

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/vol9-2.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/42TVN217.pdf>

Статья опубликована 19.04.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Головина Е.И., Иванова И.А., Ивков С.А. Оценка рентгенофазового анализа пыли от дробеструйных установок литейного производства // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №2 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/42TVN217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 504:351.77

Головина Елена Ивановна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, Воронеж¹
Заместитель директора по учебной работе института инженерных систем в строительстве
Старший преподаватель кафедры «Пожарной и промышленной безопасности»
E-mail: u00111@gasu.vrn.ru

Иванова Ирина Александровна

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Россия, Воронеж
Доцент кафедры «Пожарной и промышленной безопасности»
Кандидат технических наук
E-mail: ivanova-eco@mail.ru

Ивков Сергей Александрович

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Россия, Воронеж
Аспирант
E-mail: archer90@inbox.ru

Оценка рентгенофазового анализа пыли от дробеструйных установок литейного производства

Аннотация. Промышленная безопасность литейного производства в значительной степени определяется несовершенством технологических режимов и чистотой рабочей зоны различных участков литейных цехов.

Состояние рабочей зоны в цехах литейного производства в значительной степени определяется количеством источников выделения вредных веществ производственного оборудования и состоянием средств очистки воздуха. Загрязнители попадают в организм человека главным образом через систему дыхания. Для органов дыхания при этом существует непосредственная угроза, так как, по оценкам, около 80% частиц в диапазоне от 0,01 до 10 мкм, проникающих в легкие, осаждаются в них. В работе на основании данных представлены данные рентгенофазового анализа по элементному ее составу пыли, экспериментальные данные визуализированы.

Авторами в процессе исследования методом рентгенофазового анализа при использовании дифрактометра рентгеновский «ДРОН 04», дифрактометра рентгеновский «Радан ДР-02», волнового рентгенофлуоресцентного спектрометра «Bruker S8 Tiger» представлены следующие результаты: сведения по дисперсности и элементному составу. Рентгенофазовый анализ показал более точное процентное соотношение элементов в образце.

¹ 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

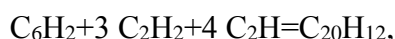
В статье результаты анализа показывают, что в литейных цехах имеет место наличие дисперсной пыли менее 10 мкм, при этом на дробеструйном участке в пыли присутствует 78% железа (Fe).

Ключевые слова: риски; рабочая зона; источники загрязнения; литейных цех; пыль; концентрации; предельно допустимые концентрации; рентгенофазовый анализ

Введение

Загрязнения воздуха рабочей зоны предприятия зависит от качества и постоянства технического обслуживания и состояния пылеулавливающего оборудования. В производство литейных цехов входят плавильные агрегаты, участки складирования и транспортировки сыпучих материалов, дробления, приготовления формовочных и стержневых смесей, розлива металла, сушки, выбивки форм и стержней, пескоструйной и дробеструйной очистки отливок [6, 9].

В технологических процессах литейного производства выделяются окислы серы (SO₂, SO₃), Окислы азота (NO₂, NO) Окислы углерода CO и CO₂, Фенол (C₆H₅OH), Формальдегид (HCHO), Бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂). Бенз(а)пирен является наиболее типичным химическим канцерогеном окружающей среды, он опасен для человека даже при малой концентрации. Н.В. Лавров предлагает следующий механизм образования бенз(а)пирена:



где: C₆H₂ - полирадикал-зародыш сажи, C₂H₂ и C₂H - элементарные строительные блоки. Данные ингредиенты влияют на здоровья персонала, в присутствии влаги образует слабokonцентрированные кислоты, вызывая коррозию строительных конструкций.

В литейном производстве кроме пыли выделяется значительное количество оксидов углерода, а также сернистый ангидрид, углеводороды, оксид азота. При плавке алюминия в индукционных печах выделяется также хлор и фтористый водород. Технология литейного производства характеризуется газовойделением при воздействии теплоты жидкого металла на формовочные смеси [12]. В зависимости от вида компонентов формовочных смесей из них может выделяться бензол, формальдегид, фенол, фуран, цианид, аммиак, а также другие токсические вещества. Степень риска технологического процесса также зависит от чистоты атмосферного воздуха на различных участках цеха, так как технологический процесс на всех фазах процесса литья сопровождается выделением значительного количества вредных газов и пыли [8].

