

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение
Свердловской области
«Уральский колледж технологий и предпринимательства»
(ГАПОУ СО «УКТП»)

Преподаватель – Югринов Владимир Евгеньевич
Обратная связь осуществляется : +79086330053; yuginov59@mail.ru
Профессия : **Монтажник санитарно - технических систем и
вентиляционного оборудования.**

ПМ 03. Специальные дисциплины

МДК 03.02 Технология газовой сварки и резки.

Тема: «Сварочное пламя, его строение.»

Вид учебного занятия: Теоретическое изучение.

Дата проведения: **25.03.2023** Группа № 19 Курс 1

Цель работы: Изучить и закрепить знания **Строение сварочного
пламени**

Вид учебного занятия: Изучение нового материала; повторение пройденного
материала.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ЗАНЯТИЯ:

изучить предлагаемый материал, выполнить конспект по заданным
вопросам .

1. Образование сварочного пламени
2. Строение сварочного пламени
3. Тепловые характеристики сварочного пламени
4. Образование сварного соединения.

Повторить ранее пройденный материал:

1. Перечислить виды баллонных редукторов.
2. Описать принцип работы гидрозатвора.

**Конспект и ответы на вопросы предоставить преподавателю для
проверки на очередном занятии. Или отправить по Эл. Почте**

Конспект

Сварочное пламя, его строение и

1. Образование сварочного пламени

Реакция горения обычно протекает при соединении твердых, жидких или газообразных веществ с кислородом. Однако некоторые металлы могут гореть не только в кислороде. Для процессов газопламенной обработки наибольшее значение имеет горение различных горючих газов в кислороде или воздухе. Горение любой газовой смеси начинается с ее воспламенения при определенной температуре, зависящей от условий процесса горения.

Устойчивый процесс горения возможен лишь в том случае, если выделяющегося при сгорании горючей смеси количества теплоты достаточно для нагрева новых порций газа и компенсации потерь теплоты в окружающую среду. Необходимое условие горения газа в кислороде или воздухе — содержание горючего газа в смеси в определенных пределах, называемых *пределами воспламенения*

В зависимости от скорости воспламенения горючей смеси (скорости распространения пламени) **различают три вида горения:**

спокойное — со скоростью распространения пламени, не превышающей 10 ... 15 м/с;

взрывчатое — со скоростью распространения пламени, достигающей нескольких сотен метров в секунду;

детонационное — со скоростью распространения пламени более 1 000 м/с.

Скорость воспламенения зависит от состава газовой смеси и ее давления; характера и объема пространства, в котором происходит горение; термомеханических условий на его границе (например, при горении смеси в трубках основным параметром, определяющим эти условия, является диаметр трубки); чистоты горючего газа и кислорода (с увеличением содержания в них примесей скорость воспламенения уменьшается).

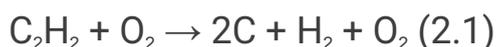
Используемые в процессах газопламенной обработки горючие газы представляют собой преимущественно смеси углеводородов с другими газами, в чистом виде применяют только водород. Все горючие газы, содержащие углеводороды, образуют пламя со светящимся ядром, аналогичным по строению ацетилено-кислородному пламени. Чем больше углерода в составе горючего газа, тем резче очерчено светящееся ядро пламени. В отличие от углеводородных газов

водородно-кислородное пламя светящегося ядра не образует, что затрудняет регулирование пламени по внешнему виду.

2. Строение сварочного пламени

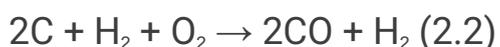
Процесс горения горючего газа начинается с воспламенения газа при определенной температуре, зависящей от условий, в которых протекает процесс горения. После начала горения дальнейший нагрев газа от внешнего источника не требуется, если выделяемой при горении теплоты достаточно для поддержания горения новых порций горючей смеси и компенсации потерь теплоты в окружающую среду.

В зависимости от хода реакции сгорания ацетилена сварочное ацетиленокислородное пламя имеет определенную форму (рис. 1). Во внутренней части ядра 1 пламени происходит постепенный подогрев до температуры воспламенения газовой смеси, поступающей из мундштука. В ядре пламени происходит термическое разложение ацетилена, которое ускоряется за счет присутствия в ядре кислорода, подаваемого в горелку. Ацетилен в ядре пламени разлагается по реакции



Образующийся углерод представляет собой мельчайшие твердые частицы, окружающие тонким раскаленным слоем ядро пламени, вызывая его свечение. Оболочка ядра является самой яркой частью сварочного пламени с температурой около 1 500 °С. По внешнему виду ядра можно визуальным образом определить состав газовой смеси и исправность сварочной горелки.

