

УДК 614.75;66-978

Ю.В. Раков, А.С. Смолина, Д.А. Кузнецов, А.М. Игнатова, Г.З. Файнбург
Ju.V. Rakov, A.S. Smolina, D.A. Kuznecov, A.M. Ignatova, G.Z. Fajnburg

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

О КЛАССИФИКАЦИИ И НЕКОТОРЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И СВАРОЧНОЙ ПЫЛИ И АЭРОЗОЛЕЙ

ABOUT CLASSIFICATION AND SOME PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF INDUSTRIAL AND WELDING DUSTS AND AEROSOLS

Предложена уточненная классификация сварочных аэрозолей. Установлено, что дисперсность и форма частиц – наиболее важные критерии классификации, поскольку от этих показателей напрямую зависит влияние сварочных аэрозолей на организм сварщика.

Proposed a refined classification of welding fumes, found that dispersion and particle shape is the most important criterion for classification because of these indicators depends on the influence of welding fumes body welder.

Ключевые слова: сварочные аэрозоли, пыли, туманы, охрана труда, безопасность на рабочем месте.

Keywords: welding fumes, dust, mists, occupational health, workplace safety.

Проблема создания экологически чистых конкурентоспособных технологий сварочного производства связана не только с изучением его металлургических и технологических составляющих, но и с исследованием сварочных аэрозолей (СА). Сведения о валовых выделениях СА и его химическом составе необходимы для гигиенической оценки воздушной среды сварочного производства и для разработки мер защиты сварщиков. В настоящее время такие сведения получают только экспериментальным путем. Это затрудняет определение мер по обеспечению безопасности сварочного процесса [1], ГОСТ 17745–90 «Стали и сплавы. Методы определения газов».

Важнейшим этапом исследований для обеспечения гигиенической и экологической безопасности СА является их классификация, прежде всего

по разновидности сварочных материалов, при применении которых они образуются, их химическому составу и другим физико-химическим свойствам. Это позволит определить методы нейтрализации СА определенных классов, выбрать соответствующие фильтрующие материалы и средства защиты, а также разработать новые и в значительной степени объяснить их влияние на организм сварщика и в целом экологическую ситуацию в помещениях.

Цель работы – определить основные классификационные группы сварочных аэрозолей с точки зрения физико-химических свойств для дальнейшей работы по снижению негативного воздействия производственной среды на организм сварщика.

Сварочные технологические процессы характеризуются выделением в воздушную среду пыли. Промышленные пыли (аэрозоли) – частое явление на производстве: это тонкодисперсные частицы, образуются при различных производственных процессах и способны длительное время находиться в воздухе во взвешенном состоянии.

По происхождению аэрозоли подразделяются на пыли дезинтеграции и пыли конденсации. Пыли дезинтеграции образуются при дроблении, измельчении, помоле, резании и других механических процессах. Они характеризуются полидисперсностью, частицы такой пыли имеют неправильную форму. Пыли конденсации образуются в результате охлаждения и конденсации паров расплавленных масс (металлов, стекломассы, расплавов солей, насыщенных растворов и т.п.). В этом случае образующиеся частицы пыли имеют округлую, овальную, более правильную форму, они характеризуются высокой дисперсностью [2, 3].

Наиболее важные физические и химические свойства пылей обуславливаются их дисперсностью, формой частиц, способностью к растворению и химическим составом. Для гигиенической оценки пыли наиболее важным признаком является ее дисперсность. С размерами пылевых частиц связана длительность пребывания их во взвешенном состоянии в воздухе, глубина проникновения в дыхательные пути, физико-химическая активность и другие свойства. Пылевые частицы размером более 200 мкм, подчиняясь закону тяготения, не испытывают большого сопротивления воздуха и быстро оседают с возрастающим ускорением. Пылевые частицы размером менее 200 мкм, до 0,1 мкм, испытывая сопротивление воздуха, оседают с постоянной незначительной скоростью, измеряемой в миллиметрах или сантиметрах в час [4].

