

В.В.ОВЧИННИКОВ

ТЕХНОЛОГИЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

УЧЕБНИК

*Рекомендовано
Федеральным государственным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования
в учебном процессе образовательных учреждений,
реализующих программы начального
профессионального образования*

*Регистрационный номер рецензии 342
от 16 июня 2009 г. ФГУ «ФИРО»*

3-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2014

УДК 621.791.5(075.32)
ББК 34.641:34.642я722
О-355

Рецензент —
преподаватель спецдисциплины «Сварочное производство»
ГОУ СПО «Строительный колледж № 41» г. Москвы *Н. О. Петрусёва*

Овчинников В. В.

О-355 Технология газовой сварки и резки металлов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В. В. Овчинников. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 240 с.

ISBN 978-5-4468-0683-6

Учебник является частью учебно-методического комплекта по профессии «Сварщик».

Изложены общие сведения о газовой сварке и резке металлов. Описана технология сварки цветных металлов и сплавов. Рассмотрено оборудование, применяемое при газовой сварке и резке.

Учебник может быть использован при освоении профессионального модуля ПМ.02 «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях» (МДК.02) по профессии 150709.02 «Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)».

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 621.791.5(075.32)
ББК 34.641:34.642я722

Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается

© Овчинников В. В., 2010
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

ISBN 978-5-4468-0683-6

Уважаемый читатель!

Данный учебник является частью учебно-методического комплекта по профессии 150709.02 «Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)».

Учебник предназначен для изучения профессионального модуля ПМ.02 «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях».

Учебно-методические комплекты нового поколения включают в себя традиционные и инновационные учебные материалы, позволяющие обеспечить изучение общеобразовательных и профессиональных дисциплин и профессиональных модулей. Каждый комплект содержит учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для освоения общих и профессиональных компетенций, в том числе и с учетом требований работодателя.

Учебные издания дополняются электронными образовательными ресурсами. Электронные ресурсы содержат теоретические и практические модули с интерактивными упражнениями и тренажерами, мультимедийные объекты, ссылки на дополнительные материалы и ресурсы в Интернете. В них включен терминологический словарь и электронный журнал, в котором фиксируются основные параметры учебного процесса: время работы, результат выполнения контрольных и практических заданий. Электронные ресурсы легко встраиваются в учебный процесс и могут быть адаптированы к различным учебным программам.

Учебно-методический комплект по дисциплине «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях» включает в себя электронный образовательный ресурс «Сварка и резка деталей из различных сталей, цветных металлов и их сплавов, чугунов во всех пространственных положениях».

Предисловие

Сварка — один из основных технологических процессов в современном промышленном производстве, в значительной мере определяющий технический уровень, качество, рентабельность и конкурентоспособность выпускаемой продукции. Поэтому важное значение имеет освоение высокопроизводительных сварочных процессов и нового оборудования.

Газовая сварка и резка является одним из ведущих направлений в современном сварочном производстве, широко применяемым при изготовлении различных конструкций: металлургического, кузнечно-прессового, химического и энергетического оборудования, трубопроводов различного назначения, а также в строительстве. Важную роль играет газовая сварка при выполнении ремонтных работ.

Цель настоящего учебника — помочь студентам образовательных учреждений, обучающимся по профессии «Сварщик», овладеть знаниями, необходимыми для практической работы. Кроме того, это учебное издание может оказаться полезным для квалифицированных мастеров и рабочих, проходящих переподготовку, а также для специалистов в области газопламенной обработки металлов.

Учебник содержит описание основных технологических процессов и типовых приемов газовой сварки и резки металлов, применяемых в современном производстве, и оптимальных режимов их осуществления, сведения о материалах и оборудовании, его технических характеристиках и рекомендуемых областях применения.

В учебнике рассмотрены технология и особенности газовой сварки и резки различных конструкционных материалов (сталь, чугун, цветные металлы), основные технологические приемы при сварке соединений в различных пространственных положениях.

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ И РЕЗКИ МЕТАЛЛОВ

1.1. КИСЛОРОД, ЕГО СВОЙСТВА И ПОЛУЧЕНИЕ

Кислород O_2 является наиболее распространенным элементом на Земле. Газообразный кислород бесцветен, прозрачен, не имеет запаха и вкуса, негорюч, но способен активно поддерживать процесс горения.

Основные физические свойства кислорода следующие:

Молекулярная масса	32
Масса 1 м^3 при 0 °C и $0,1\text{ МПа}$, кг	1,43
Критическая температура, °C	119
Температура сжижения при $0,1\text{ МПа}$, °C	183,18
Масса 1 м^3 жидкого кислорода при -183 °C и $0,1\text{ МПа}$, кг	1 140
Количество газообразного кислорода, получающегося из 1 м^3 жидкого кислорода при 0 °C и $0,1\text{ МПа}$, м^3	860

Кислород обладает высокой химической активностью и способен образовывать химические соединения (оксиды) со всеми элементами кроме инертных газов и благородных металлов. Скорость реакции окисления возрастает при повышении температуры или применения катализаторов. Реакции окисления органических веществ в кислороде протекают с выделением большого количества тепловой энергии. Повышение давления и температуры кислорода в зоне реакции значительно ускоряет ее протекание.

При соприкосновении сжатого газообразного кислорода с органическими веществами (пленкой масел или жиров, угольной пылью) может происходить их самовоспламенение, поэтому при использовании кислорода необходимо следить за тем, чтобы он не находился в контакте с легковоспламеняющимися горючими веществами, способными гореть в кислороде.