Технология очистки литья: выгрузка, загрузка и перемещение материалов, процессы сушки и дробления материалов, извлечение отливок из песчано-глинистых форм и освобождение их от отработанных формовочных смесей, приводят к тому, что пыль загрязняет рабочую зону литейных цехов [5].

Предельно допустимая концентрация пыли в рабочей зоне (ПДКр.з.) зависит от содержания SiO₂ в частности, при SiO₂ ≤ 10% ПДКр.з. = 10 мг/м³, а фактическое содержание SiO₂ находится в диапазоне от SiO₂ = 35-50% по [3], 28,2 - 46,51% по [4] и почти по всем участкам литейного производства сопровождается наличием кварца, ПДКр.з. принимается равным 2 мг/м³ [9]. Это и определяет более жесткий подход к оценке санитарного состояния рабочей зоны литейного цеха и эффективности инженерно-технических мероприятий по снижению выбросов вредных веществ.

Опасность пыли для здоровья человека на производстве определяется ее гранулометрическим составом, т.е. количественным соотношением в ней фракций пыли

различных размеров. Более крупные частицы пыли задерживаются на верхних дыхательных путях, а частицы с размерами менее 10 мкм проникают в альвеолы легких. Класс опасности - 3, ПДК = 0,5 мг/м³.

Начальная запыленность на участках литейного производства характеризуется изменением в широких пределах, как образовавшейся пыли, так и ее дисперсного состава. Все это зависит от режима работы и типа оборудования, типа приготавливаемой смеси и исходного материала.

В процессе литья образуются опасные и токсичные выделения. Выброс загрязняющих веществ, химический состав пыли и отходящих газов при этом различен и зависит от состава металлозавалки и степени ее загрязнения [11], состояния футеровки печи, технологии плавки, выбора энергоносителей. Особо вредные выбросы выделяются при плавке сплавов цветных металлов: пары цинка, бериллия, свинца, кадмия, хлор и хлориды, водорастворимые фториды.

При действии общеобменной и локальной вентиляции, а также наличия источников тепловыделения конвекция потоков воздуха рабочей зоны цеха и условия распространения имеют сложный характер [10].

Взвешенные частицы сами по себе или в комбинации с другими загрязнителями представляют серьезную угрозу для здоровья человека. Эти вещества попадают в организм человека непосредственно через систему дыхания. В результате содержащиеся в воздухе вредные вещества представляют опасность для органов дыхания, по оценкам, около 80% частиц в диапазоне от 0,01 до 10 мкм, проникающих в легкие, осаждаются в них.

Методы

На первом этапе анализа дисперсности пыли использовался метод седиментации, оценка дисперсности и фракционного состава. Метод седиментации заключается в определении скорости осаждения частиц суспензии под действием силы тяжести [1, 2, 7]. Происходит расслоение дисперсной системы и образование высококонцентрированного слоя - осадка под действие силы тяжести.

Рассмотрим, какие силы действуют на частицу с радиусом r и плотностью d_1 , свободно оседающую в дисперсионной среде плотностью d_2 и вязкостью η .

На частицу действует сила тяжести (собственный вес частицы):

$$F = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 \cdot (d_1 - d_2) \cdot g \quad (1)$$

где g - ускорение силы тяжести.

Эта сила постоянна, и под ее действием частица движется в дисперсионной среде равномерно ускоренно. Одновременно с силой тяжести на частицу действует сила сопротивления f вязкой среды, равная

$$f = 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v, \quad (2)$$

где v - скорость движения частиц.

Из формулы скорости установившейся седиментации

$$v = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 (d_1 - d_2) g}{\eta} \quad (3)$$

можно найти радиус частиц, оседающих с этой скоростью:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta}{2(d_1 - d_2)g}} v \quad (4)$$

Таким образом, зная скорость седиментации частиц, можно вычислить их размеры [9].

