Сварочные материалы

Вопросы:

1. Свариваемость различных металлов и сплавов.
2. Сварочные материалы и флюсы. Электроды, их классификация и маркировка. Виды защитных газов.
3. Выбор вида и технологии сварки различных сталей.

Свариваемость различных металлов и сплавов

Свариваемость – техническая характеристика, которая позволяет определить способность различных металлов под воздействием высоких температур создавать прочные соединения, которые впоследствии можно будет эксплуатировать в условиях механических и физических нагрузок.

Свариваемость различных металлов и сплавов

Свариваемостью также называют способность металлов образовывать сварные соединения с требуемыми технологическими характеристиками. Свариваемость тех металлов лучше, для сварки которых можно применять большее число способов сварки и более простую технологию.

Свариваемость различных металлов и сплавов

- Лучшей свариваемостью обладают металлы, способные образовывать друг с другом непрерывный ряд твердых растворов; худшей - металлы с ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии; плохой - металлы, которые не растворяются взаимно друг в друге (механические смеси).
- При хорошей свариваемости сварные соединения должны обладать теми же свойствами, что и основной металл, и не иметь дефектов в виде холодных и горячих трещин, пор, неметаллических включений и т.д.

Свариваемость различных металлов и сплавов

Для оценки технологической свариваемости определяют:

- структуру и механические свойства шва и околошовной зоны;
- склонность металла шва и околошовной зоны к образованию горячих (кристаллизационных) и холодных (закалочных) трещин.

Для этого применяют специальные и стандартные методики (ГОСТ 1385-68, Г0СТ 6996-66 и др.).

Сварочные материалы и флюсы

Следует различать две группы сварочных материалов:

1) материалы, непосредственно участвующие в образовании металла шва: стержневые электроды с покрытием - при ручной сварке, электродные проволоки и флюсы - при автоматической и полуавтоматической сварке под флюсом и при электрошлаковой сварке, электродные проволоки - при сварке в среде защитных газов;

2) материалы, непосредственно не участвующие в образовании металла шва: защитные газы (аргон, гелий) и неплавящиеся электроды (угольные, вольфрамовые).

Сварочные материалы и флюсы

Электродная проволока. Для сварки сталей применяется различным образом легированная стальная сварочная проволока, поставляемая в соответствии с ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная». Признаком классификации является химический состав проволоки. ГОСТ предусматривает 5 марок углеродистых проволок (Св08, Св08А, Св08ГА, Св10ГА, Св10Г2), 23 марки легированных проволок для сварки конструкционных сталей и 28 марок высоколегированных проволок для сварки сталей с особыми свойствами.

Электродная проволока, поставляемая по указанному ГОСТ, применяется для изготовления покрытых электродов, для дуговой сварки под флюсом и в среде защитных газов, а также для электрошлаковой сварки.

При сварке цветных металлов и их сплавов применяется электродная проволока соответствующих основному металлу составов (в ряде случаев проволока с повышенным содержанием отдельных элементов на угар) и поставляемая по специальным техническим условиям. Во всех случаях к чистоте проволоки при ее поставке и перед сваркой предъявляются особые требования. На поверхности проволоки не должно быть ржавчины, масла и грязи, которые приводят к появлению пористости шва.

Сварочные материалы и флюсы

Флюсы. Флюсы могут быть плавлеными и керамическими (неплавлеными). Керамическими флюсы названы условно. Из механической смеси мелко размолотых компонентов, замешенных на жидком стекле и образующих пасту, флюс приготовляется в виде мелких зерен («крупки»), просушиваемых и прокаливаемых для удаления влаги. Керамические флюсы легко разрушаются в процессе работы, сепарируются по удельным весам составляющих компонентов, что ведет не только к потере флюса, но и к нарушениям стабильности химического состава металла шва.

Поскольку основные марки сталей хорошо свариваются с применением плавленых флюсов, керамические флюсы находят только ограниченное применение для некоторых специальных марок стали и наплавочных работ.

В основном применяются, как правило, плавленые флюсы, которые изготовляются путем сплавления всех компонентов. Процесс изготовления флюсов делится на три стадии:

1) подготовку шихты; 2) плавку флюса; 3) обработку флюса - грануляция, сушка, просеивание и упаковка.

Материалами для изготовления флюсов служат природные минералы и руды. Все материалы раздельно измельчаются (до размеров от 2-3 до 20-30 мм) и шихтуются. Плавка флюсов производится в стеклоплавильных пламенных печах или в дуговых электропечах. После расплавления и выдержки, необходимой для восстановления высших окислов (например, MnO_3 в MnO), жидкий флюс при температуре около 1400° С выпускают из печи, охлаждают и гранулируют, т. е. измельчают до зернообразного состояния.