В средней зоне 2 пламени протекает неполное окисление углерода кислородом, находящимся в смеси, по реакции



Выделяющаяся теплота способствует подогреву смеси и ускорению протекающих в ней окислительных процессов. Средняя зона 2 характеризуется максимальной температурой

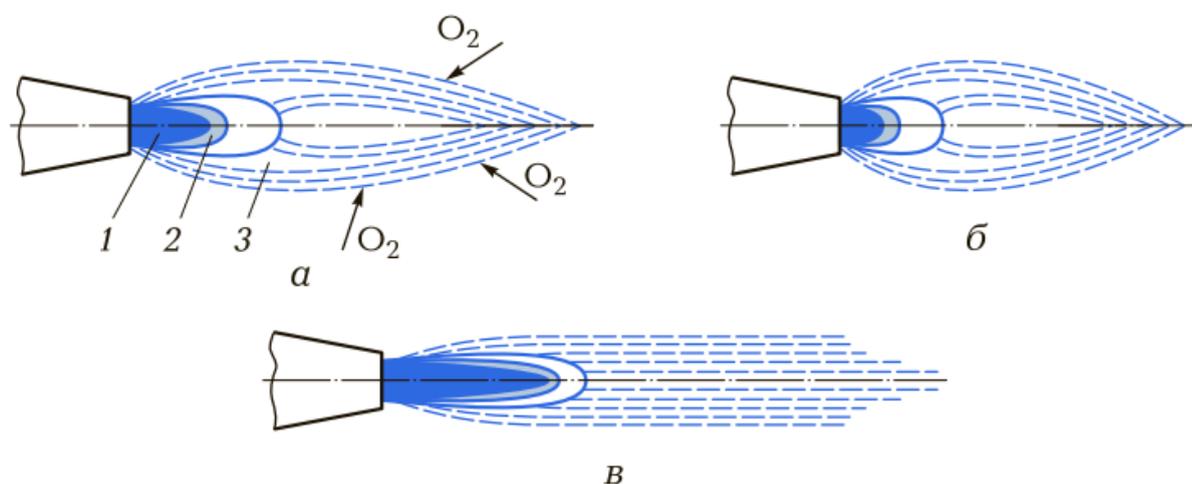


Рис. 1. Структура сварочного пламени: а — нормальное пламя: 1 — ядро; 2 — средняя зона; 3 — факел; б — окислительное пламя (с избытком кислорода); в — науглероживающее пламя (с избытком ацетилена)
 В факеле 3 пламени происходит догорание оксида углерода и водорода при их взаимодействии с кислородом, поступающим из воздуха:



с выделением большого количества теплоты. Однако из-за большого объема зоны факела 3 температура в ней ниже, чем в средней зоне 2.

