Вступление.

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений материалов посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или пластическом деформировании, или совместным действием того и другого. Сваркой соединяют однородные и разнородные металлы и их сплавы, металлы с некоторыми неметаллическими материалами (керамикой, графитом, стеклом и др.), а также пластмассы.  
Сварка – экономически выгодный, высокопроизводительный и в значительной степени механизированный технологический процесс, широко применяемый практически во всех отраслях машиностроения.  
Физическая сущность процесса сварки заключается в образовании прочных связей между атомами и молекулами на соединяемых поверхностях заготовок. Для образования соединений необходимо выполнение следующих условий: освобождение свариваемых поверхностей от загрязнений, оксидов и адсорбированных на них инородных атомов; энергетическая активация поверхностных атомов, облегчающая их взаимодействие друг с другом; сближение свариваемых поверхностей на растояния, сопостовимые с межатомным расстоянием в свариваемых заготовках.  
В зависимости от формы энергии, используемой для образования сварного соединения, все виды сварки разделяют на три класса: термический, термомеханический и механический.  
К термическому классу относятся виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии (дуговая, плазменная, электрошлаковая, электронно – лучевая, лазерная, газовая и др.).  
К термомеханическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и давления (контактная, диффузионная и др.).  
К механическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления (ультразвуковая, взрывом, трением, холодная и др.).  
Свариваемость – свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия.

1. Электродуговая сварка.

1.1 Принцип действия.  
  
Дуга – мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. Процесс зажигания дуги в большин-стве случаев включает в себя три этапа: короткое замыкание электрода на заготовку, отвод электрода на расстояние 3-6 мм и возникновение устойчивого дугового разряда.  
  
Короткое замыкание выполняется для разогрева торца электрода и заготовки в зоне контакта с электродом. После отвода электрода с его разогретого торца (катода) под действием электрического поля начинается термоэлектронная эмиссия электронов. Столкновение быстродвижущихся по направлению к аноду электронов с молекулами газов и паров металла приводит к их ионизации. По мере разогрева столбца дуги и повы-шение кинетической энергии атомов и молекул происходит дополнителная ионизация за счет их соударения. Отдельные атомы также ионизируются в результате поглощения энергии, выделяемой при соударении других частиц. В результате дуговой промежуток становится электропроводным и через него начинается разряд электричества. Процесс зажигания дуги заканчивается возникновением устойчивого дугового разряда.  
Источником теплоты при дуговой сварке служит электрическая дуга, которая горит между электродом и заготовкой. В зависимости от материала и числа электродов, а также способа включения электродов и заготовки в цепь электрического тока различают следующие способы дуговой сварки:  
а) Сварка неплавящимся (графитным или вольфрамовым) электродом, дугой прямого действия, при которой соединение выполняется путем расплавления только основного металла, либо с применением присадочного металла.  
б) Сварка плавящимся (металлическим) электродом, дугой прямого действия, с одно-временным расплавлением основного металла и электрода, который пополняет сварочную ванну жидким металлом.  
в) Сварка косвенной дугой, горящей между двумя, как правило, неплавящимися электро-дами. При этом основной металл нагревается и расплавляется теплотой столба дуги.  
г) Сварка трехфазной дугой, при которой дуга горит между электродами, а также между каждым электродом и основным металлом.  
Питание дуги осуществляется постоянным или переменным током. При применение постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярностях. В первом случае электрод подключают к отрицательному полюсу (катод), во втором – к положи-тельнуму (анод).

* 1. 2Ручная дуговая сварка.

Ручную дуговую сварку выполняют сварочными электродами, которые вручную пода-ют в дугу и перемещают вдоль заготовки. В процессе сварки металлическим покрытым электродом – дуга горит между стержнем электрода и основным металлом. Стержень электрода плавится, и расплавленный металл каплями стекает в металлическую ванну. Вместе со стержнем плавится поктрытие электрода, образуя газовую защитную ат-мосферу вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковые ванны вместе образуют сварочную ванну. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и образуется сварочный шов. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку.  
Электроды для ручной сварки представляют собой стержни с нанесенными на них покрытиями. Стержень изготовляют из сварочной проволоки повышенного качества. Сварочную проволоку всех марок в зависимости от состава разделяют на три группы: низкоуглеродистая, легированная и высоколегированная.  
  
