

М.З. Брауде

Охрана труда при сварке в машиностроении

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 030
ББК 92
М11

М11 **М.З. Брауде**
Охрана труда при сварке в машиностроении / М.З. Брауде – М.: Книга
по Требованию, 2021. – 141 с.

ISBN 978-5-458-29092-0

В книге дана санитарно-гигиеническая характеристика процессов сварки, изложены требования безопасности и промышленной санитарии к организации технологического процесса и оборудованию сварочных цехов. Освещены вопросы электробезопасности, вентиляции, описаны средства индивидуальной защиты, широко применяемые при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом и в среде защитных газов, ручной и контактной сварке. Рассмотрены требования охраны труда при новых видах сварки. Книга предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных предприятий, технических инспекторов профсоюзов и органов санитарного надзора.

ISBN 978-5-458-29092-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электрическая сварка, наплавка и термическая резка металлов широко применяется не только в машиностроении, но и в других отраслях промышленности. Объем сварочных работ в нашей стране неуклонно растет. Технология сварки непрерывно развивается и совершенствуется. В производство внедряются новые механизированные и автоматизированные технологические процессы сварки: плазменная, электронно-лучевая, лазерная, диффузионная, ультразвуковая, токами высокой частоты, в камерах с контролируемой атмосферой и др. Наряду с этим все еще широко применяется отличающаяся гибкостью и универсальностью ручная и полуавтоматическая электродуговая сварка.

Помимо высоких технико-экономических показателей электросварка обладает и некоторыми отрицательными свойствами: это — опасность для работающих поражения электрическим током, получения ожогов брызгами расплавленного металла и кратковременного ослепления световым излучением сварочной дуги. Кроме того, при электросварке, наплавке и резке металлов и сплавов воздух производственных помещений загрязняется пылью (сварочным аэрозолем), состоящей из окислов железа, марганца, хрома, двуокиси кремния и других токсичных веществ, входящих в состав свариваемых изделий и сварочных материалов. Систематическое воздействие сварочного аэрозоля при отсутствии необходимых средств охраны труда может вызвать у работающих в сборочно-сварочных цехах профессиональные заболевания легких, а также центральной нервной системы, а излучение сварочной дуги — заболевание глаз (электроофтальмию); работающие в сборочно-сварочных цехах подвергаются также воздействию газов и шума.

Охрана труда в сборочно-сварочных цехах — одна из актуальных комплексных проблем. Наиболее эффективным средством оздоровления условий труда является усовершенствование технологии сварочного производства: применение сварочных материалов с минимальным содержанием токсичных веществ, более широкое внедрение механизированных и автоматизированных процессов сварки.

Разработка любых, достаточно эффективных средств охраны труда электросварщиков должна основываться на анализе системы сварщик (оператор) — сварочное оборудование—процесс сварки—окружающая среда, являющейся конкретным применением рассматриваемой в эргономике системы человек—машина.

Различные физические свойства явлений, сопровождающих процесс сварки, обуславливают необходимость проведения комплекса профилактических и защитных мероприятий (технологических, санитарно-технических, индивидуальной защиты, медико-профилактических), разработать которые могут в содружестве работники разных специальностей: технологи и конструкторы сварочного оборудования, специалисты по электробезопасности и промышленной вентиляции, врачи-гигиенисты, создатели средств индивидуальной защиты и др. Обеспечение отличного качества сварных соединений и высокой производительности труда должно сочетаться с уменьшением утомления и сохранением здоровья работающих.

В нашей стране в течение четырех с лишним десятилетий научно-исследовательские институты охраны и гигиены труда в тесном содружестве с технологическими организациями и заводами разрабатывают эффективные методы и средства оздоровления условий труда при электросварочных работах. Результатом многогранных научных исследований явилась разработка не только конкретных конструкций защитных устройств и образцов спецодежды, но и нормативных документов, содержащих требования к проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации сварочного оборудования, производственных помещений, вентиляционных установок, защитных устройств, спецодежды и др.

В 1975 г. был утвержден ГОСТ 12.3.003—75 «ССБТ. Работы электросварочные. Общие требования безопасности», входящий в систему стандартов безопасности

труда. Он содержит общие положения и требования к технологическим процессам, производственным помещениям, материалам и заготовкам (в том числе к их хранению и транспортированию), размещению производственного оборудования, организации рабочих мест, персоналу, выполняющему электросварочные работы, применению средств индивидуальной защиты, а также регламентирует контроль за выполнением требований безопасности. Введение в действие этого документа будет способствовать дальнейшему оздоровлению условий труда при электросварочных работах.