Частицы пыли менее 0,1 мкм практически не оседают и находятся в постоянном беспорядочном движении в воздухе. Таким образом, чем меньше размер пылевых частиц, тем дольше они задерживаются взвешенными в воздухе, следовательно, тем больше возможность попадания их в дыхательные пути.

Степень дисперсности промышленных аэрозолей зависит прежде всего от способа их образования. Частицы только что образовавшихся аэрозолей конденсации (дымов) имеют размеры менее 1 мкм. С течением времени они агрегируются и в виде хлопьев выпадают из воздуха [5].

Размеры частиц аэрозолей дезинтеграции (пыли) зависят от вещества, из которого они получены, и интенсивности его размельчения. Благодаря сравнительно быстрому оседанию крупных пылевых частиц от 10 мкм и более обычно в воздухе производственных помещений преобладают пылевые частицы размером до 10 мкм, причем 70–90 % из них составляют частицы размером до 5 мкм.

Согласно общепринятой классификации по размеру мелкодисперсные частицы разделяют на три основные группы:

1) крупнодисперсные – частицы с размером более 10 мкм, оседающие в неподвижном воздухе с возрастающей скоростью;

2) частицы размером 0,1–10 мкм, оседающие в воздухе с постоянной скоростью, условно называемые «туманом»;

3) частицы с размером менее 0,1 мкм, находящиеся в постоянном броуновском движении и энергично диффундирующие. Пыль такой крупности почти не оседает и по свойствам приближается к молекулам газа.

От химического состава пыли зависит ее биологическая активность, в частности то или иное действие на организм человека: токсическое (отравляющее), раздражающее и др.

По характеру воздействия на организм человека производственная пыль подразделяется на раздражающую и токсичную.

К раздражающим пылям относятся [6]:

а) минеральная песочно-кварцевая, корундовая пыль, образующаяся, например, при заточных и шлифовальных процессах на станках с абразивными кругами; пыль, образующаяся при различных технологических операциях (размол, просеивании, смешивании, транспортировке и т.п.);

б) металлическая – чугунная, железная, медная, алюминиевая, цинковая и др., образующиеся при разных видах механической обработки металлов;

в) древесная, образующаяся при обработке древесины;

г) полимерная, возникающая на различных стадиях технологических процессов переработки полимеров (полиэтиленовая, полистирольная, фенолформальдегидная и т.д.).

Токсичная производственная пыль [3, 5] может оказывать ядовитое воздействие на человека при вдыхании, проглатывании и оседании на открытых участках кожи. Растворяясь в слюне, задерживаясь на слизистых оболочках дыхательных путей и пищевого тракта, она действует как жидкий яд. Пыль способна адсорбировать из воздуха некоторые ядовитые вещества, поэто-

му сама может оказаться ядовитой. Например, угольная пыль и сажа могут адсорбировать оксид углерода, пары толуола, бензола, бензпирен и др. Химическая активность пыли увеличивается с повышением ее дисперсности, т.е. с увеличением удельной поверхности размельчаемых веществ.

Согласно представленным данным СА относятся, пожалуй, к наиболее опасным разновидностям пылей.

Таким образом, для выбора метода нейтрализации вредных веществ в разрабатываемом оборудовании по очистке воздуха от СА и при выборе средств индивидуальной защиты органов дыхания, а также существующих средств защиты производственной и окружающей среды требуется дифференцированный подход. Для этого необходима классификация СА по химическому составу, из которой также логически вытекает соответствующая классификация сварочных технологий (сварочных материалов и способов сварки) по виду СА. Это позволит выбирать методы нейтрализации СА при применении конкретных сварочных технологий.

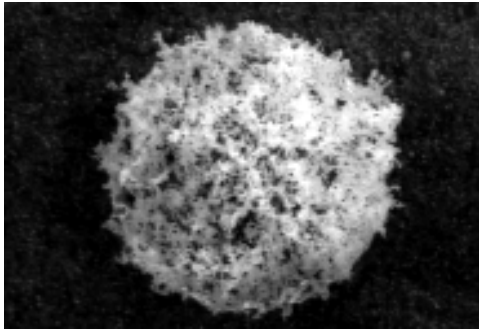
С этой целью на основе литературных [7–9] и собственных данных [10–12] по химическому составу и уровню выделения СА, образующихся при различных способах сварки (рисунок), расширена их систематизация и выявлены характерные составляющие СА, которые определяют вид (класс) аэрозоля и способ сварки, при применении которого он образуются.

