

УДК 535.4

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

© 2015 К.Ю. Кириченко¹, В.А. Дрозд¹, В.В. Чайка¹, А.В. Гридасов¹,
А.А. Карабцов², К.С. Голохваст¹

¹ Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

² Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Статья поступила в редакцию 23.11.2015

В работе приводятся первые результаты исследования морфологического и вещественного состава частиц сварного аэрозоля. Показано, что морфологически частицы представляют собой полые и цельные шары, иногда покрытые легко скалывающейся оболочкой. Встречаются и объекты иной формы – овалы, многоугольники, иглы. Обломки оболочки полых шаров имеют размер до 10 мкм (PM₁₀) и неровные края, что делает их и наноразмерные частицы наиболее потенциально опасными для здоровья человека компонентами сварного аэрозоля. Установлено, что частицы аэрозоля в основном состоят из Fe>Mn>Zn>Ti, но встречаются и минорные компоненты Si, Cl, Zr, Co, Cr, Br, Al, Ca, Mg, K, C, S.

Ключевые слова: сварка, наночастица, металл

Известно, что при выполнении электросварочных работ одним из основных опасных производственных факторов как в зоне дыхания электросварщика, так и в воздухе рабочей зоны является предельно допустимая концентрация вредных веществ в сварочных аэрозолях. Кроме того, определенную опасность представляют и мельчайшие частицы расплавленного и кристаллизовавшегося электродного покрытия, разбрызгиваемого металла электродов и сварочной ванны.

Цель работы: с помощью лазерной гранулометрии и авторской методики отбора оценить размерность частиц в сварочных аэрозолях в воздухе рабочей зоны.

*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:
chaiika.vv@dvfu.ru*

*Гридасов Александр Валентинович, кандидат техни-
ческих наук, заместитель директора, заведующий
кафедрой сварочного производства*

*Карабцов Александр Александрович, кандидат геолого-
минералогических наук, заведующий лабораторией
рентгеновских методов*

*Голохваст Кирилл Сергеевич, доктор биологических
наук, профессор, заместитель директора по разви-
тию. E-mail: drooru@mail.ru*

Материалы и методы. Пробы отбирались следующим образом: во время процесса под место сварки подставлялся стерильный пластиковый контейнер объемом 3 л с дистиллированной водой. Затем пробы транспортировались в лабораторию и высушивались. Анализ образцов проводили на сканирующем микроскопе JEOL JXA 8100 (Япония). Образцы не напылялись. Во время экспериментов на протяжении нескольких дней использовались разные типы электродов и различная сила тока для сварки (табл. 1). Исследования проводились с использованием оборудования ЦКП «Межведомственный центр аналитического контроля состояния окружающей среды» ДВФУ.

Результаты. Как было показано [Кириченко и др., 2015], в сварочном аэрозоле преобладают нано- и микроразмерные частицы. Их изучение с помощью микроскопии затруднено из-за крайне малых размеров и, возникающих от этого, методических трудностей. С помощью сканирующего электронного микроскопа мы изучили морфологию наиболее крупных микрочастиц сварочного аэрозоля (рис. 1-9).

Обсуждение. На рис. 1-8 можно видеть большое количество шаровидных металлических образований из сварочного аэрозоля. Поверхность этих сварочных микрочастиц разнообразна и зависит от материала электрода и силы тока. Средний размер частиц составляет от нанодиапазона (рис. 7в и 8в) до почти миллиметровых агрегатов (рис. 2г и 3г). На электронных фотографиях видно, что аэрозоль состоит из достаточно

большого количества острых обломков полых шаров размером до 10 мкм (PM_{10}). Именно эти частицы (а также наноразмерные фракции) считаются наиболее опасными для здоровья человека.

Основные элементы в составе микрочастиц достаточно стабильны – $Fe > Mn > Zn > Ti$, но встречаются и минорные компоненты Co, Cr, Br, Al, Ca, Mg, K, C, S, Si, Cl, Zr.

