

М. И. Чеботарёв, В. Л. Лихачёв,
Б. Ф. Тарасенко

СВАРОЧНОЕ ДЕЛО

Газовая сварка и резка металла



 «Инфра-Инженерия»

УДК 621.791(075.8)
ББК 34.6
Ч-34

Р е ц е н з е н т ы :

В. П. Артемьев – зав. кафедрой материаловедения и автосервиса, д-р техн. наук, профессор (Кубанский государственный технологический институт);

Е. И. Винеvский – зав. лабораторией агропромышленных технологий, д-р техн. наук, профессор (ФГБНУ ВНИИТТИ, г. Краснодар)

Чеботарёв, М. И.

Ч-34 Сварочное дело: газовая сварка и резка металла : учебное пособие / М. И. Чеботарёв, В. Л. Лихачёв, Б. Ф. Тарасенко. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 200 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0397-9

Представлены современные сведения об оборудовании и материалах, используемых при газовой сварке и резке металлов, приведена техника выполнения газосварочных работ при восстановлении изношенных деталей и кислородной резке металлов, дана методика контроля качества выполняемых работ.

Для студентов высших учебных заведений технических специальностей, а также профессиональных рабочих, выполняющих газовую сварку и резку металлов.

УДК 621.791(075.8)
ББК 34.6

ISBN 978-5-9729-0397-9 © Чеботарёв М. И, Лихачёв В. Л., Тарасенко Б. Ф., 2020
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2020
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2020

Глава 1. ГАЗОВАЯ СВАРКА МЕТАЛЛОВ

1.1. Безопасность труда при выполнении газосварочных работ

Газосварочные работы, как и все работы с применением открытого огня, являются работами повышенной степени опасности. Еще одним фактором опасности при проведении таких работ является применение ацетиленового, взрывоопасного горючего газа, и кислорода, который в чистом виде может привести к возгоранию и взрыву.

Основная причина травмирования работников при газовой сварке – взрыв ацетиленово-воздушных смесей. Одна из мер предупреждения такой опасности – установка ацетиленовых генераторов в отдельных помещениях или на открытом воздухе.

Газогенераторное помещение строят из трудногораемых материалов, отделяя от смежных помещений противопожарной стеной и устраивая в нем системы водяного или парового отопления и вентиляцию. Не допускается наличие в газогенераторном помещении электропроводки, осветительных и электронагревательных приборов. Светильники устанавливают снаружи. Не допускается снижение температуры в газогенераторном помещении ниже $+5^{\circ}\text{C}$.

Объем и площадь такого помещения выбирают в зависимости от производительности ацетиленовых генераторов (таблица 1.1).

Таблица 1.1. Объем и площадь газогенераторного помещения

Производительность ацетиленовых генераторов, м ³ /ч	До 5	6–10	15–20	25–30
Площадь помещения, м ²	8	16	22	32
Минимально допустимый объем помещения, м ³	30	60	80	120

При газовой сварке и резке металлов сварочное пламя вредно действует на сетчатую и сосудистую оболочки глаз. Инфракрасное излучение вредно влияет на роговицу и хрусталик глаза. Если длительное время смотреть незащищенными глазами на газовое пламя и место сварки, то возмож-

на временная потеря зрения и в последующем образование катаракты (помутнение хрусталика глаза).

Опасность для глаз представляют также искры, образующиеся при нагревании, плавлении и окислении металла, а также брызги расплавленного металла и шлаков.

Для защиты глаз от излучения применяют очки со светофильтрами из стекла Г-1, Г-2 или Г-3 в зависимости от мощности пламени. При выполнении вспомогательных работ в сварочных цехах применяются очки со стеклами В-2 или Г-1.

Для защиты глаз от пыли и частиц металла используются защитные очки с простыми прозрачными стеклами. Этим стеклом целесообразно сверху прикрывать и стекла светофильтров для защиты их от порчи брызгами металла. Используют защитные очки закрытого типа с чешуйчатой оправой моделей или специальные очки с откидной рамкой. Последние удобнее, так как не требуют передвижки очков на лоб во время перерыва в работе или в тех случаях, когда сварщику нужно рассмотреть чертеж, деталь и др. Вместо тесемок для укрепления очков на голове лучше использовать резиновую полоску.

Сварку цинка, латуни, свинца и резку цветных металлов необходимо вести в масках (респираторах) для предохранения от вдыхания выделяющихся окислов и паров цинка, меди и свинца.

Во избежание ожогов от брызг расплавленного металла брюки необходимо носить навыпуск, куртку – застегивать на все пуговицы. Для сварочных работ используются костюмы из брезентовой парусины с комбинированной пропиткой. Работать можно только в целой, сухой, непромасленной спецодежде. Карманы куртки закрывают клапанами, концы рукавов завязывают тесемками. После работы спецодежду необходимо просушивать.

