

УЛАВЛИВАНИЕ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ СВАРОЧНОГО АЭРОЗОЛЯ РАЗРАБОТАННЫМ СОРБЦИОННО-ФИЛЬТРУЮЩИМ МАТЕРИАЛОМ

¹Маринина О.Н., ²Сидякин П.А., ²Нестерчук А.В., ²Алексенко Д.Н.

¹ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», Волгоград, Россия (400074, Волгоград, ул. Академическая, 1), e-mail: night.time@inbox.ru

²ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Пятигорск, Россия (357500, Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56), e-mail: sidyakin_74@mail.ru

В рабочую зону сварщика при выполнении сварочных работ, удаления окалины и очистки от ржавчины поступает сварочный аэрозоль. Разработка более эффективных сорбционно-фильтрующих материалов для защиты органов дыхания от вредных сварочных выбросов является наиболее важной проблемой. Исследован состав сварочного аэрозоля по твердым частицам и газообразным веществам в рабочей зоне сварщика арматурного цеха завода ЖБИ. Исследован дисперсный состав сварочного аэрозоля. В качестве сорбционно-фильтрующих материалов в респираторах наиболее часто используют иглопробивные. Они вырабатываются путем перепутывания волокон холста с помощью игл специальной конструкции. Проведены испытания респираторов из разработанного материала. Анализ результатов показал, что разработанный ионообменный волокнистый материал может использоваться в качестве сорбционно-фильтрующего элемента респиратора «Снежок», обеспечивая надежную защиту по твердым частицам сварочного аэрозоля.

Ключевые слова: респиратор, твердые составляющие сварочного аэрозоля, разработанный материал, сварочные работы, концентрация, защитные свойства, отбор проб, рабочая зона.

PARTICULATE WELDING FUMES DEVELOPED SORPTION-FILTERING MATERIALS

¹Marinina O.N., ²Sidyakin P.A., ²Nesterchuk A.V., ²Aleksenko D.N.

¹Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE), 1 Akademicheskaya Street, 400074, Volgograd, Russia, e-mail: night.time@inbox.ru

²North-Caucasus Federal University, Pjatigorsk, Russia, (357500, Pjatigorsk, str. 40 let Oktjabrja 56), e-mail: sidyakin_74@mail.ru

In a working zone of the welder depending on a type of welding, brands of electrodes and gumboil the welding aerosol arrives. Protection of respiratory organs against harmful welding emissions of air of a working zone of the welder forms a basis of many technological processes and is the major problem. The component structure of a welding aerosol on firm and gaseous components, in air of a working zone of reinforcing shop of concrete goods plant is specified. It is investigated disperse structure of a welding aerosol. As sorption filtering materials in respirators most often use the needled. They are developed by a confusing of fibers of a canvas by means of needles of a special design. Tests of respirators from the developed material are carried out. The analysis of results showed that the developed ion-exchange fibrous material can be used as a sorption filtering element of a respirator "Snejok", providing demanded efficiency of protection on firm components of a welding aerosol.

Keywords: respirator, firm components of a welding aerosol, developed material, welding works, concentration, protective properties, sampling, working zone.

Сварочное производство в настоящее время оснащено конвейерными и поточными линиями, где применяются механизированные методы сварки и резки. Однако в большинстве арматурных цехов заводов по производству железобетонных конструкций преобладает в основном ручная и полуавтоматическая электросварка, что сопровождается неблагоприятными факторами – выделением в воздушную среду сварочного аэрозоля и вредных газов. Изучение нормативных документов условий труда сварочного производства, замеры воздуха рабочей зоны сварщика позволяют сделать вывод, что сварочный аэрозоль,

поступающий в атмосферу цеха, превышает допустимые концентрации по твердым составляющим в 5-6 раз. Вентиляция сварочных цехов не всегда эффективна: вредные вещества, оседая в воздушном пространстве сварщика, распределяются неравномерно, газы и твердые частицы сварочного аэрозоля, попадая в воздух, фактически проникают под маску сварщика. Вытяжные устройства в большинстве случаев не обеспечивают требуемую чистоту воздуха. Поэтому для улучшения санитарно-гигиенических условий труда необходимы средства индивидуальной защиты органов дыхания – респираторы.

