

УДК 535.4

СВАРОЧНЫЙ АЭРОЗОЛЬ КАК ИСТОЧНИК ОПАСНЫХ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ТЕХНОГЕННЫХ НАНО- И МИКРОЧАСТИЦ: ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

© 2015 К.Ю. Кириченко, В.А. Дрозд, В.В. Чайка, А.В. Гридасов, К.С. Голохваст

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

Статья поступила в редакцию 23.11.2015

В работе приводятся первые результаты исследования размерного состава частиц, возникающих в процессе сварки с помощью метода лазерной гранулометрии. Показано, что сварочный аэрозоль - крайне опасный для здоровья человека и животных источник нано- и микроразмерных частиц. Гранулометрический состав частиц в микродиапазоне находился в интервале от 1 до 10 мкм и вставлял до 100%. Продемонстрировано, что в 9 случаях из 28 при использовании разных режимов сварки, вариативности применяемых электродов и свариваемых материалов наблюдается выделение аэрозоля с частицами в нанодиапазоне (от 45,5 до 99,4%).

Ключевые слова: *сварочный аэрозоль, нано- и микрочастицы, гранулометрический анализ*

Как известно, в процессе сварки существует несколько вредных для здоровья людей физико-химических факторов: пыль (искры и брызги), газы, сильное излучение и тепло [1]. Именно эти факторы вызывают профессиональные заболевания и травматические повреждения [2, 3]. Среди профессиональных заболеваний сварщиков высока доля бронхолегочных, вызванных воздействием сварочного аэрозоля [4]. Это – пневмокониоз, который выявился у сварщиков, проработавших в сварочных цехах более 15 лет, и хронический бронхит, возникающий уже через 5 лет работы в профессии сварщика [5].

В группу риска возникновения профессиональных заболеваний попадает каждый сварщик

*Кириченко Константин Юрьевич, ведущий специалист
Дрозд Владимир Александрович, научный сотрудник Международного центра обогащения минерального сырья и использования вторичных ресурсов. E-mail: v_drozd@mail.ru*

Чайка Владимир Викторович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник. E-mail: chaika.vv@dvfu.ru

Гридасов Александр Валентинович, доцент, кандидат технических наук, заместитель директора

Голохваст Кирилл Сергеевич, доктор биологических наук, заместитель директора по развитию. E-mail: droopy@mail.ru

со стажем работы более 10 лет, даже если сварщик работает в пределах допустимых концентраций вредных веществ [6]. Кроме этого, у них высок риск сердечно-сосудистых заболеваний [7], в частности, установлена связь между ишемией и занятием сваркой [8]. Сварочный аэрозоль (СА) представляет собой совокупность мельчайших частиц, образовавшихся в результате конденсации паров расплавленного металла, шлака и покрытия электродов [5, 9].

Цель работы: с помощью лазерной гранулометрии и авторской методики отбора оценить размерность частиц СА.

Материалы и методы. Пробы отбирались следующим образом: во время процесса сварки под брызги сварки подставлялся стерильный пластиковый контейнер объемом 3 л с дистиллированной водой (рис. 1). Затем пробы транспортировались в лабораторию и из каждого образца после взбалтывания набирали по 100 мл жидкости и анализировали на лазерном анализаторе частиц Analysette 22 NanoTec plus (Fritsch). Во время экспериментов на протяжении нескольких дней использовались разные типы электродов, разные материалы для сварки и различная сила тока (табл. 1).



