздушными потоками. Процесс формирования частиц ТССА заканчивается буквально на границе дугового разряда, о чем свидетельствуют радиальные изменения температуры газо-воздушной среды вне дуги (рис. 1 б) [4].

Морфология, состав аэродисперсных частиц и газовой фазы зависят от состава используемых сварочных материалов и свариваемого металла, разновидности процесса сварки, а количество – от разновидности и режима процесса сварки.

Судя по данным о номенклатуре и валовом выпуске сварочных материалов в странах СНГ в 2010 г. (всего — 315788 т, в том числе сварочных электродов — 252321 т, легированной сварочной проволоки — 31648 т, порошковой проволоки сварочной и наплавочной — 3073 т, сварочного флюса — 28746 т) и с учетом эмиссии СА (около 2 % от количества используемых материалов), выбросы СА в атмосферу в количественном отношении мизерны, а их воздействие распространяется не далее прилегающих к предприятиям территорий.

И все же: "Почему приходится вновь и вновь возвращаться к проблеме защиты окружающей среды и рабочего пространства в сварочном производстве даже в наше время, когда сварочных материалов выпускается почти в три раза меньше?!"

Во-первых, дуговые сварочные процессы относятся к числу весьма вредных, поскольку сопровождаются выделением в газовую фазу токсичных соединений, главным образом, 1 и 2 классов опасности (табл. 1).

Таблица 1

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны (по ГОСТ 12.1.005-88) [4]

№ п/п	Наименование вещества	пдк, мг/м ³	Класс опасности
1.	Ангидрид хромовый	0,01	I
2.	Хрома оксид (по Cr ³⁺)	1,0	II
3.	Марганца оксиды (в пересчете на MnO ₂):		
	аэрозоль дезинтеграции	0,3	I
	аэрозоль конденсации	0,05	I
4.	Озон	0,1	I
5.	Водород фтористый (в пересчете на F)	0,5/0,1 ¹	II
6.	Кремния тетрафторид (в пересчете на F)	0,5/0,1 ¹	II
7.	Водород хлористый	5,0	II
8.	Водород цианистый	0,3	II
9.	Фосфин	0,1	I
10.	Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5,0	III
11.	Углерода оксид	20,0	IV
12.	Хлор	1,0	II
13.	Фосген	0,5	II
14.	Трихлорэтилен	10,0	III
15.	Тетрахлорметан	20,0	II
16.	Бериллий и его соединения (в пересчете на Be)	0,001	I

¹ В числителе максимальная, а в знаменателе среднесменная величина ПДК.

По самым скромным расчетам сварочное производство стран СНГ ежегодно загрязняет, порядка, 1400 км³ воздуха. Исходя из объективных показателей, сварщики постоянно работают в экстремальных условиях, а профессия сварщика относится к числу особо опасных.

Во-вторых, резкое увеличение объема сварочного производства в 80-90-ые годы прошлого столетия происходило экстенсивными методами. При этом экологические аспекты развития производства всегда рассматривались как второстепенные. В результате - ухудшение санитарно-гигиенической обстановки в рабочей зоне и прилегающих к предприятиям территориях.

В наиболее опасных условиях оказались сварщики ручной дуговой и механизированной способами сварки на нестационарных, плохо вентилируемых рабочих местах, выполняющих сварку с использованием электродов и проволок, содержащих легирующие добавки. Еще более высокую степень воздействия стали испытывать сварщики после внедрения высокопроизводительных порошковых проволок. По данным Института медицины труда АМН РФ средний стаж работы сварщиков перед выходом на пенсию по инвалидности составляет у занятых ручной дуговой сваркой 21,0 ± 1,1 года, у работающих на полуавтоматах — 14,4 ± 0,7 года.

Повсеместное внедрение приточно-вытяжной вентиляции в конце 90-х годов прошлого столетия привело к тому, что в СССР только на привод вентиляторов расходовалось ежегодно около 7 млрд. квт.ч электроэнергии, а на нагрев приточного воздуха - почти 8 млн. тонн условного топлива. Очевидно, что в наше время вентиляция на большинстве предприятий в целях экономии эксплуатируется не на полную мощность либо не применяется вообще.

В-третьих, положение на предприятиях не меняется в лучшую сторону прежде всего потому, что не осуществляется в должной мере экологическое сопровождение разработок при создании новой техники, сварочных материалов и технологических процессов. Еще хуже обстоит дело с экологической экспертизой проектов новых сборочно-сварочных цехов: устарели методическое обеспечение и нормативно-техническая документация. Межотраслевая по сути своей проблема, требующая своего решения на каждом предприятии с учетом многопрофильности сварочного производства, многообразия применяемых сварочных материалов и свариваемых металлов, более двадцати лет фактически остается "бесхозной".

Приведенная на рис. 2 схема дает представление о направлениях и содержании организационно-технических мероприятий, выполнение которых позволит создать нормированные условия труда сварщиком и обеспечить предельно-допустимые выбросы СА в атмосферу.

Паллиативные технические решения предполагают:

- удаление сварщика из зоны воздействия сварочного факела (дистанционное управление, автоматизация и роботизация процесса сварки);
- эффективную защиту органов дыхания от воздействия СА при помощи средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД);
- локализацию сварочного факела и вентиляцию рабочего пространства с применением переносных и передвижных фильтровентиляционных агрегатов либо стационарных систем вентиляции и газоочистки с целью уменьшения концентрации СА в рабочей зоне и уменьшения нагрузки на окружающую среду.