Грануляция может осуществляться сухим и мокрым способом. При сухом способе флюс выливают в металлические формы и после остывания измельчают в валках до размера 0,1-3,0 мм, после чего флюс поступает на просеивание.

Сварочные материалы и флюсы

Более широко применяется мокрый способ грануляции, при котором флюс тонкой струей выпускают из печи в бак с проточной водой. В баке он распадается на отдельные зерна и затвердевает без кристаллизации в виде аморфной стекловидной массы. Затем флюс сушат при температуре 250-350° С, дробят на вальцах и пропускают через два сита (с 16 и 400 отверстиями на 1 см2). Остаток на втором сите представляет готовый флюс в виде прозрачных или полупрозрачных зерен красно-бурого или светло-коричневого цвета. При сварке малоуглеродистых и низколегированных сталей наиболее распространенной системой «флюс - проволока» является сочетание марганцевого высококремнистого флюса и малоуглеродистой проволоки (Св08, Св08А). При сварке машиностроительных сталей со специальными свойствами применяют безмарганцевые кремнистые флюсы и высоколегированные проволоки. Для автоматической сварки флюс выпускается с размером зерна 0,35-3,0 мм. Для полуавтоматической сварки флюс имеет зерно размером 0,25-1,6 мм; в нем уменьшено содержание фтора, дающего токсичный газ, содержащий фтористый водород.

Уменьшение размера зерна повышает активность флюса, так как возрастает общая площадь контактирования, а необходимость уменьшения количества компонентов, дающих токсичные газы, обусловлена тем, что при полуавтоматической сварке сварщик находится непосредственно у места их выделения.

На флюсы общего назначения выпущен ГОСТ 9087-81 «Флюсы сварочные плавленые». В этом ГОСТ предусмотрены две марки флюса для сварки проволокой диаметром более 3 мм (АН-348А и ОСЦ-45) и две марки флюса для сварки проволокой менее 3 мм (АН-348АМ и ОСЦ-45М). Кроме того, имеется большое количество различных нестандартизированных флюсов.

Электроды, их классификация и маркировка

Электроды. Электроды изготовляются в виде прутков длиной 450 мм, на поверхности которых нанесен слой специальных покрытий. Для изготовления стержней электродов применяется проволока по ГОСТ 2246-70.

Для изготовления покрытия обычно применяют следующие материалы:

1) шлакообразующие: марганцевая руда, мел, мрамор, магнезит, кремнезем, полевой шпат;

2) легирующие и раскислители: ферромарганец, ферросилиций, ферромолибден и др.;

3) флюсующие добавки: плавиковый шпат, титановая руда;

4) ионизаторы: поташ, сода, полевой шпат, мрамор, мел и т. п.;

5) газообразующие: крахмал, декстрин, пищевая мука, древесная мука, целлюлоза, мел, магнезит;

6) связущие: жидкое стекло, декстрин.

Электроды, их классификация и маркировка

Многие из перечисленных материалов одновременно выполняют несколько функций. Все материалы, предназначенные для изготовления покрытия, подвергают контролю и сушке. Компоненты, поступающие в виде глыб и кусков, после сушки проходят через грубое и среднее дробление, а затем тонкое измельчение в шаровых мельницах. После этого их просеивают через сито с числом отверстий от 800 (для ферросплавов) до 3000 (пудрообразное состояние) на 1 см2. Такое измельчение компонентов обеспечивает интенсивное прохождение реакций при плавлении покрытия и образовании шлака в течение коротких промежутков времени, когда покрытие участвует в процессе сварки. Измельченные ферросплавы - ферромарганец и ферросилиций - проходят пассивирование (пассивирование заключается в том, что FeMn и FeSi в тонко размолотом виде в присутствии водяных паров окисляются с поверхности. Эта тонкая окисная пленка предохраняет их от дальнейшего окисления при обмазке и в покрытии), что предотвращает преждевременное их вступление в

Электроды, их классификация и маркировка

Подготовленные таким образом компоненты развешивают по рецептам и из сухой шихты замешивают на жидком стекле обмазочную массу. При кустарном производстве обмазочная масса наносится на стержень окунанием, а при централизованном - на специальных прессах. Густота массы в первом случае соответствует густоте сметаны, во втором - лепной глине. После нанесения покрытия электроды сушат (провяливают) при обычной температуре в течение 20-48 час. (при 40-50° С в течение 4-12 часов), а затем прокаливают (в течение 1-2 час. при 150-200° С для электродов с органическими веществами в покрытии и при 300-400° С для электродов, не содержащих органических веществ).
После прокаливания электроды сортируют и из каждой партии отбирают пробы на сертификатные испытания. Готовые электроды упаковывают в водонепроницаемую бумагу, укладывая в пачки по 3-8 кг. Электроды должны храниться в сухих и хорошо проветриваемых помещениях. Электроды должны иметь паспорт (сертификат), который дается заводом-изготовителем.

