

УДК 613.6:613.63/621.691:001.5

# КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ СВАРЩИКОВ

Кучерук Т.К., Коршун М.Н., Сальникова Н.А.

Институт медицины труда АМН Украины, г. Киев

Санитарный контроль и гигиеническая оценка состояния воздуха на рабочем месте электросварщика затруднены сложным и переменчивым составом формирующейся газопароаэрозольной фазы сварочного аэрозоля, зависящей от состава свариваемых изделий (сталь разных марок), используемых сварочных материалов и специально создаваемых условий (сварка под флюсом, в атмосфере аргона и т.д.)

В статье аргументируется тезис о невозможности, в силу сказанного выше, обосновать универсальный гравиметрически измеряемый гигиенический норматив «сварочной пыли», соблюдение которого гарантирует безопасность условий труда при воздействии на работающих «сварочного аэрозоля» (парогазоаэрозольного облака). Авторы считают единственно сегодня возможным контроль условий труда сварщиков по ведущим в санитарно-токсикологическом отношении компонентам «сварочного аэрозоля» – ТССА (твердая составляющая сварочного аэрозоля) и ГССА (газовая составляющая сварочного аэрозоля) – с оценкой полученных данных и учетом наличия в СА веществ остронаправленного и одностороннего действия.

**Ключевые слова:** сварочный аэрозоль, ТССА, ГССА, гигиеническое нормирование, воздух рабочей зоны, контроль

Контроль условий труда лиц, занятых сварочными работами, занимает значительный удельный вес в работе отделов гигиены труда территориальных органов санэпидслужбы. Это связано как с широким применением сварочных работ (в их многочисленных модификациях – ручная электродуговая сварка, механизированная сварка, сварка под слоем флюса, контактная сварка, электрошлаковая сварка, резка и напыление металла) практически во всех отраслях хозяйства, так и со значительным удельным весом сварщиков с установленным диагнозом профессионального заболевания [1].

Основной удельный вес в профессиональной заболеваемости рабочих сварочных профессий приходится на патологию бронхо-легочной системы – пневмокониоз и хронический бронхит (до 80%). Результаты эпидемиологических исследований состояния здоровья 925 рабочих сварочных профессий на 9 предприятиях машино- и судостроения, а также результаты клинического обследования 313 электросварщиков, полученные сотрудниками Института медицины труда АМН Украины [2] позволили установить, что пневмокониоз и хронический бронхит развиваются у лиц, занятых механизированной сваркой стали, в возрасте до 40 лет при среднем стаже работы по профессии до 14,6 лет. Средние сроки развития этой патологии у электросварщиков, занятых ручной электродуговой сваркой металлов, примерно на 7 лет больше. Многие сварщики по состоянию здоровья не драбатывают даже до льготного пенсионного возраста.

Среди неблагоприятных факторов условий труда сварщиков ведущую роль играет загрязнение воздуха сложной комбинацией химических веществ, находящихся в форме пара и аэрозоля, действующих на фоне вынужденной позы, физических усилий, интенсивного излучения в видимой, инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра и представляющих опасность не только для здоровья сварщиков, резчиков, наплавщиков металла, но и других рабочих, находящихся в непосредственной близости от них. В связи с этим вопросы оценки химической составляющей условий труда сварщиков постоянно находятся в поле зрения как научных работников, так и санитарных врачей, занятых обслуживанием промышленных рабочих. Сложность задачи и стремление к унификации методических подходов к исследованию воздушной среды при проведении электросварочных работ нашли отражение в документах, датированных 1973 и 1976 годами [3, 4].

Со временем вырисовывались две тенденции в нормировании и контроле содержания вредных веществ при сварочных работах: дифференцированное нормирование ПДКр.з. аэрозолей (по содержанию сварочной пыли, определяемому гравиметрически) в зависимости от используемых сварочных материалов, в частности, в зависимости от содержания в аэрозоле железа и марганца (колебания в пределах 1–3 мг/м<sup>3</sup> при сварке и 0,5–2 мг/м<sup>3</sup> при наплавке порошковыми проволоками и лентами) и определение индивидуальных компо-

нентов сварочного пароаэрозольного «облака» с сопоставлением полученных результатов с их ПДКр.з.