В помещении, где производится газовая сварка или резка металла, должна быть обеспечена вентиляция для удаления вредных газов. Общеобменная вентиляция должна быть рассчитана на подачу 2500–3000 м³ воздуха на 1 м³ сжигаемого ацетилена, а в помещениях малых объемов (сосудах, цистернах, отсеках и пр.) – 4000–5000 м³ воздуха на 1 м³ сжигаемого ацетилена. Местные отсосы должны удалять воздух в количестве: 1700–2500 м³/ч от постоянных постов обработки мелких деталей.

При газовой сварке, резке и нагреве металла внутри закрытых и неполностью закрытых помещений (отсеков и секций судов, резервуаров, котлов, цистерн и т. п.), помимо общеобменной вентиляции цеха, должна осуществляться вентиляция с помощью местных отсосов от стационарных или передвижных установок. При недостатке кислорода (менее 19 % O₂)

в воздухе резервуара или отсека работа в нем не допускается. До производства газопламенных работ внутри отсеков, ям и резервуаров, где возможны скопления вредных газов или нагретого воздуха, должны быть установлены, и пущены в ход переносные приточные и вытяжные вентиляторы, открыты двери и люки помещений.

Для особо тяжелых условий по загазованности и высокому тепловыделению в помещениях, где производится сварка и резка, могут использоваться шланговые противогазы.

Оборудование для газовой сварки закрепляют персонально за каждым работающим. Резаки и горелки не реже одного раза в месяц проверяют на газонепроницаемость. Результаты проверки записывают в журнал. Кислородные и ацетиленовые редукторы испытывают не реже одного раза в квартал.

При выполнении газосварочных работ ацетиленовый генератор должен находиться на расстоянии *не менее 10 м* от места работ, а также от любого другого источника огня и искр и на расстоянии *не менее 5 м* от баллонов с кислородом и другими горючими газами.

Газосварщику и газорезчику запрещается перемещаться вне рабочего места с зажженной горелкой или резаком. При перерывах в работе пламя горелки или резака должно быть потушено, а вентили плотно закрыты. Даже на короткое время не разрешается выпускать из рук горящую горелку или резак.

Генератор должен быть установлен в вентилируемом помещении, имеющем объем *не менее 60 м³*. Температура помещения должна быть *не ниже +5 °С* во избежание замерзания воды в аппарате.

Передвижные ацетиленовые генераторы устанавливают преимущественно на открытом воздухе или под навесом. Допускается установка передвижных ацетиленовых генераторов для выполнения временных работ *не ближе 10 м от места выполнения сварочных работ* или других источников огня и искр, а также кислородных баллонов. Запрещается устанавливать генераторы в проходах, проездах, на лестничных площадках, в местах скопления людей и неосвещенных местах. Допускается размещать переносные ацетиленовые генераторы для выполнения временных сварочных работ: на территории предприятий, строек, во дворах жилых домов; в рабочих и жилых помещениях при условии, что эти помещения имеют объем *не менее 300 м³* на каждый генератор и могут проветриваться, или *100 м³*, если генератор установлен в одном, а газосварочные работы выполняют в другом (смежном) помещении; в горячих цехах (кузнечных, термических и т. п.) *на расстоянии до 10 м* от открытого огня и нагретых предметов, и только в тех местах, где нет опасности нагрева генератора.

Не допускается работа генератора без водяного затвора или с неисправным затвором. Нужно следить за тем, чтобы водяной затвор всегда был заполнен водой до уровня контрольного крана. Уровень воды в водяном предохранительном затворе следует проверять не реже двух раз в смену и обязательно перед началом работ и после каждого обратного удара.

Перед открыванием крышки для перезарядки генератора нужно снизить давление в камере, выпустив газ через пробный кран. Загружать генератор карбидом кальция можно только такой грануляции, которая указана в паспорте генератора.

Нельзя перегружать генератор, работая с расходом ацетилена выше установленного предела. Запрещается работать от одного генератора двум или более сварщикам или резчикам. Следует тщательно промывать генератор от известкового ила не реже двух раз в месяц при ежедневной работе генератора. Зарядку генераторов, а также освобождение генератора от иловых остатков необходимо выполнять только в резиновых перчатках.

При эксплуатации передвижных ацетиленовых генераторов на открытом воздухе при температуре ниже 0 °С необходимо закрывать их ватным чехлом, а в водяные затворы заливать незамерзающую жидкостью (антифриз).

При замерзании воды в затворе, генераторе или шлангах отогревать их следует под наблюдением сварщика, хорошо знающего устройство аппарата. Для отогревания необходимо пользоваться паром или горячей водой. Запрещается применять открытое пламя. После отогревания необходимо проверить исправность отдельных частей генератора и убедиться в правильности заполнения генератора водой.

Запрещается оставлять генератор во время работы без надзора и подходить к нему с зажженной горелкой или паяльной лампой.

При каждой перезарядке генератора необходимо удалить воздух из газообразователя, продув его первой порцией ацетилена.