Более подробная комплексная характеристика составов и классов СА представлена в таблице [13]. Анализ данных таблицы показывает, что для указанных способов сварки можно выделить 6 классов СА в зависимости от наличия в их составе токсичных компонентов газовой составляющей сварочных аэрозолей, на которые необходимо ориентироваться при выборе соответствующих методов и средств защиты сварщиков и окружающей среды.

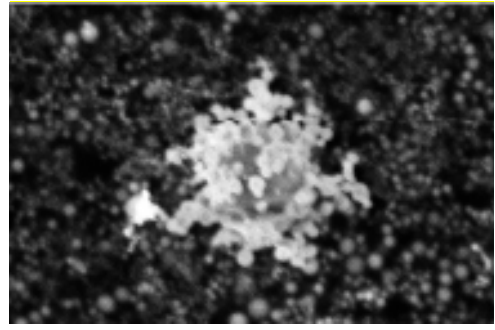
1. Для СА первого класса характерно наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ в составе твердой составляющей сварочных аэрозолей (ТССА) и незначительного количества оксидов азота и монооксида углерода, как правило, не превышающего ПДК¹. Аэрозоли этого класса образуются при ручной дуговой сварке электродами с покрытием рутилового, кислого и окислительного типов, которые условно можно назвать бесфтористыми.

2. СА второго класса образуются при сварке электродами с покрытием основного (фтористо-кальциевого) типа, порошковой проволокой и под флюсом. Кроме ТССА в их состав входят газообразные фтористый водород и тетрафтористый кремний [13].

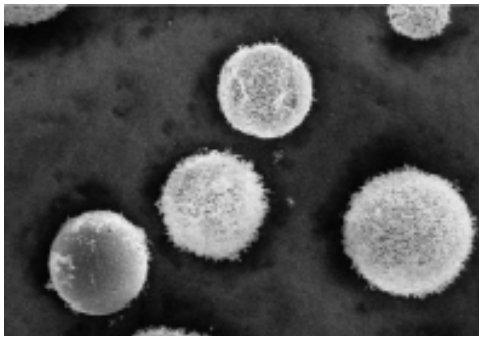
¹ Временные правила техники безопасности и гигиены труда при процессах плазменной обработки металлов. – Л., 1984. – 30 с.