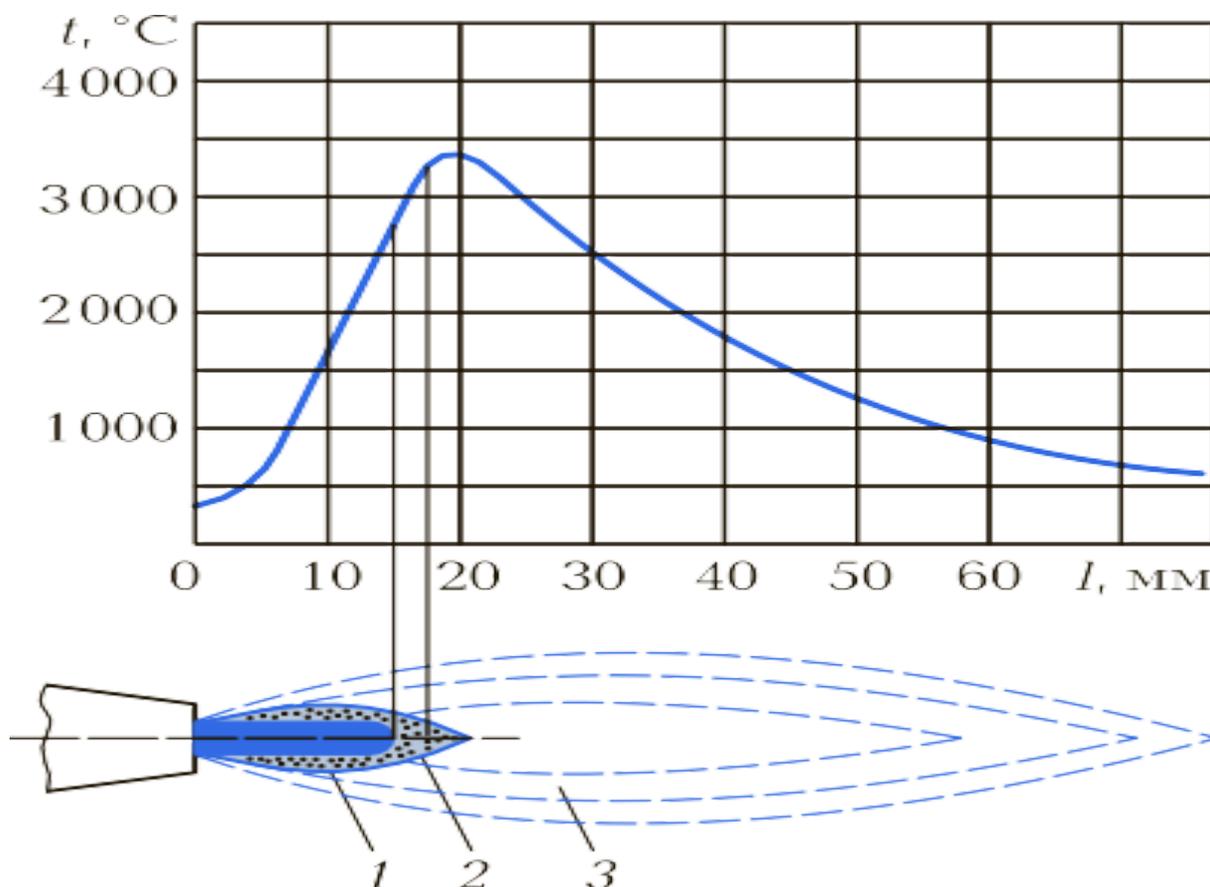


Рис. 2. Распределение температуры t вдоль оси ацетиленокислородного пламени: 1 — ядро; 2 — средняя зона; 3 — факел

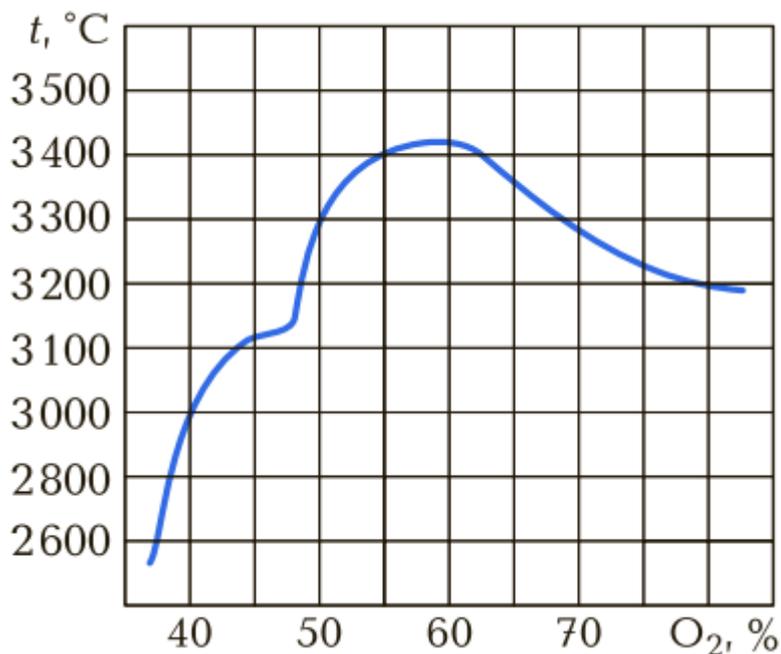


Рис. 3. Зависимость максимальной температуры t пламени от содержания кислорода в газовой смеси

Для образования *нормального пламени* (см. рис. 1, а) и полного сгорания ацетилена необходимо на каждый его объем подводить в горелку такой же объем кислорода (отношение $\beta = V_k/V_a = 1$). Нормальное пламя получают при $\beta = 1,1 \dots 1,3$.

При увеличении этого отношения ($\beta > 1,3$) получают *окислительное пламя*, так как оно содержит избыточный кислород, окисляющий металл. В этом случае ядро пламени укорачивается, становится заостренным, с менее резкими очертаниями (см. рис. 1, б), бледнеет и приобретает синеватую окраску.

При уменьшении количества поступающего кислорода (избыток ацетилена) получают *науглероживающее пламя* (см. рис. 1, в). Объем средней зоны при этом увеличивается, ядро становится расплывчатым, и за ним появляется «ацетиленовое перо» зеленоватого цвета. При значительном избытке ацетилена частицы углерода появляются и в наружной зоне, пламя становится коптящим, удлиняется и приобретает красноватую окраску.