Рис. 1. Способ отбора проб во время сварки

Таблица 1. Сводная таблица разных типов электродов и материалы для сварки

№	Свариваемый элемент	Электрод	I
1	труба стальная С245 Ø620x12 мм	УОНИ-13/55. Ø3 мм. ЛЭЗ	80А
2	труба стальная С245 Ø108x5 мм	УОНИ-13/55. Ø3 мм	75А
3	труба чугунная ВЧШГ Ø150 мм	Hyundai EST Ø3,2 мм	100А
4	труба 25x4 мм	AWS E6013 Ø3,2 мм	100А
5	труба стальная С245 Ø620x12 мм	УОНИ-13/55. Ø3 мм	90А
6	труба Ø180x5 мм	УОНИ 13/55 Ø3,2 мм	80А
7	труба нержавейка Ø89x5 мм	электроды ЦЛ-11 Ø3 мм	60А
8	труба нержавейка Ø89x5 мм	электроды S-309L.16 Ø3,2 мм	60А
9	труба нержавейка Ø89x5 мм	электроды KST-308L Ø4 мм	60А
10	двутавр №24 С245	УОНИ-13/55. Ø3 мм	90А
11	труба оцинкованная Ø 50x3,5 мм	электроды Э46А Ø3 мм по ГОСТ 9467-75*	76А
12	труба оцинкованная Ø 90x4 мм	электроды Omnia 46 Ø3 мм	60А
13	труба оцинкованная Ø 90x4 мм	электроды Conarc 52 Ø2,5 мм	60А
14	труба оцинкованная Ø 90x4 мм	электроды LB52U Ø2,5 мм	60А
15	труба черная Ø 89x4 мм	электроды LB52U Ø2,5 мм	60А
16	труба оцинкованная Ø 90x4 мм	электроды МГМ-50К Ø3 мм	60А
17	арматура АIII, Ø12 мм	Hyundai S6013 Ø3,2 мм	90А
18	арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric УОНИ 13/55 Ø4 мм	110А
19	арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric Omnia 46 Ø3,2 мм	80А
20	арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric МГМ-50К Ø3,2 мм	80А
21	арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric Conarc 52 7016. Ø2,4 мм	80А
22	арматура АIII, Ø12 мм	JHJ422 Ø3 мм	75А
23	арматура АIII, Ø12 мм	JHJ422 Ø3 мм	80А
24	арматура АIII, Ø12 мм	Lincoln Electric. Omnia 46. Ø3,2 мм	90А
25	Метал. пластина t=12 мм. Сталь С245	электроды ESAB ОК 46 E6013. Ø4 мм	80А
26	силумин	электрод AlMnI Ø2 мм	90А
27	уголок 50x5 мм	УОНИ 13/55 Ø3,2 мм	80А
28	швеллер №20 С235 по ГОСТ 8240-97 мм	электроды Э46А Ø4 мм По ГОСТ 9467-75*	160А

Таблица 2. Распределение частиц по фракциям в пробах СА (образцы с 1 по 9)

Класс	Ø, мкм	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	менее 1	50	0,2	98,6	97,6			93		
2	1 - 10	8	0,4			99,4	25,9	2,1	16,7	13,5
3	10 - 50	42	99,4	0,4	2,4	0,6	74,1	4,9	83,3	86,5
4	50 - 100									
5	100 - 400									
6	400 - 700									
7	более 700									
Средний арифметический диаметр, мкм		7,34	18,07	0,34	0,47	6,37	13,02	0,95	14,23	14,73
Мода, мкм		0,09	17,27	0,01	0,01	6,44	14,33	0,01	14,72	15,95

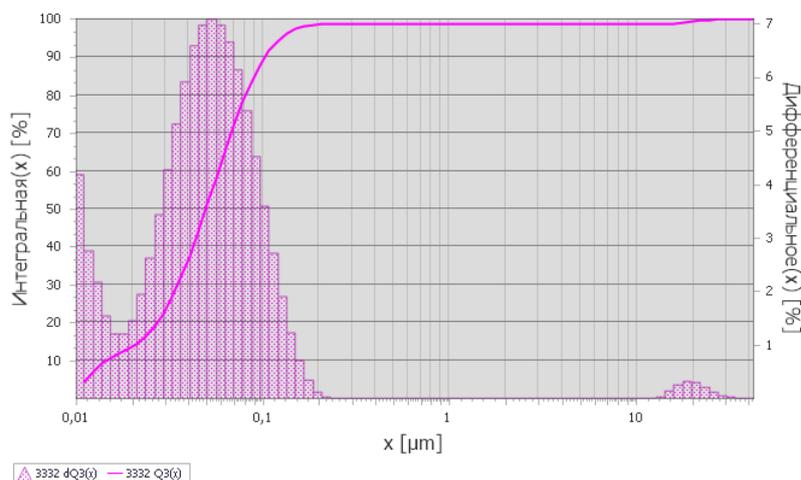


Рис. 2. Наночастицы СА, обнаруженных при измерения в нанорегиме (образец 3)

Таблица 3. Распределение частиц по фракциям в пробах СА (образцы с 10 по 18)

Класс	Ø, мкм	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	менее 1		45,5							64,5
2	1 - 10		16,7	68,4	59,8	43,4	40,3	55	91,2	17,4
3	10 - 50	100		31,6	40,2		59,7	45	8,8	18,1
4	50 - 100									
5	100 - 400									
6	400 - 700									
7	> 700									
Средний арифметический диаметр, мкм		16,43	6,3	9,12	9,61	10,62	10,86	9,91	6,81	3,61
Мода, мкм		16,38	12,21	8,87	9,61	10,69	10,69	9,87	5,07	0,01