Отражением первой тенденции могут служить положения, декларируемые «Методическими указаниями по профилактике заболеваний у рабочих при новых методах сварки и наплавки с использованием новых сварочных материалов» [4], утвержденными в 1976 г, которыми рекомендованы ПДК аэрозолей в воздухе производственных помещений (по содержанию сварочной пыли) для некоторых видов сварочной проволоки и рутиловых электродов. В последних было уменьшено содержание марганца, в результате чего при сварке выделялся СА, в котором снижено содержание оксидов марганца. Для этих конкретных марок электродов и порошковой проволоки при соблюдении всех указанных в таблице характеристик процессов сварки (сварочный ток, напряжение дуги, скорость подачи проволоки) можно пользоваться представленными ПДК как методической рекомендацией (юридической силы эти ПДК не имеют, так как не утверждены в установленном порядке). Однако на производстве эти конкретные сочетания и условия соблюдости очень трудно да и в этом нет особой необходимости, если мы определяем при каждом используемом виде сварочного материала ведущие в токсикологическом отношении компоненты, перечень которых зависит от состава конкретного электрода или проволоки и свариваемого металла. Таким образом, в этом случае, условно названном первым, не учитывалась газовая составляющая сварочного «облака» и существовал риск бесконечного увеличения числа гигиенических нормативов в зависимости от использованных сварочных материалов.

В противоположность этому во втором варианте сложность заключалась в выборе веществ, подлежащих контролю, и оценке характера действия сложных комбинаций веществ непостоянного состава (последнее исключало возможность контроля состояния воздушной среды по одному «санитарно-показательному» компоненту). К сожалению, в пункте 12 Приложения 2 «Методических указаний по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы)» № 4945-88 [5] допущена ошибка, и этот пункт следует читать как это записано в п. 600 ГОСТ 12.1.005-88 [6], а именно: «Кремния диоксид аморфный в смеси с оксидами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них не более 10%» – ПДК – 1мг/м<sup>3</sup>, 3 кл. опасности, «Ф». Такая редак-

ция пункта свидетельствует о том, что наличие в ТССА оксидов марганца усугубляет действие кремния диоксида аморфного, т.к. повышает агрессивность СА такого состава. В противном случае, если бы в этом составе СА не было бы оксидов марганца, то редакция пункта 600 соответствовала бы смыслу п. 599, 603 и 604 ГОСТ 12.1.005-88, которыми регламентировано повышение значения ПДК аэрозоля, содержащего диоксид кремния, по мере уменьшения в пыли его процентного содержания. Норматив «Кремния диоксид аморфный в виде аэрозоля конденсации при содержании более 60%» – 1 мг/м<sup>3</sup>, 3 кл. опасности, «Ф», (пункт 598 СН 4617-88 [7] и ГОСТ 12.1.005-88) может быть принят для диоксида кремния аморфного в «чистом» виде (per se).

Для выработки однозначного решения надо было определиться с терминами, т.к. понятие «сварочный аэрозоль» включало газовую (пары) и твердую (пыль) составляющие. Для исключения разнотечений, связанных с использованием терминов «аэрозоль» и «пыль», которые сплошь и рядом применяются как синонимы (в СН 4617-88 и Приложении 2 ГОСТ 12.1.005-88 часто название вещества или продукта идет со словом «пыль», а преимущественное агрегатное состояние вещества оценено как «аэрозоль»), можно предложить понятие «сварочное пароаэрозольное облако» как эквивалент «сварочного аэрозоля».

В настоящее время ряд исследователей, изучающих условия труда рабочих сварочных профессий, ошибочно подменяет термин «сварочный аэрозоль» термином «сварочная пыль» и предлагает разработать для нее единую ПДК, контроль за которой давал бы однозначный ответ об условиях труда электросварщиков. Это исключено в силу двух обстоятельств. Во-первых, «собственно пыль» представляет собой частный случай аэрозоля, где дисперсная фаза представлена твердыми частицами размером более 10 мкм. Такого рода аэрозоли образуются в основном в результате дезинтеграции (диспергирования) твердых тел – помола, просева, затаривания сыпучих материалов, шлифовки и т.д.). В СА преобладают частицы оксидов металлов с размерами 0,001–0,1 мкм, образовавшиеся в результате конденсации паров. Аэрозоль такого размера получил название «дымя». Уже по этому правомерность использования термина «сварочная пыль» вызывает возражение. Во-вторых, масса пыли умеренно опасных ингредиентов СА – оксидов железа и ти-

тана — в составе СА доминирует над массой суммы высоко- и чрезвычайно опасных оксидов марганца, никеля, кадмия и фторидов. Таким образом, результат гравиметрически измеряемой общей запыленности воздуха при электросварке в большей степени зависит от вклада менее опасных составляющих и меньше всего отражает загрязнение воздуха высоко- и чрезвычайно опасными компонентами.