Авторы настоящей книги ставили перед собой задачу не только рассказать обо всех основных направлениях и разработках рассматриваемой проблемы, но и показать причины недостаточной эффективности отдельных устройств, а также познакомить читателя с научно обоснованной методикой их разработки с учетом специфики технологических, объемно-планировочных и других конкретных условий производства.

Предисловие, гл. IV—VII написаны руководителем коллектива авторов канд. техн. наук М. З. Брауде; гл. I — чл.-кор. АМН СССР проф. Е. И. Воронцовой и М. З. Брауде; гл. II — инж. В. А. Тамбовцевым; гл. III — инж. С. Я. Ландо; гл. VIII и IX — инж. В. П. Некрыловым.

Авторы будут благодарны за отзывы на книгу, которые следует направлять по адресу: 107885, Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., 3, издательство «Машиностроение».

Санитарно-гигиеническая характеристика процессов сварки

1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

Электрическая сварка металлов характеризуется высокой концентрацией вводимого в изделие теплового потока (свыше 30 кал/с на 1 мм² площади дугового пятна). Этим объясняется специфика процессов, сопровождающих процесс сварки. Имеет место очень быстрый переход свариваемого металла и сварочных материалов из твердого в жидкое и парообразное состояние. Процесс носит взрывной характер и проходит при очень высоких температурах: несколько тысяч градусов в зоне дуги. Подводимая электрическая энергия переходит в другие виды: тепловую, световую и в меньшей степени звуковую. В итоге вся электроэнергия, затраченная на сварку, превращается в тепло, за исключением незначительного количества, идущего на необратимые химические реакции.

При электросварке организм человека может подвергаться воздействию следующих видов энергии: а) электрической, вызывающей поражения электрическим током; б) электромагнитной (возникновение сильных электромагнитных полей характерно для сварочных машин, работающих при высоких силах электрического тока; при специальных видах сварки возможно возникновение радиационной опасности, мягкого рентгеновского излучения); в) механической в виде вибрации шума, возникающих при электросварке.

Особого внимания заслуживают взрывные явления: выброс капель расплавленного металла и искр. Проведение электросварки в атмосфере, заполненной газовой пыльной смесью взрывоопасной концентрации, может привести к взрыву с опасными последствиями. Перечисленными опасностями не исчерпывается вредное воздействие электросварки на организм человека. Серье

ным потенциально опасным фактором является загрязнение воздушной среды в цехах пылью (сварочным аэрозолем) и газами.

При сварке нагретые до высокой температуры и поэтому более легкие, чем окружающий воздух, пары металла, компонентов электродного покрытия или других сварочных материалов поднимаются над местом сварки и попадают в зону температур одного порядка с окружающим воздухом, поэтому быстро конденсируются и затвердевают. Образуется твердая фаза частиц сварочной пыли — аэрозоль конденсации. Большинство частиц сварочного аэрозоля (порядка 90%) имеет размер менее 5 мк; значительное число частиц имеет размеры в десятки и сотни доли микрона. В силу ряда причин, в частности из-за противоположности заряженности частиц, наблюдается процесс агрегации — объединения частиц.

Сварочные работы на машиностроительных заводах производятся главным образом в сборочно-сварочных цехах или отделениях. Большой объем сварки, значительный расход электродов в цехах могут приводить к значительному загрязнению производственной атмосферы сварочным аэрозолем. Механизм распространения сварочного аэрозоля по объему производственного помещения требует специального рассмотрения, особенно в связи с тем, что правильное решение вопросов вентиляции непосредственно зависит от учета характера распространения вредных примесей в воздухе производственного помещения. В период проведения сварки вокруг сварочной ванны образуется квазистационарное температурное поле: это значит, что поле перемещается вместе со сварочной дугой по изделию, а расстояние между любыми точками изотерм практически не изменяется. Это предельное состояние, как показали исследования советской научной школы, возглавляемой акад. И. Н. Рыкалиным, достигается очень быстро, что объясняется высокой концентрацией вводимого в изделие теплового потока.

В процессе распространения тепла в металле при сварке различаются три стадии: 1) теплонасыщение, когда температуры в поле, перемещающемся вместе с источником тепла, нарастают; 2) предельное состояние, когда температуры в подвижном поле практически не

изменяются; 3) процесс остывания металла по окончании сварки. Например, по данным акад. Н. Н. Рыкалина, при общей продолжительности сварки (одного шва) 10 мин процесс возрастания температур в металле, которые фиксировались термопарами, достиг предельного состояния через 45 с после начала сварки. Теплообмен металла с окружающей средой происходит непрерывно в течение трех указанных выше стадий. Над нагретым металлом возникают конвективные (тепловые) восходящие воздушные потоки, которые в период горения сварочной дуги подхватывают образующиеся частицы сварочного аэрозоля и газы. Аэрозольные частицы поднимаются воздушным потоком до тех пор, пока скорости потока, локально воздействующая на частицу, будет больше скорости ее витания. Средняя скорость витания частиц сварочного аэрозоля составляет 1 см/с, поэтому частицы сравнительно легко подхватываются циркуляционными воздушными потоками в помещении. Некоторое количество частиц оседает на пол, оборудование и строительные ограждения. В сварочных цехах, как правило, наблюдается коричнево-бурое загрязнение окон особенно в их средней по высоте части.