Скорость движения легко определить экспериментально, как отношение некоторого пути h , пройденного частицей, ко времени, за которое этот путь пройден. Определяя скорость седиментации, можно с большей точностью вычислить размеры частиц, получить полную картину распределения частиц по размерам. Для измерения скорости седиментации в дисперсных системах, пользуются приборами, называемыми седиментометрами. Наиболее точен и прост седиментометр Фигуровского.

Седиментационный метод не дает ответа на вопрос, сколько в данной дисперсной системе находится частиц данного определенного размера; а лишь показывает процентное содержание частиц, имеющих размеры, находящиеся в интервале между одним радиусом и другим.

С целью более точной оценки параметров пыли: дисперсности и элементного состава использовался метод рентгенофазового анализа, при котором применялось следующее оборудование:

1. Дифрактометр рентгеновский «ДРОН 04».
2. Дифрактометр рентгеновский «Радан ДР-02».
3. Волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр «Bruker S8 Tiger».

Изучение структуры пыли, образующейся на участках дробеструйном и удаления форм в процессе рентгеноспектрального микроанализа показало, что она, как правило, имеет преимущественно форму, позволяющую условно считать ее сферической [9]. При падении частицы пыли всегда стремятся занять положение, соответствующее наибольшему сопротивлению в воздухе, эта форма способствует их оседанию в атмосфере и в инерционных пылеуловителях. Однако, наличие частиц размером менее 10 мкм говорит о их значительном времени оседания и необходимости высокоэффективных систем доочистки воздуха. В результате получено 86,2% пробы меньше 100 мкм, 13,8% составляют тяжелые частицы размером более 100 мкм. Частицы такого размера являются опасными для здоровья человека, так как вызывают пневмокониозы, а при наличии пленки SiO_2 силикозы.

Спектрометры являются приставками к сканирующему электронному микроскопу. Количественный анализ основан на сравнении интенсивности рентгеновского излучения от исследуемого образца и эталонов стандартных образцов известного состава.

Параметры микроклимата окружающей среды при проведении эксперимента проводились при температуре от -288°K до 303°K , относительная влажность не выше 70%. Полученные расчёты концентраций и погрешностей выводились на дисплей и печатающее устройство. Контроль осуществляется посредством оценки концентраций элементов в имеющихся эталонах.

Результаты

Первоначально был выполнен анализ для определения фазового состава вещества с помощью дифрактометра ДРОН 04 при $\text{CoK}\alpha$ -излучении ($1,789\text{\AA}$) в диапазоне углов 2Θ ($10-110$) $^\circ$ при $U=29$ кВ, $I=26$ мА. На рис. 1 представлен рентгенофазовый анализ пыли, уловленной от участка дробеструйной обработки литья.

Файл - 2017-01-24 10-110 с завода пыль 1-8-1.txt; Съёмка - 24.01.2017 17:25:00; Co (AlfaS);