Перевозка заряженного генератора не допускается. Для перевозки необходимо генератор разрядить, промыть водой, очистить от налетов ила.

Запрещается оставлять около генератора неиспользованный карбид кальция. Карбидный ил при перезарядке генераторов необходимо собирать в специальную тару и по окончании работы сливать в иловую яму вдали от жилых районов. Высыпать в иловую яму не полностью разложившийся карбид кальция запрещается.

По окончании работы воду из генераторов и водяных затворов следует сливать. После окончания работы необходимо полностью разрядить генератор, вынуть загрузочное устройство, слить из генератора ил, все

части аппарата тщательно промыть водой, и очистить от налетов извести. Очистку от ила можно производить только латунными скребками.

Барабаны с карбидом кальция хранят в закрытом сухом помещении, оборудованном противопожарными средствами. Вскрывают барабаны, и работают с карбидом кальция (развеска, отсев мелочи и др.) только с помощью инструмента, выполненного из неискрящих материалов (из латуни при содержании в ней цинка и других элементов более 30 %). Запрещается применять инструмент из меди и ее сплавов, содержащих более 70 % меди. Вскрытые, но не полностью использованные барабаны с карбидом кальция закрывают крышками, обеспечивающими герметизацию.

Из вскрытых или поврежденных барабанов карбид кальция следует пересыпать в специальные герметически закрывающиеся бидоны. Хранение тары из-под карбида кальция разрешается на специально отведенных площадках вне производственных помещений. При погрузке и разгрузке барабанов с карбидом кальция курить не разрешается. Крупные куски карбида кальция необходимо измельчать латунным молотком. Рабочие при дроблении карбида кальция должны пользоваться защитными очками.

Запрещается совместное хранение и транспортирование кислородных и ацетиленовых баллонов и баллонов со сжиженным газом, кроме перевозки двух баллонов на специальной тележке к рабочему месту.

Транспортировка баллонов осуществлять на рессорных транспортных средствах, на специальных ручных тележках и носилках (рисунок 1.1), в специальных контейнерах, где баллоны закрепляются вертикально. Переноска на руках или на плечах не допускается. В пределах рабочего места баллон можно кантовать в слегка наклонном положении. При перевозке, погрузке и выгрузке баллонов не допускается их падение и удары баллонов друг о друга. Падение баллона с газом может вызвать взрыв, поэтому запрещается переносить их на плечах.

Во время перевозки баллонов с газом на них должен быть накручен защитный колпак для предохранения вентиля от повреждения или загрязнения. Перевозить баллоны без колпака не разрешается.

Бесконтейнерная перевозка баллонов разрешает горизонтальную укладку в деревянные гнезда, обитые войлоком или другим мягким материалом. При погрузке более одного ряда баллонов применяют прокладки из пенькового каната. Баллоны укладывают поперек кузова в пределах высоты бортов. В летнее время баллоны необходимо укрывать брезентом от солнечных лучей. Совместная транспортировка кислородных и ацетиленовых баллонов запрещена, за исключением доставки на тележке двух баллонов к рабочему месту.

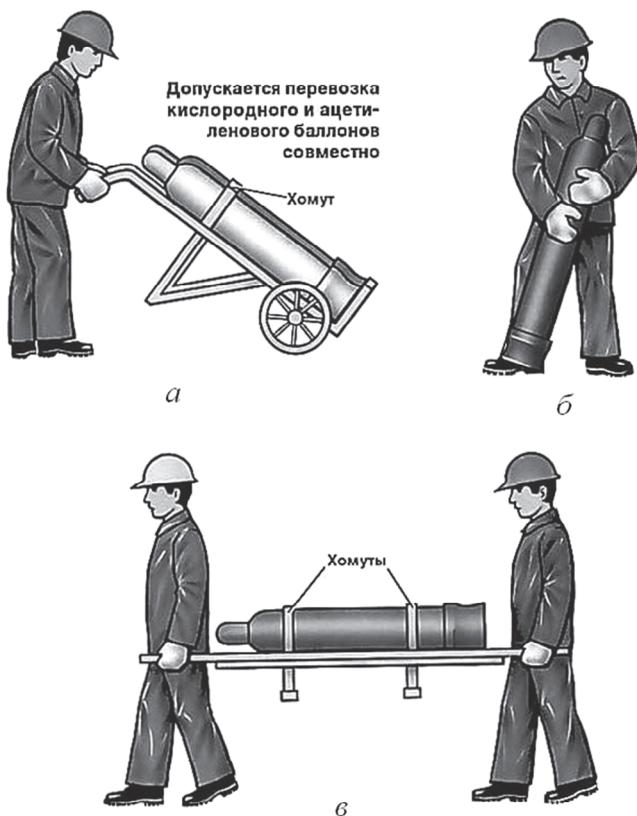


Рисунок 1.1. Транспортировка баллонов к месту работы:
 а – перевозка на специальной тележке с рессорами на нижнем ходу;
 б – кантование на башмаке в наклонном положении; в – переноска на носилках

При питании сварочных постов ацетиленом и кислородом баллоны устанавливают *не ближе 5 м* от нагревательных печей или других сильных источников теплоты в вертикальном положении на специальных стойках и прочно закрепляют хомутами или цепями (рисунок 1.2). Кислородный баллон допускается укладывать наклонно, так чтобы вентиль располагался выше башмака.

