

УДК 504.05

Влияние технологического процесса контактной сварки на состав атмосферного воздуха

Ермолаева В.А.

Рассмотрен процесс контактной сварки как источник производственной и экологической опасности, проведен анализ степени влияния технологического процесса на окружающую среду. Выявлены производственные вредные и опасные факторы. Проанализирован состав сварочного аэрозоля. Проведен расчет валового и максимально разового выброса загрязняющих веществ и сравнение фактических значений выбросов вредных веществ и ПДВ. Рассчитано расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязняющих веществ достигает своего максимального значения. Проведен расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере, определено превышение максимальноразовых ПДК марганца, угарного газа, и диоксида азота. Проанализированы основные типы пылеулавливающих устройств и области их применения, обоснован выбор предлагаемого метода очистки загрязненного воздуха. Предложено разработать систему местной вентиляции и очищать отходящую газо-пылевоздушную смесь с помощью электрофильтра.

Ключевые слова: контактная сварка, рассеивание загрязняющих веществ.

The effect of contact pressure welding process on the atmospheric air composition

Ermolaeva V.A.

The paper considers the process of contact pressure welding as a source of industrial and environmental hazards. It analyzes the technological process impact on the environment. Production hazardous and harmful factors are identified. Welding fume composition is analyzed. The paper presents the calculation of total and maximum single pollutant emissions as well as the comparison of the actual emission values and MPE. The distance from the emission source, where ground-level pollutant concentration reaches its maximum value, is calculated. Pollutant dispersion in the atmosphere is calculated. MPC maximum-one-time excess of manganese, carbon monoxide and nitrogen dioxide is determined. The main types of dust collection devices and their application are analyzed. The choice of the possible methods for cleaning polluted air is reasoned. It is advisable to develop a local ventilation system and to clean dusty gas mixture through the electrostatic filter.

Keywords: contact welding, diffusion of pollutants.

Введение

По мере ускорения темпов технического прогресса воздействие хозяйственной деятельности человека на природу становится все более разрушительным. Человечество поставлено перед фактом возникновения в природе необратимых процессов, новых путей перемещения и превращения энергии и вещества. В природу попадает все больше и больше чуждых ей веществ, порой сильно токсичных для живых организмов. Часть из них не включается в естественный круговорот и накапливается в биосфере, вызывая опасность

для всего живого, населяющего планету Земля. Человек также испытывает на себе неблагоприятное воздействие физических и химических факторов. В связи с этим, наиболее остро встает вопрос об обеспечении производственной и экологической безопасности промышленных производств и отдельных технологических процессов [1,2].

Технологический процесс контактной сварки труб является серьезным загрязнителем окружающей природной среды, в основном атмосферного воздуха [3,4]. Также он является опасным с точки зрения промыш-

ленной безопасности. Разработка системы обеспечения промышленной и экологической безопасности на участке контактной сварки труб является актуальной.

Цель работы – произвести оценку влияния технологического процесса контактной сварки на состав атмосферного воздуха.

Описание технологического процесса

Технологический процесс контактной сварки труб газопровода происходит на сварочном посту. Контактная сварка – это процесс образования соединения в результате нагрева металла проходящим через него электрическим током и пластической деформации зоны соединения под действием сжимающего усилия. Детали соединяют на отдельных участках их соприкосновения – точках. Детали собирают внахлестку, сжимают между электродами из медных сплавов, подключёнными к вторичной обмотке сварочного трансформатора и пропускают через место сварки короткий импульс тока. В контакте между деталями металл расплавляется, образуется ядро сварной точки. Под действием сжимающего усилия происходит пластическая деформация металла, по периметру ядра образуется уплотняющий пояс, предохраняющий ядро от окисления и от выплеска. Для охлаждения токоведущих деталей, электродов используется система водяного охлаждения. По способу организации процесса во времени – это периодический процесс, происходящий в одном аппарате, последовательно. По изменению параметров во времени – стационарный режим.