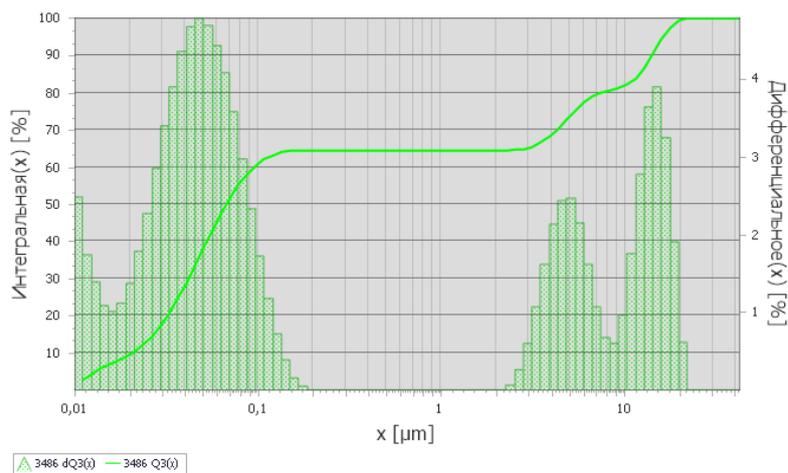


Рис. 3. Наночастицы СА, обнаруженных при измерения в нанорежиме (образец 18)

Таблица 4. Распределение частиц по фракциям в пробах СА (образцы с 19 по 28)

Класс	Ø, мкм	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	менее 1		88,9	82,8		99,4			9,1		
2	1 - 10	100	9,8	12	10,5		74,4	100	28,8	93,1	7,5
3	10 - 50		1,3	5,2	89,5	0,6	25,6		62,1	6,9	92,5
4	50 - 100										
5	100 - 400										
6	400 - 700										
7	> 700										
Средний арифметический диаметр, мкм		5,28	0,58	1,6	13,81	0,17	8,74	5,41	11,53	7,28	14,52
Мода, мкм		5,20	0,01	0,01	13,96	0,01	8,87	5,34	15,95	7,36	14,44

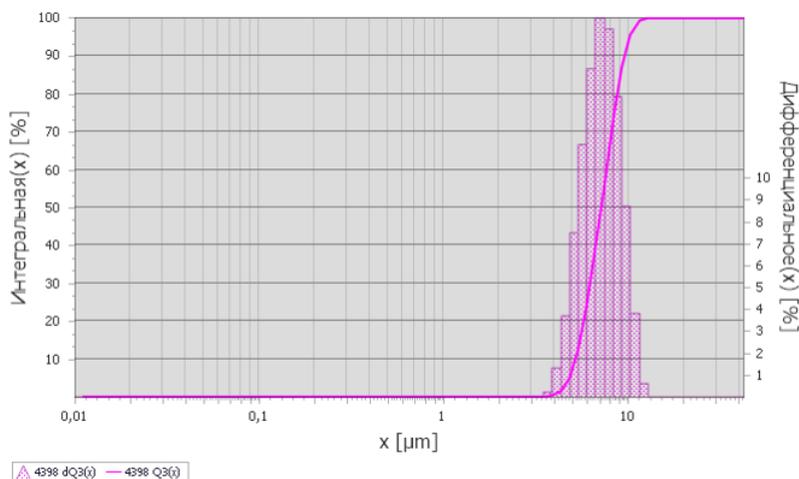


Рис. 4. Микрочастицы СА, обнаруженных при измерения в нанорежиме (образец 27)

Результаты и обсуждение. Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды» ДВФУ. Видно, что из 28 случаев сварки разными электродами и материалами в 9 случаях наблюдается выделение преобладающей доли наночастиц аэрозоля, а в 13 случаях – частиц значимого для гигиены размера – до 10 мкм (PM₁₀).

В РФ и многих других странах приняты нормативы и средства защиты для сварщиков [10, 11]. Как мы видим по нашим результатам (рис. 2-4, табл. 1-3), СА является источником наночастиц, которые крайне опасны для здоровья человека и окружающей среды.