Запрещается снимать колпак с баллона или открывать вентиль ударами молотка, зубилом или другими способами, вызывающими образование искры. Во избежание взрыва баллоны с кислородом и их арматуру необходимо тщательно предохранять от загрязнения маслом или жиром. Вентиль кислородного баллона разрешается открывать, и закрывать только от руки,

а ацетиленового баллона – специальным ключом. Подтягивание соединений в вентиле и его ремонт на баллоне с газом, находящимся под давлением, запрещается.

Хранение баллонов должно производиться в складах, удаленных *от других зданий не менее 10 м*, с закреплением баллонов в специальных стеллажах (клетках) по 20–25 шт. или каждого баллона отдельно. Не допускается хранение в одном помещении баллонов с кислородом и горючими газами, а также полных и пустых баллонов вместе.

На каждом передвижном сварочном посту разрешается иметь только два кислородных баллона: один, находящийся в работе, другой – запасной.

Кислородные баллоны и их вентили необходимо предохранять от попадания масел, которые способны самовоспламениться в среде сжатого кислорода, что при определенных условиях может послужить причиной взрыва баллона. Особенно опасным по этой причине является попадание масла внутрь кислородного баллона, а также попадание в баллон горючих газов, которые образуют с кислородом взрывоопасные смеси.

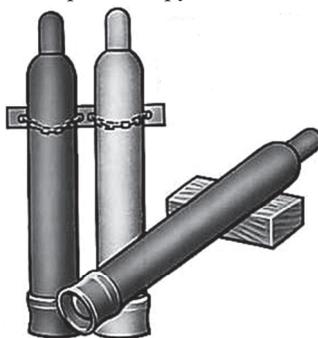


Рисунок 1.2. Положение баллона на месте производства газовой сварки

Отбирать кислород из баллона можно до остаточного давления 0,05 МПа. Его допустимые значения по манометру в баллонах зависят от температуры окружающего воздуха и должны показаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Допустимые значения давления в баллонах в зависимости от температуры окружающего воздуха

Температура, °С	0	0–15	15–25	25–35
Давление, МПа	0,05	0,1	0,2	0,3

Редукторы, как и другая аппаратура, должны быть в исправном состоянии. Манометры должны ежегодно поверяться в специальной мастерской, и иметь соответствующее клеймо.

При сварке можно применять только редукторы с исправными манометрами. Перед присоединением кислородного редуктора к баллону необходимо осмотреть его и вентиль баллона, чтобы убедиться в отсутствии жировых загрязнений, а затем сделать продувку вентиля для удаления ме-

ханических частиц, которые могут в нем находиться. При продувке следует находиться в стороне от струи газа.

Кислород в редуктор следует впускать постепенно, медленно открывая вентиль баллона и полностью ослабляя регулирующий винт редуктора. При впуске газа нельзя становиться перед редуктором. Необходимо следить за герметичностью редуктора и его соединений с вентилям баллонов и шлангами. При резке керосинорезом следует на его входной штуцер (кислородный) устанавливать предохранительный клапан, препятствующий обратному удару пламени в кислородный шланг.

Перед присоединением кислородного редуктора к баллону необходимо осмотреть его и вентиль баллона, чтобы убедиться в отсутствии жировых загрязнений, а затем сделать продувку вентиля для удаления механических частиц, которые могут в нем находиться. При продувке следует находиться в стороне от струи газа.

Бачок для жидкого горючего должен заполняться не более чем на 3/4 его емкости. Давление кислорода перед керосинорезом должно поддерживаться несколько более высоким, чем давление в бачке с керосином для предупреждения возможности попадания керосина в кислородный шланг. Следует осторожно обращаться с керосином, не проливать его на пол цеха или разрезаемый лист металла во избежание возможного загорания керосина. В случае загорания керосина для гашения пламени следует применять не воду, а песок, пенный или углекислотный огнетушитель, брезент или войлок.

Ремонт редукторов и устранение пропусков газа в них необходимо поручать только специально обученному персоналу.

Горелки и резаки необходимо предохранять от повреждений и загрязнений, следить за плотностью всех соединений и отсутствием пропускания газа, немедленно устраняя замеченные дефекты. Закрепление шлангов на ниппелях горелок и резаков должно быть надежным – хомутиками или мягкой проволокой, причем плотность в местах присоединения шлангов должна проверяться перед началом работы водой.

При подготовке горелки или резака инжекторного типа к работе необходимо убедиться в наличии разрежения в канале горючего. Зажигание пламени нужно производить в следующем порядке: сначала немного открыть вентиль кислорода, а затем вентиль горючего; при гашении пламени или обратном ударе первым быстро закрывается вентиль горючего, а затем кислорода.