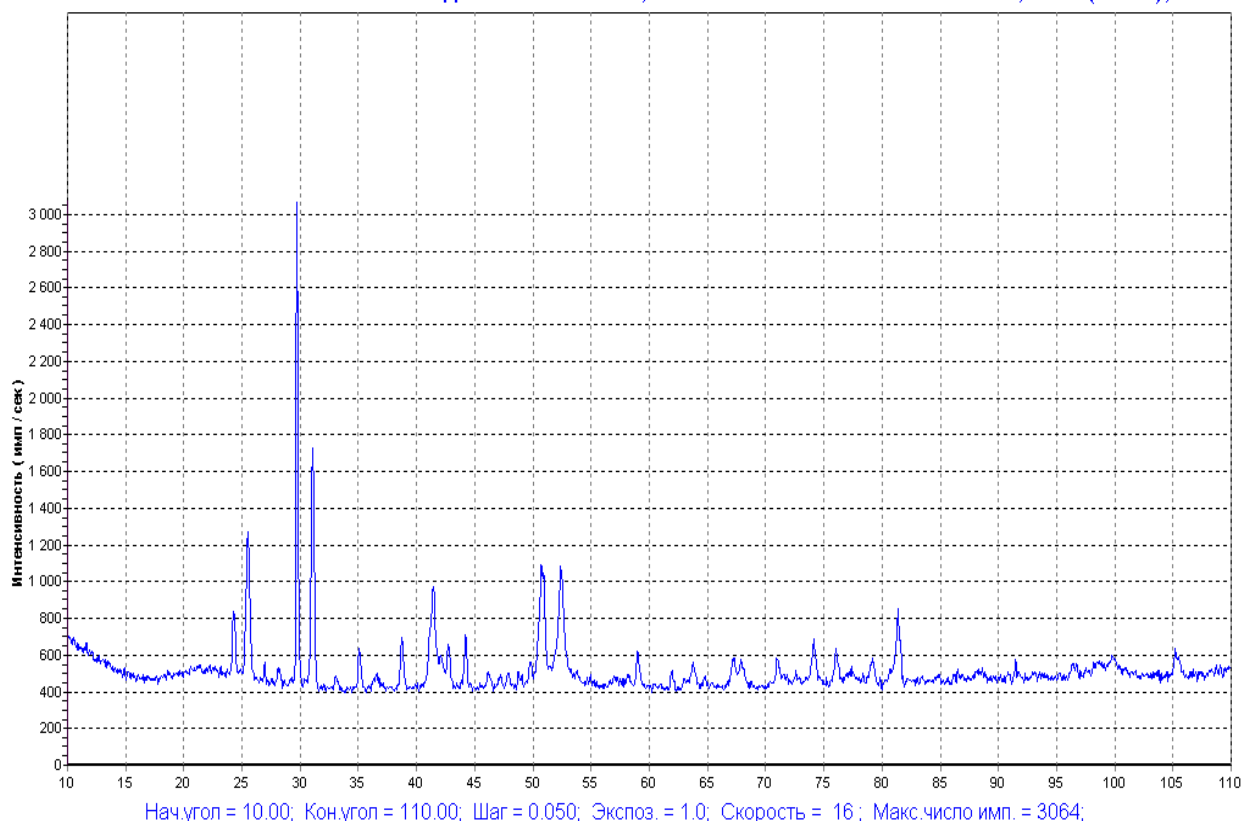


Рисунок 1. Рентгенофазовый анализ образца с помощью дифрактометра ДРОН 04 (разработано группой авторов Е.И. Головиной, И.А. Ивановой, С.А. Ивковым)

Проявление большого количества рефлексов указывает на наличие нескольких фаз в образце. Для определения фаз использовалась база данных дифракционных измерений “PDF-2012”. Из-за большого количества возможных элементов и фаз был использован рентгеноспектральный анализ для уменьшения возможных вариантов фаз образца. Съёмка осуществлялась два раза на дифрактометре Радан ДР-02 с функцией рентгенофлуоресцентного анализа.

Рентгеноспектральный анализ указал на наличие фазы железа (Fe), титана (Ti) и хрома (Cr). Фаза железа (Fe) преобладает (78%) рис. 2. В связи с отсутствием возможности определения более «легких» элементов на дифрактометре «Радан ДР-02», рентгеноспектральный анализ повторно был проведен на волновом рентгенофлуоресцентном спектрометре «Bruker S8 Tiger» в ЦКП НО ВГУ.