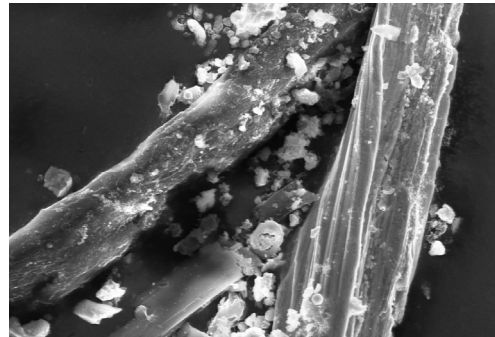
a



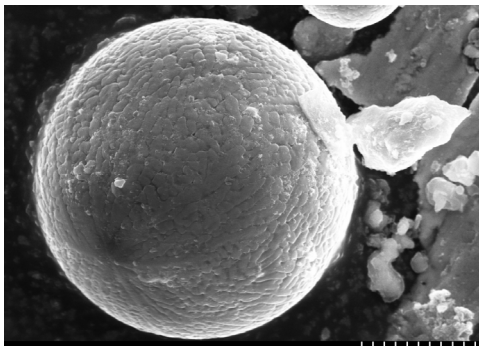
б



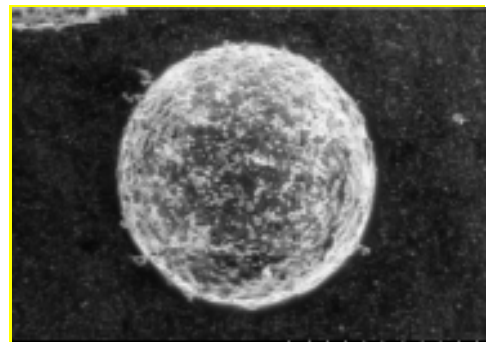
в



г



д



е

Рис. Частицы твердой составляющей сварочных аэрозолей: *a, б* – образованные при ручной дуговой сварке электродом с основным покрытием (агломерат и сферическая частица с волокнистой поверхностью); *в, г* – образованные при ручной дуговой сварке электродом с рутиловым покрытием (сферическая частица с гладкой поверхностью, волокнообразная частица); *д* – образованные при ручной дуговой сварке электродом с целлюлозным покрытием (сферическая частица с гладкой поверхностью); *е* – образованные при ручной дуговой сварке электродом с кислым покрытием (сферическая частица с гладкой поверхностью)

Характеристика химического состава и классов СА
в зависимости от способа сварки

Номер класса СА	Название класса СА	Способы сварки	Наличие компонентов СА в воздухе рабочей зоны*					
			ТССА (твердая составляющая)	HF	SiF ₄	CO	NO _x	O ₂
1	Бесфтористый	Ручная дуговая покрытыми электродами (кроме электродов с основным покрытием)	X			O	O	
2	Фтористый	Ручная дуговая с электродами с основным покрытием; порошковой проволокой; под флюсом	X	X	X	O	O	
			O	X	X			
3	Оксидо-углеродный	Дуговая плавящимся электродом в активных газах (CO ₂); газовая сварка	X			X	O	O
			O			X	O	
4	Озоновый	Дуговая плавящимся электродом в инертных газах; дуговая вольфрамовым электродом в инертных газах; плазменная сварка	X	X	X	O	O	X
			O				O	X
			X				O	X
5	Фтористо-оксидо-углеродный	Дуговая плавящимся электродом в активных газах (CO ₂)	X	X	X	X	O	O
6	Фтористо-озоновый	Дуговая порошковой проволокой в инертных газах	X	X	X		O	X

* X – высокий уровень концентрации, O – низкий уровень концентрации.

3. Аэрозоли третьего класса образуются при дуговой сварке плавящимся электродом в активных газах (углекислом газе и смесях с ним), а также при газовой сварке, для которой характерно появление в СА кроме ТССА повышенного количества монооксида углерода (угарный газ).

4. Для СА четвертого класса характерно наличие большого количества озона и относительно небольшого количества ТССА, оксидов азота и монооксида углерода. Токсичность таких СА определяется озоном, образование которого характерно для дуговой сварки в аргоне плавящимся и неплавящимся электродами [14]. Озонсодержащие СА также образуются при плазменной сварке.

5. Пятый класс СА представляет собой комбинацию второго и третьего. Такие СА образуются при сварке порошковой проволокой в углекислом газе и содержат в своем составе газообразные фториды, монооксид углерода и оксиды азота. Как правило, оксиды азота и озон образуются в количествах, на порядок или два меньших, чем монооксид углерода.

6. СА шестого класса, содержащие в больших количествах ТССА, газообразные фториды и озон, а также небольшие количества оксидов азота и монооксид углерода, встречаются очень редко: при сварке порошковой проволокой в аргоне. Для защиты работающих и окружающей среды от фтористо-озоновых СА требуется комбинация различных методов.

Следует также учитывать, что практически все способы сварки сопровождаются образованием незначительного по сравнению с другими составляющими СА количеством оксидов азота.

Уточненная классификация СА позволяет присвоить каждому способу сварки, отмеченному в таблице конкретное название по характерному для него составу СА (бесфтористые, фтористые, оксидоуглеродные, озоновые, фтористо-оксидоуглеродные и фтористо-озоновые), обоснованы выявить их влияние на организм сварщика и выбрать соответствующий метод нейтрализации вредных веществ СА. В то же время классификационные группы сварочных аэрозолей с точки зрения физико-химических свойств должны быть расширены с учетом дисперсности и формы частиц, поскольку от этих показателей напрямую зависит их влияние на организм сварщика.