Не допускается перемещение с зажженной горелкой или резаком за пределами рабочего места, а также подъем по трапам, лесам и т.п.

При перерывах в работе пламя горелки (резака) должно быть погашено, а вентили плотно закрыты.

В случае перегрева аппаратуры пламя должно быть погашено, а горелка или резак охлаждены в сосуде с холодной водой.

Необходимо следить также за чистотой каналов мундштуков во избежание хлопков и обратных ударов; для прочистки должны применяться иглы из медной или латунной проволоки.

Производить ремонт горелок и резаков на рабочих местах запрещается. Неисправная аппаратура должна быть сдана в ремонт.

Рукава (шланги) нужно применять в соответствии с их назначением. Не допускается использовать кислородные рукава для подачи ацетилена и наоборот. Длина рукавов *не должна превышать 30 м и быть менее 5 м*, чтобы не ограничивать движений сварщика.

Не допускается использование испорченных рукавов, а также ремонт их изоляционной лентой и другими материалами. При ремонте рукава следует вырезать дефектное место и сращивать рукава сдвоенными соединительными шланговыми ниппелями.

Рукава на соединительных ниппелях аппаратуры (горелок, резаков, редукторов и др.) надежно закрепляют хомутиками из стали, а на ниппели водяных затворов их плотно надевают, но не закрепляют. Допускается использовать рукава, если он имеет не более двух стыков; при этом длина стыкуемых отрезков рукавов *должна быть не менее 3 м*.

Рукава должны подвергаться гидравлическому испытанию на прочность 1 раз в 3 месяца давлением, равным $1,25P$, где P – рабочее давление. Рукав выдерживают при этом давлении 10 мин. На рукаве не должно быть разрывов, просачивания воды в виде росы и местных вздутий.

Наружный слой рукавов, применяемых для ацетилена, пропана должен быть красного цвета, а для кислорода – синего. До присоединения к горелке или резаку рукава должны быть продуты рабочим газом. Перегибать рукава во время работы запрещается.

При обрыве рукава необходимо немедленно погасить пламя, перекрыв соответствующие вентили. Рукава должны храниться в помещении при температуре 0–25 °С в бухтах или в расправленном виде и размещаться на расстоянии не менее 1 м от теплоизлучающих приборов.

Рукава должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей, от попадания на них масла, бензина, а также от кислот, щелочей и других веществ, разрушающих резину и нитяной каркас.

? Контрольные вопросы

1. Каково влияние газосварки на глаза сварщика?
2. В чем заключаются правила газосварочных работ в закрытых помещениях?
3. Где и как устанавливается ацетиленовый генератор?
4. Перечислите основные правила работы с ацетиленовым генератором.
5. Расскажите основные правила обращения с карбидом кальция.
6. Как производится транспортировка и хранение газовых баллонов?
7. Как производится подготовка к работе газосварочного и газорезательного оборудования?
8. Назовите мероприятия, выполняемые при нарушении (повреждении) в работе газосварочного оборудования.

1.2. Оборудование и материалы для газосварочных работ

1.2.1. *Материалы, применяемые при газовой сварке и резке металлов*

Кислород. При газовой сварке и резке нагрев металла осуществляется высокотемпературным газовым пламенем, получаемым при сжигании горючего газа или паров жидкости в технически чистом кислороде.

Для сварки и резки по ГОСТ 5583-68 технический кислород выпускается трех сортов – 1-й чистотой не менее 99,7 %, 2-й – не менее 99,5, 3-й – не менее 99,2 % по объему. Чистота кислорода имеет большое значение для кислородной резки. Чем меньше в нем содержится газовых примесей, тем выше скорость сварки и резки, чище кромки и меньше расход кислорода.

Карбид кальция является основным сырьем для получения горючего газа ацетилена.

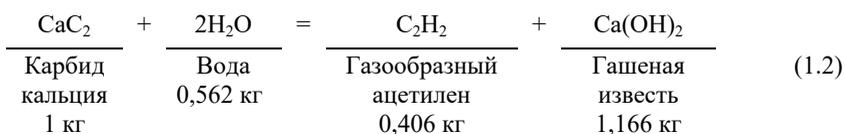
Карбид кальция является химическим соединением кальция с углеродом (химическая формула CaC_2), используется для получения горючего газа – ацетилена. По внешнему виду карбид кальция представляет собой твердое тело темно-серого или коричневатого цвета. Карбид кальция получают сплавлением кокса и негашеной извести в электрических дуговых печах при температуре 1900–2300 °С, при которой протекает реакция:



Расплавленный карбид кальция сливают из печи в изложницы, где он остывает, после чего его подвергают дроблению и сортировке на куски размером от 2 до 80 мм. Готовый карбид кальция упаковывают в герметически закрываемые барабаны из кровельной стали емкостью по 100 и 130 кг. В товарном карбиде кальция не должно быть более 3 % частиц размером менее 2 мм (пыли). Требования к карбиду кальция регламентируются ГОСТом, которым установлены следующие размеры (грануляция) кусков карбида кальция: 2×8; 8×15; 15×25; 25×80 мм. Чем крупнее куски, тем больше получается выход ацетилена.