Электроды, их классификация и маркировка

Качество электродов в значительной степени зависит от уровня производства и системы контроля за процессом их изготовления.

Каждая новая марка электродов проходит всесторонние испытания, при которых определяется склонность металла шва к образованию трещин, коррозионная стойкость, стабильность химического состава и механических свойств металла шва, технологические характеристики электродов. Кроме того, от каждой партии изготовляемых электродов (3-10 т) отбирается проба для выборочной проверки технологических свойств электродов и механических свойств металла шва. Только такой систематический контроль может гарантировать стабильное и высокое качество электродов.

Электроды, их классификация и маркировка

Электроды можно классифицировать по следующим признакам:

материалу, для сварки которого они предназначены;

материалу, из которого они изготовлены;

способу нанесения покрытия;

количеству покрытия;

пригодности для сварки в разных пространственных положениях и т. п.

Однако основной характеристикой, определяющей назначение и область применения электродов, являются механические свойства наплавленного металла и сварного соединения, и, в ряде случаев, химический состав металла шва.

Электроды, их классификация и маркировка

Электроды для ручной дуговой сварки должны отвечать требованиям двух стандартов: ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 9467-75. В ГОСТ 9466-75 «Электроды металлические для дуговой сварки сталей и наплавки - размеры и общие технические требования», в которых оговорены требования к размерам электродов, к качеству и размерам покрытия; указаны методы контроля качества электродов.

Необходимые для подбора электродов данные содержатся в ГОСТ 9467-75 «Электроды металлические для дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей - типы». В этом стандарте электроды для сварки различаются по механическим свойствам металла шва и по содержанию отдельных химических элементов. Предусмотрено применение двух групп электродов:

1) для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей;
2) 2) для сварки легированных теплоустойчивых сталей.

Электроды, их классификация и маркировка

Типам электродов присвоены обозначения: Э34, Э42, Э42А и т. д. Буква «Э» означает электродуговая сварка, а цифры 34, 42 и т. д. определяют величину гарантированного предела прочности наплавленного металла на соответствующих марках стали, указанных в ГОСТ 9466-75 (так, например, для электродов Э34 испытание производится на стали марки Ст. 3).

Дополнительная буква «А» для некоторых типов означает, что эти электроды обеспечивают повышенные пластические свойства металла шва.

Важное значение имеют также и технологические характеристики электродов: коэффициент наплавки, пригодность для сварки в вертикальном положении и т. д., но они стандартом не регламентированы.

Электроды, их классификация и маркировка

Свойства металла шва зависят от марки проволоки, типа и марки покрытия, а также от химического состава свариваемого металла. Поэтому выбираемый тип электрода будет обеспечить гарантированные качества шва только на определенных марках стали, указанных в ГОСТ 9466-75.

К одному и тому же типу электродов по ГОСТ 9467-75 могут относиться несколько марок электродов с разным покрытием. Марки электродов часто называют по условным обозначениям, присвоенным им организациями, разработавшими эти покрытия. Электроды типа Э34 имеют тонкий слой стабилизирующего мелового покрытия и для сварки ответственных конструкций не применимы. Для сварки конструкций в машиностроении в настоящее время применяются электроды марок: ОММ-5, ЦМ-7, которые относятся к типу Э42, и УОНИ-13, которые относятся к типу Э42А, Э50А, Э60А. Все они имеют толстый слой покрытия, вес которого составляет 25-30% веса стержня.

Виды защитных газов

Защитные газы. При газоэлектрической сварке стальных конструкций в качестве защитного газа применяют углекислый газ, а при сварке алюминиевых сплавов и сплавов титана, ниобия, циркония - аргон.

Углекислый газ получается при испарении жидкой углекислоты, заливаемой в баллоны (емкостью 40 л), в количестве 25 кг. При испарении получается 12,7 м3 CO_2.

Углекислота применяется пищевая (по ГОСТ 8050-85) либо осушенная по специальным техническим условиям (ТУ).