В процессе эксплуатации необходимо исключить возможность попадания и накопления масел и жиров на поверхности деталей, работающих в среде кислорода.

Горючие газы и пары образуют с кислородом взрывчатые смеси, обладающие широкими пределами взрываемости при воспламенении. Взрывная волна в таких смесях распространяется с высокой скоростью (3 000 м/с и более).

Отмеченные свойства кислорода следует всегда учитывать при его использовании в процессах газопламенной обработки, транспортировании и хранении.

Технический кислород является основой для осуществления процессов газовой сварки, кислородной резки, поверхностной закалки и других процессов газопламенной обработки.

Кислород можно получать электролизом воды и разделением воздуха методом глубокого охлаждения. Химические способы малопроизводительны и неэкономичны.

Электролиз воды, т.е. разложение ее на составляющие (водород, кислород), осуществляют в электролизерах. Через воду, в которую для повышения электрической проводимости добавляют едкий натр — гидроксид натрия NaOH, пропускают постоянный ток; кислород собирается на аноде, а водород — на катоде. Недостатком способа является большой расход электроэнергии; его применение рационально при одновременном использовании обоих газов. Основным способом промышленного получения кислорода — извлечение из атмосферного воздуха методом глубокого охлаждения и ректификации воздуха. В установках для получения кислорода и азота воздух подвергается очистке от примесей, сжатию в компрессоре до соответствующего давления (0,6... 20 МПа), охлаждению в теплообменниках до температуры сжижения и затем в жидком виде разделению (низкотемпературной ректификации) на кислород и азот.

Разность температур сжижения кислорода и азота составляет около 13 °С, что достаточно для их полного разделения в жидкой фазе. На крупных воздухоразделительных установках попутно с получением кислорода или азота из воздуха извлекают также инертные газы: аргон, криптон, ксенон, неонгелиевую смесь, имеющие широкое применение в технике.

1.2. ГОРЮЧИЕ ГАЗЫ, ИХ ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА

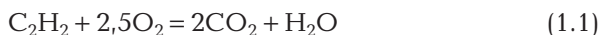
Для процессов газовой сварки и резки могут быть применены различные горючие газы, при сгорании которых в смеси с техни-

ческим кислородом температура газового пламени превышает 2000 °С. По химическому составу они, за исключением водорода, представляют собой или углеводородные соединения, или смеси различных углеводородов.

Ацетилен. Для газопламенной обработки наибольшее распространение получил ацетилен. При его сгорании в кислороде образуется пламя с более высокой температурой, чем при сгорании других горючих газов — заменителей ацетилена.

Ацетилен C_2H_2 представляет собой углеводород ненасыщенного ряда. Его структурная формула $H-C\equiv C-H$. При атмосферном давлении и нормальной температуре ацетилен — бесцветный газ. Технический ацетилен вследствие присутствия в нем примесей имеет резкий специфический запах. При температуре 20 °С, давлении 0,1 МПа плотность ацетилена — 1,09 кг/м³. При атмосферном давлении ацетилен сжижается при температуре -83,6...-82,4 °С.

Полное сгорание ацетилена происходит по реакции



т. е. для полного сгорания одного объема ацетилена требуется два с половиной объема кислорода. Высшая теплота сгорания ацетилена при температуре 0 °С и давлении 0,1 МПа — 58 660 кДж/м³. Теплота реакции сгорания ацетилена складывается из теплоты реакции распада ацетилена и суммы теплоты первичных реакций сгорания углерода и водорода.

Распад ацетилена происходит по реакции



Важным параметром сварочного пламени помимо его температуры является интенсивность горения, под которой понимается произведение нормальной скорости горения на теплоту сгорания смеси. Данные об интенсивности горения ацетилена и некоторых других горючих газов приведены в табл. 1.1. Ацетилен обладает наибольшей интенсивностью горения по сравнению с другими газами, используемыми при газопламенной обработке.

Температура самовоспламенения ацетилена (240...630 °С) зависит от давления и присутствия в ацетилене различных веществ. Повышение давления существенно снижает температуру самовоспламенения ацетилена. Присутствие в ацетилене частиц других веществ увеличивает поверхность контакта и тем самым снижает температуру самовоспламенения.

При сжатии ацетилена в компрессоре до давления 2,9 МПа, если температура в конце сжатия не превышает 275 °С, самовосп-

Таблица 1.1. Интенсивность горения газов

Горючий газ	Полное сгорание		Нормальная пламя			
			Горючее, %	Интенсивность горения, МДж/(м ² ·с)		
	Горючее, %	Интенсивность горения, МДж/(м ² ·с)		первичная	вторичная	общая
Ацетилен	28,1	116	49	52	92	175
Водород	66,7	75	80	44	42	86
Метан	33,3	58	40	47	23	71
Пропан	16,7	55	20	51	113	62

ламенения ацетилена не происходит. Это позволяет наполнять баллоны ацетиленом в целях его длительного хранения и транспортирования. С повышением избыточного давления $p_{и}$ температурный предел t начала процесса полимеризации снижается (рис. 1.1).

При использовании ацетилена допустим его нагрев до следующих значений температуры в зависимости от давления p : при $p = 0,1$ МПа — до 300 °С; при $p = 0,25$ МПа — до 150... 180 °С; при $p > 0,25$ МПа — до 100 °С.