При взаимодействии с водой карбид кальция, быстро разлагаясь, выделяет газообразный ацетилен, и образует в остатке гашеную известь, являющуюся отходом.

Реакция разложения карбида кальция водой происходит по схеме:



Цифры указывают теоретическое количество воды, необходимое для разложения 1 кг карбида кальция, и теоретические количества ацетилена и гашеной извести, получаемые из 1 кг химически чистого карбида кальция. Как видно из реакции, 1 кг чистого карбида кальция дает 0,406 кг ацетилена. Так как 1 м³ ацетилена при абсолютном давлении 1 кг/мм² и 20 °С весит 1,09 кг, то, следовательно, из 1 кг химически чистого карбида кальция теоретически можно получить 0,406 : 1,09 = 0,372 м³ ацетилена.

Технический карбид кальция обычно содержит не более 70–80 % химически чистого карбида кальция, а остальное – различные примеси, преимущественно негашеная известь. Поэтому из 1 кг технического карбида кальция можно получать от 235 до 285 дм³ ацетилена.

ГОСТ 1460-76 устанавливает нормы выхода ацетилена в зависимости от размеров кусков карбида кальция (таблица 1.3).

Таблица 1.3. Выход ацетилена из карбида кальция по ГОСТ 1460-76

Размер куска	Выход ацетилена, дм ³ /кг	
	I сорт	II сорт
2×8	255	235
8×15	265	245
15×25	275	255
25×80	285	265
Смешанные размеры	275	265

Если учесть потери ацетилена на растворение в воде и продувку ацетиленового генератора, то для получения 1 м³ ацетилена практически приходится расходовать 4,3–4,5 кг карбида кальция.

Карбид кальция активно соединяется с водой. Достаточно присутствия паров воды в воздухе, чтобы карбид кальция начал разлагаться и выделять ацетилен.

Разложение карбида кальция в воде идет быстро и сопровождается выделением значительного количества тепла – 400–450 ккал на 1 кг карбида кальция. Чем меньше размеры кусков карбида кальция, тем быстрее происходит его разложение. Карбид кальция размером 50×80 мм разлагается полностью в течение 13 мин, а размером 8×15 мм – в течение 65 мин. Карбидная пыль при смачивании водой разлагается почти мгновенно. Поэтому карбидную пыль нельзя применять в обычных ацетиленовых генераторах, рассчитанных для работы на кусковом карбиде кальция, так как это может вызвать взрыв ацетилена в генераторе. Для разложения карбидной пыли применяют генераторы специальной конструкции.

Чем выше температура воды, тем быстрее идет разложение карбида кальция. Если вода сильно загрязнена гашеной известью, образующейся при разложении карбида кальция, то реакция разложения замедляется.

Для охлаждения ацетилена при разложении карбида кальция вместо теоретического количества воды в 0,56 кг берут больше, а именно от 5 до 20 кг, воды на 1 кг разлагаемого карбида кальция. Это делает процесс более безопасным. Температура выходящего из генератора ацетилена при этом превышает температуру окружающей среды всего на 10–15 °С.

Ацетилен – бесцветный горючий газ C₂H₂ с атомной массой 26,04, немного легче воздуха. Технический ацетилен при нормальных давлении и температуре представляет собой бесцветный газ с резким специфическим чесночным запахом, обусловленным содержащимися в нем примесями сероводорода, аммиака, фосфористого водорода и др. Длительное вдыхание его вызывает тошноту, головокружение и даже отравление.

При нормальном давлении и температуре от –82,4 °С до –84,0 °С ацетилен переходит в жидкое состояние, а при температуре –85 °С затвердевает. При температуре 400 °С молекулы ацетилена соединяются между собой, образуя новые более сложные вещества – бензол (C₆H₆), стирол (C₈H₈), нафталин (C₁₀H₁₀) и др.

В промышленности ацетилен обычно получают из карбида кальция (CaC₂) при разложении последнего водой.

В связи с развитием в России промышленности химического синтеза на базе использования богатейших запасов природного газа широкое распространение получил способ производства ацетилена из природного газа (метана) термоокислительным пиролизом метана с кислородом. Получаемый этим способом ацетилен называется *пиролизным* ацетиленом. В данном процессе метан сжигают в смеси с кислородом в реакторах при температуре 1300–1500 °С. Полученная при этом смесь содержит до 8 % ацетилена, 54 % водорода, 25 % окиси углерода, остальное – примеси. Из нее с помощью растворителя (диметилформамида) извлекается ацетилен концентрации 99,0–99,2 %. Оставшаяся часть пиролизных газов используется для производства аммиака и других продуктов. Получение ацетилена из природного газа на 30–40 % дешевле, чем из карбида кальция. Пиролизный ацетилен закачивается в баллоны, где находится в порах массы растворенным в ацетоне, и в таком виде отправляется потребителям. Пиролизный ацетилен выпускается по МРТУ 6-03-165-64, и по своим свойствам горючего для газопламенной обработки равноценен ацетилену, полученному из карбида кальция.