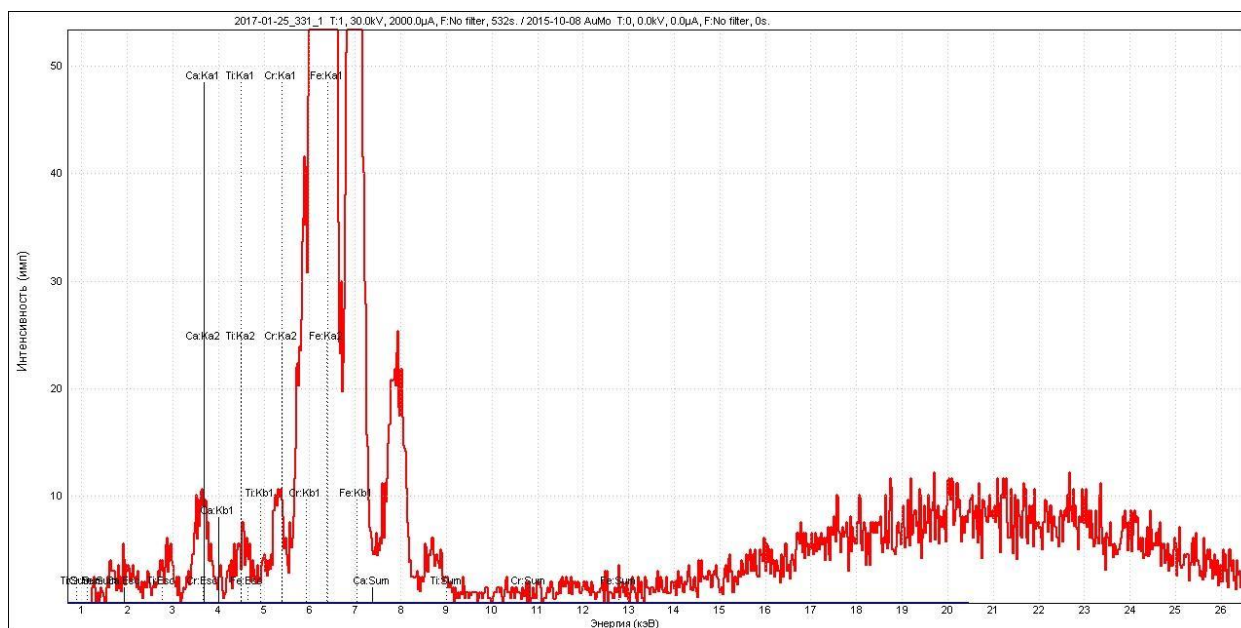


Рисунок 2. Рентгеноспектральный анализ образца на дифрактометре «Радиян ДР-02» (разработано группой авторов Е.И. Головиной, И.А. Ивановой, С.А. Ивковым)

Рентгеноспектральный анализ показал более точное процентное соотношение элементов в образце. Наличие Al, Si, Cr, Fe уменьшает поиски в базе данных “PDF-2012” по фазовому анализу. Выявить фазы оксидов возможно только с помощью методом рентгенофазового анализа. Остальные элементы имеют малое процентное значение.

Обсуждения

Результаты анализа показывают, что в литейных цехах имеет место наличие дисперсной пыли менее 10 мкм, при этом на дробеструйном участке в пыли присутствует 78% железа (Fe). Также анализ концентрации пыли в рабочей зоне оператора выявил значительные превышения ПДК рабочей зоны.

Проведена оценка дисперсного состава пыли, который показала большое количество мелкодисперсной пыли (менее 10 мкм) 86,2%.

Установлено, что содержание железа (Fe) составляет 78% в элементном составе всей пыли, что связано с обработкой отливок железной дробью. Уточнение фазового состава на втором этапе исследований проводилось с помощью дифрактометра Радиян ДР-02 и базы данных дифракционных измерений “PDF-2012”.

Кроме пыли в выбросах литейных цехов присутствуют вредные газы: окислы серы (SO₂, SO₃), Окислы азота (NO₂, NO) Окислы углерода CO и CO₂, Фенол (C₆H₅OH), Формальдегид (HCHO), Бенз(а)пирен (C₂₀H₁₂).

Нестабильность результатов оценки параметров пыли методом Фигуровского потребовала использования более точных методов с помощью дифрактометра.