Таблица 1. Основные и сварочные материалы, использованные в эксперименте

№	Свариваемый элемент	Электрод	Сила тока
1	Труба стальная С245 Ø 630x12 мм	УОНИ-13/55. Ø3 мм. ЛЭЗ	80А
2	Арматура АIII, Ø12 мм	ИИ422 Ø3 мм	80А
3	Труба стальная С245 Ø620x12 мм	УОНИ-13/55. Ø3 мм	90А
4	Двутавр №24 С245	УОНИ-13/55. Ø3 мм	90А
5	Арматура АIII, Ø12 мм	ИИ422 Ø3 мм	75А
6	Труба стальная С245 Ø108x5 мм	УОНИ-13/55. Ø3 мм	75А
7	Арматура АIII, Ø12 мм	Lincoln Electric. Omnia 46. Ø3,2 мм	90А
8	Арматура АIII, Ø12 мм	Huyn dai S6013 Ø3,2 мм	90А
9	Силумин	Электрод AlMni Ø2 мм	90А
10	Труба чугунная ВЧШГ Ø150 мм	Huyn dai EST Ø3,2 мм	100А
11	Труба С245 Ø 25x4 мм	AWS E6013 Ø3,2 мм	100А
12	Арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric УОНИ 13/55 Ø4 мм	110А
13	Арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric Omnia 46 Ø3,2 мм	80А
14	Арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric МГМ-50К Ø3,25 мм	80А
15	Арматура АIII Ø12 мм	Lincoln Electric Conarc 52 7016. Ø4 мм	80А
16	Металлическая пластина t=12 мм. Марка стали С245	Электроды ESAB ОК 46 E6013. Ø4 мм	80А
17	Труба С245 Ø180x5 мм	УОНИ 13/55 Ø3,2 мм	80А
18	Уголок С245 50x5 мм	УОНИ 13/55 Ø3,2 мм	80А
19	Труба 08Х18Н12Т Ø89x5 мм	Электроды ЦЛ-11 Ø3 мм	60А
20	Труба 08Х18Н12Т Ø89x5 мм	Электроды S-309L.16 Ø3,2 мм	60А
21	Труба 08Х18Н12Т Ø89x5 мм	Электроды KST-308L Ø4 мм	60А