Ацетилен самовоспламеняется при температуре 335 °С, смесь ацетилена с кислородом воспламеняется при температуре 297–306 °С, смесь ацетилена с воздухом – при температуре 305–470 °С. Присутствие окиси меди снижает температуру самовоспламенения ацетилена до 240 °С.

Ацетилен взрывоопасен при следующих условиях:

- при увеличении температуры более 450–500 °С и давлении более 150–200 кПа;
- при атмосферном давлении ацетиленокислородная смесь с содержанием ацетилена от 2,3 до 93 % взрывается от искры, пламени, сильного местного нагрева и др.;
- при аналогичных условиях смесь ацетилена с воздухом взрывается при содержании в ней ацетилена от 2,2 до 80,7 %;
- в результате длительного соприкосновения ацетилена с серебром или медью образуется взрывчатое ацетиленистое серебро или медь, взрывающиеся при повышении температуры или ударе;
- в жидком и твердом состоянии ацетилен взрывается от трения и удара;
- при определенных условиях ацетилен реагирует с медью, образуя взрывоопасные соединения, вот почему категорически запрещается при изготовлении ацетиленового оборудования применение сплавов, содержащих более 70 % меди.

Взрываемость ацетилена понижается при растворении его в жидкостях. Особенно хорошо он растворяется в ацетоне. В одном объеме технического ацетона при 20 °С и нормальном атмосферном давлении можно растворить до 20 объемов ацетилена. Растворимость ацетилена в ацетоне увеличивается с увеличением давления и понижением температуры.

Взрыв ацетилена способен вызвать значительные разрушения и тяжелые несчастные случаи: при взрыве 1 кг ацетилена выделяется примерно в два раза больше тепла, чем при взрыве 1 кг тротила и примерно в 1,5 раза больше, чем при взрыве 1 кг нитроглицерина.

Ацетилен – основной горючий газ, используемый при газовой сварке, и широко применяющийся для газовой резки (кислородной резки). Температура ацетиленокислородного пламени достигает 3087 °С. Благодаря этому ацетилен по сравнению с более доступными горючими газами (пропан-бутаном, природным газом и др.) обеспечивает более высокое качество и производительность сварки.

Важным параметром сварочного пламени является не только его температура, но и «интенсивность горения», определяемая как произведение нормальной скорости горения на теплотворность смеси (таблица 1.4).

Таблица 1.4. Интенсивность горения некоторых газов, ккал·см⁻²·сек⁻¹

Горючий газ	Смесь					
	стехиометрическая (полное сгорание)		нормальное пламя			
	Горючее, %	Интенсивность горения	Горючее, %	Интенсивность горения		
первичная				вторичная	общая	
Ацетилен	28,1	2,77	49	1,25	2,20	3,45
Водород	66,7	1,79	80	1,05	1,01	2,06
Метан	33,3	1,39	40	1,13	0,56	1,69
Пропан	16,7	1,32	20	1,22	0,27	1,49

Как видно из таблицы 1.4, ацетилен обладает наибольшей интенсивностью горения по сравнению с другими горючими газами.

Снабжение постов ацетиленом для газовой сварки и резки может осуществляться от баллонов с ацетиленом и от ацетиленового генератора.

Для хранения ацетилена обычно используются стандартные баллоны, заполненные пористой массой (рисунок 1.3), емкостью 40 л, окрашенные в белый цвет, с надписью красного цвета «Ацетилен» (ПБ 10-115-96, ГОСТ 949-73). В качестве пористых масс могут применяться активированный уголь, пемза, волокнистый асбест. Согласно ГОСТ 5457-75 для газопламенной обработки металлов применяется технический растворенный марки Б и газообразный ацетилен.



Рисунок 1.3. Ацетиленовый баллон и его вентиль

40-литровые баллоны с максимальным давлением газа 1,9 МПа при температуре 20 °С обычно заполняют 5–5,8 кг ацетилена (4,6–5,3 м³ газа при температуре 20 °С и 0,1 МПа). Масса ацетилена в баллоне определяется по разности масс баллона до и после наполнения газом. Объем ацетилена равен отношению его массы и плотности. Так, объем 5,5 кг ацетилена при температуре 20 °С и давлении 9,1 МПа составляет $5,5/1,09 = 5,05 \text{ м}^3$.

В таблице 1.5 приведено допустимое давление ацетилена в баллоне в зависимости от температуры, а в таблице 1.6 – остаточное давление в баллоне, поступающим от потребителя.