Для специалистов по сварке особый интерес представляют технологические способы снижения уровня выделения СА II путем совершенствования сварочных материалов, технологий, оборудования и выбора соответствующих режимов сварки. Технологические способы снижения вредных выделений при сварке основаны на использовании закономерностей процессов образования СА.

К факторам, определяющим химический состав и количество выделяющихся СА, в частности при применении распространенных видов дуговой сварки, относят химический состав сварочных материалов и свариваемых металлов, защитных газов и технологические параметры режимов сварки. Поэтому, безусловно, основным способом улучшения гигиенических характеристик сварочных материалов является изменение их химического состава (покрытия и стержня электрода, флюса, сварочной проволоки, защитного газа) и выбор соответствующего режима сварки. Это непростая задача, поскольку главным требованием сварочного процесса остается все же обеспечение качества и требуемых свойств сварного шва. Этим и обусловлено наличие в составе сварочных материалов токсичных химических веществ (марганца, хрома, никеля, фтора и др.), без которых невозможно обеспечить требуемые свойства сварных соединений. Однако, согласно зарубежным и отечественным публикациям, возможности совершенствования гигиенических характеристик сварочных материалов указанным способом все же имеются.

Литература.

1. Горбань Л. Н., Краснюк Е. П., Факторов И. Е. Влияние условий труда на состояние здоровья и заболеваемость работающих в сварочном производстве // Гигиена труда: Респ. межвед. сб. – 1983. – вып. 19. – С. 40–49.
2. Гигиеническая оценка воздушной среды при сварочных работах / Киреев В. И., Мосолов Н. И., Головатюк А. П., Супрун С. А. // Методы оценки производственной среды промышленных предприятий. – М.: Медицина, 1980. – С. 91–100.
3. Мигай К. В. Гигиена труда, заболеваемость и оздоровительные мероприятия при электросварке в судостроении // Гигиена труда и техника безопасности при электросварочных работах. – М., 1962. – С. 19–27.
4. Эннан А.А. Труды 1-й Международной научно-практической конференции «Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в сварочном производстве», 11-13 сентября 2002 г., Физико-химический институт защиты окружающей среды и человека, г. Одесса, «Астропринт», 2002, С. 10.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ СВАРОЧНЫХ РАБОТАХ В СТЕСНЁННЫХ УСЛОВИЯХ

*Ю.И. Булыгин, Д.А. Корончик, Л.Н. Алексеенко
Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, e-mail: bulgur_rostov@mail.ru*

Введение. При сварке в замкнутых ограниченных объемах, в трюмах судов, цистернах, резервуарах, колодцах и других стеснённых условиях, где невозможно применить традиционные виды вентиляции, содержание вредных веществ быстро нарастает и значительно превышает величины предельно-допустимых концентраций (ПДК). Исследованиями Института гигиены труда и профзаболеваний АМН установлено, что температура воздуха в замкнутых пространствах объемом 7,5 и 15 м³ повышалась через 30 мин работы на 6—10°С, а интенсивность теплового облучения по данным многочисленных замеров составляла на уровне лица сварщика 300—450 ккал/м²ч. Таким образом, задача сохранения здоровья сварщиков, при вредном воздействии выбросов вредных веществ, сварочного аэрозоля и избытков теплоты, в так называемых стеснённых условиях является более чем актуальной.

Постановка задачи. Для учёта многообразия влияющих факторов необходимо привлечение математического и компьютерного моделирования процессов распространения вредных веществ и избытков теплоты в помещениях ограниченного замкнутого объема.

Ранее, авторами была предложена и адаптирована под настоящие цели исследования стандартная k - ε модель турбулентности, подробно описанная в [1]. Для реализации предложенной математической модели было использовано программное обеспечение SolidWorks Flow Simulations, обеспечивающее проведение всех необходимых численных расчетов для исследования процессов распространения вредных веществ и избытков теплоты в производственной среде с учётом завихрений газовоздушных потоков.

На первом этапе исследований в качестве объекта были выбраны условия работы сварщиков ОАО «Ростовгоргаз» (г. Ростов-на-Дону), которые зачастую при подземной проводке газовых сетей и врезках производят сварку в ямах, колодцах в труднодоступных местах. На рис. 1 показан объект исследования - ацетилено-кислородная сварка в квадратной яме глубиной 1,5 м, объемом 24 м³. Работа производится на открытой местности сварщиком с помощником-наблюдателем. Точность определения параметров состояния воздуха рабочей зоны сварщика, определяется корректностью нахождения источников членов в уравнениях модели. Поэтому предварительно были определены как выделения окислов азота при ацетилено-кислородной сварке, так и интенсивности теплового излучения в зависимости от режима сварки. Так, интенсивность выделения оксидов азота менялась от 0,0010756 г/с до 0,010756 г/с в зависимости от расхода ацетилена на горелку. Энергия, выделяющаяся в окружающую среду, определялась с учётом экзотермического эффекта реакции горения ацетилена в кислороде и данных эффективной мощности пламени и эффективного к. п. д. процесса нагрева металла в зависимости от расхода ацетилена (опыты Рыкалина Н.Н. и Шоршорова М.Х.). В расчётах выделяющаяся энергия менялась от 0,33 кВт до 14,2 кВт.

Одним из основных факторов, влияющих на загазованность и качество воздуха в колодце, является ветер. В модельных расчётах изменялись величины подвижности воздуха от 1 м/с до 10 м/с и его направление. В расчётных схемах, учитывались такие схемы движения воздуха, как боковой ветер, ветер спереди и сзади сварщика.