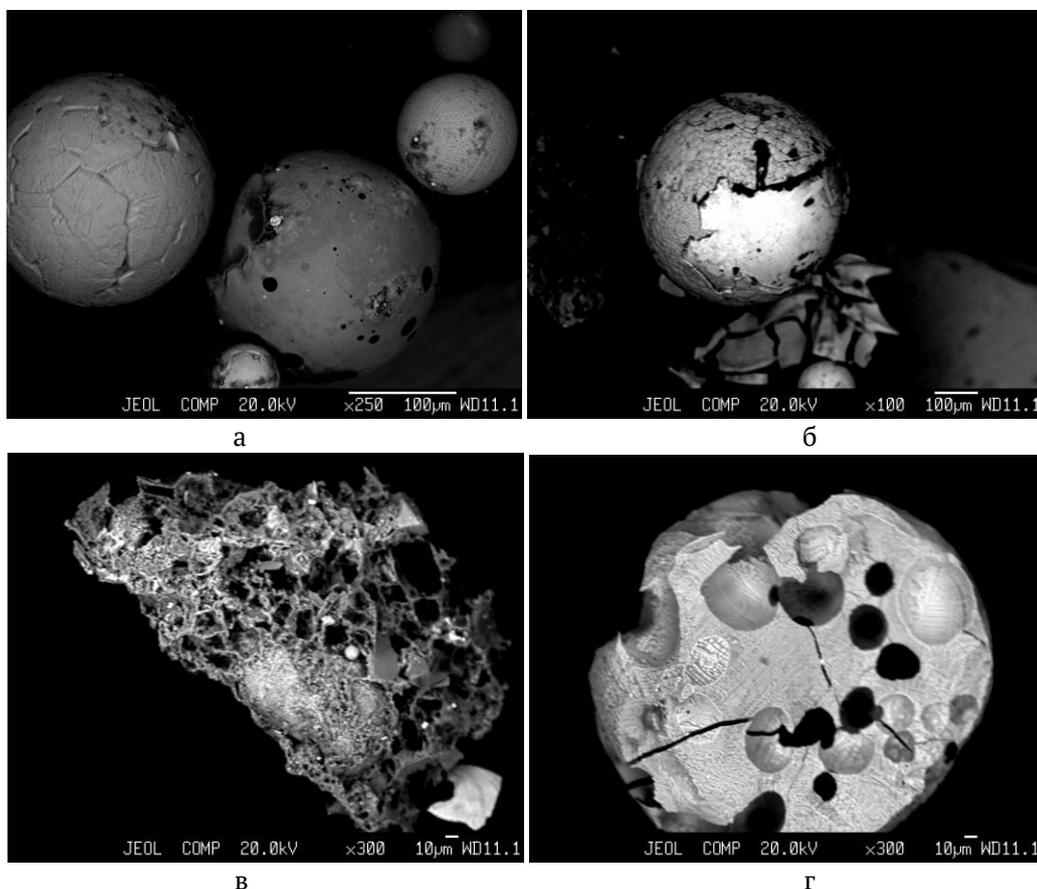


Рис. 1. Образец 3. УОНИ 13-55 Ø3мм, труба Ø630x12мм, С245, 90А

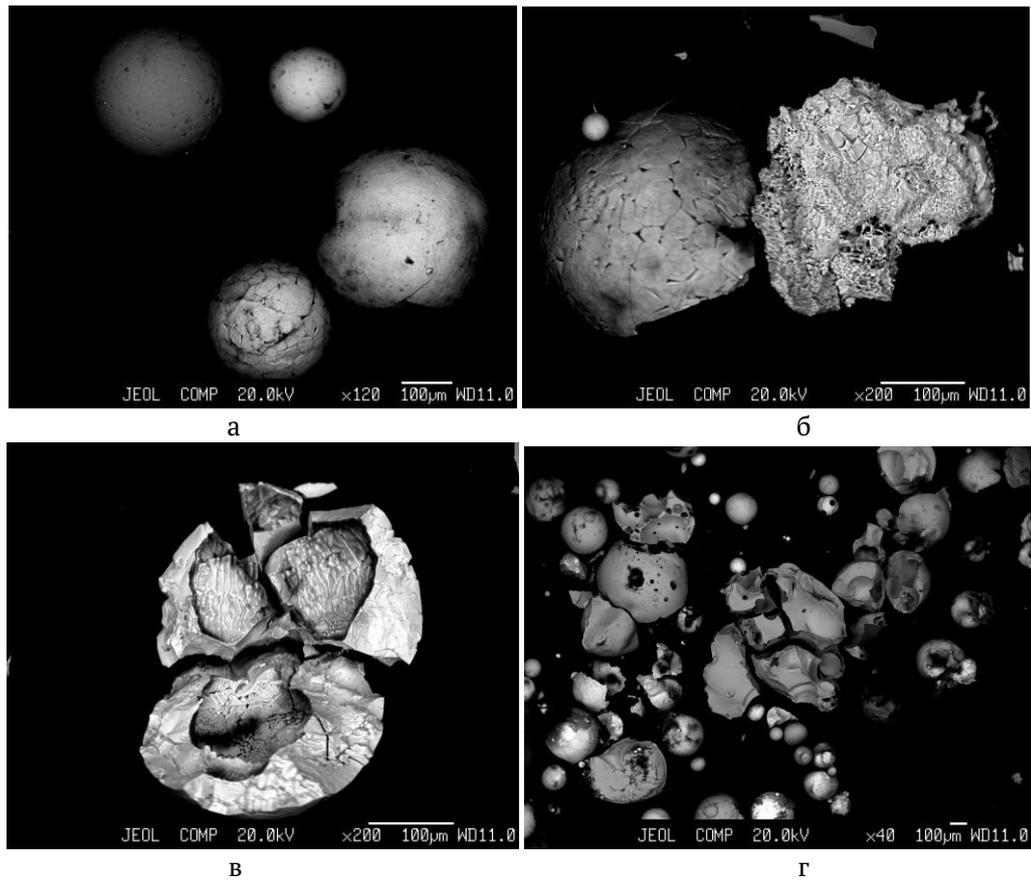


