

Кузнецов Д. А., Игнатов М. Н., Игнатова А. М.
ПНИПУ, г. Пермь

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СВАРОЧНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ

В данной работе представлен обзор лабораторных методов для оценки параметров твердых составляющих сварочных аэрозолей, среди которых растровая электронная сканирующая микроскопия, фотонная корреляционная спектроскопия, рентгеноспектральный микрозондовый анализ. Приведены примеры данных, которые могут быть получены с их помощью. Сканирующая растровая электронная микроскопия единственный способ, позволяющий определить морфологию частиц, фотонная корреляционная спектроскопия позволяет быстро и точно определить фракционный состав, рентгеноспектральный микрозондовый анализ позволяет получить сведения о элементном составе отдельных частиц и их частей в сочетании с растровой электронной микроскопией.

Ключевые слова: *сварка, аэрозоли, твердые составляющие сварочных аэрозолей, морфология частиц, охрана труда.*

Одним из наиболее распространенных типов сварочных работ является ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Согласно медико-социологическим данным, полученным в результате исследования американским центром защиты прав рабочих [1], у сварщиков, занятых на таких работах, фиксируются такие острые симптомы, как повышение температуры (47 % респондентов), появление кашля (80 %), головные боли (78 %) и образование мокроты, загрязненной включениями аэрозолей (76 %). Согласно тому же исследованию, среди хронических симптомов отмечаются легочная недостаточность (17 %) опрошенных, кардиологические проблемы (11 %), ухудшение эмоционального состояния (7 %), болезненность суставов (63 %), раздражительность и утомляемость (62 %), перепады настроения (54 %) и даже кратковременное ухудшение памяти (78 %).

В ряде отечественных и зарубежных исследований утверждается, что одной из основных причин негативного воздействия на организм человека при сварочных работах являются сварочные аэрозоли.

Наряду с изучением степени концентрации сварочных аэрозолей в воздухе рабочей зоны, исследований самих сварочных аэрозолей как поражающего фактора не так много.

Настоящая работа посвящена обзору наиболее общедоступных и хорошо зарекомендовавших себя лабораторных методов исследований твердых составляющих сварочных аэрозолей, позволяющих установить их основные параметры, такие как размер, форма, индивидуальный состав и т. д.

Стандартизированных методик отбора образцов твердой составляющей сварочных аэрозолей не существует, информация о способах отбора проб, предложенных разными исследователями, изложена в авторских научных трудах [2–4]. Их общий недостаток в том, что они исключительно стационарные и требуют большого количества специального оборудования. В рамках данной работы был разработан собственный метод сбора образцов твердой составляющей сварочных аэрозолей [5–6].

Методами, позволяющими установить основные параметры частиц твердой составляющей сварочных аэрозолей (морфология, размер, химический и морфологический состав), являются: растровая электронная сканирующая микроскопия (РЭМ), фотонная корреляционная спектроскопия (ФКС), рентгеноспектральный микрозондовый анализ (РСМА).

На рис. 1 и 2 представлены примеры изображений частиц сварочных аэрозолей [7], полученных с применением электронного микроскопа высокого разрешения – модель «S3400N» фирмы «НИТАСНИ» (Япония).

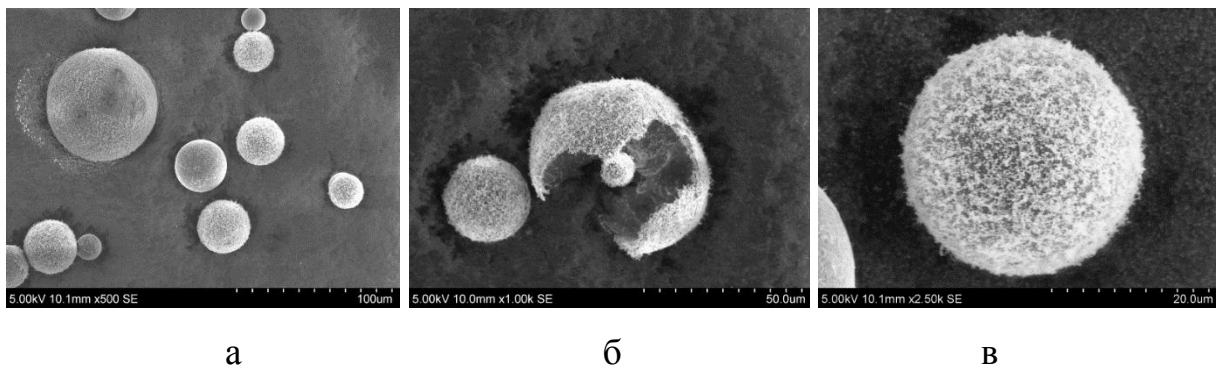


Рис. 1. Изображение твердых частиц сварочного аэрозоля, образованного при ручной дуговой сварке электродом с ильменитовым покрытием: а – х500, б – х1000, в – х2500