Один из важных показателей взрывоопасности горючих газов и паров — энергия зажигания. Чем меньше энергия зажигания,

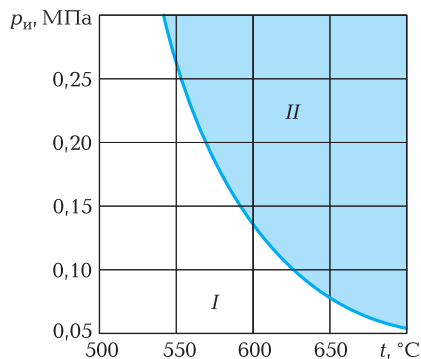


Рис. 1.1. Области полимеризации (I) и взрывного распада (II) ацетилена

тем взрывоопаснее вещество. Энергия зажигания кислородно-газовых смесей в 100 раз меньше, чем воздушно-газовых. Ацетилен имеет наименьшую энергию зажигания и в отношении взрывоопасности подобен водороду.

Присутствие паров воды сильно снижает способность ацетилена к самовоспламенению от случайных источников нагрева и к взрывчатому распаду. В связи с этим в ацетиленовых генераторах, где ацетилен всегда насыщен парами воды, действующими правилами установлено предельное давление: избыточное — 0,15 МПа, абсолютное — 0,25 МПа.

При атмосферном давлении смесь ацетилена с воздухом взрывоопасна при содержании в ней 2,2 % ацетилена и более; смесь с кислородом — 2,8 % ацетилена и более. Верхнего предела взрываемости для смесей ацетилена с воздухом и кислородом не существует, так как взрываться способен и чистый ацетилен при достаточной энергии зажигания.

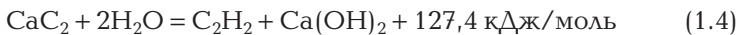
Основным способом получения ацетилена является переработка карбида кальция CaC_2 . Этот способ довольно громоздок, дорог и требует большого количества электроэнергии. Получение ацетилена из природного газа на 30...40 % дешевле, чем из карбида кальция. Ацетилен, используемый для сварки и резки, закачивают в баллоны с пористой массой, пропитанной ацетоном. По свойствам он не отличается от ацетилена, получаемого из карбида кальция.

Карбид кальция CaC_2 — твердое вещество кристаллического строения, имеющее в изломе темно-серый цвет. Реакция образования карбида кальция из оксида кальция CaO и углерода C протекает при температуре 2000...2300 °С с поглощением теплоты:



Для получения 1 кг карбида кальция теоретически требуется затратить 7,06 МДж энергии. Технический карбид кальция содержит 70...75 % химически чистого карбида кальция, 17...24 % оксида кальция и различные примеси: оксиды магния, алюминия, железа, соединения серы, фосфора, ферросилиций, углерод и др.

Карбид кальция чрезвычайно активно вступает в соединение с водой, разлагаясь при этом с образованием газообразного ацетилена и гидроксида кальция (гашеной извести). Разложение карбида кальция водой протекает с выделением теплоты:



Для разложения 1 кг химически чистого карбида кальция требуется затратить 0,562 кг воды. При этом получается 0,406 кг аце-

тилена и 1,156 кг гидроксида кальция. Количество ацетилена (выход ацетилена), получаемое при разложении 1 кг карбида кальция — 372 дм³/кг. С учетом паров, насыщающих ацетилен, при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа выход ацетилена составит 380 дм³/кг.

При разложении 1 кг карбида кальция выделяется 1,98 МДж/кг количества теплоты, что создает опасность перегрева в зоне реакции, требует осуществлять ее при избытке воды и обеспечивать отвод теплоты реакции. Особенно опасны местные перегревы карбида кальция, так как при этом температура в месте разложения карбида кальция может достигать 700... 800 °С. При такой температуре возможен взрыв ацетилена, особенно при попадании воздуха в зону реакции. В связи с этим действующими правилами предусмотрено требование поддерживать в месте разложения карбида кальция температуру не выше 250 °С, при которой еще не могут возникать процессы взрывчатого распада ацетилена.

Скорость разложения измеряется количеством ацетилена, выделившегося при разложении 1 кг карбида кальция в течение 1 мин, и зависит от сорта и грануляции карбида кальция, а также температуры воды. Повышение содержания в воде гидроксида кальция снижает скорость разложения вследствие заиливания кусков карбида кальция. При содержании в воде 20 % гидроксида кальция и температуре 17 °С разложение карбида кальция почти полностью прекращается вследствие сильного заиливания его кусков. При разложении карбида кальция в ацетиленовых генераторах предусмотрено его периодическое перемешивание в зоне реакции.

Наибольшая скорость разложения карбида кальция отмечается в первые 2... 4 мин после его смачивания (рис. 1.2). Карбидная пыль разлагается почти мгновенно, что представляет опасность при использовании мелких частиц карбида кальция в генераторах обычной конструкции. При быстром разложении возможно резкое повышение давления и температуры в зоне реакции вследствие склонности пыли к спеканию, что, в свою очередь, часто приводит к вспышкам и взрывному распаду ацетилена. В связи с этим при использовании карбидной пыли применяют специальные генераторы, в которых обеспечивают точное дозирование подачи пыли и воды и охлаждение реакционной зоны при постоянном перемешивании реагирующих веществ. С учетом указанной особенности разложения мелкого карбида кальция содержание пыли и мелких частиц размером менее 2 мм для грануляции

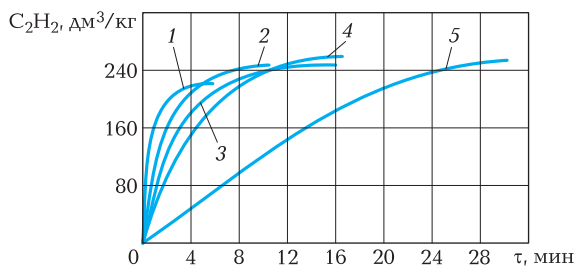


Рис. 1.2. Зависимость скорости образования газообразного ацетилена от времени разложения τ карбида кальция и его грануляции (отношения размеров, мм, минимальной и максимальной фракций):
 1 — 2/8; 2 — 8/15; 3 — 15/25; 4 — 25/50; 5 — 50/80

25...50 мм и более не должно превышать 2 %, для грануляции 2...25 мм — не более 5 %.