Рис. 2. Образец 5. ИИ422 Ø3 мм, арматура АIII Ø12 мм, 90А

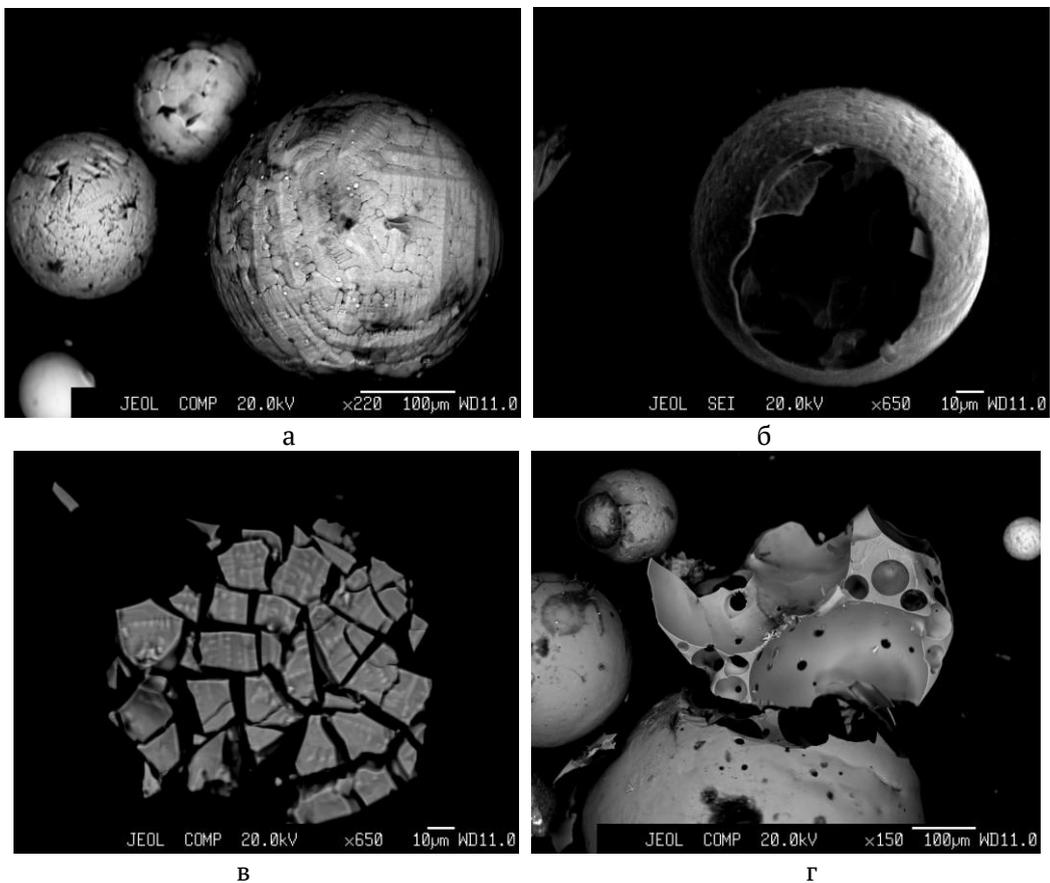


Рис. 3. Образец 6. УОНИ 13/55 стальная труба Ø108 мм, толщина 5 мм, марка стали С245, 80А