Мелкие частицы (от 2 до 5 мкм) способны проникать глубоко в легочные ткани, что представляет опасность для здоровья, пылинки до 10 мкм и более задерживаются в бронхах, также вызывая различные заболевания [8].

В свете современных представлений улавливание твердых частиц разделяется на две стадии. На первой стадии, называемой стационарной, происходит осаждение частиц в чистом фильтре. В этом случае эффективность улавливания и аэродинамическое сопротивление не изменяются во времени и определяются структурой фильтрующего материала, а также свойствами улавливаемых частиц и параметрами газовой смеси. Принимают, что на стадии стационарной фильтрации структурные изменения в волокнистом слое за счет накопления уловленных частиц незначительны, поэтому их не учитывают.

Вторая стадия называется нестационарной. Для нее характерны структурные и другие модификации в волокнистом фильтре в результате накопления твердых частиц, воздействия влаги, агрессивных газов и т.д., что приводит к изменению качества улавливания и аэродинамического сопротивления во времени. Явления, которые приводят к указанным выше изменениям, называют вторичными [7, 9, 10].

Поэтому защита органов дыхания от вредных сварочных выбросов воздуха в зоне сварки служит основой многих технологических процессов и является актуальной проблемой [8].

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Нами проведены исследования сварочного аэрозоля на наличие твердых частиц и газообразных веществ в воздушной среде рабочей зоны сварщика в цехах завода железобетонных конструкций. Исследование проводилось методом анализа газовой хроматографии [5]. В табл. 1 представлен состав твердых частиц сварочного аэрозоля (ТССА) при сварке электродами УОНИ 13/55.

Таблица 1

Состав твердых частиц сварочного аэрозоля при сварке электродами УОНИ 13/55

Состав ТССА при сварке электродами УОНИ 13/55, г/кг									
SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	F

3,8-11,5	01-0,93	0,1-2,2	10,5-35,2	2,5-8,8	1,5-1,7	0,1-15	1,9-33,6	1,0-33,3	11,4-23,5
----------	---------	---------	-----------	---------	---------	--------	----------	----------	-----------

Для исследования дисперсного состава сварочного аэрозоля были отобраны пробы из зоны сварки арматурных цехов. Обработка результатов проводилась микроскопическим методом. Размеры измеряемых аэрозольных частиц от 0,1 до 250 мкм. Также проводилось измерение отдельных концентраций ТССА размером от 0,1 до 2,5 мкм; от 2,5 до 10 мкм и т.д. Процент от общей отобранной пыли составляла фракция мелкодисперсной пыли более 95%. Графики распределения массы по диаметрам частиц представлены на рис. 1.