Установлено, что наивысшая температура пламени и наивысшая производительность сварки наблюдаются при некотором избытке кислорода в смеси по сравнению с нормальным пламенем (рис. 3). Максимальную температуру для достаточно чистого кислорода и ацетилена можно принять равной 3 100 ... 3 200 °C.

Строение пламени газов-заменителей, в состав которых входят углеводороды, существенно не отличается от строения ацетиленокислородного пламени, но имеет менее выраженное светящееся ядро, что затрудняет регулирование состава пламени по внешнему виду.

3. Тепловые характеристики сварочного пламени

Температура пламени – один из важнейших параметров, определяющих его тепловые свойства. Чем выше температура, тем эффективнее нагрев и плавление металла.

Так как средняя зона, имея в своем составе оксид углерода и водород, обладает и восстановительными свойствами, то сварку, естественно, осуществляют именно этой зоной, располагая горелку так, чтобы ядро пламени отстояло от поверхности металла на расстоянии 2 ... 3 мм.

Существенное влияние на температуру пламени оказывает соотношение смеси горючего газа с кислородом. С увеличением β максимум температуры возрастает и смещается в сторону мундштука горелки, что объясняется увеличением скорости процесса горения смеси при избыточном содержании в ней кислорода.

Температура ацетиленокислородного пламени сварочной горелки с удельным расходом ацетилена 250 ... 400 дм³/ч при соотношении смеси газов $\beta = 1,1 \dots 1,2$ в зависимости от расстояния до внутреннего ядра пламени изменяется следующим образом:

Расстояние, мм	3	4	11	25
Температура, °С	3 050 ... 3 150	2 850 ... 3 050	2 650 ... 2 850	2 450 ... 2 650

С изменением соотношения смеси температура пламени существенно изменяется, достигая максимальных значений при повышенном содержании кислорода.

Нагрев металла пламенем обусловлен вынужденным конвективным и лучистым теплообменом между потоком горючей смеси пламени и соприкасающимся с ним участком поверхности металла. Лучистый теплообмен невелик – 5 ... 10 % общего теплообмена пламени и металла, поэтому сварочное пламя можно рассматривать как конвективный теплообменный источник.

Интенсивность вынужденного конвективного теплообмена зависит от разности температур пламени и нагреваемой поверхности металла, а также от скорости перемещения потока пламени относительно этой поверхности.

В общем виде удельный тепловой поток пламени q_2 , представляющий собой количество теплоты, вводимой пламенем за единицу времени через единицу площади нагреваемой поверхности металла, можно выразить правилом Ньютона:

$$q_2 = a(T_n - T), \quad (2.4)$$

где a – коэффициент теплообмена между пламенем и металлом, равный сумме коэффициентов вынужденного конвективного и лучистого теплообмена, Вт/(м² · К); T_n – температура потока газов пламени, К; T – температура поверхности металла, на которую направлен поток пламени, К.

Коэффициент a в процессе нагрева металла и увеличения его температуры уменьшается.

Направленный на поверхность металла газовый поток пламени деформируется и, растекаясь, нагревает значительный по размерам участок поверхности металла. Этот участок называют *пятном нагрева*. Распределение удельного теплового потока пламени по пятну нагрева зависит от угла наклона пламени, расстояния от сопла до нагреваемого металла и средней скорости истечения горючей смеси из сопла горелки. Эффективная тепловая мощность пламени q и зависит в основном от расхода горючего газа, с увеличением которого она возрастает (рис. 4).

Эффективность нагрева металла газовым пламенем оценивается эффективным коэффициентом полезного действия (КПД) η , представляющим собой отношение эффективной мощности пламени q к полной тепловой мощности пламени q_n , рассчитываемой по низшей теплоте сгорания горючего:

$$\eta = q/q_n. \quad (2.5)$$

Из графика (рис. 5), построенного для различных расходов ацетилена (обеспечиваемых семью номерами наконечников простой сварочной горелки), следует, что с увеличением расхода ацетилена вследствие изменения условий теплообмена пламени с поверхностью металла эффективный КПД пламени η , а следовательно, и эффективность нагрева уменьшаются.