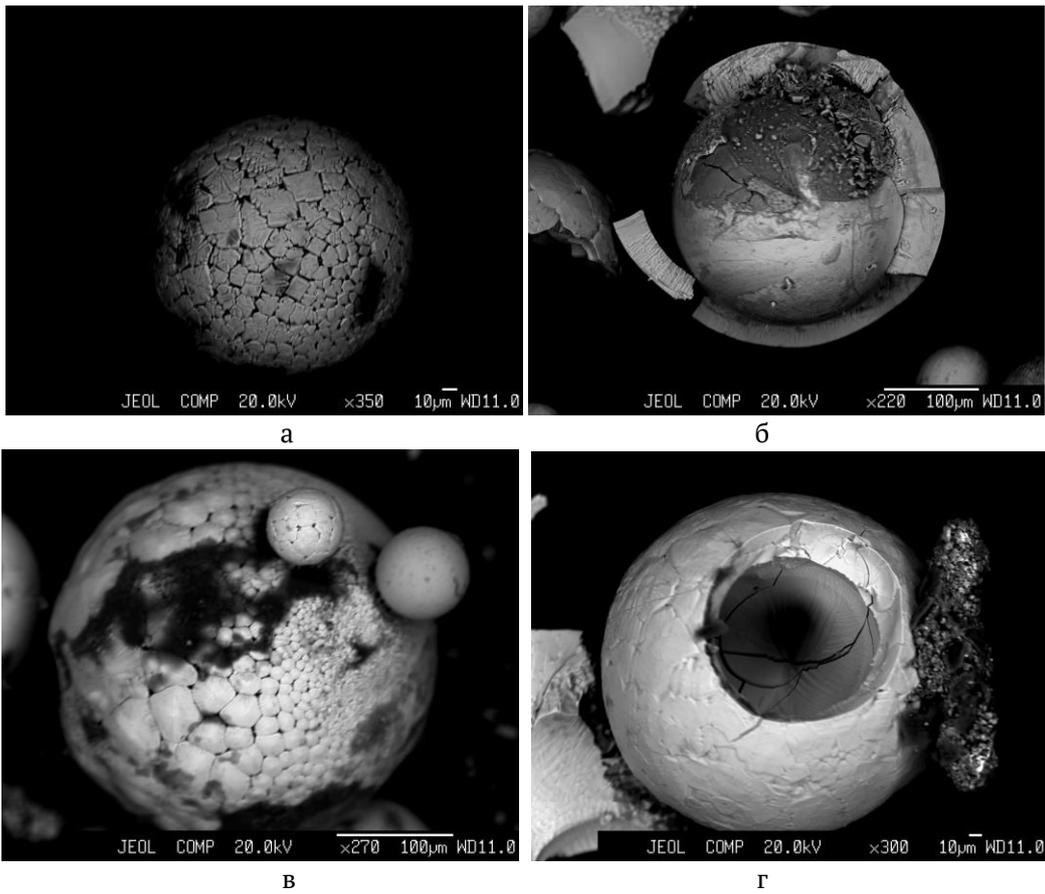


Рис. 4. Образец 7. Lincoln Omnia 46 Ø 3,2 мм, арматура АIII, Ø 12 мм, 90А

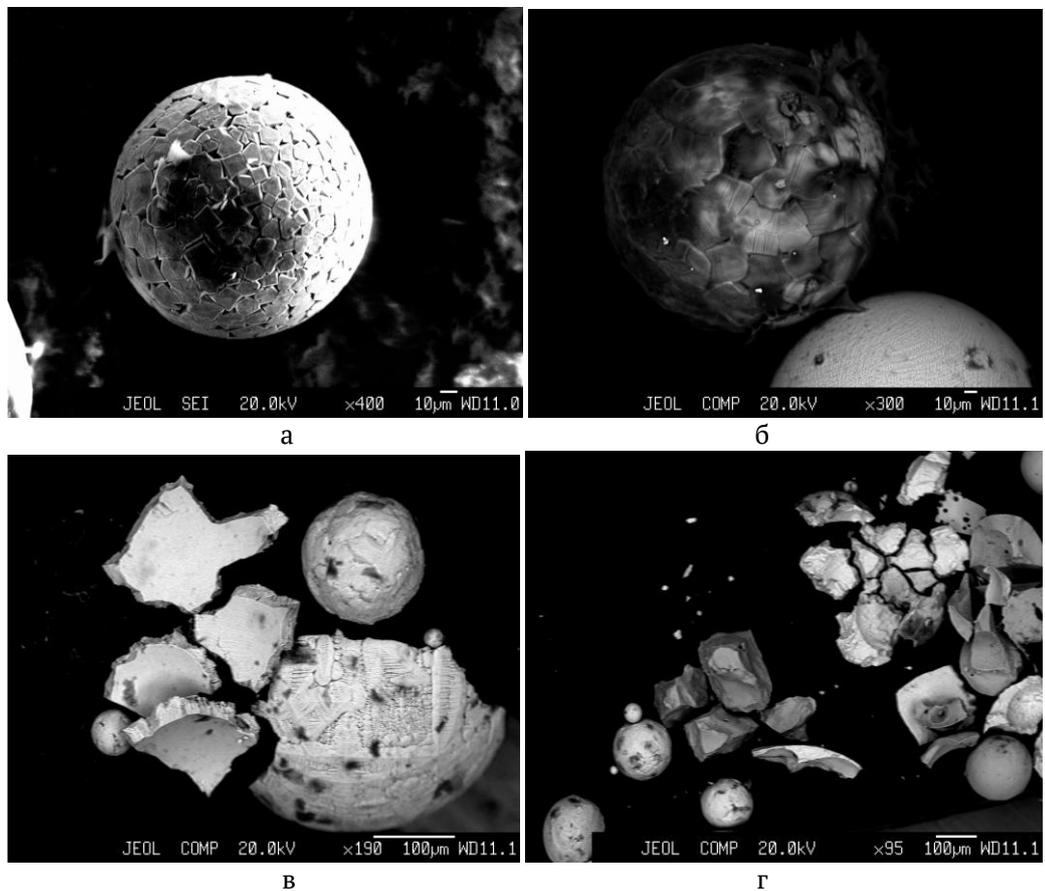