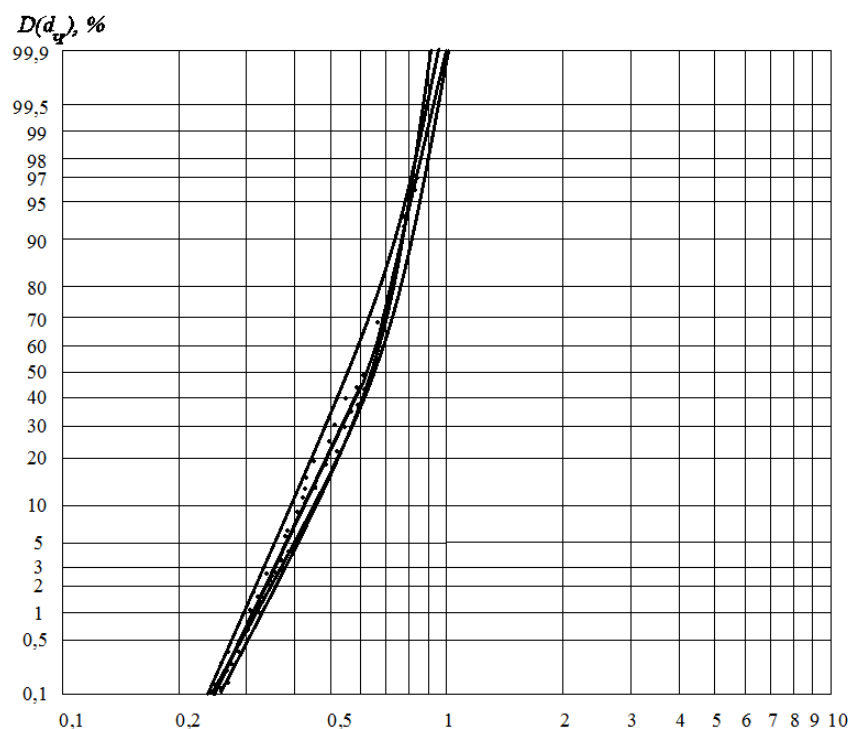


Рис. 1. Интегральные кривые распределения массы частиц сварочного аэрозоля по диаметрам в вероятностно-логарифмической сетке рабочей зоны

По результатам анализа на дисперсный состав в сварочном аэрозоле выявлено, что медианный диаметр частиц колеблется от 0,65 до 1 мкм. Общее содержание частиц до 1 мкм составляет 80%.

Исходя из проведенного анализа дисперсного состава аэрозоля и учитывая, что в состав выбросов входят фтористый водород, фториды, диоксид серы, которые улавливаются по различным механизмам, для получения максимальной эффективности рекомендуется использование смешанных ионообменных сорбентов в виде нетканых материалов [1, 6].

В качестве сорбционно-фильтрующих материалов в респираторах наиболее часто используют иглопробивные. Они вырабатываются путем перепутывания волокон холста с помощью игл специальной конструкции.

Для улавливания сварочного аэрозоля применяется иглопробивной материал, состоящий из двух слоев: 1 слой из анионообменных поликапроамидных модифицированных волокон; 2 слой – гидрофильное модифицированное хлопкоподобное вискозное волокно [2,4]. Соотношение слоев по массе соответственно составляет 1:(0,7-0,3). В качестве анионообменного волокна используется волокно на основе привитого сополимера поликапроамида и полидиметиламиноэтилметокрилата (КМ-А1) [2,4].

Таблица 2

Показатели структуры фильтрующих иглопробивных материалов

№ вариант а	Содержание анионообменного волокна, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Неровность по массе, %	Толщина, м	Объемная плотность, г/м ³	Общая пористость, %
1	210	300÷10	4,3	4,6	0,094	92,0
2	180	300÷10	4,2	4,6	0,100	91,7
3	150	300÷10	4,2	4,7	0,096	91,5
4	120	300÷10	4,2	4,7	0,096	91,5
5	90	300÷10	4,2	4,7	0,096	91,5

Одним из основных показателей защитных свойств респираторов является коэффициент защиты, характеризующий кратность снижения содержания вредных веществ во вдыхаемом воздухе при использовании данного респиратора и позволяющий установить область его применения с учетом производственных условий:

$$K_z = 100/K, \quad (1)$$

где K – коэффициент проникания вредного вещества через средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД).

Коэффициент проникания K определяют как процентное отношение содержания вредных веществ под маской респиратора (H) к его концентрации в окружающем воздухе (H_0):

$$K=H/H_0. \quad (2)$$

Таким образом, коэффициент проникания представляет собой функцию одного или нескольких путей возможного поступления вредного вещества в подмасочное пространство СИЗОД, характеризуемых следующими коэффициентами: $K_{пр}$ – коэффициент проникания через фильтр; $K_{кн}$ – коэффициент подсоса через конструктивные неплотности; $K_{ил}$ – коэффициент обратного подсоса через клапаны выдоха; $K_{об}$ – коэффициент подсоса по линии обтюрации [10].

В лабораторных условиях оценку коэффициента защиты СИЗОД проводят в аэрозольной камере при распылении эталонного аэрозоля NCl. Существующая ранее методика предусматривала определение коэффициента защиты СИЗОД при выполнении, как в движении, так и в покое следующих упражнений: проговаривание алфавита, наклоны головы вправо и влево, имитация улыбки, что соответствует работе средней тяжести [2].

