**Газовая сварка сталей**

**Газовая сварка низкоуглеродистых сталей**

*Низкоуглеродистые стали,* содержащие до 0,25 % С, хорош свариваются с помощью газовой сварки. Для этой цели применяют нормальное пламя. Расход ацетилена должен составлять при левом способе сварки 100... 130 дм3/ч, при правом — 120... 150 дм3/; на 1 мм толщины свариваемого металла. В качестве присадочного материала используют сварочную проволоку Св-08, -08А, -08ГА, - ЮГА и -10Г2. Применения флюса не требуется.

При сварке возможно выгорание углерода, марганца и кремния, что приводит к снижению предела прочности наплавленно­го металла.

При сварке металла большой толщины и ответственных изделий проводят термическую обработку готовых сварных соединений или изделий в целом (нормализация, низкотемпературный отжиг).

В случае выполнения сварки окислительным пламенем используют проволоку Св-12ГС, -08, -08Г2С, а также проволоку Св-15ГЮ (0,5...0,8% А1 и 1,0... 1,4% Мп) с повышенным содержа­нием раскислителей.

Сварку *среднеуглеродистых сталей* (0,25...0,6% С) выполняют с меньшим расходом ацетилена — 75... 100 дм3/ч (для левого спо­соба сварки), применяя только нормальное пламя.

При увеличении содержания углерода свариваемость стали ухудшается. Если в ней содержится свыше 0,3 % С, то возможно обра­зование трещин как в околошовной зоне, так и в сварном шве при температурах, близких к линии солидуса (горячие трещины), и при охлаждении после сварки (холодные трещины). Повышение содержания углерода в стали способствует образованию в сплаве хрупких прослоек между зернами.

При толщине металла свыше 3 мм рекомендуется проводить общий предварительный подогрев изделия до значений темпера­туры 523...623 К, а также местный подогрев околошовной зоны горелками до 923...973 К. Благоприятное влияние на структуру металла шва и околошовной зоны оказывает отпуск при темпера­турах 873...923 К.

Улучшению механических свойств наплавленного металла при J сварке среднеуглеродистых сталей способствует использование присадочной проволоки (например, Св-О6НЗ или -18ХГС), леги-н-1 ной хромом (0,5... 1,0%) и никелем (2,0...4,0%) при обычном содержании марганца (0,5...0,8%).

*Высокоуглеродистые стали,* содержащие 0,6...2,0% С, свариваются хуже, чем среднеуглеродистые. Приемы сварки высоко- и среднеуглеродистых сталей аналогичны. Расход ацетилена состав­ляет 75 дм3/ч. Сварку рекомендуется проводить левым способом с применением нормального или слегка науглероживающего пла­мени и присадочной проволоки из низкоуглеродистой стали. При сварке сталей, содержащих более 0,7 % С, используют флюс — буру.

Удовлетворительное сварное соединение высокоуглеродистых сталей можно получить при их толщине не более 3 мм. Сварку выполняют с общим предварительным подогревом до температу­ры 523...623 К в сочетании с местным подогревом (923...973 К). По ее завершении проводят термообработку в режиме, установленном для данной марки стали.

В ряде случаев для соединения высокоуглеродистых сталей вме­сто сварки целесообразно применять пайку высокотемпературны­ми припоями.

В *низколегированных сталях перлитного класса* общее содержа­ние легирующих компонентов не превышает 2,5 % (без учета углерода). Низколегированные стали марок 10ХСНД и 15ХСНД — типичные представители этого класса сталей — характеризуются повышенной прочностью, хорошей свариваемостью и высокой устойчивостью к атмосферной коррозии.

В настоящее время эти стали сваривают в основном дуговой сваркой специальными электродами или плавящимся и неплавящимся электродами в среде защитного газа. Однако в некоторых случаях прибегают к газовой сварке.

Газовую сварку низколегированных сталей выполняют нормаль­ным пламенем. Расход ацетилена при левом способе сварки со­ставляет 75... 100 дм3/ч, при правом — 100... 130 дм3/ч. Использу­ют проволоку Св-08, -08А и -08Г2С; флюс не применяют. После сварки для улучшения механических свойств наплавленного ме­талла проводят термообработку, включающую в себя нормализа­цию металла шва нагревом горелкой и охлаждение на воздухе.