Технологический процесс сварки происходит на сварочном аппарате МТ-1609, предназначенном для контактной точечной сварки конструкций из нержавеющей, жаропрочных, малоуглеродистых сталей, титана, алюминия. Машина состоит из механической и электрической частей, пневмосистемы и системы водяного охлаждения. При технологическом

процессе контактной сварки в качестве сырья используется сталь 3, сталь 10 КП – низкоуглеродистая ($< 0,3\% \text{ C}$). Это сталь обыкновенного качества, содержащая до $0,055\% \text{ S}$ и $0,045\% \text{ P}$. Сталь – сложный по составу железоуглеродистый сплав. Кроме железа и углерода – основных компонентов, сталь содержит некоторое количество постоянных и случайных примесей, влияющих на её свойства. Постоянные примеси в стали: марганец, кремний, сера, фосфор, а также газы: кислород, азот, водород. В качестве вспомогательного материала используются медные электродные наконечники марки – М1 ($99,9\% \text{ Cu}$), М3 ($99,5\% \text{ Cu}$). Медь характеризуется высокими теплопроводностью и электропроводимостью, пластичностью и коррозионной стойкостью. Таким образом, можно сделать вывод, что технологический процесс контактной сварки является источником образования сварочного аэрозоля, производственных отходов, огарков электродов, а также значительных потерь электроэнергии, что делает его опасным для здоровья работающих и потенциальным загрязнителем окружающей природной среды.

При выполнении сварочных работ на участке контактной сварки образуется сварочный аэрозоль, в составе которого в зависимости от вида сварки, свариваемых деталей, марок электродов находятся вредные для здоровья работающих и окружающей природной среды вещества. Сварочный аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью: более 90% частиц (по массе) имеют размер 2 мкм . Скорость витания частиц меньше $0,1 \text{ м/с}$. По мере удаления от источника выделения (как по горизонтали, так и по вертикали) концентрация вредных веществ в воздухе резко уменьшается и на расстоянии $2-5 \text{ м}$ приближается к общему фону загрязнения воздуха в помещении. В состав сварочного аэрозоля входят такие вещества, как марганец, оксид железа, оксид углерода, диоксид

азота. Эти вредные вещества попадают в окружающую природную среду через систему вентиляции, при этом загрязняя атмосферный воздух.

Были выявлены производственные вредные и опасные факторы: запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны, наличие шума и вибрации, возможность возникновения пожара, повышенная температура поверхностей оборудования и материалов (электроды, сварной шов), опасность поражения электрическим током, выбросы расплавленного металла, искр, наличие острых кромок, заусенцев, шероховатости на поверхностях заготовок и готовых изделий, наличие ультрафиолетового и инфракрасного излучения. Возможные опасности технологического процесса могут привести к аварии сварочного оборудования и травме сварщика. При подготовке входящих деталей под контактную сварку, при подготовке оборудования к работе и установлении режимов сварки, при зачистке мест сварки может произойти механическая травма человека (порезы рук о кромки металла, ожоги), поражение электрическим током. При выполнении сварочных работ сварщик подвергается негативному воздействию ультрафиолетовых и инфракрасных излучений, шума и вибрации, вредных для здоровья веществ сварочного аэрозоля.

Расчет валового и максимально разового выброса загрязняющих веществ

Расчет валового выброса загрязняющих веществ, при всех видах электросварочных работ рассчитывается от 7 сварочных аппаратов по формуле [5]:

$$M_i = g_i \cdot B \cdot 10^{-6}, \text{ т/год};$$

где g_i – удельный показатель выделяемого загрязняющего вещества, г/кг расходуемых сварочных материалов (g_i марганца и его соединений 2,2 г/кг, g_i оксида железа 9,9 г/кг, g_i оксида углерода 20 г/кг, g_i двуокиси азота 22 г/кг), B – масса расходуемого за год сварочного материала (3868 кг).

Расчет максимально разового выброса загрязняющих веществ, при всех видах электросварочных работ рассчитывается от 7 сварочных аппаратов по формуле:

$$G_i = \frac{g_i \cdot b}{t \cdot 3600}, \text{ г/сек}$$

где g_i – удельный показатель выделяемого загрязняющего вещества, г/кг расходуемых сварочных материалов; b – максимальное количество сварочных материалов, расходуемых в течение рабочего дня (0,5 кг), t – время, затрачиваемое на сварку в течение рабочего дня (4 ч). Результаты расчетов и сравнение фактических значений выбросов вредных веществ и ПДВ представлены в таблице 1.