Рис. 5. Образец 8. Hyundai S6013 Ø3,2, арматура АIII, Ø 12 мм, 90А

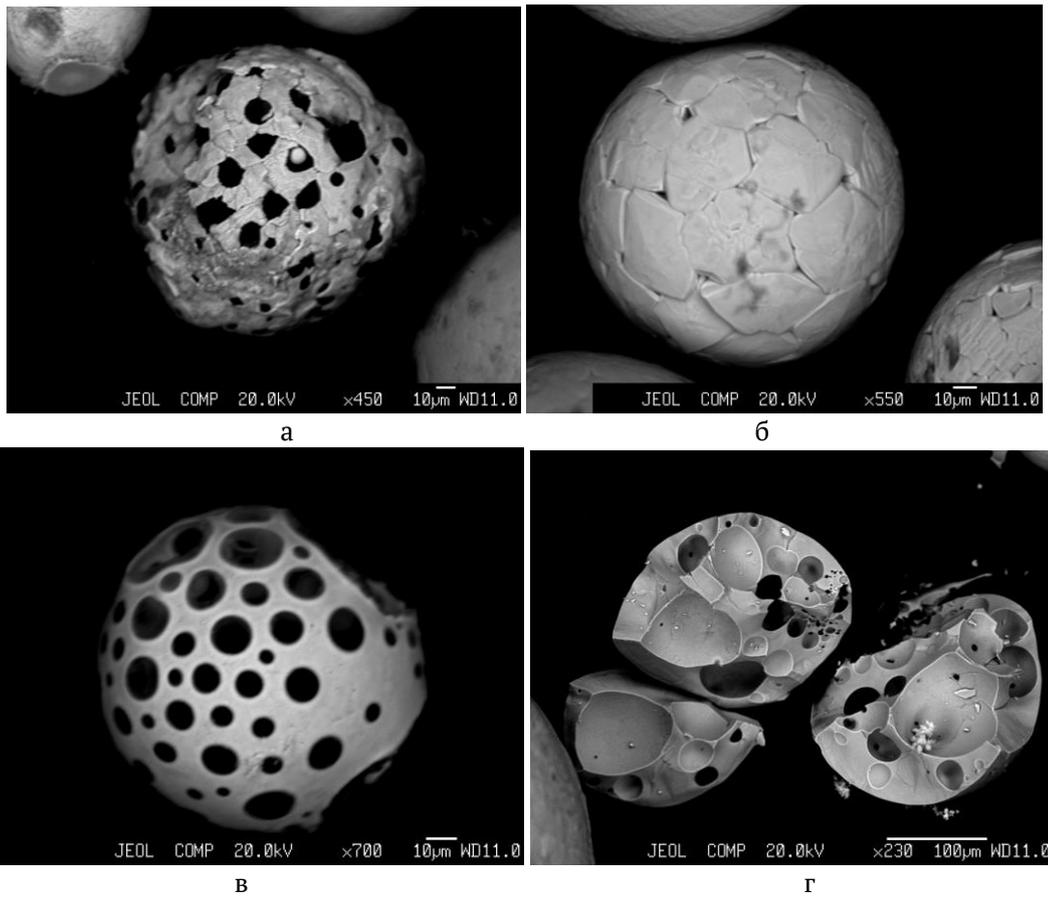


Рис. 6. Образец 11. AWS E6013 Ø 3,2 мм, труба С245, Ø 25x4, 100А

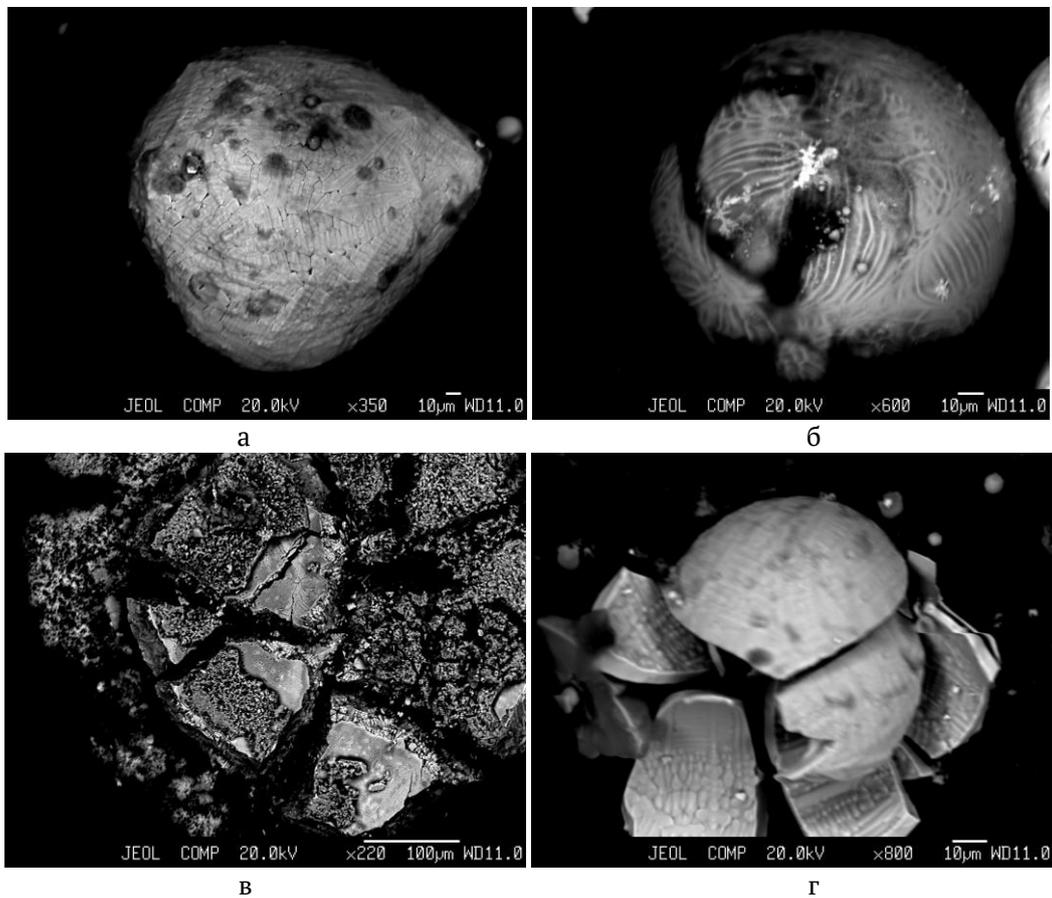