Основная задача при сварке теплоустойчивых *молибденовых, хромомолибденовых* и *хромомолибденованадиевых сталей —* получе­ние в сварном соединении металла, аналогичного по свойствам основному металлу. Для этого необходимо обеспечить приблизи­тельно одинаковую структуру и химический состав основного инаплавленного металлов.

Молибденовые низколегированные стали марок 15М и 25МЛ, содержащие 0,4...0,6 % Мо, предназначены для использования при температурах до 773 К. При температурах, достигающих 813 К, применяют хромомолибденовые стали 15ХМ и 20ХМЛ, которые содержат 0,4...0,6 % Мо и 0,8... 1,1 % Сr; при еще более высоких температурах (до 858 К) — хромомолибденованадиевые стали) 12Х1МФи 15Х1М1Ф (не более 0,2 % V).

Сварку этих сталей осуществляют только нормальным пламенем при расходе ацетилена 100 дм3/ч. Сварочная проволока Св-08ХНМ, -10НМ, -18ХМА, -10ХМ и -10МХ обеспечивает в сварочном шве такой состав металла, который придает соединению термостойкость.

Молибден, будучи в данном случае карбидообразующим элементом, повышает прочность металла без снижения его пластич­ности. Присутствие молибдена в стали уменьшает ее склонность к ползучести при повышенных температурах, способствует формированию мелкозернистой структуры сплава, увеличивает прокаливаемость и предотвращает возникновение отпускной хрупкости в хромистых сталях. Хром повышает предел ползучести и жаро­стойкость молибденовой стали, образуя на поверхности тонкий слой плотных тугоплавких оксидов.

Сварку выполняют небольшими участками длиной 15... 25 мм, поддерживая на всем свариваемом участке температуру светло-красного каления.

Перед сваркой кромки должны быть зачищены до металлического блеска. При толщине металла до 5 мм осуществляют однослойную сварку, при большей толщине — многослойную, причем сначала кромки стыка сваривают без добавления присадочно­го металла для обеспечения полного провара корня шва.

Сварку следует проводить с минимальным числом перерывов, а при ее возобновлении необходимо равномерно прогреть шов в данном месте (при сварке труб — весь стык) до температурил 523...573 К для предупреждения появления трещин.

Хромомолибденовые стали свариваются несколько хуже, чем молибденовые, что обусловлено наличием в них хрома, образующего тугоплавкие оксиды.

*Хромокремнемарганцевые стали* типа 30ХГСА обладают боль­шой прочностью, упругостью и. устойчивостью к вибрационным! и ударным нагрузкам. После термической обработки для них ха­рактерны временное сопротивление 800 МПа, относительное удлинение 10 % и ударная вязкость 0,6 МДж/м2.

При газовой сварке этих сталей хром и кремний частично выгорают, что может вызвать появление **в** шве включений оксидов и непроваров. Для предотвращения этих явлений применяют наконечник, обеспечивающий расход ацетилена 75... 100 дм3/ч. В каче­стве присадочного материала используют низкоуглеродистую про­волоку Св-08 и -08А или легированную проволоку Св-18ХМА.

Перед сваркой листов выполняют прихватки через 20... 30 мм *-* при толщине металла 0,5... 1,5 мм и через 40...60 мм — при толщине 2 мм и более. Прихватки следует располагать на расстоянии 10... 15 мм от края листа или угла сварного соединения.

Необходимо тщательно зачистить и подогнать кромки, а также обеспечить одинаковый зазор между ними по всей длине шва, что проверяется шаблоном.

Сварку осуществляют в один слой. При резком охлаждении ме­талла возможно образование трещин в шве и околошовной зоне, поэтому по окончании сварки пламя следует отводить от шва мед­ленно, подогревая факелом его конечный участок в радиусе 20...40 мм. Сварку необходимо выполнять с максимально возмож­ной скоростью, без перерывов, не задерживая пламя горелки на одном месте и не перегревая металл сварочной ванны.

**Газовая сварка теплоустойчивых сталей**

Теплоустойчивыми называют стали, длительно работающие при температуре до 600 °С. К ним относятся перлитные низколегированные хромомолибденовые стали 12МХ, 12ХМ, 15ХМ, 20ХМЛ, работающие при температуре 450...550 °С и хромомолибденованадиевые стали 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20МФЛ, работающие при температуре 550...600 °С в течение 100 000 ч (10 лет). Они дешевы и технологичны, из них делают отливки, прокат, поковки для изготовления сварных конструкций: турбин, паропроводов, котлов и т.п.