Многолетний опыт изучения и оценки условий труда сварщиков в лаборатории гигиены труда в электросварочном производстве и токсикологии сварочных аэрозолей ИМТ АМН Украины позволил выработать определенный научный подход для решения вопроса адекватности и объективности оценки воздействия на организм рабочих целой гаммы токсических веществ, входящих в состав СА [8–10]. В этой связи необходимо еще раз отметить, что термин «сварочные аэрозоли» СА объединяет широкий круг пылегазовых смесей вредных веществ.

Количество ингредиентов СА, поступающих в воздух рабочей зоны, в существенной мере определяется составом и массой расплавляемого в единицу времени сварочного материала. Различия же в «нагрузках» СА на организм сварщика зависят от условий выполнения сварочных работ (на открытом воздухе, в цехе, в замкнутом пространстве), рабочей позы, наличия устройств местной вентиляции, использования СИЗОД, продолжительности работы. В составе ТССА, образующейся при наиболее распространенных способах дуговой сварки и наплавки сталей, как правило, содержатся оксиды железа, кремния, хрома, никеля, марганца, титана и некоторые другие вещества. В составе ГССА — оксиды углерода (II), азота, озона, а при сварке и наплавке металлов с использованием электродов с покрытием, порошковых проволок, флюсов и пр., имеющих в своем составе фториды, — дополнительно фтористый водород (в ТССА при этом могут содержаться растворимые и плохо растворимые фториды.)

Из изложенного очевидно, что, являясь собирательным, термин «сварочные аэрозоли» объединяет разнообразные по составу пылегазовые смеси химических веществ, обладающих различной степенью токсичности (от высокотоксичных соединений I-го класса опасности по ГОСТ 12.1.005–88 никеля, хрома (VI) и др. до практически нетоксичного, относящегося к 4-му классу опасности диоксида титана), а также различным характером вредного воздействия на организм.

Ранее проведенными исследованиями биологической активности СА, образующихся при сварке средне- и высоколегированных сталей и содержащих в составе ТССА марганец, хром, никель, оксиды железа, было показано, что им присущи нейро-, пневмо-, общетоксическое и канцерогенное действия [9]. Преимущественно пневмо- и общетоксичным действием обладают почти все изученные нами СА. Поэтому представление о СА как о «сварочной пыли», способной вызывать только пневмокониоз, является ошибочным.

По нашему мнению, недопустимо отождествление терминов СА и «сварочная пыль» поскольку это ведет к неправильному пониманию роли СА как пылегазовых смесей большого количества вредных веществ, способных в зависимости от качественного состава ТССА и ГССА оказывать полиропное воздействие на организм рабочего, в отличие от «сварочной пыли», обладающей преимущественно фиброгенным действием.

Отсюда следует, что какой-либо единой величины ПДК или ОБУВ для «СА» вообще, без учета химического состава ТССА и ГССА, принципиально установлено быть не может, поскольку вредное воздействие на организм ТССА, содержащей в основном диоксид титана — вещество, обладающее преимущественно слабыми фиброгенными свойствами (ПДКр.з — 10 мг/м<sup>3</sup>), не может быть тождественным по действию на организм, например, ТССА, содержащей никель и его оксиды — вещества с выраженной токсичностью и обладающие канцерогенными свойствами (ПДКр.з. — 0,05 мг/м<sup>3</sup>). Ингредиенты ГССА (озон, оксиды азота, оксид углерода (II), водорода фторид, ) обладают остронаправленным механизмом действия. Однако, величины их ПДКр.з значительно различаются — от 0,1 мг/м<sup>3</sup> у озона до 20 мг/м<sup>3</sup> оксида углерода (II), а точки приложения токсического действия озона (оксидов азота), оксида углерода (II) и водорода фторида различны.