  
Ручная сварка удобна при выполнении коротких и криволинейных швов в любых пространственных положениях – нижнем, вертикальном, горизонтальным, потолоч-ном, при наложении швов в труднодоступных местах, а также при монтажных рабо-тах и сборке конструкций сложной формы. Ручная сварка обеспечивает хорошее качество сварных швов, но обладает более низкой производительностью, например, по сравнению с автоматической дуговой сваркой под флюсом.  
Производительность процесса в основном определяется сварочным током. Однако ток при ручной сварке покрытыми электродами ограничен, так как повышение тока сверх рекомендованного значения приводит к разогреву стержня электрода, отслаива-нию покрытия, сильному разбрызгиванию и угару расплавленного металла. Ручную сварку постепенно заменяют полуавтоматической в атмосфере защитных газов.

* 1. 3Автоматическая дуговая сварка под флюсом.

Для автоматической дуговой сварки под флюсом используют непокрытую электрод-ную проволоку и флюс для защиты дуги и сварочной ванны от воздуха. Подача и переме-щение электродной проволоки механизированы. Автоматизированы процессы зажига-ния дуги и заварки кратера в конце шва.  
В процессе автоматической сварки под флюсом дуга горит между проволокой и основ-ным металлом. Столб дуги и металлическая ванна жидкого металла со всех сторон плотно закрыты слоем флюса толшиной 30 – 35 мм. Часть флюса расплавляется, в ре-зультате чего вокруг дуги образуется газовая полость, а на поверхности расплавленного металла – ванна жидкого шлака. Для сварки под флюсом характерно глубокое проплав-ление основного металла. Действие мощной дуги и весьма быстрое движение электрода вдоль заготовки обусловливают оттеснение расплавленного металла в сторону, потиво-положную направлению сварки. По мере поступательного движения электрода происхо-дит затвердевание металлической и шлаковой ванн с образованием сварного шва, покры-того твердой шлаковой коркой. Проволоку подают в дугу и перемещают ее вдоль шва с помощью механизмов подачи и перемещения. Ток к электроду поступает через токопровод.  
Дуговую сварку под флюсом выполняют сварочными автоматами, сварочными голов-ками или самоходными тракторами, перемещающимися непосредственно по изделию. Назначение сварочных автоматов – подача электродной проволоки в дугу и поддержание постоянного режима сварки в течение всего процесса. Автоматическую сварку под флюсом применяют в серийном и массовом производствах для выполнения длинных прямолинейных и кольцевых швов в нижнем положении на металле толщиной 2 – 100 мм. Под флюсом сваривают металлы различных классов. Автоматическую сварку широко применяют при изготовлении котлов, резервуаров для хранения жидкостей и газов, корпусов судов, мостовых балок и других изделий. Она является одным из основных звеньев автоматической линий для изготовления сварных автомобильных колес и ста-нов для производства сварных прямошовных и мпиральных труб.

* 1. 4Электрошлаковая сварка и приплав.