Теплоустойчивость сварных соединений оценивают отношением длительной прочности металла соединения и основного металла - коэффициентом теплоустойчивости.

Чтобы работать при высоких температурах, стали должны обладать жаростойкостью, длительной прочностью, стабильностью свойств во времени и сопротивлением ползучести: их пластическая деформация при постоянной нагрузке с течением времени должна возрастать незначительно. Все это достигается введением в состав сталей 0,5...2,0% хрома, 0,2...1,0 % молибдена, 0,1 ...0,3 % ванадия и — иногда — небольших добавок редкоземельных элементов. Хорошее сочетание механических свойств изделий из теплоустойчивых сталей достигается термообработкой: нормализацией или закалкой с последующим высокотемпературным отпуском. Это обеспечивает мелкозернистую структуру, состоящую из дисперсной ферритокарбидной смеси. После 100000 ч работы обработанная таким образом сталь 15ХМ имеет прочность 260 МПа (26,5 кгс/мм2) при температуре 450 °С и 62 МПа (6,3 кгс/мм2) при температуре 550 °С, а сталь 12X1МФ - 154 МПа (15,7 кгс/мм2) при температуре 500 °С и 58 МПа (5,9 кгс/мм2) при температуре 580 °С.

Физическая свариваемость теплоустойчивых сталей, определяемая отношением металла к плавлению, металлургической обработке и к последующей кристаллизации шва не вызывает затруднений. Современные сварочные материалы и технология сварки обеспечивают требуемые свойства и стойкость металла шва против горячих трещин. Однако сварные соединения склонны к холодным трещинам и к разупрочнению металла в ЗТВ - зоне термического влияния. Поэтому нужно применять сопутствующий сварке местный или предварительный общий подогрев изделия. Это уменьшает разницу температур в зоне сварки и на периферийных участках, что снижает напряжения в металле. Уменьшается скорость охлаждения металла после сварки больше аустенита превращается в мартенсит при высокой температуре, когда металл пластичен. Напряжения, возникающие из-за разницы объемов этих фаз, будут меньше, вероятность образования холодных трещин снизится. Применяя подогрев, нужно учитывать, что излишне высокая температура приводит к образованию грубой ферритно-перлитной структуры, не обеспечивающей необходимую длительную прочность и ударную вязкость сварных соединений. Уменьшить опасность возникновения холодных трещин можно, производя отпуск деталей, выдерживая их при температуре 150...200 °С сразу после сварки в течение нескольких часов. За это время завершится превращение остаточного аустенита в мартенсит и удалится из металла большая часть растворенного в нем водорода.

Разупрочнение теплоустойчивых сталей в ЗТВ зависит также от параметров режима сварки. Повышение погонной энергии сварки увеличивает мягкую разупрочняющую прослойку в ЗТВ, которая может быть причиной разрушения жестких сварных соединений при эксплуатации, особенно при изгибающих нагрузках. Основные способы сварки конструкций из теплоустойчивых сталей - это дуговая и контактная стыковая. Последнюю используют для сварки стыковых соединений труб нагревательных котлов в условиях завода.

Дуговую сварку производят электродами с покрытием, в защитных газах и под флюсом. Подготовку кромок деталей при всех способах дуговой сварки производят механической обработкой. Допускается применение кислородной или плазменной резки с последующим удалением слоя поврежденного металла толщиной не менее 2 мм.

Дуговую сварку производят при температуре окружающего воздуха не ниже 0 °С с предварительным и сопутствующим сварке местным или общим подогревом. Температура подогрева зависит от марки стали и толщины свариваемых кромок. Хромомолибденовые стали при толщине кромок до 10 мм, а хромомолибденованадиевые - до 6 мм можно сваривать без подогрева. Сталь 15ХМ, например, толщиной 10...30 мм надо подогревать до температуры 150...200 °С, а больше 30 мм - до температуры 200...250 °С. До 250...300 °С подогревают сталь 12Х1МФ толщиной 6...30 мм, а свыше 30 мм требуется ее подогрев до температуры 300...350 °С. При многопроходной автоматической сварке под флюсом минимальную температуру подогрева можно снижать на 50 °С. Аргонодуговую сварку корневого шва стыков труб выполняют без подогрева.