Поскольку карбид кальция интенсивно поглощает атмосферную влагу и при этом разлагается с выделением ацетилена, его хранят и транспортируют в стальных барабанах, герметически закрывающихся крышкой. Барабаны с карбидом кальция необходимо хранить в сухих, хорошо проветриваемых складах, защищенных от затопления грунтовыми водами и располагаемых на расстоянии не менее 20 м от производственных помещений и жилых зданий.

Для хранения и транспортирования ацетилена под давлением используют баллоны, заполненные специальной пористой массой, пропитанной ацетоном. Ацетон CH_3COCH_3 — растворитель, имеющий температуру кипения 56°C , температуру замерзания $-94,3^\circ\text{C}$, плотность $0,7911 \text{ кг/м}^3$. При температуре 20°C и давлении $0,1 \text{ МПа}$ в 1 кг (1 дм^3) ацетона растворяется $27,9 \text{ кг}$ (20 дм^3) ацетилена. Растворимость ацетилена в ацетоне возрастает почти прямо пропорционально давлению. При снижении температуры растворимость ацетилена в ацетоне растет. Ацетон, являясь хорошим растворителем для ацетилена, позволяет существенно увеличить количество ацетилена, закачиваемого в баллон. Кроме того, ацетон снижает взрывоопасность ацетилена. Ацетон удерживается в порах массы и распределяется по всему объему баллона, что увеличивает поверхность его контакта с ацетиленом при растворении и выделении из раствора. Ацетилен, отпускаемый потребителям в баллонах, называется растворенным ацетиленом. Максимальное давление ацетилена при заполнении — $2,5 \text{ МПа}$. При

отстое и охлаждении баллона до температуры 20 °С оно снижается до 1,9 МПа; при этом давлении в 40-литровый баллон вмещается 5...5,8 кг ацетилена (4,6...5,3 м³ газа при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа).

Чтобы полнее использовать вместимость баллона, порожние ацетиленовые баллоны следует хранить в горизонтальном положении, что способствует более равномерному распределению ацетона по всему объему баллона. Наполнять баллоны ацетиленом следует медленно — с учетом скорости его растворения в ацетоне — и обычно в два приема: сначала наполнить баллоны в течение 6...9 ч до давления 2,2...2,3 МПа, затем дать им отстояться и вторично заполнить до давления 2,3...2,5 МПа так, чтобы после охлаждения до температуры 20 °С давление в них составляло 1,9 МПа согласно ГОСТ 5457—75. Для ускорения заполнения баллонов иногда их снаружи охлаждают водой, что повышает коэффициент растворимости ацетилена в ацетоне.

Растворенный ацетилен имеет ряд существенных преимуществ перед ацетиленом, получаемым из карбида кальция в переносных генераторах непосредственно на месте выполнения работ. При использовании ацетиленовых баллонов взамен переносных генераторов на 20 % повышается производительность труда сварщика, на 15...25 % снижаются потери ацетилена, повышаются оперативность и маневренность сварочного поста, удобство и безопасность выполнения работы, отсутствуют затруднения, связанные с использованием генераторов в зимнее время. Кроме того, растворенный ацетилен является высококачественным горючим, содержащим минимальное количество посторонних примесей, поэтому может применяться при выполнении особо ответственных сварочных работ.

Пористая масса для ацетиленовых баллонов должна отвечать следующим требованиям: надежно локализовать взрывной распад ацетилена в баллоне при давлении до 3 МПа; не взаимодействовать с ацетиленом, ацетоном и металлом баллона; обладать достаточной механической прочностью и не разрушаться при толчках и ударах, неизбежных в процессе эксплуатации баллона; не оседать и не образовывать пустот в баллоне; должна быть легкой и пористой, чтобы не уменьшать полезный объем и не увеличивать массу тары баллона; не должна выгорать при обратном ударе пламени; должна иметь большой объем микропор, что обеспечивает равномерное распределение ацетона по всему объему баллона и предотвращает стекание раствора на дно баллона.

В качестве пористой массы применяют такие высокопористые вещества, как инфузорную землю (кизельгур, диатомит), пемзу, асбест, древесный и активированный уголь, силикат кальция, карбонат магния и др.

Газы — заменители ацетилена (далее — газы-заменители) целесообразно использовать в тех процессах газопламенной обработки, в которых не требуется слишком высокая температура подогревающего пламени: сварка легкоплавких металлов (алюминия, магния и их сплавов, свинца), пайка высоко- и низкотемпературными припоями, поверхностная закалка, сварка тонкой стали, кислородная разделительная и поверхностная резка. Особенно широкое применение газы-заменители находят при кислородной разделительной резке, при которой температура подогревающего пламени влияет лишь на длительность начального подогрева металла перед резкой. В связи с этим для резки можно использовать все газы-заменители, у которых температура пламени при сгорании в смеси с кислородом не ниже $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$, а теплота сгорания не менее 10 МДж/м^3 .