Рис. 7. Образец 18. УОНИ 13-55 Ø 3,2 мм, уголок 50x5 мм, 80А

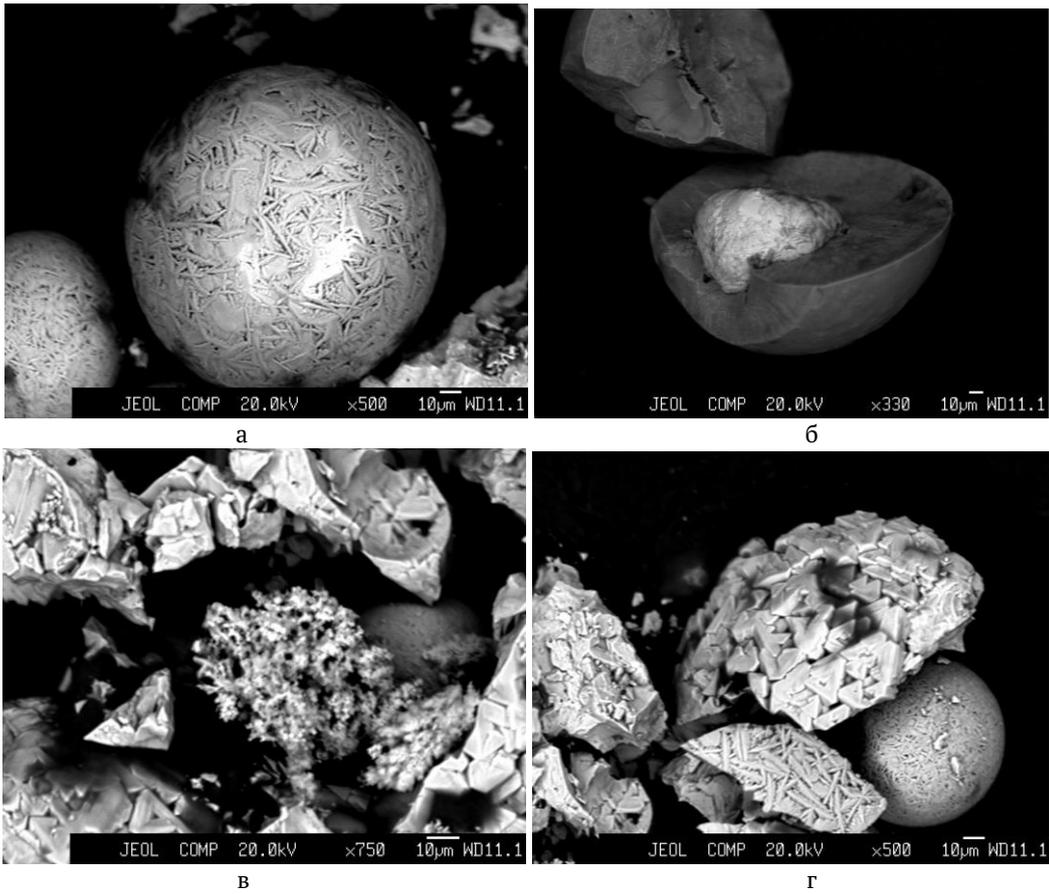
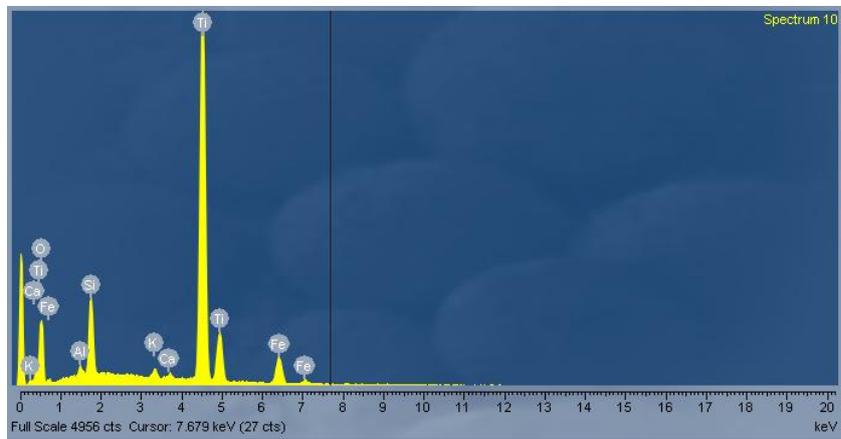
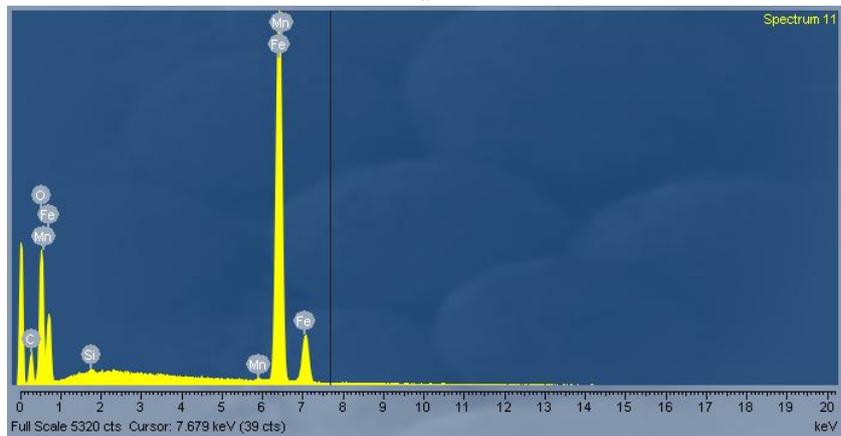