Что касается однонаправленности действия химических веществ, то на сегодняшний день юридически действует только один документ — «Шкідливі речовини односпрямованої дії у повітрі робочої зони (перелік №1)», утвержденный Постановлением №1 главного государственного санитарного врача Украины от 13.02.2002 г.

Можно предположить однонаправленность действия озона и диоксида азота, а также аэрозолей преимущественно фиброгенного действия. Комбинация озона + диоксид азота включена в проект перечня №2 с тем же названием, который находится

в работе. Что касается аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, то при решении этого вопроса необходимо учесть норматив предельного содержания пыли (общая масса аэрозоля при гравиметрическом определении) в воздухе рабочей зоны, равный  $10 \text{ mg/m}^3$  согласно дополнению №6 к СН 4617-88, которое действует в Украине.

Для правильной оценки состояния воздушной среды при использовании сварочных материалов основного (фтористо-кальциевого и близкого к нему типов, например, рутил-основного и др.) необходимо учитывать, что соли фтористоводородной кислоты, содержащиеся в ТССА (фторид натрия и др.), а также фтористый водород (ингредиент ГССА) – вещества одностороннего действия. В соответствии с п. 3.4. ГОСТ 12.1.005-88 сумма отношений фактических концентраций каждого из них в воздухе к их ПДК не должна превышать единицы.

С учетом сказанного выше очевидно, что наиболее правильно и оправданно осуществлять оценку воздушной среды на рабочих местах сварщиков путем определения концентраций ведущих вредных химических веществ 1-го и 2-го классов опасности, входящих в состав ТССА и ГССА и обладающих односторонним механизмом (практически все компоненты ГССА), а ряде случаев и односторонним характером действия.

Все сказанное является основанием к тому, что при осуществлении контроля за содержанием вредных веществ при сварочных работах необходимо руководствоваться п.4.1.2 ГОСТ 12.1.005-88, которым определено, что при «наличии в воздухе нескольких вредных веществ контроль воздушной среды допускается проводить по наиболее опасным и характерным веществам, устанавливаемым органами государственного санитарного надзора». В несколько иной редак-

## Література

- Горбань Л.Н., Тимошина Д.П. Труд и здоровье сварщика: современные гигиенические, медико-социальные и экономические проблемы//Труды 1-й международной научно-практической конференции.– Одесса, 2002.– С. 456–466.
- Лубянова І.П. Характер та структура виробничо зумовлених захворювань зварювальників сталі та чавуну//Довкілля і здоров'я.– 1999.– №3.– С. 51–56.
- СН 1009–73 Санитарные правила при сварке, наплавке резке металлов, 1973.
- Методические указания по профилактике заболеваний у рабочих при новых методах сварки и наплавки с использованием новых сварочных материалов.– К., 1976.– 20 с.

ции, однако, аналогичной по своей сути, это требование изложено в п.2.1.3 МУ № 3936-85 [11]. Что касается нахождения наиболее опасных и характерных веществ, по которым необходимо проводить контроль воздуха при сварочных работах, то их перечень применительно к наиболее распространенным сварочным материалам и процессам сварки, наплавки и резки, приведен в специальном приложении к МУ №4945-88 [5]. Санитарно-гигиеническая характеристика новых сварочных материалов и процессов систематически публикуется в журналах «Сварочное производство», «Автоматическая сварка» и др.

Таким образом, для грамотной оценки условий труда рабочих сварочных профессий, обоснования льгот и компенсаций, осуществления необходимых оздоровительных мероприятий необходимо располагать сведениями о том, выделением каких вредных веществ сопровождается тот или иной процесс сварки и какие из присутствующих в составе ТССА и ГССА веществ являются наиболее опасными и характерными.

В то же время в качестве первого приближения (этапа) к оценке условий труда сварщиков целесообразно определение общей запыленности воздуха рабочей зоны гравиметрически. Результат более  $10 \text{ mg/m}^3$  должен быть оценен как показатель гигиенического неблагополучия, т.к. согласно дополнению №6 к СН 4617-88 общая запыленность воздуха не может превышать указанную величину, и аргумент в пользу необходимости контроля отдельных компонентов ТССА. Но и содержание ТССА менее  $10 \text{ mg/m}^3$  не может само по себе служить показателем санитарного благополучия, т.к. при этом концентрации биологически активных компонентов (оксидов никеля, хрома, марганца и т. д.), как правило, превышают установленные для них пределы.