Список литературы

1. Красовицкий Ю.В., Дуров В.В. Обеспыливание газов зернистыми слоями. – М.: Химия, 1991. – 192 с.

2. Левченко О.Г. Влияние технологических режимов сварки в CO_2 конструкционных сталей на выделение аэрозоля // Автоматическая сварка. – 1992. – № 9–10. – С. 31–33.

3. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / под ред. Б.Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.

4. Потапьевский А.Г., Лаврищев В.Я. Сварка в углекислом газе погруженной дугой на форсированных режимах // Автоматическая сварка. – 1968. – № 1. – С. 50–52.

5. Мирлин Г.А., Агеев В.И., Барашев В.В. Дуговая сварка модулированным током // Сварочное производство. – 1980. – № 8. – С. 16–17.

6. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко, С.А. Зацерковный, Л.А. Тараборкин // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.

7. Економнолеговані швидкоріжучі сталі струменевого формування / О.М. Сидорчук, К.О. Гогаев, О.К. Радченко // Металознавство та обробка металів. – Київ, 1995. – С. 31–37.

8. Игнатова А.М., Игнатов М.Н. Оценка морфологии, дисперсности, структуры и химического состава твердой составляющей сварочных аэрозолей посредством современных методов исследований // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 3. – С. 133–138.

9. Исследование физико-химических характеристик твердой составляющей сварочных аэрозолей / Д.А. Кузнецов, А.Л. Симонович, С.В. Наумов, А.М. Игнатова // Аэрозоли Сибири: сб. тез. докл. XIX Раб. группы конф. / Ин-т оптики атмосферы СО РАН. – Томск, 2012. – С. 78.

10. Характеристика твердой составляющей сварочных аэрозолей различных видов электродных покрытий / Д.А. Кузнецов, А.М. Игнатова, С.В. Наумов, М.Н. Игнатов // Сварка и диагностика – 2012: сб. докл. науч.-техн. конф. – Екатеринбург, 2012. – С. 110–114.

11. Игнатова А.М. Современные методы определения фракционного состава сварочных порошковых материалов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 3. – С. 129–133.

12. Исследование формы минеральной локализации элементов твердой составляющей сварочных аэрозолей от вида электродного покрытия при ручной дуговой сварке [Электронный ресурс] / А.А. Березная, Д.А. Кузнецов, А.М. Игнатова, Г.З. Файнбург, М.Н. Игнатов // Технологии техносферной безопасности. – 2013. – № 6. – URL: <http://academygps.ru/img/UNK/asit/ttb/2013-6/12-06-13.ttb.pdf>; <http://ipb.mos.ru/ttb/2013-6/2013-6.html>.

13. Левченко О.Г. Классификация сварочных аэрозолей и выбор методов их нейтрализации // Автоматическая сварка. – 1999. – № 6. – С. 38–41.

14. Новые средства местной вентиляции для сварщиков / О.Г. Левченко, В.А. Метлицкий, Н.Ю. Агасьян, В.Д. Рудой, Н.И. Ильинский, Ю.И. Андрианов // Сварщик. – 1999. – № 4. – С. 30–31.

Получено 6.03.2014

Юрий Владимирович Раков – студент, ПНИПУ, МТФ, гр. ТСП-12, e-mail: rakov-yv@mail.ru.

Смолина Анна Сергеевна – студентка, ПНИПУ, МТФ, гр. ТСП-12, e-mail: a2n7n@yandex.ru.

Кузнецов Денис Александрович – магистрант, ПНИПУ, МТФ, e-mail: bluz-men@mail.ru.

Игнатова Анна Михайловна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт безопасности труда, производства и человека, ПНИПУ, e-mail: iampstu@gmail.com.

Файнбург Григорий Захарович – доктор технических наук, профессор, директор, Институт безопасности труда, производства и человека, ПНИПУ, e-mail: faynburg@mail.ru.