Эффективность и условия использования газов-заменителей при обработке материалов газокислородным пламенем определяются следующими их свойствами: теплота сгорания; плотность; температура воспламенения и скорость горения в смеси с кислородом; соотношение между кислородом и горючим в смеси; эффективная тепловая мощность пламени; температура пламени при сгорании в смеси с кислородом; удобство и безопасность при получении, транспортировании и использовании.

Эффективная тепловая мощность пламени горючего — это количество теплоты, вводимой в нагреваемый металл в единицу времени. В наибольшей степени эффективная мощность пламени горючего газа зависит от соотношения кислорода и горючего газа в смеси и расхода горючего газа. Оптимальное рабочее соотношение объемов кислорода и горючего газа $\beta = V_{\text{к}}/V_{\text{г}}$ в смеси для различных горючих газов принимается следующим: ацетилен 0,8... 1,4; водород 0,3... 0,4; природный газ (метан) 1,0... 1,5; пропан технический 3,0... 3,5; коксовый газ 0,75... 0,8; нефтяной газ 1,5... 1,6.

Коэффициентом замены ацетилена называют отношение расхода газа-заменителя V_3 к расходу ацетилена V_a при равном тепловом воздействии на нагреваемый металл: $\psi = V_3/V_a$. Для определения значения коэффициента замены используют графики, приведенные на рис. 1.3 и 1.4. С их помощью находят расход газа-заменителя V_3 для условий, когда при его сгорании в смеси

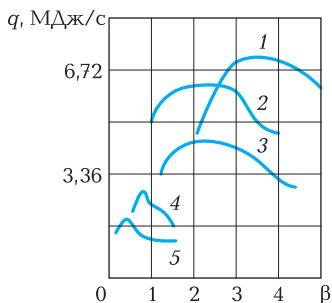


Рис. 1.3. Зависимость эффективной мощности пламени q от соотношения кислорода и горючего газа β :

- 1 — пропан-бутановая смесь;
- 2 — ацетилен; 3 — метан;
- 4 — коксовый газ;
- 5 — водород

с кислородом при рабочем соотношении газов эффективная мощность пламени равна таковой для ацетилено-кислородного пламени при соотношении $V_3/V_a = 1,15$. Принимаемые на практике значения коэффициентов замены ацетилена другими горючими газами приведены в табл. 1.2.

Водород. При температуре 20°C и давлении $0,1\text{ МПа}$ водород представляет собой газ без цвета и запаха плотностью $0,084\text{ кг/м}^3$. Водород способен проникать через мельчайшие неплотности в окружающую среду, образуя с воздухом взрывоопасные смеси. Пределы взрываемости водорода с воздухом — $4\text{...}75\text{ об. \%}$, с кислородом — $4\text{...}94\text{ об. \%}$. В связи с этим при работе с водородом необходимо обращать особое внимание на герметичность аппаратуры и газовых коммуникаций.

Технический водород поставляется по ГОСТ 3022—80. В зависимости от способа получения промышленностью выпускается водород следующих марок: А (получают электролизом воды); Б (получают железопаровым способом и взаимодействием ферро-

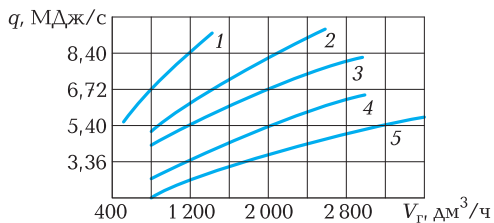


Рис. 1.4. Зависимость эффективной мощности пламени q от расхода горючего газа V_r :

- 1 — пропан-бутановая смесь, $\beta = 3,5$; 2 — ацетилен, $\beta = 1,15$;
- 3 — метан, $\beta = 1,5$; 4 — коксовый газ, $\beta = 0,8$; 5 — водород, $\beta = 0,4$

Таблица 1.2. Значения коэффициентов замены ацетилена другими горючими газами

Резка стали	Газ — заменитель ацетилена					
	Водород	Природный газ	Пропан технический	Коксовый газ	Нефтяной газ	Сланцевый газ
Разделительная	5,2	1,6... 1,8	0,6	3,2... 4,0	1,2	4,0
Поверхностная	—	4,0	1,0... 1,2	5,0	1,8... 2,4	6,0... 8,0

силиция с раствором щелочи); В (получают электролизом хлористых солей); Г (получают паровой конверсией углеводородных газов). Содержание чистого водорода колеблется в пределах 95... 99,8 об. %. Водород отпускается в стальных баллонах под давлением до 16,5 МПа.

Температура водородно-кислородного пламени — 2 000... 2 100 °С. Пламя можно применять для получения высокочистых металлов в газовом пламени при безокислительной пайке стали, иногда при сварке свинца, кислородной разделительной резке под водой. Низшая теплота сгорания водорода — 10,6 МДж/м³.

Природный газ. Состав природного газа определяется характером газового месторождения. Обычно он состоит из 97,8 % метана CH₄, 0,9 % этана C₂H₆ и пропана C₃H₈, 1,3 % азота N₂ и диоксида углерода CO₂. Плотность природного газа — 0,7... 0,9 кг/м³, низшая теплота сгорания (в зависимости от состава) — 31... 33 МДж/м³. Температура пламени при сгорании в смеси с кислородом — 2 100... 2 200 °С; при дополнительном подогреве смеси в мундштуке горелки температуру пламени можно повысить до 2 300 °С. Пределы взрываемости в смеси с воздухом — 4,8... 16,7 об. %, с кислородом — 5,0... 59, об. %.