- МУ 4945-88 Методические указания по определению вредных веществ в сварочном аэрозоле (твердая фаза и газы).– 110 с.
- ГОСТ ССБТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
- СН 4617-88 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
- Горбань Л.Н. Современное состояние контроля за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны при сварочных работах//Гигиена труда и проф. забол.– 1991.– №2.– С. 37–40.
- Горбань Л.Н., Прилипко В.А., Чередниченко В.М., Киреев В.И. Материалы по обоснованию ПДК в воздухе рабочей зоны сварочного аэрозоля, содержащего марганец, хром и никель//Гигиена труда и проф. забол.– 1986.– №5.– С. 26–29.

10. Горбань Л.Н. Аэрозоли как вредный производственный фактор (к вопросу об адекватности применяемых способов и средств защиты сварщиков уровню их профессионального риска) // Труды 1-й

международной научно-практической конференции. – Одесса, 2002. – С. 57–63.

11. МУ №3936–85 «Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны». – М., 1985.

**Кучерук Т.К., Коршун М.М., Сальников Н.А.**

## КОНТРОЛЬ ВМІСТУ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У ПОВІТРІ РОБОЧОЇ ЗОНИ ЗВАРЮВАЛЬНИКІВ

Інститут медицини праці АМН України, м. Київ

Санітарний контроль і гігієнічна оцінка стану повітря на робочому місці електрозварників утруднені багатокомпонентним і мінливим складом зварювального аерозолю, що формується газопароаерозольною фазою та залежить від складу матеріалів, що зварюються (сталі різних марок), зварювальних матеріалів (електроди, дроти) та умов зварювання (під флюсом, в атмосфері аргону тощо).

У статті аргументується теза щодо неможливості, через зазначене вище, обґрунтувати універсальний гравіметрично вимірюваний гігієнічний норматив «зварювального пилу», дотримання якого гарантує безпеку умов праці при впливі на працюючих «зварювального аерозолю». Автори вважають сьогодні єдино можливим контроль умов праці зварювальників за показовими у санітарно-токсикологічному відношенні компонентами «зварювального аерозолю» – ТСЗА (твірда складова зварювального аерозолю) і ГСЗА (газова складова зварювального аерозолю) – з подальшою оцінкою отриманих даних та урахуванням наявності в ЗА речовин односпрямованої дії.

**Ключові слова:** зварювальний аерозоль, ТСЗА, ГСЗА, гігієнічне нормування, повітря робочої зони, контроль

**Kucheruk T.K., Korshun M.N., Salnikova N.A.**

## CONTROL OF THE CONTENT OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE AIR OF THE WELDER'S WORKING ZONE

Institute for Occupational Health of AMS of Ukraine, Kiev

The multi-component and changeable character of air content in welder's working zone makes it difficult to conduct sanitary control and a hygienic assessment. It is due to gaseous and vapor phase of the welding aerosol (WA) and depends on the content of materials involved into a welding process (steel of different types), welding materials (electrodes, cords), conditions of welding (under flux, argon, etc.).

In the article it is postulated that it is impossible (with due of the above) to ground a universal, using a gravimetric analysis, a hygienic standard for a «welding dust» following which safe work conditions for workers exposed to a «welding aerosol» can be guaranteed. The authors suppose that, at present, the only possible control of welder's working conditions is by the components of welding aerosols, which are representative from the point of view of sanitary and toxicological requirements, i.e. by solid constituent of the welding aerosol (SCWA) and by gas constituent of the welding aerosol (GCWA), with estimation of the obtained data, taking into account the presence of substances of the same direction in the WA.

**Key words:** welding aerosol, SCWA, GCWA, hygienic regulation, working zone air, control.

Поступила: 30.06.2006

**Контактное лицо:** Кучерук Татьяна Кузьминична, ведущий научный сотрудник Института медицины труда АМН Украины, сл. тел. 289-43-66. Дом. адрес: пр. Рад. Украины, 28, кв. 35.