Для получения уточненных значений K_3 проведены испытания универсальных пылегазозащитных респираторов «Снежок ГП-В», снабженных фильтрующими элементами из нетканого материала, в состав которого входит модифицированное ионообменное поликапроамидное волокно [2], при выполнении сварочных работ в заводских условиях. Методика испытаний соответствовала новым стандартам [3]. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты испытаний респираторов, снабженных сорбционно-фильтрующими элементами из ионообменных материалов группы КМ.

Смена	Покой	Повороты головы	Покой	Подъем груза	Покой	Приседания	Покой
	Длительность периода/Время пробоотбора от начала опыта, мин						
	10/5	20/25	10/35	20/55	10/65	20/85	10/95
1	0,01	0,02	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02
4	0,01	0,015	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02
9	0,012	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01
12	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
14	0,02	0,01	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02

Проанализированные результаты табл. 3 показали, что разработанный сорбционно-фильтрующий материал обеспечивает необходимую защиту органов дыхания сварщиков от твердых частиц сварочного аэрозоля при выполнении работы средней тяжести в течение, как минимум, 112 часов [3].

Выводы

1. Установлено, что средний диаметр твердых частиц в составе сварочного аэрозоля (ТССА) колеблется от 0,65 до 1 мкм
2. Разработанный материал для сорбционно-фильтрующих элементов респираторов обладает высокой эффективностью защиты по ТССА.
3. Респираторы снаряженные элементами из разработанного материала обладают хорошими гигиеническими показателями в течение 112 часов. Далее сорбционно-фильтрующий элемент следует менять.

Список литературы

1. Зверев М.С. Хемосорбционные волокна. – М.: Химия, 1981. – 191 с.
2. Маринина О.Н. Оценка защитных свойств сорбционно-фильтрующих материалов. [Текст] / Н.В. Мензелинцева, О.Н.Маринина // IV Российская научно-техническая конференция с международным участием «Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона. – Михайловка: ВолгГАСУ, 2011. – С. 173-175.
3. Маринина О.Н. Совершенствование средств индивидуальной защиты органов дыхания сварщиков арматурных цехов завода ЖБИ. Дисс.канд. техн. наук. – Волгоград, 2012.
4. Мензелинцева Н.В. Исследование защитных свойств респираторов типа «Снежок-ГП-В» при проведении сварочных работ / Н.В. Мензелинцева, О.Н.Маринина // Вестник Волгogr. гос. арх.-строит. ун-та; Сер.: Строительство и архитектура. – Волгоград: ВолгГАСУ, 2011. – Вып. 24(43). – С. 77-81.
5. Мензелинцева Н.В. Разработка теоретических и технологических основ пылегазоулавливания на базе ионообменных модифицированных поликапроамидных волокон. Дисс. докт.техн. наук. – Ростов-н/Д., 1999. – 554 с.
6. Лукин В.Д. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности / В.Д. Лукин, М.И. Курочкина. – Л.: Химия, 1980. – 232 с.
7. Пат. 3173208 Россия, МКП⁷ В 01 D 46/26. Фильтр. Громова Л.В., Караминский В.Д. Заявл. 11.11.1999. Оpubл. 10.09.2001.
8. Писаренко В.Л., Рогинский М.Л. Вентиляция сварочных мест в сварочном производстве. – М.: Машиностроение, 1981. – 120 с.
9. Серпионова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров. – М.: Высшая школа, 1969. – 414 с.
10. Терещенко Л.Я. Волокнистые материалы в инженерной защите окружающей среды/ Л.Я. Терещенко, В.П. Панов / Вест. С.-Петербургского гос. ун-та технол. и дизайна. – 1997. - №1. – С. 216-223.

Рецензенты:

Першин И.М., д.т.н., профессор, заместитель директора филиала Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске по научной работе, заведующий кафедрой управления в технических и биомедицинских системах, г. Пятигорск.

Малков А.В., д.т.н., профессор, директор ООО «Нарзан-гидгоресурсы», г. Кисловодск.