Возникающие в процессе сварки вредные факторы могут стать причиной травматизма (поражения электрическим током, ожоги брызгами расплавленного металла, ушибы и порезы рук о кромки металла) и профессиональных заболеваний (электроофтальмия, пневмокопозы, интоксикация марганцем и др.).

2. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ СВАРКИ

Ручная дуговая сварка. Ручная дуговая сварка благодаря своей простоте и гибкости является широко распространенным способом термического соединения металлов.

Сварочная дуга является источником образования лучистой энергии. Спектр лучистой энергии состоит из инфракрасных лучей длиной более 1,5 мкм, лучей Фохта (1,5—0,7 мкм), световых лучей (0,7—0,4 мкм) и ультрафиолетовых лучей (0,4—0,18 мкм). Интенсивность излучения зависит главным образом от

температуры дуги — интенсивность с повышением температуры увеличивается. При сварке на переменном токе интенсивность излучения меньше, чем при сварке на постоянном токе. Яркость видимой части спектра достигает 16 000 стильбов, что в тысячи раз превышает физиологически переносимую дозу. Ультрафиолетовые лучи с длиной волны менее 0,4 мкм могут вызвать профессиональное заболевание глаз, называемое электроофтальмией, и ожог открытых частей кожи сварщика. Электроофтальмия начинается после небольшого скрытого периода продолжительностью несколько часов. Затем появляется резь и боль в глазах, ощущение инородного тела, светобоязнь, слезотечение, головная боль, сопровождающаяся бессонницей. Эти явления обусловлены воздействием ультрафиолетовых лучей на слизистую оболочку глаз. Иногда процесс захватывает и роговую оболочку глаз. Частое повторение заболевания электроофтальмией приводит к снижению чувствительности роговицы, хроническому конъюнктивиту, повышенной утомляемости глаз. Электроофтальмия чаще наблюдается у подсобных рабочих, чем у сварщиков.

Инфракрасная радиация вследствие теплового воздействия может вызвать помутнение хрусталика. Такие случаи профессиональных заболеваний у сварщиков машиностроительных заводов не обнаружены.

Ручная сварка производится электродами различных марок, отличающимися химическим составом проволоки и покрытий, в состав которых в зависимости от назначения электродов входят: ферромарганец, марганцевая руда, металлический марганец, плавиковый шпат, электроодный мрамор, ферросилиций, кварцевый песок и др. Каталог разработанных в нашей стране электродов включает 182 марки.

Для того чтобы иметь представление о потенциальной опасности аэрозоля, образующегося при различных видах сварки, и использовании различных сварочных материалов (электроды, сварочная проволока, флюс), важно знать удельные валовые выделения пыли и токсичных ее компонентов.

Методика определения удельных валовых выделений пыли и токсических компонентов разработана в Институте гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. Для расчета удельных выделений необходимо знать количество образующейся пыли (или токсических ком-

понентов), количество израсходованных электродов и объем воздуха, из которого с помощью фильтра АФА-В-18 уловлена пыль. Результаты определения удельных валовых выделений пыли и токсических веществ выражаются в миллиграммах на килограмм израсходованных сварочных материалов [11].

По экспериментальным данным Института гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР [1, 11], удельное количество пыли (твердая фаза аэрозоля), образующейся при сжигании различных электродов, составляет для электродов с покрытием руднокислого типа (марганцевое) 18,6—36,5 г/кг; основного типа (фтористо-кальциевого) — 11,3—13,5 г/кг; рутилового или рутилкарбонатного — 7,1—15,3 г/кг.

Длительное (10—20 лет) воздействие сварочного аэрозоля может стать причиной профессионального заболевания у электросварщиков, которое называется пневмокониозом. При этом заболевании поражаются органы дыхания, в особенности легкие, в которых нежная эластичная легочная ткань заменяется грубой соединительной тканью. Жалобы при этом заболевании незначительны, и обнаруживается болезнь главным образом при рентгеновском обследовании. Заболевание протекает медленно, доброкачественно, редко осложняется туберкулезом. Своевременное выявление этого заболевания позволяет затормозить развитие процесса и правильно трудоустроить сварщика. Основным компонентом (по количеству) аэрозоля являются окислы железа (45—65%). Однако в зависимости от применяемых электродов в аэрозолях содержатся окислы марганца, хрома, кадмия, ванадия, цинка, свинца, двуокись кремния и фтористые соединения. Содержание этих веществ по сравнению с окислами железа относительно невелико, но вследствие своей токсичности они могут иметь решающее значение при определении степени вредности пыли.