Таким образом, атмосферный воздух на участке загрязняется марганцем в количестве 0,0006 т/год, оксидом железа в количестве 0,003 т/год, оксидом углерода в количестве 0,005 т/год, двуокисью азота в количестве 0,006 т/год. Выброс в атмосферу таких загрязнителей как марганец, оксид железа, оксид углерода и диоксид азота меняет соотношение газов в атмосферном воздухе и создаёт помехи реакциям фотосинтеза. Повышенное содержание марганца в атмосферном воздухе снижает урожайность сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Сравнительная таблица фактических значений выбросов вредных веществ и ПДВ

Вещества	Валовой выброс, т/год	ПДВ, т/год	Максимально разовый выброс, г/сек	ПДВ, г/сек
Марганец	0,0006	0,0001	0,0005	0,00003
Оксид железа	0,003	0,001	0,002	0,0003
Оксид углерода	0,005	0,0007	0,005	0,0003
Диоксид азота	0,006	0,001	0,0053	0,0003

Очистка вентиляционных выбросов сварочного аэрозоля при технологическом процессе контактной сварки труб необходима, так как фактические выбросы веществ превышают ПДВ и загрязнённый сварочным аэрозодем воздух, попадая в вентиляционные пути, направляется без очистки в окружающую природную среду, тем самым, загрязняя её. Поэтому необходимо выбрать оптимальное, эффективное устройство очистки загрязняемого воздуха.

Расчет рассеивания выбросов вредных веществ в атмосфере

Распространение в атмосфере промышленных выбросов подчиняется законам турбулентной диффузии. На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают состояние атмосферы, расположение предприятия и источника выброса, характер местности, химические свойства выбрасываемых веществ, высота источника, диаметр трубы. Максимальная концентрация C_m (мг/м³) вредных веществ у земной поверхности на расстоянии X_m (м) от источника выброса определяется по формуле [6]:

$$C_m = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V \times \Delta T}}, \text{ мг/м}^3;$$

где A – коэффициент стратификации атмосферы, зависящий от температурного градиента и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания выбросов, для Владимирской области $A=140$, M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с, F – коэффициент, зависящий от скорости оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; для мелкодисперсных аэрозолей при отсутствии очистки $F=3$; m , n – коэффициенты, учитывающие условия выхода сварочного аэрозоля из устья источника выброса, $m=2,09$, $n=2,154$, η – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, $\eta = 1$, т.к. источник выброса находится на ровной местности, с перепадом вы-

сот не более 50 м на 1 км, H – высота источника выброса над уровнем земли $H=2$ м, V – расход выбрасываемого аэрозоля, 0,029 м³/ч; ΔT – разность между температурой выбрасываемого аэрозоля и средней температурой окружающей среды в самый жаркий месяц года, °С. Зная все необходимые значения, подставляем их в формулу. Например, для марганца расчет производится следующим образом:

$$C_m = \frac{140 \times 0,0005 \times 3 \times 2,09 \times 2,154 \times 1}{2^2 \times \sqrt[3]{0,029 \times 37}} = 0,2493 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация достигает своего максимального значения, определяется по формуле:

$$X_m = \frac{5 - F}{4} dH, \text{ м}$$

где d – безразмерный коэффициент, определяемый в соответствии с v_m ($0,5 \leq v_m < 2$), $d=5,847$.

Таким образом, согласно расчетам, приземная концентрация вредных веществ, выбрасываемых при технологическом процессе контактной сварки, достигает своего максимального значения, а именно максимальная концентрация марганца – 0,2493 мг/м³, оксида железа – 1,1081 мг/м³, оксида углерода – 2,2163 мг/м³, диоксида азота – 2,4656 мг/м³ на расстоянии 11,7 м от источника выброса. Значения приземных концентраций загрязняющих веществ больше максимально разовых предельно допустимых концентраций, поэтому необходимо выбрать оптимальное, эффективное устройство очистки отходящего воздуха, чтобы избежать загрязнения окружающей среды.

Выбор системы защиты окружающей природной среды

Реализация технологического процесса контактной сварки сопровождается выделением достаточно опасных веществ, которые способны оказывать негативное влияние как

на окружающую природную среду, так и на здоровье человека. Сварочный аэрозоль разрушающе воздействует на работу головного мозга человека, в ряде случаев вызывает онкологические заболевания. Организованная приточно-вытяжная система вентиляции не обеспечивает необходимую степень очистки отработанного воздуха и защиту работника и окружающей среды.