При газопламенной обработке газ к постам подается в баллонах под давлением до 16,5 МПа или по трубопроводу под давлением примерно 0,3 МПа.

Природный газ применяют при разделительной и поверхностной кислородной резке стали, сварке стали толщиной до 5 мм, сварке легкоплавких металлов и сплавов, пайке.

Пропан технический и пропан-бутановая смесь. Эти газы являются побочными продуктами при переработке нефти.

Пропан технический состоит главным образом из пропана C₃H₈ или из смеси пропана и пропилена C₃H₆, общее количество которых должно быть не менее 93 об. %. Кроме того, в нем содер-

жится не более 4 % этана C_2H_6 и этилена C_2H_4 (в сумме) и не более 3 % бутана C_4H_{10} и бутилена C_4H_8 .

Плотность пропана — 1,88 кг/м³, бутана — 2,52 кг/м³.

Низшая теплота сгорания пропана — 87 МДж/м³, бутана — 116 МДж/м³. Пределы взрываемости в смеси с воздухом: пропана — 2,0...9,5 %, бутана — 1,5...8,5 %; в смеси с кислородом: пропана — 2,4...57 %, бутана — 3,0...45 %.

Температура пламени пропана и пропан-бутановой смеси при сгорании в смеси с кислородом — 2300...2350 °С, при дополнительном подогреве смеси в мундштуке может достигать 2700 °С.

При повышении давления до 1,6 МПа или снижении температуры до 0 °С пропан, бутан и их смеси переходят в жидкое состояние, поэтому их называют сжиженными газами. При температуре 0 °С и давлении 0,1 МПа они находятся в газообразном состоянии. Указанное свойство этих газов делает их удобными для хранения и транспортирования. При газопламенной обработке для хранения и транспортирования сжиженных газов используют сварные стальные баллоны по ГОСТ 15860—84 вместимостью 5...50 дм³. Для перевозки по железной дороге применяют цистерны вместимостью 50 т сжиженного газа.

Коэффициент объемного расширения жидкого пропана в 16 раз, а жидкого бутана в 11 раз больше, чем воды, поэтому при нагреве сосуда со сжиженным газом выше допустимого предела (для цистерн 50 °С, для баллонов 45 °С) возникает опасность повышения давления в сосуде и его взрыва. В связи с этим для наполнения баллонов и цистерн сжиженными газами установлены нормы, которые предусматривают наличие над жидкостью в сосуде паровой подушки, способной вместить дополнительный объем жидкости при ее расширении от нагрева внешним источником теплоты. Масса газа на 1 дм³ вместимости сосуда для пропана не должна превышать 0,425 кг, для бутана — 0,488 кг.

Сжиженные газы широко применяют в качестве заменителей ацетиленов, так как дают достаточно высокую температуру газокислородного пламени, относительно дешевы, недефицитны, удобны для транспортирования и хранения.

При разделительной резке, сварке цветных металлов, пламенной закалке и пайке для замены 1 т карбида кальция (что эквивалентно примерно 235 м³ ацетиленов) требуется 0,3 т сжиженного газа.

Коксовый и сланцевый газы. Коксовый газ получают в процессе коксования каменного угля. Средний состав коксового газа: 50...59 % водорода H_2 , 25...30 % метана CH_4 , 1,8...3,0 % этилена C_2H_4 и других непредельных углеводородов, 5...7 % оксида углеро-

да CO, 6...13 % азота N₂ и диоксида углерода CO₂, 0,5...0,8 % кислорода O₂; плотность при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа — 0,40...0,55 кг/м³; низшая теплота сгорания — 14,7...17,6 МДж/м³. Сланцевый газ получают при газификации горючих сланцев. Его состав: 25...40 % водорода H₂; 14...17 % метана CH₄; 10...20 % оксида углерода CO; 10...20 % диоксида углерода CO₂; 4...5 % этана C₂H₆ и других углеводородов; 22...25 % азота N₂; до 1 % кислорода O₂; плотность при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа — 0,74...0,93 кг/м³, низшая теплота сгорания — 12,6...14,3 МДж/м³.

Температура пламени коксового и сланцевого газов в смеси с кислородом — 2 000 °С.

Коксовый и сланцевый газы к постам газопламенной обработки подают по трубопроводу. Их используют при сварке легкоплавких металлов, пайке, разделительной и поверхностной кислородной и кислородно-флюсовой резке и других процессах, для которых достаточна температура пламени 2 000 °С.

Городской газ. Состав городского газа утверждается соответствующими организациями с учетом используемых источников его получения. Плотность городского газа — 0,84...1,05 кг/м³, низшая теплота сгорания — 18,8...21,0 МДж/м³, температура газокислородного пламени — 2 000 °С. Области применения городского газа те же, что и коксового газа.

Пиролизный и нефтяной газы. Эти газы — смеси газообразных продуктов термического разложения нефти, нефтепродуктов и мазута при температуре 720...740 °С в ретортах. Выход газа составляет 0,35...0,4 м³ на 1 кг нефти. Состав зависит от состава нефти и режима ее переработки. В баллонах газ находится частично в сжиженном состоянии. При отборе газа состав его изменяется вследствие испарения в первую очередь более летучих компонентов. Для выравнивания состава газа и предупреждения частичной конденсации в трубопроводах и шлангах перед горелкой иногда устанавливают промежуточный ресивер вместимостью 40 дм³, в котором газ находится под избыточным давлением (0,3...0,4 МПа); из ресивера газ через регулятор давления поступает в горелку или резак.