Рис. 8. Образец 20. S-309L.16 Ø 3,2 мм, труба 08X18H12T Ø 89x5 мм, 60A



а



б

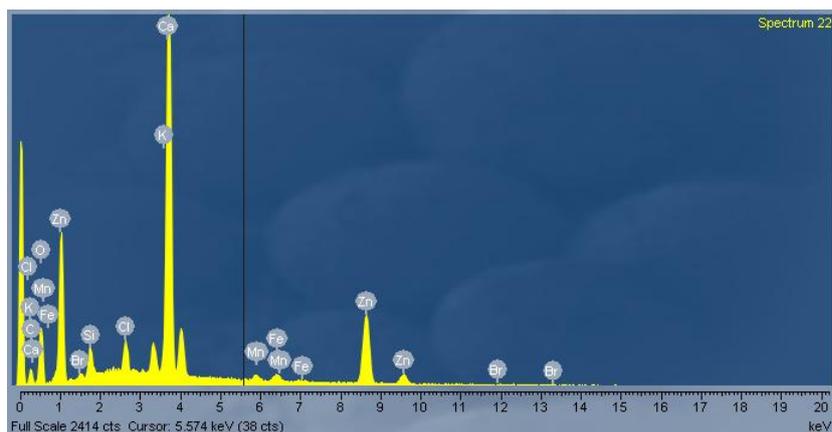


Рис. 9 а-в. Спектры некоторых частиц сварного аэрозоля

Работа выполнена при поддержке Научного Фонда ДВФУ (№13-06-0318-м_а) и Министерства образования и науки Российской Федерации (уникальный идентификатор работ RFMEFI59414X0006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кириченко, К.Ю. Сварочный аэрозоль как источник опасных для здоровья техногенных наночастиц: гранулометрический анализ / К.Ю. Кириченко, В.А. Дрозд, В.В. Чайка и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Том 17, №5(2). (в печати).

WELDING AEROSOL AS THE SOURCE OF DANGEROUS FOR HEALTH TECHNOGENIC NANO- AND MICROPARTICLES: ELECTRONIC AND MICROSCOPIC ANALYSIS

© 2015 K.Yu. Kirichenko¹, VA. Drozd¹, V.V. Chayka¹, A.V. Gridasov¹, A.A. Karabtsov², K.S. Golokhvast¹

¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok

² Far Eastern Geological Institutes of RAS, Vladivostok

The first results of research the morphological and material structure of welded aerosol particles are given in work. It is shown that morphologically particles represent the hollow and integral spheres, sometimes covered with easily chopping off cover. Also objects of other form – ovals, polygons, needles meet. Fragments of cover of hollow spheres have the size to 10 microns (PM₁₀) and uneven edges that does them and nanodimensional particles by components of welded aerosol most potentially hazardous to the person's health. It is established that aerosol particles generally consist of Fe> Mn> Zn> Ti, but also the minor components Si, Cl, Zr, Co, Cr, Br, Al, Ca, Mg, K, C, S was meet.

Key words: *welding, nanoparticle, metal*

Konstantin Kirichenko, *Leading Specialist*
 Vladimir Drozd, *Research Fellow at the International Center for Enrichment the Mineral Raw Materials and Using the Secondary Resources. E-mail: v_drozd@mail.ru*
 Vladimir Chayka, *Candidate of Biology, Senior Research Fellow. E-mail: chaika.vv@dvfu.ru*
 Alexander Gridasov, *Candidate of Technical Sciences, Deputy Director, Head of the Welding Production Department*
 Alexander Karabtsov, *Candidate of Geology and Mineralogy, Chief of the X-ray Methods Laboratory*
 Kirill Golokhvast, *Doctor of Biology, Professor, Deputy Director on Development. E-mail: droopy@mail.ru*