Во всех случаях требуется, чтобы углекислота содержала не менее 98,5% CO_2 и не более 1,5% N_2 и O_2. Количество свободной влаги в баллоне не должно превышать 0,10% от веса CO_2 При правильно поставленном снабжении заводы должны получать осушенную углекислоту с содержанием CO_2 не менее 99,5-99,7%; при такой чистоте CO_2 заметно улучшаются пластические свойства металла шва.

Виды защитных газов

В машиностроении применяют чистый аргон первого состава по ТУ МХП 4315-54. Аргон первого состава содержит не менее 99,7% аргона и не более 0,24% азота; 0,05% кислорода и 0,01% СО. Свободная влага отсутствует.

При аргоно-дуговой сварке неплавящимся электродом используют вольфрамовые электроды, изготовляемые по МПТУ 2402-49. Вольфрамовые электроды имеют температуру плавления металла около 3500°С и температуру кипения 5500-5900° С. Для повышения стойкости в них вводят 1,5-2% окиси тория (Th). Такие электроды называются торированными. Торирование позволяет вести сварку при повышенных режимах, сохраняет постоянную форму конца электрода и благодаря повышенной эмиссии электронов способствует легкому зажиганию дуги.

Выбор вида и технологии сварки различных сталей

Особенности сварки конструкционных сталей определяются прежде всего содержанием углерода и легирующих элементов.

Малоуглеродистые стали и низколегированные стали (20Х, 15Н2М и др.) хорошо свариваются любыми методами сварки. В некоторых случаях (при сварке больших толщин) после сварки проводят термическую обработку для снятия внутренних напряжений и улучшения структуры.

Углеродистые (С > 0,3%) и низколегированные стали (до 3-4% л.э.) относятся к удовлетворительно свариваемым. Это стали перлитного класса (30ХГ2С, 35ГС, 40ХФА и др.). Основная трудность сварки этих сталей заключается в закалке околошовной зоны и возможности образования холодных трещин. Для предупреждения образования холодных трещин рекомендуется: подогревать изделия до 100-300°С; заменять однослойную сварку многослойной; прокаливать электроды и флюсы при 400-450°С; проводить отпуск изделий после сварки при 300°С и выше.

Аналогичные требования предъявляются при сварке теплоустойчивых сталей (12МХ, 15ХМ, 20М, 15ХМФ и др.).

Выбор вида и технологии сварки различных сталей

Особенности сварки высокохромистых сталей (12-28% Cr) - ферритных (12Х, 15Х25Т, 15Х28), ферритно-мартенситных Ф-М (12Х13) и мартенситных М (20Х13, 30Х13, 40Х13), связаны с охрупчиванием металла шва и зоны термического влияния. При нагреве до высоких температур происходит интенсивное укрупнение зерна, а при замедлении охлаждения в области температур 550-400°С по границам зерен выпадают хрупкие фазы, а в Ф и Ф-М сталях возможна закалка шва и околошовной зоны и образование холодных трещин.

Для предупреждения указанных явлений необходимо проводить: сварку при малых погонных энергиях, т.е. применять пониженные значения тока при сварке; после сварки проводить отжиг при 800-900°С для растворения хрупких фаз; вести сварку с предварительным подогревом до 200-300°С.

Выбор вида и технологии сварки различных сталей

Сварка аустенитных хромо-никелевых сталей (18% Cr, 8% Ni) связана с возможностью выпадения карбидов хрома (Cr_6C_{23}) по границам зерен в зоне температур 500-800^{0}С и появлением межкристаллитной коррозии. Сварку таких сталей необходимо вести при малых погонных энергиях с ускоренным охлаждением; вводить в сталь и шов более сильные карбидообразующие элементы (Ti, Nb) и снижать содержание углерода; закаливать после сварки с 1050°С с целью фиксирования аустенитной структуры.

При сварке жаростойких и окалиностойких сталей (с 25% Cr и 20% Ni) кроме выпадения карбидов хрома возможно образование горячих трещин. Для их сварки применяют специальную сварочную проволоку легированную марганцем (Св30Х25НТ6Г7 и др.).

Выбор вида и технологии сварки различных сталей

Сварка чугуна применяется для исправления дефектов в отливках и при ремонтных работах. Основная трудность сварки чугуна связана с образованием отбеленной структуры и закалке околошовной зоны. Различают горячую и холодную сварку чугуна.

Горячая сварка чугуна выполняется с предварительным подогревом деталей до 400-700^{0}С. Сварку ведут чугунными электродами (Ø 8-26 мм) со специальной обмазкой. Сваренные изделия охлаждают вместе с печью. Горячую сварку выполняют также газовым пламенем с флюсом на основе буры.