Плотность пиролизного газа при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа — 0,65...0,85 кг/см³; низшая теплота сгорания — 31,4...33,5 МДж/м³; коэффициент замены ацетиленом при разделительной резке — 1,6.

Плотность нефтяного газа при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа — 0,63...1,43 кг/м³; низшая теплота сгорания — 41,0...56,6 МДж/м³.

Температура пламени пиролизного и нефтяного газов — 2 297 °С.

Области применения пиролизного и нефтяного газов те же, что и пропана и пропан-бутановой смеси. Ввиду более низкой температуры пламени пиролизный и нефтяной газы можно использовать для сварки стали толщиной не более 3 мм.

1.3. ФЛЮСЫ ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Известно, что, чем больше химическое сродство данного металла к кислороду и чем меньше упругость диссоциации (распада) его оксида, тем большей устойчивостью обладает этот оксид и тем труднее восстановить металл.

Вещества, применяемые для восстановления металла из оксидов, должны обладать бóльшим химическим сродством к кислороду, чем восстанавливаемый металл, а оксиды этих восстанавливающих веществ должны обладать меньшей упругостью диссоциации, чем оксид восстанавливаемого металла. Наибольшую упругость диссоциации имеет оксид меди Cu_2O , наименьшую — оксид кальция CaO .

Следует иметь в виду, что оксиды некоторых металлов не могут быть восстановлены газами средней зоны сварочного пламени. При сварке железа и никеля газы средней зоны нормального ацетиленокислородного пламени предупреждают в известной мере образование оксидов этих металлов, так как они сравнительно хорошо восстанавливаются оксидом углерода CO и водородом H_2 . Однако такие металлы, как магний, алюминий, цинк и другие, не восстанавливаются газами пламени. Для их восстановления или связывания их оксидов обычно используют флюсы — вещества, вводимые в сварочную ванну для раскисления расплавленного металла и извлечения из него образующихся оксидов и неметаллических включений.

Кроме того, флюсы образуют на поверхности ванны пленку шлака и тем предохраняют металл от дальнейшего окисления и азотирования. Необходимость применения флюсов при сварке высоколегированной стали, чугуна, а также цветных металлов и сплавов возникает в связи с тем, что при нагреве последних до высокой температуры на их поверхности образуется пленка оксида, переходящая при расплавлении в сварочную ванну и препятствующая надежному сплавлению основного и присадочного металлов.

При сварке низкоуглеродистой стали эта пленка легко удаляется при перемешивании ванны и восстанавливается газами пламени.

Основные требования к сварочным флюсам. Флюс должен быть легкоплавким и иметь более низкую температуру плавления, чем основной и присадочный металлы.

Флюс должен обладать достаточно высокой реакционной способностью для того, чтобы процесс растворения оксидов металлов заканчивался до затвердевания сварочной ванны. Флюс не должен оказывать вредного влияния на металл. Плотность флюса должна быть меньше плотности металла, чтобы образуемый флюсом шлак легко всплывал на поверхность сварочной ванны.

Свойства флюса не должны изменяться под влиянием высокой температуры пламени. Расплавленный флюс должен хорошо растекаться по нагретой поверхности металла.

Образуемый флюсом шлак должен хорошо защищать металл от окисления и азотирования кислородом и азотом воздуха и хорошо отделяться от шва при остывании металла.

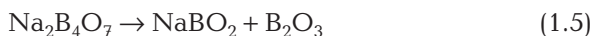
В зависимости от характера оксида, образующегося в сварочной ванне, применяют основные или кислые флюсы. Реакции протекают по схеме кислотный оксид + основной оксид = соль.

Если образующиеся при сварке металлов оксиды являются преимущественно основными (исключение составляет титан), то флюс должен быть кислым, и, наоборот, если образующиеся в сварочной ванне оксиды имеют кислый характер, то флюс должен быть основным.

Кислые флюсы применяют преимущественно при сварке цветных металлов, в частности при сварке сплавов меди и сплавов алюминия, а основные (точнее, сочетание основных с кислыми) — при сварке чугуна, содержащего высокий процент кремния и образующего в сварочной ванне помимо оксидов железа диоксид кремния.

Флюсы для сварки меди и ее сплавов. Применяемые при сварке медных сплавов кислые флюсы обычно представляют собой соединения бора — буру $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ и борную кислоту H_3BO_3 или их смеси. Перед использованием буру необходимо прокалить, так как в противном случае она при нагреве вспучивается, выделяет кристаллизационную воду и увеличивает количество водяных паров в зоне сварки.

Взаимодействие буры с оксидом меди по одной из наиболее вероятных реакций можно представить следующим образом. При нагреве бура распадается на соль метаборной кислоты и борный ангидрид:



которые, взаимодействуя с оксидом меди, образуют двойную соль натрия и меди метаборной кислоты:



Аналогично протекает реакция взаимодействия буры с оксидом цинка:



Помимо чисто химического действия буры возможно непосредственное связывание борным ангидридом оксидов меди и цинка с образованием борно-кислых солей $\text{CuO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$ и $\text{ZnO} \cdot \text{B}_2\text{O}_3$.