Чтобы правильно выбрать тип очищающего устройства, необходимо учесть множество различных факторов: диапазон объемных скоростей газовых потоков, физические и химические свойства частиц, диапазон ожидаемых концентраций частиц (пылевая нагрузка), влажность, природу газовой фазы (коррозийные свойства, растворяющая способность и т.д.), температуру и давление в потоке, требуемые качества отходящего потока. Необходимая эффективность улавливания достигается либо единичным устройством, либо серией устройств, работающих последовательно. Проанализированы основные типы пылеулавливающих устройств и условия, при которых они наиболее эффективны.

Учитывая физико-химические свойства сварочного аэрозоля, предлагается разработать систему местной вентиляции, которая обеспечивала бы необходимую чистоту воздуха рабочей зоны, и очищать отходящую газо-пылевоздушную смесь с помощью электрофильтра.

Заключение

Таким образом, в работе были рассмотрены основные стадии технологического процесса контактной сварки труб. Проведенный расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере показывает превышение максимальных разовых ПДК марганца, угарного газа и диоксида азота. На основании анализа основных типов очищающих устройств обоснован выбор предлагаемого метода очистки загрязненного воздуха.

Таблица 2

Основные типы пылеулавливающих устройств

Типы пылеулавливающих устройств	Условия применения
Циклоны	пыль крупнодисперсная, концентрация более 2 г/м ³ , не требуется высокой эффективности улавливания
Скрубберы мокрого типа.	высокая эффективность улавливания мелких твердых частиц, желательное охлаждение газа, пожароопасные газы
Тканевые фильтры	очень высокая эффективность улавливания, пыль представляет собой ценный продукт, который необходимо собрать в сухом виде, температура газа всегда выше его точки росы, объемы относительно невелики, температуры относительно низки
Электрофильтры	очень высокая эффективность улавливания мелких частиц, очень большие объемы газа, необходимо утилизировать ценные продукты

Предложена разработка малогабаритной гибкой системы местной вытяжной вентиляции в сочетании с электрофильтром. Внедрение данной системы позволит существенно снизить загрязнение атмосферы, образующейся при сварке газо-пылевоздушной смесью, которая содержит значительные концентрации марганца, угарного газа, и диоксида азота.

Литература

1. Ермолаева В.А., Козикова И.В. Расчет теоретически необходимой толщины слоя и объема катализатора для очистки газовых вы-

бросов сложного состава // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2011, № 1. – С. 4-7.

2. *Ермолаева В.А.* Теоретические основы процесса измельчения при производстве лекарственных средств // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2011, № 2. – С. 14-16.

3. *Бибнева С. И., Ермолаева В.А.* Проблемы производственной безопасности технологического процесса получения кислорода из воздуха // *Успехи современного естествознания*, 2011, № 7. – С. 78.

4. *Козикова И.В., Ермолаева В.А.* Использование каталитического метода обезвреживания органических примесей в газовых выбросах сложного состава // *Успехи современного естествознания*, 2011, № 7. – С. 123.

5. Бесплатная библиотека документов [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.norm-load.ru

6. Строительный портал СтройПлан.ру [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.stroyplan.ru

References

1. *Ermolaeva V.A., Kozikova I.V.* Calculation of theoretically necessary thickness of a layer and volume of the catalyst for clearing of gas emissions of difficult structure // *Engineering industry and life safety*, 2011, № 1. – P.4-7.

2. *Ermolaeva V.A.* Theoretical bases of process of crushing by manufacture of medical products // *Engineering industry and life safety*, 2011, № 2. – P.14-16.

3. *Bebneva S.I., Ermolaeva V.A.* The problems of industrial process safety production of oxygen from the air // *Advances in current natural sciences*, 2011, № 7. – P.78.

4. *Kozikova I.V., Ermolaeva V.A.* The use of a catalytic method of neutralization of organic impurities in gas emissions of complex composition // *Advances in current natural sciences*, 2011, № 7. – P. 123.

5. Free document library // www.norm-load.ru

6. Building portal StroyPlan.ru // www.stroyplan.ru

Статья поступила в редакцию 19 сентября 2013 г.

Ермолаева Вера Анатольевна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: ermolaevava2013@mail.ru

Ermolaeva Vera Anatoljevna – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: ermolaevava2013@mail.ru