При электрошлаковой сварке основной и электродный металлы расплавляются теплотой, выделяющейся при прохождении электрического тока через шлаковую ванну. Процесс электрошлаковой сварки начинается с образования шлаковой ванны в прос-транстве между кромками основного металла и формирующими устройствами (ползунами), охлаждаемые водой, подаваемой по трубам, путем расплавления флюса эле-ктрической дугой, возбуждаемой между сварочной проволокой и вводной планкой. После накопления определенного количества жидкого шлака дуга шунтируется шлаком и гаснет, а подача проволоки и подвод тока продолжаются. При прохождении тока через расплавленный шлак, являющийся электропроводящим электролитом, в нем выделяется теплота, достаточная для поддержания высокой температуры шлака (до 2000 градусов по цельсию) и расплавления кромок основного металла и электродной проволоки. Проволока вводится в зазор и подается в шлаковую ванну с помощью мундштука. Проволока служит для подвода тока и пополнения сварочной ванны расплавленным металлом. Как правило, электрошлаковую сварку выполняют при вертикальном положении свариваемых заготовок. По мере заполнения зазора между ними мундштук для подачи проволоки и формирующие ползуны передвигаются в вертикальном направлении, оставляя после себя затвердевший сварной шов.  
В начальном и конечном участках шва образуются дефекты. В начале шва – непровар кромок , в конце шва - усадочная раковина и неметаллические включения. Поэтому сварку начинают на вводной, а заканчивают на выходной планках, которые затем удаляют газовой резкой.  
Шлаковая ванна – более распределенный источник теплоты, чем электрическая дуга. Основной металл расплавляется одновременно по всему периметру шлаковой ванны, что позволяет вести сварку металла большой толщины за один проход.  
Заготовки толщиной до 150 мм можно сваривать одним электродом, совершающим поперечные колебания в зазоре для обеспечения равномерного разогрева шлаковой ванны по всей толщине. Металл толщиной более 150 мм сваривают тремя проволоками, а иногда и большим числом проволок, исходя из использования одного электрода на 45 – 60 мм толщины металла. Специальные автоматы обеспечивают подачу электродных проволок и их поперчной перемещение в зазоре.  
Электрошлаковая сварка имеет ряд преимуществ по сравнению с автоматической сваркой под флюсом: повышенную производительность, лучшую макроструктуру шва и меньшие затраты на выполнение 1 м сварного шва.  
К недостаткам электрошлаковой сварки следует отнести образование крупного зер-на в шве и околошовной зоне вследствие замедленного нагрева и охлаждения. После сварки необходима термическая обработка (отжиг или нормализация) для измельчения зерна в металле сварного соединения.  
Электрошлаковую сварку широку применяют в тяжелом машиностроении для изго-товления ковано – сварных и лито – сварных конструкций, таких, как станины и дета-ли мощных пресов и станков, коленчатые валы судовых дизелей, роторы и валы гидро-турбин,котлы высокого давления и т. п. Толщина свариваемого металла составляет 50 – 2000 мм.

* 1. 5Сварка в среде защитных газов.

При сварке в защитном газе электрод, зона дуги и сварочная ванна защищены струей защитного газа.  
В качестве защитных газов применяют инертные газы ( аргон и гелий) и активные газы (углекислый газ, азот, водород и др.), а иногда – смеси двух газов и более.  
Сварка в среде защитных газов в зависимости от степени механизации процессов подачи присадочной или сварочной проволоки и перемещения сварочной горелки может быть ручной, полуавтоматической и автоматической.  
По сравнению с ручной сваркой покрытыми электродами и автоматической под флюсом сварка в защитных газах имеет следующие преимущества: высокую степень защиты расплавленного металла от воздействия воздуха; отсутствие на поверхности шва при применении аргона оксидов и шлаковых включений; возможность ведения процесса во всех пространственных положениях; возможность визуального наблюдения за процессом формирования шва и его регулирования; более высокую производительность процесса, чем при ручной дуговой сварке; относительно низкую стоимость сварки в угле-кислом газе.  
Области применения сварки в защитных газах охватывают широкий круг материа-лов и изделий (узлы летательных аппаратов, элементы атомных установок, корпуса и трубопроводы химических аппаратов и т. п.). Аргонодуговую сварку применяют для цветных (алюминия, магния, меди) и тугоплавких (титана, ниобия, ванадия, циркония) металлов и их сплавов, а также легированных и высоколегированных сталей.

1. Контактная сварка.

Контактная сварка относится к видам сварки с кратковременным нагревом места соединения без оплавления или с оплавлением и осадкой разогретых заготовок. Характерная особенность этих процессов – пластическая деформация, в ходе которой формируется сварное соединение.  
Место соединения разогревается проходящим по металлу электрическим током, причем максимальное количество теплоты выделяется в месте сварочного контакта.  
На поверхности свариваемого металла имеются пленки оксидов и загрязнения с малой электропроводимостью, которые также увеличивают электросопротивление контакта. В результате в точках контакта металл нагревается до термопластичес-кого состояния или до оплавления. При непрерывном сдавливании нагретых заготовок образуются новые точки соприкосновения, пока не произойдет полное сближение до межатомных расстояний, т. е. сварка поверхностей.  
Контактную сварку классифицируют по типу сварного соединения, определяющего вид сварочной машины, и по роду тока, питающего сварочный трансформатор. По типу сварного соединения различают сварку стыковую, точечную, шовную.