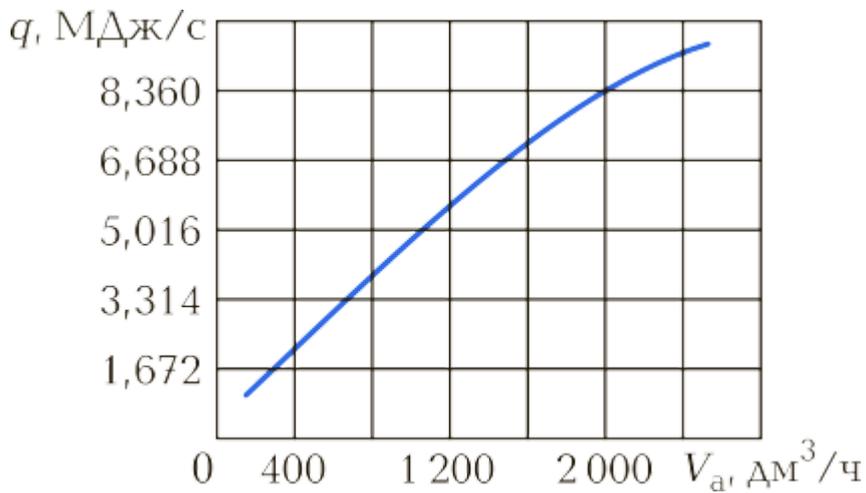


Рис. 4. Зависимость эффективной тепловой мощности пламени q от расхода ацетилена V_a (скорость сварки 30 м/ч, толщина стали 6 мм)

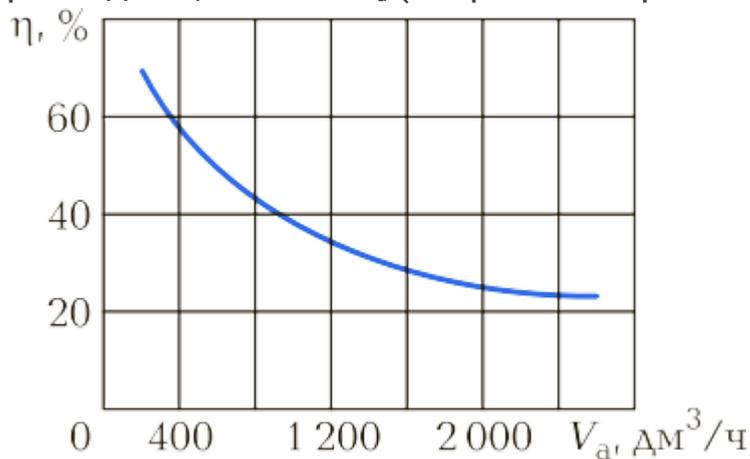


Рис. 5. Зависимость эффективного КПД пламени η от расхода ацетилена V_a

Основным параметром, определяющим производительность процесса проплавления, является *расход горючего газа*.

Полный КПД при газовой сварке невелик. Остальная теплота сжигаемого горючего расходуется на возмещение различных потерь. Например, при ацетиленокислородной сварке стали толщиной 3 мм затраты теплоты на нагрев свариваемого металла вокруг расплавляемой зоны (ванны, шва) составляют около 45 %. При увеличении толщины свариваемого металла или его теплопроводности составляющая расхода на его нагрев вне расплавляемой зоны увеличивается.

Для проплавления металла и управления формированием сварочной ванны важно механическое давление пламени, которое достигает на оси максимальной величины. В сварочных горелках большой мощности давление газов пламени достигает 0,01 МПа. Газовую сварку плавлением ввиду ее более низких производительности, тепловой эффективности и сложности автоматизации по сравнению с дуговой применяют для сварки стали малой толщины, чугуна и некоторых цветных металлов. При большой толщине металла газовую сварку используют только в тех

случаях, когда по каким-либо причинам затруднено применение электросварки.

4. Образование сварного соединения

При нагреве пламенем горелки происходит местное расплавление металла соединяемых деталей. Расплавленный металл кромок вместе с металлом присадки образует сварочную ванну. Ее границы определяются твердым металлом. Жидкий металл смачивает кромки деталей, удаляет пленку, покрывающую их, и создает возможность проявления сил межатомного взаимодействия.

В процессе сварки газовое пламя перемещается вдоль кромок соединяемых деталей, вместе с ним перемещается и сварочная ванна. В результате последовательного охлаждения и затвердевания металла сварочной ванны образуется сварное соединение.

Объем сварочной ванны мал по сравнению с объемом соединяемых деталей, поэтому происходит интенсивный отвод теплоты. Для поддержания металла сварочной ванны в жидком состоянии и нормального протекания процесса сварки необходимо, чтобы источник нагрева имел высокую температуру и обладал большой тепловой мощностью. При ацетиленоxygenной сварке на полезный нагрев металла затрачивается лишь 10 % общей тепловой мощности пламени, остальное — на возмещение различных потерь теплоты.