После сварки производят местный отпуск сварных соединений или общий отпуск всей сварной конструкции. Хромомолибденовые стали нагревают при отпуске до температуры 670...700 °С с выдержкой при этой температуре 1 ...3 ч в зависимости от толщины сваренных кромок,

хромомолибденованадиевые - до температуры 740...760 °С с выдержкой 2... 10 ч. Чем больше в стали хрома, молибдена, ванадия, тем больше должны быть температура и время отпуска. Отпуск стабилизирует структуру и механические свойства соединений, снижает остаточные напряжения, однако он не позволяет полностью выровнять структуру и устранить разупрочненную прослойку в ЗТВ.

Ручную дуговую сварку теплоустойчивых сталей ведут электродами из малоуглеродистой сварочной проволоки с основным (фтористо-кальциевым) покрытием, через которое вводят в шов легирующие элементы. Этот тип покрытия хорошо раскисляет металл шва, обеспечивает малое содержание в нем водорода и неметаллических включений, надежно защищает от азота воздуха. Это позволяет получать высокую прочность и пластичность шва. Однако для электродов с таким покрытием характерна повышенная склонность к образованию пор при удлинении дуги, наличии ржавчины на поверхности свариваемых кромок и при небольшом увлажнении покрытия. Поэтому нужно сваривать предельно короткой дугой, тщательно очищать кромки и сушить электроды перед их применением при температуре 80... 100 °С. Хромомолибденовые стали сваривают электродами типа Э-09Х1М (ГОСТ 9467-75) марки ЦУ-2ХМ диаметром 3 мм и более, а также ЦЛ-38 диаметром 2,5 мм, хромомолибденованадиевые - электродами типа Э-09Х1МФ марок ЦЛ-39 диаметром 2,5 мм, ЦЛ-20, ЦЛ-45 диаметром 3 мм и более. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности узкими валиками без поперечных колебаний электрода с тщательной заваркой кратера перед обрывом дуги. Когда подогрев свариваемых изделий и их термообработка после сварки невозможны или если необходимо сваривать перлитные теплоустойчивые стали с аустенитными, допускается использование электродов на никелевой основе марки ЦТ 36 или проволоки Св 08Н60Г8М7Т при аргонодуговой сварке.

Теплоустойчивые стали сваривают дуговой сваркой плавящимся электродом в углекислом газе и вольфрамовым электродом в аргоне. Сварку в С02 из-за опасности шлаковых включений между слоями используют обычно для однопроходных швов и для заварки дефектов литья. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности с присадочной проволокой (ГОСТ 2246-70) Св 08ХГСМА для хромомолибденовых сталей или Св 08ХГСМФА для хромомолибденованадиевых сталей. Для проволоки диаметром 1,6 мм сила сварочного тока 140...200 А при напряжении дуги 20...22 В, а диаметром 2 мм 280... 340 А при 26...28 В.

Ручная аргонодуговая сварка используется для выполнения корневого шва при многопроходной сварке стыков труб. Автоматической сваркой в аргоне сваривают неповоротные стыки паропроводов в условиях монтажа. При аргонодуговой сварке хромомолибденовых сталей.

Автоматическую дуговую сварку под флюсом используют на поворотных стыках трубопроводов, коллекторов котлов, корпусов аппаратов химической промышленности и других изделиях с толщиной стенки 20 мм и более. Применяют низкоактивные по кремнию и марганцу флюсы ФУ-11, ФУ-16, ФУ-22. Этим достигается стабильность содержания Si и Мп в многослойных швах и низкое содержание в них оксидных включений - продуктов процесса восстановления марганца. Сварку под флюсом ведут со скоростью 40...50 м/ч на постоянном токе обратной полярности силой 350...400 А при напряжении дуги 30...32 В. Высокая скорость сварки уменьшает погонную энергию, что снижает разупрочнение хромомолибденованадиевых сталей в околошовной зоне. Применяют проволоку диаметром 3 мм Св 08МХ и Св 08ХМ для хромомолибденовых сталей и Св 08ХМФА для хромомолибденованадиевых сталей. Можно применять проволоку диаметром 4 и 5 мм, увеличив соответственно силу тока до 520...600 А и 620...650 А при напряжении дуги 30...34 В.