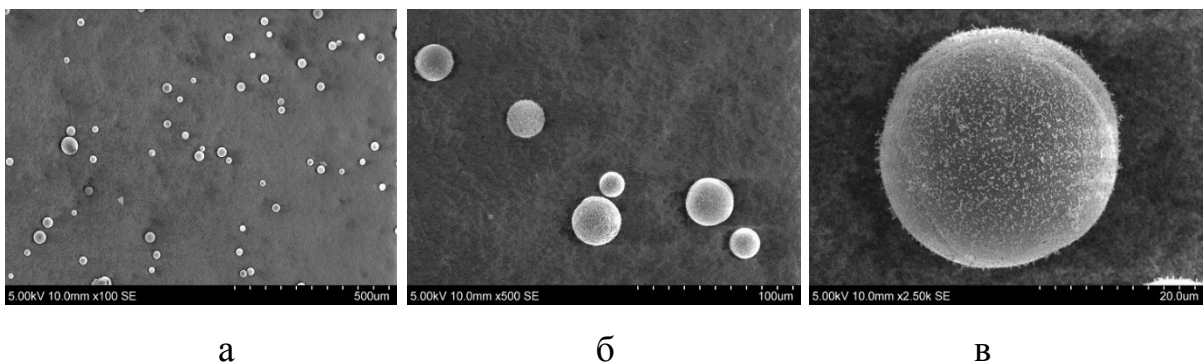


Рис. 2. Изображение твердых частиц сварочного аэрозоля, образованного при ручной дуговой сварке электродом с основным покрытием: а – х300, б – х500, в – х2500

Результаты анализа фракционного состава твердых составляющих сварочных аэрозолей представлены на рис. 3 [8]. Этот пример получен был при исследовании с помощью установки Zetasizer Nano фирмы Malvern. Раствор с частицами аэрозолей был получен путем осаждения частиц в воду. Согласно представленным данным основную массу составляют частицы от 110 до 1200 нм, причем частицы размером 600 нм составляют приблизительно 96 % от общей массы анализируемых частиц, не тельная часть имеет размер крупный размер 4 % от общей массы составляют частица размером 6000 нм.

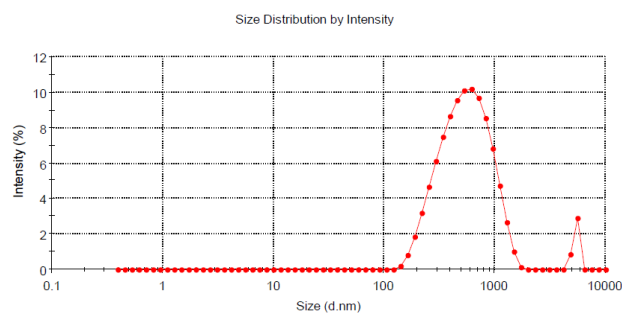
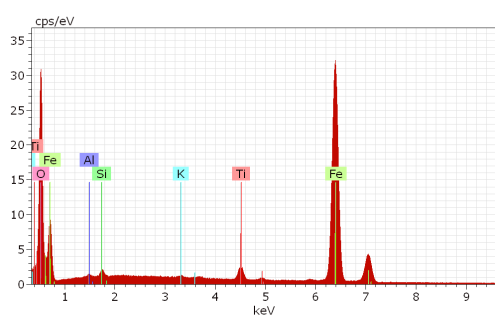


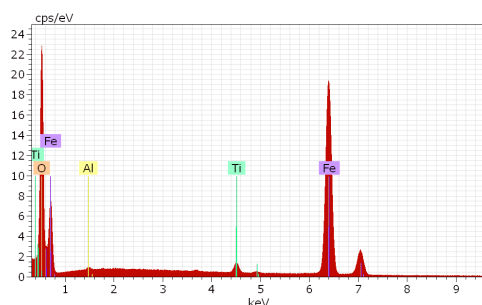
Рис. 3. Диаграмма фракционного состава твердой составляющей сварочных аэрозолей