Общее содержание пыли, окислов марганца, фтористых и хромсодержащих соединений в рабочей зоне определяется составом свариваемого металла, стержня электродов и обмазки, силой сварочного тока и диаметром электродов, положением тела сварщика относительно дуги, конфигурацией свариваемых изделий эффективностью применяемых противопылевых мероприятий.

Специально проведенными экспериментами в лабораторных условиях было установлено, что количество марганца в электросварочной пыли пропорционально содержанию марганца в обмазке. Наименьший процент окислов марганца содержится в аэрозоле, полученном при сжигании электродов с фтористо-кальциевым и рутиловым покрытием, а наибольший — в аэрозоле марганцевых электродов. Окислы марганца, содержащиеся в сварочном аэрозоле, представляют потенциальную опасность в отношении развития интоксикации марганцем, однако в настоящее время в результате замены марганцевых электродов электродами с рутиловым покрытием эти поражения не наблюдаются. Хотя сварка электродами с фтористо-кальциевым покрытием сопровождается меньшим выделением окислов марганца, в составе сварочного факела при сжигании этих электродов содержатся фтористые соединения (фтористый водород, четырехфтористый кремний и др.), концентрации которых в зоне дыхания сварщиков иногда бывают довольно значительны.

Фтор и хромосодержащие аэрозоли в повышенных концентрациях могут стать причинами раздражения и воспаления слизистых оболочек носа и носоглотки, если не соблюдаются меры предосторожности, не работает местная вентиляция, не применяются средства индивидуальной защиты.

Сварка хромосодержащими электродами характеризуется значительным загрязнением зоны дыхания сварщиков аэрозолем (10,65—30 г/кг). Важной с гигиенической точки зрения особенностью этих электродов является выделение окислов хрома, концентрации которых в зависимости от условий сварки колеблются в существенных пределах.

Содержание в сварочной пыли шестивалентных соединений хрома, отличающихся большой токсичностью, в 2,5—3,5 раза превышает содержание трехвалентных соединений. Двуокись кремния в сварочной пыли составляет 0,9—1,8%. При сварке электродами с рутиловым покрытием образуется значительно меньше пыли и окислов марганца.

Сварка оцинкованной стали сопровождается загрязнением воздушной среды аэрозолем, основную часть которого составляют окислы цинка. При сварке цветных металлов на постах, оборудованных местными от-

сосами, концентрации аэрозоля не превышают допустимого предела.

Исправление брака отливок из бронзы различного состава с помощью наплавки специальных электродов с фтористо-кальциевым покрытием без вентиляции может вызвать загрязнение зоны дыхания сварщиков газами и окислами металлов, из которых основными являются окислы цинка, марганца и в некоторых случаях свинца. При выполнении этой работы на постах оборудованных эффективной местной вытяжной вентиляцией, в зоне дыхания сварщиков концентрации указанных окислов не достигают предельно допустимых.

Принципиально важным и в значительной степени обуславливающим содержание аэрозоля в зоне дыхания сварщика является фиксация места сварки. Проведенные на ряде заводов исследования показали, что на постоянных (фиксированных) рабочих местах в сборочно-сварочных цехах легче организовать местную вытяжную вентиляцию и тем самым резко снизить содержание пыли, окислов марганца и других токсических веществ в зоне дыхания сварщиков.

Особенно неблагоприятное состояние производственной атмосферы создается при сварке в изделиях с замкнутыми и полузамкнутыми контурами — блоках, цистернах и др. Высокие концентрации пыли, окислов марганца и фтористых соединений в сочетании с неблагоприятными метеорологическими условиями как в теплый, так и холодный периоды года, отсутствие естественного света и воздействие шума создают особенно напряженные условия труда электросварщиков при сварке в замкнутых пространствах малого объема.

Дисперсность сварочного аэрозоля чрезвычайно велика. Микроскопическое исследование препаратов, полученных методом осаждения, показало, что 90—99% частиц имеют размеры до 1 мк, а значительная часть находится за пределами разрешающей способности светового микроскопа. При изучении сварочной пыли с помощью электронного микроскопа при увеличении в 20 000 и 40 000 раз видны частицы размерами в десятые и сотые доли микрона.

Содержание окислов марганца и двуокиси кремния в сварочном аэрозоле представлено в табл. 1.

Концентрация окиси углерода и окислов азота при сварке в кабинах, на открытых участках цеха и т. д. в