Холодная сварка чугуна выполняется стальными, медно-железными, медно-никелевыми (монель-металл, мельхиор) электродами и электродами из аустенитного чугуна. Применение таких электродов позволяет получить наплавку, у которой отбеливание наблюдается только на отдельных участках и не влияет на снижение свойств.

Особенности сварки меди и ее сплавов определяются влиянием в ней вредных примесей (O, H, Bi, Pb). Закись меди Cu_2O образует с медью легкоплавкую эвтектику (Cu_2O-Cu) с температурой плавления 1064°С (меди 1080°С), которая располагается по границам кристаллов и приводит к появлению горячих трещин. Кроме того, наличие сетки эвтектики по границам зерен делает шов хрупким и при комнатных температурах.

В результате повышенной теплопроводности меди при сварке происходит ее перегрев с образованием крупнозернистой структуры. Высокая растворимость водорода в меди в случае быстрого охлаждения может вызвать пористость шва. Для предупреждения этих явлений после сварки производят быстрое охлаждение в воде и проковку шва при комнатной температуре, а сварку ведут с применением флюсов и защитных газов.

При сварке сплавов меди-латуней (до 50% Zn) основной трудностью является испарение Zn, в результате шов теряет свои свойства, в нем появляются поры. Кроме того, пары Zn ядовиты. Поэтому сварку ведут в респираторах и с применением газовых флюсов (борный ангидрид) и окислительного газового пламени с целью связывания Zn в его оксиды.

Сварку бронз применяют для заварки дефектов и ремонта литья. Сварку ведут металлическим электродом со специальным покрытием при повышенной скорости, во избежание перегрева и выплавления легкоплавких составляющих сплава.

Выбор вида и технологии сварки различных сталей

Сварка алюминия и его сплавов затруднительна из-за образования прочной и тугоплавкой пленки оксида Al_2O_3 ($t_{пл}$ = 2050^{0}C) препятствующей сплавлению расплавленного и основного металлов. Для растворения пленки Al_2O_3 применяют флюсы и пасты из смеси хлористых и фтористых солей щелочноземельных металлов (NaCl, KCl, LiF и др.). Кроме того, Al при 400-500°C имеет низкую прочность и может разрушиться под собственной массой. Поэтому, сварку Al необходимо вести на подкладках. Способность Al в жидком состоянии активно поглощать газы (O, H) требует при сварке применения надежной защиты.

Сплавы Al с Mg и Mn (АМг, АМц) сваривают при тех же условиях, что и Al. Исключение составляют дюралюмины. Нагрев их при сварке свыше 500°C приводит к оплавлению и окислению границ зерен, вследствие чего теряются механические свойства, которые не могут быть восстановлены термической обработкой (закалкой, старением). Только при сварке в среде защитных газов их свойства восстанавливаются на 80-90%.

Сварка тугоплавких металлов и сплавов (Ti, Zr, Nb, Mo, W и др.) затруднена по причине того, что при нагреве они активно поглощают газы (O, H, N). При этом незначительнее загрязнение ими (> 0,001%) приводит к резкому снижению пластичности шва.

Титан рекомендуется сваривать в атмосфере Ar с дополнительной защитой не только корня шва, но и околошовной зоны, нагретой до температуры 400°C. Ниобий и цирконий сваривать в камерах с контролируемой атмосферой. Молибден и вольфрам сваривают электронным лучом в вакууме 133×10^{-4} Н/м^2.

Напряжения и деформации при сварке возникают в результате неравномерного нагрева и охлаждения, что приводит к изменению формы и размеров конструкции. При сварке малопластичных и склонных к закалке металлов они могут вызывать появление трещин.

Величина сварочных деформаций определяется объемом наплавленного металла, степенью его пластичности и жесткостью конструкции. Различают следующие виды деформаций: местные выпучины и хлопуши; изгиб пластины; грибовидность, сокращение размеров свариваемого изделия и др.

Конструктивными мероприятиями по предупреждению сварочных деформаций являются: уменьшение сечения сварных швов, применение двусторонней разделки кромок, рациональное размещение сварных швов (симметрично, ближе к центру тяжести конструкций), применение ребер жесткости и т.д.

Технологическими мероприятиями является: правильный выбор способа и режима сварки, рациональная последовательность наложения сварных швов, закрепление свариваемых деталей в жестких кондукторах, предварительный обратный прогиб конструкции, получающей изгиб при сварке и др.

Устранить деформации после сварки можно способами холодной и горячей правки. Для снятия напряжений применяют предварительный подогрев или последующий отжиг.