Применяя в качестве флюса борную кислоту, следует иметь в виду, что она при нагреве до температуры 550... 600 °С полностью освобождается от воды и превращается в борный ангидрид, обладающий кислыми свойствами:



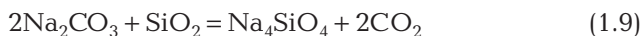
Соединяясь с образующимся при сварке оксидом меди или цинка, борный ангидрид, как и в случае применения в качестве флюса буры, образует борно-кислые соли.

Более стабильное качество газовой сварки медных сплавов достигается при строго дозированной, равномерной подаче флюса. Это обеспечивается применением газовых флюсов, т.е. газообразных флюсующих веществ, вводимых в сварочное пламя с горючим газом. Таким флюсом является газовый флюс БМ-1.

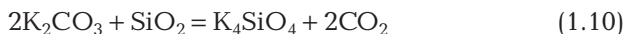
Борный ангидрид B_2O_3 , представляющий флюсующую группу смеси, в чистом виде в пламя не попадает, а образуется в пламени в результате сгорания паров флюса. При строго дозированной подаче флюса непрерывно образующийся в пламени борный ангидрид активно и равномерно воздействует на металл сварочной ванны, связывая оксиды меди и цинка в борно-кислые соли. Эти соли, всплывая на поверхность ванны, образуют на ней плотную пленку шлака, которая защищает металл от действия окружающего воздуха.

Флюсы для сварки чугуна. При сварке чугуна в сварочной ванне образуется тугоплавкий диоксид кремния. Для его растворения в состав флюса вводят компоненты, обладающие основными свойствами. Такими компонентами обычно служат карбонат натрия Na_2CO_3 или карбонат калия K_2CO_3 .

Взаимодействие карбоната натрия с оксидом кремния протекает по реакции



Аналогично происходит реакция

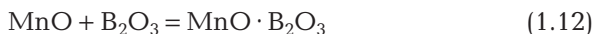


В обоих случаях диоксид кремния, связанный в виде шлака, всплывает на поверхность сварочной ванны.

При растворении диоксида кремния возможно также применение гидрокарбоната натрия NaHCO_3 и нитрата натрия NaNO_3 .

Однако следует иметь в виду, что во многих случаях при сварке серого чугуна в состав флюса помимо указанных ранее компонентов, вводимых в количестве 25...50 %, входит также бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, обладающая сильно выраженными кислыми свойствами. При расплавлении пламенем горелки бура растекается по поверхности металла, образуя шлаковую пленку, достаточно надежно защищающую ванну от воздействия воздуха.

В то же время борный ангидрид, образующийся в результате разложения буры, связывает оксиды железа и марганца в борнокислые соли, которые всплывают в виде шлака на поверхность сварочной ванны:



Флюсы для сварки алюминия и его сплавов. Тугоплавкий оксид алюминия Al_2O_3 (температура плавления 2 030 °С) представляет собой очень прочное химическое соединение, плохо поддающееся действию флюсующих веществ из-за своего химически нейтрального характера. В связи с этим флюсы для сварки алюминия должны обладать достаточно большой активностью. Наиболее сильно действующими растворителями оксида алюминия являются галлоидные соединения щелочного металла лития, поэтому большинство флюсов для сварки алюминия содержат в своем составе хлорид или фторид лития. Помимо соли лития флюсы для сварки алюминия содержат также ряд других фтористых или хлористых солей калия, натрия и кальция.

Наиболее активными компонентами флюса являются соли лития. Флюсы для алюминия, содержащие хлорид лития, отличаются высокой гигроскопичностью, в связи с чем их необходимо хранить в герметичных банках, открываемых только непосредственно перед использованием флюса. Кроме того, флюсы, содержащие хлорид лития, при наличии остатков флюса на поверх-

ности металла шва и околошовной зоны после окончания сварки могут вызвать своеобразную коррозию металла, продолжая взаимодействовать с оксидом алюминия, всегда присутствующим на поверхности металла. В связи с этим неременным требованием при применении флюса с хлоридом лития является тщательная очистка поверхности сварного соединения от остатков флюса.

1.4 ПРИСАДОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для заполнения зазора между кромками свариваемого металла и усиления шва в сварочную ванну добавляют присадочный материал в виде проволоки, прутков, полос. Полосы нарезают из листов металла того же состава, что и основной металл.

При газовой сварке свойства металла шва улучшают в основном за счет легирующих добавок, содержащихся в присадочном металле. В связи с этим присадочный металл должен соответствовать следующим требованиям:

- иметь температуру плавления, не превышающую температуру плавления основного металла;
- обеспечивать спокойное расплавление металла (без разбрызгивания и испарения легирующих элементов);
- способствовать получению наплавленного металла с требуемыми свойствами, близкими к свойствам свариваемого металла, а также с химическим составом, обеспечивающим равную или более высокую коррозионную стойкость по сравнению со стойкостью основного металла;
- обеспечивать получение плотного слоя наплавленного металла, не содержащего раковин, газовых пор и других дефектов;
- иметь чистую и ровную поверхность, без следов коррозии, окалины, масла и других загрязнений;
- содержать минимальное количество вредных примесей.

Сварочная проволока из стали. При сварке сталей в основном используют холоднотянутую стальную сварочную проволоку 75 марок по ГОСТ 2246—70. В зависимости от уровня легирования изготавливают низкоуглеродистую проволоку шести марок (Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10А и Св-10Г2), легированную — 30 марок, высоколегированную — 39 марок.