Таблица 1.5. Допустимое давление газа в баллоне в зависимости от температуры (при номинальном давлении 1,9 МПа /+20 °С) (ГОСТ 5457-75)

Температура, °С		-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	+35	+40
Давление в баллоне, не более	МПа	1,34	1,4	1,5	1,65	1,8	1,9	2,15	2,35	2,6	3
	кгс/см ²	13,4	14	15	16,5	18	19	21,5	23,5	26	30

Таблица 1.6. Остаточное давление газа в баллоне, поступающем от потребителя (ГОСТ 5457-75)

Температура, °С		до 0	от 0 до +15	от +15 до +25	от +25 до +35
Остаточное давление в баллоне, не менее	МПа	0,05	0,1	0,2	0,3
	кгс/см ²	0,5	1	2	3

Кроме ацетилена при сварке и резке металлов применяют и другие более дешевые и менее дефицитные горючие газы и пары горючих жидкостей. Основная область применения газов-заменителей – кислородная резка, сварка и пайка цветных металлов и их сплавов. Правильное использование газов-заменителей не ухудшает качество сварки и резки металлов. Применение газов-заменителей дает более высокую чистоту реза при резке металлов малой толщины.

При сварке температура пламени должна примерно в два раза превышать температуру плавления металлов, поэтому газы-заменители, температура пламени которых ниже, чем у ацетилена, необходимо использовать при сварке металлов с более низкой температурой плавления, чем у сталей.

При кислородной резке используются горючие газы, которые при сгорании в смеси с кислородом дают пламя с температурой не ниже 2000 °С. Выбор горючего газа зависит также от его теплотворной способности.

Теплотворной способностью газа называется количество тепла, получаемое при полном сгорании 1 м³ газа. Чем выше теплотворная способность газа, тем меньше его расход при сварке и резке металлов. Для полного сгорания одинакового объема различных горючих газов требуется различное количество кислорода, от этого зависит эффективная мощность пламени.

Эффективной мощностью пламени называется количество тепла, вводимое в нагреваемый металл в единицу времени. Для расчетов замены

ацетилена другим газом-заменителем пользуются коэффициентом замены ацетилена.

Коэффициентом замены ацетилена называется отношение расхода газа-заменителя, V_3 к расходу ацетилена, V_A при одинаковой эффективной тепловой мощности, ψ :

$$\psi = \frac{V_3}{V_A}, \quad (1.3)$$

Пропан-бутан – смесь двух нефтяных углеводородных газов, пропана C_3H_8 и бутана C_4H_{10} . Пропан-бутановая смесь в газообразном состоянии является бесцветной, не ядовитой, тяжелее воздуха, обладает резким запахом от одорантов – сильно пахнущих веществ, добавляемых в газ для обнаружения возможной утечки. При понижении температуры и повышении давления смесь переходит в жидкое состояние.

Пропан технический состоит из пропана C_3H_8 с примесью пропилена C_3H_6 , и представляет собой бесцветный газ с резким запахом от одорантов.

Бутан C_4H_{10} обладает большей теплотворной способностью, чем пропан, однако имеет более высокую температуру начала газообразования, то есть, переход из жидкого состояния в газообразное ($-0,5$ °C у бутана и -42 °C у пропана). В связи с этим при температуре ниже $-0,5$ °C отбор газообразного бутана не представляется возможным. Смесь с содержанием бутана от 5 до 30 % (с преобладанием пропана) имеет повышенную теплотворную способность и может использоваться в условиях холодного климата с температурой окружающей среды примерно до -25 °C.

Пропан-бутановые смеси получают в качестве попутных при добыче природного газа, переработке нефти и нефтепродуктов.

Баллоны стальные сварные с пропан-бутаном (рис. 1.4) согласно ГОСТ 15860-84, ГОСТ 949-73 окрашивают в красный цвет, с надписью «Пропан» («Пропан-бутан») белого цвета. Давление газа в баллоне достигает до 1,6 МПа. При испарении 1 кг жидкого пропана образуется около 530 л газа, при испарении 1 кг жидкого бутана – около 460 л газа.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ	4
1.1. Безопасность труда при газовой сварке и резке металлов	4
1.2. Оборудование и материалы для газовой сварки и резки металла	13
1.2.1. Материалы, применяемые при газовой сварке и резке металлов	13
1.2.2. Оборудование и аппаратура для газовой сварки и резки	26
1.3. Техника выполнения газосварочных работ	84
1.3.1. Рабочее место газосварщика для газопламенной обработки металлов	84
1.3.2. Сварочное пламя	87
1.3.3. Область применения, режимы и способы газовой сварки	98
1.3.4. Газовая сварка сталей, цветных металлов и их сплавов	125
1.3.5. Контроль качества сварки	152
Глава 2. КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ	156
2.1 Сущность и условия резки	156
2.2. Техника выполнения кислородной резки металла	167
2.3. Поверхностная кислородная резка	187
2.4. Контроль качества кислородной резки металлов	191
Заключение	195
Список литературы	196