Благодарности

Коллектив авторов благодарит за консультации в процессе обсуждения результатов эксперимента и подготовку основных выводов доктора физико-математических наук, профессора Э.П. Домашевскую, доктора технических наук, профессора В.Я. Манохина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров, В.Н. О фракционном составе пыли в рабочей зоне и инженерно-экологических системах // Технология, строительство и эксплуатация инженерных систем: материалы междунар. науч.-техн. конф. - СПб, 2002. - С. 10 - 13.
2. Андреев, С.Е. Методы определения фракционных составов / С.Е. Андреев // Горный журнал. - 1951. - №11. - С. 32 - 36.
3. Белов, С.В. Охрана окружающей среды / С.В. Белов. - 2-е изд. - М.: Высш. шк., 1991. - 319 с.
4. Бромлей М.Ф., Красилов Г.И. Отопление. Вентиляция чугунолитейных цехов. - М.: Профиздат, 1954. - 288 с.
5. Головина Е.И. Опасные и вредные факторы литейного производства и их влияние на состояние атмосферы в рабочей зоне / Вестник технологического университета / - 2016. - Т.19, №23 - С. 126-131.
6. Головина Е.И., Манохин В.Я., Иванова И.А. Оценка опасных факторов литейного производства / Комплексные проблемы техносферной безопасности - материалы Международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 170-173.
7. Градус, Л.Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии / Л.Я. Градус. - М.: Химия, 1979. - 232 с.
8. Иванова И.А. Оценка дисперсного состава пыли участка черного литья / И.А. Иванова, В.Я. Манохин // Вестник ДГТУ. - 2010. - Т.10, №2 (45). - С. 200-204.
9. Иванова И.А. Снижение запыленности в рабочей зоне литейных цехов // Диссертация кандидата технических наук: 05.26.01. - Ростов-на-Дону, 2010. - 114 с.
10. Иванова И.А. Безопасность технологических процессов литейного производства // Высокие технологии в экологии: материалы 13-ой межрегиональной научно-практической конференции / И.А. Иванова, В.Я. Манохин. - Воронеж, 2010. - С. 23-28.
11. Писаренко А.П., Поспелова К.А., Яковлев А.Г. Курс коллоидной химии / М.: Высшая школа, 1969 - 248 с.
12. Трухов Ю.А. Технология литейного производства: литье в песчаные формы / А.П. Трухов, Ю.А. Сорокин, М.Ю. Ершов; под ред. А.П. Трухова. - М.: Академия, 2005. - 524 с.

Golovina Elena Ivanovna

Voronezh state technical university, Russia, Voronezh
E-mail: u00111@vgasu.vrn.ru

Ivanova Irina Aleksandrovna

Voronezh state technical university, Russia, Voronezh
E-mail: ivanova-eco@mail.ru

Ivkov Sergey Alexandrovich

Voronezh state university, Russia, Voronezh
E-mail: archer90@inbox.ru

Evaluation of x-ray diffraction analysis of dust from blast machines foundry

Abstract. Industrial safety foundry is largely determined by the imperfection of the technological regimes and the cleanliness of the working area of various sections of foundries.

The condition of the working area in the shops of the foundry is largely determined by the number of sources of emissions of harmful substances production equipment and as a means of clearing the air. Pollutants enter the human body mainly through the respiratory system. For the respiratory system while there is no immediate threat, since, according to estimates, about 80% of the particles in the range from 0.01 to 10 microns, penetrating into the lungs, are deposited therein. On the basis of the data presents the data of x-ray analysis for elemental composition of dust, experimental data are visualized.

The authors in the research process by the method of x-ray diffraction analysis by using x-ray diffractometer "DRON 04", x-ray diffractometer "Radian DR-02", wave x-ray fluorescence spectrometer "Bruker S8 Tiger" presents the following results: information on dispersnosti and elemental composition.

X-ray analysis showed more precise the percentage of elements in the sample. In the article the results of the analysis show that in foundries is the presence of dispersed dust less than 10 microns, with a blasting station in dust there is 78% of iron (Fe).

Keywords: risks; work area; sources of pollution; foundry; dust concentration; maximum permissible concentration; x-ray diffraction