Spectrum: 1 20

El	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	Error (1 Sigma)	
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]	
O	8	K-series	131668	32,54	32,25	62,08	3,64
Al	13	K-series	2026	0,23	0,23	0,26	0,04
Si	14	K-series	5220	0,39	0,39	0,43	0,04
K	19	K-series	2513	0,20	0,20	0,15	0,03
Ti	22	K-series	16728	1,81	1,79	1,15	0,08
Fe	26	K-series	327778	65,73	65,15	35,93	1,77
Total:			100,90	100,00	100,00		

а



Spectrum: 1 21

El	AN	Series	Net un.	C norm.	C Atom.	Error (1 Sigma)	
			[wt.%]	[wt.%]	[at.%]	[wt.%]	
O	8	K-series	152315	36,05	35,67	65,76	4,00
Al	13	K-series	2126	0,23	0,22	0,24	0,04
Ti	22	K-series	13518	1,52	1,50	0,92	0,07
Fe	26	K-series	313229	63,28	62,61	33,07	1,70
Total:			101,07	100,00	100,00		

б

Рис. 4. Результаты рентгеноспектрального микрозондового анализа твердых частиц сварочного аэрозоля различной формы: а – сферических частицы с волокнистой поверхностью, б – частицы с гладкой поверхностью [10]

Результаты микрозондового анализа, полученные с помощью волнодисперсионной приставки к электронному микроскопу, представлен на рис. 4, эти результаты были использованы для оценки состава частиц сварочных аэрозолей в рамках исследований [9].

Таким образом, представлен обзор лабораторных методов применимых для регистрации параметров твердых составляющих сварочных аэрозолей, к которым относятся растровая электронная сканирующая микроскопия, фотонная корреляционная спектроскопия, рентгеноспектральный микрозондовый анализ, представлены данные, которые могут быть получены с их помощью применительно к исследованию частиц твердой составляющей сварочных аэрозолей. Сканирующая растровая электронная микроскопия - единственный способ, позволяющий определить морфологию частиц, фотонная корреляционная спектроскопия позволяет быстро и точно определить фракционный состав, рентгеноспектральный микрозондовый анализ позволяет получить сведения о элементном составе отдельных частиц и их частей в сочетании с растровой электронной микроскопией.

Литература

1. Гришагин В. М. Сварочные аэрозоли: образование, исследование, локализация, применение: монография. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 213 с.
2. Zimmer A., Baron P., Biswas P. The influence of operating parameters on number-weighted aerosol size distribution generated from a gas metal arc welding process // *Aerosol Science* 33. 2002. P. 519–531.
3. Respiratory hazards of welding: Occupational exposure characterization / D. G. Howden, M. J. A. Desmeules, R. Saracci, N. L. Sprince, and P. I. Herber // *Am. Rev. Respir. Dis.* 1988. 138. P. 1047–1048.
4. Health hazards and biological effects of welding fumes and gases // *Proceedings of the International Conference on Health Hazards and Biological Effects of Welding Fumes and Gases, Copenhagen.* 1981. 600 p.
5. 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.

6. Характеристика твердой составляющей сварочных аэрозолей различных видов электродных покрытий / Кузнецов Д. А., Игнатова А. М., Наумов С. В., Игнатов М. Н. // Сб. докл. науч. техн. конф. «Сварка и диагностика – 2012». Екатеринбург: ЗАО «Уральские выставки». 2012. С. 110–114.

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

8. Игнатова А. М., Кузнецов Д. А., Файнбург Г. З. New viewpoint on certification welding materials from position reduce hazard level for manufacturing employees // Конференция, Чехия, Острава, Bezpečnost a ochrana zdraví při práci. 2014. С. 37–39.

9. Принципы прогнозирования состава твердой составляющей сварочного аэрозоля по виду электродного покрытия / Ю. С. Коробов, М. А. Филиппов, М. П. Шалимов, М. С. Девятьяров, В. И. Шумяков // Вестник ПГТУ «Машиностроение. Материаловедение». 2014. № 2. С. 25–34.