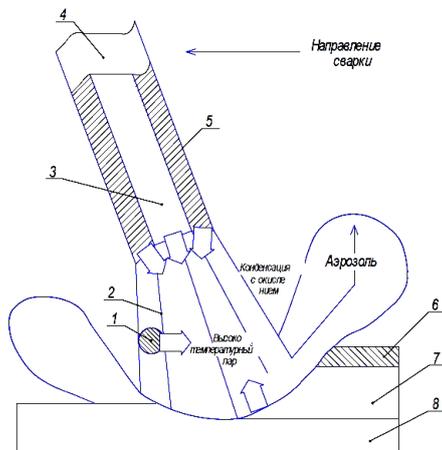


Рис. 5. Механизм образования СА:

1 - капля; 2 - дуга; 3 - электродный стержень; 4 - электрод; 5 - покрытие; 6 - шлак; 7 - металл шва; 8 - основной металл

Выводы: как известно, по нормативам Роспотребнадзора рекомендуемый максимальный стаж для электросварщиков - 12,5 лет. Кроме того, имеются данные, свидетельствующие о том, что воздействие СА на органы дыхания может повышать риск развития онкологических заболеваний (рак) [2, 5].

Работа выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ (№13-06-0318-м_а) и Министерства образования и науки РФ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Lehnert, M.* Exposure to inhalable, respirable, and ultrafine particles in welding fume / *M. Lehnert, B. Pesch, A. Lotz et al.* // *Annals of Occupational Hygiene*. 2012. V. 56 (5). P. 557-567.
2. *Antonini, J.M.* Health effects of welding // *Critical Reviews in Toxicology*. 2003. V. 33, Issue 1. P. 61-103.
3. *Гришагин, В.М.* Сварочный аэрозоль как основная экологическая проблема современного сварочного производства в машиностроении / *В.М. Гришагин, Т.Ю. Луговцова* // *Вестник науки Сибири*. 2011. № 1 (1). С. 726-728.
4. *Комарова, Т.А.* Рентгенологические изменения в легких при современных формах профессиональной бронхолегочной патологии от воздействия сварочного аэрозоля: дисс... к.м.н. – М., 2009. 106 с.
5. *Гришагин, В.М.* Сварочный аэрозоль как основной фактор, влияющий на безопасность труда сварщика / *В.М. Гришагин, Д.П. Ильященко* // *Сварочное производство*. 2009. №5. С. 51-55.
6. Сайт Управления Роспотребнадзора по Волгоградской области <http://34.rosпотребнадзор.ru/directions/nadzor/55440/>
7. *Li, H.* A cross-sectional study of the cardiovascular effects of welding fumes / *H. Li, M. Hedmer, V. Kåredal et al.* // *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10, Issue 7. Article number e0131648.
8. *Sjögren, B.* Welding and ischemic heart disease / *B. Sjögren, T. Fossum, T. Lindh, J. Weiner* // *International Journal of Occupational and Environmental Health*. 2002. V. 8 (4). P. 309-311.
9. *Гришагин, В.М.* Образование газобразной составляющей сварочного аэрозоля при сварке горношахтного оборудования и её воздействие на организм человека / *В.М. Гришагин, Л.П. Ерёмин, Л.Г. Деменкова* // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2010. Т. 3, № 12. С. 400-407.
10. *Гришагин, В.М.* Влияние покрытий, применяемых для защиты горно-шахтного оборудования от брызг расплавленного металла при сварке в CO₂ на условия труда: автореф. дисс... к.т.н. - Кемерово, 2004. 23 с.
11. *Кусраева, З.С.* Оценка профессионального риска при современных методах электродуговой сварки и резки металлов: дисс... к.м.н. – СПб., 2011. 164 с.

WELDING AEROSOL AS THE SOURCE OF HAZARD TO HEALTH TECHNOGENIC NANO - AND MICROPARTICLES: GRANULOMETRIC ANALYSIS

© 2015 K.Yu. Kirichenko, V.A. Drozd, V.V. Chaika, A.V. Gridasov, K.S. Golokhvast
Far Eastern Federal University, Vladivostok

The first results of research the dimensional structure of particles arising in the welding process by means of laser granulometric method are given in work. It is shown that a welding aerosol - the extremely hazard to human and animal health a source nano - and microdimensional particles. The particle size distribution was in microrange from 1 to 10 microns and in made to 100%. It is shown that in 9 cases from 28 when using the different modes of welding, variability of the applied electrodes and the welded materials allocation of aerosol with particles in the nanorange is observed (from 45,5 to 99,4%).

Key words: *welding aerosol, nano - and microparticles, granulometric analysis*

Konstantin Kirichenko, Leading Specialist; Vladimir Drozd, Research Fellow. E-mail: v.drozd@mail.ru; Vladidmir Chayka, Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: chaika.vv@dvfu.ru; Alexander Gridasov, Candidate of Technical Sciences, Deputy Director; Kirill Golokhvast, Doctor of Biology, Deputy Director. E-mail: droopy@mail.ru