Стыковая сварка.

Стыковая сварка – разновидность контактной сварки, при которой заготовки свариваются по всей поверхности соприкосновения. Свариваемые заготовки закрепляют в зажимах стыковой машины. Зажим 1 установлен на подвижной плите, перемещаю-щийся в направляющих, зажим 2 укреплен на неподвижной плите. Сварочный  
  
  
трансформатор соединен с плитеми гибкими шинами и питается от сети через включающее устройство. Плиты перемещаются, и заготовки сжимаются под действи-ем усилия, развиваемого механизмом осадки.  
Стыковую сварку с разогревом стыка до пластического состояния и последующей осадкой называют – сваркой оплавлением.  
Сварка оплавлением имеет преимущества перед сваркой сопротивлением. В процессе оплавления выравниваются все неровности стыка, а оксиды и загрязнения удаляются, поэтому не требуются особой подготовки места соединения. Можно сваривать заго-товки с сечением, разнородные металлы (быстрорежущую и углеродистую стали, медь и алюминий и т.д.).  
Наиболее распостраненными изделиями, изготовляемые стыковой сваркой, служат элементы трубчатых конструкций, колеса и кольца, инструмент, рельсы, железобетон-ная арматура.

Точечная сварка.

Точечная сварка – разновидность контактной сварки, при которой заготовки соеди-няются в отдельных точках. При тотечной сварке заготовки собирают внахлестку и зажимают между электродами, подводящими ток к месту сварки. Соприкасающиеся с медным электродами поверхности свариваемых заготовок нагреваются медленнее их внутренних слоев. Нагрев продолжается до пластического состояния внешних слоев и до расплавления внутренних слоев. Затем выключают ток и снимают давление. В результате образуется литая сварная точка.  
Точечная сварка в зависимости от расположения электродов по отношению к свариваемым заготовкам может быть двусторонней и односторонней.  
Многоточечная контактная сварка – разновидность контактной сварки, когда за один цикл свариваются несколько точек. Многоточечную сварку выполняют по принци-пу односторонней точечной сварки. Многоточечные машины могут иметь от одной пары до 100 пар электродов, соответственно сваривать 2 –200 точек одновременно. Многоточечной сваркой сваривают одновременно и последовательно. В первом случае все электроды сразу прижимают к изделию, что обеспечивает меньшее коробление и большую точность сборки. Ток распределяется между прижатыми электродами специальным токораспределителем, включающим электроды попарно. Во втором случае пары электродов опускают поочередно или одновременно, а ток подключают поочередно к каждой паре электродов от сварочного трансформатора. Многоточечную сварку применяют в основном в массовом производстве, где требуется большое число сварных точек на заготовке.

Шовная сварка.

Шовная сварка – разновидность контактной сварки, при которой между свариваемы-ми заготовки образуется прочное и плотное соединение. Электроды выполняют в виде плоских роликов, между которыми пропускают свариваемые заготовки.  
В процессе шовной сварки листовые заготовки соединяют внахлестку, зажимают между электродами и пропускают ток. При движении роликов по заготовкам образуются перекрывающие друг друга сварные точки, в результате чего получается сплошной геометрически шов. Шовную точку, так же как и точечную, можно выпол-нить при двусторонней и одностороннем расположениях электродов.  
  
Шовную сварку применяют в массовом производстве при изготовлении различных сосудов. Толщина свариваемых листов составляет 0,3 – 3 мм. Шовной сваркой выполняют те же типы сварных соединений, что и точечной, но используют для полу-чения герметичного шва.

1. Газовая сварка и резка металлов.

При сварке место соединения нагревают до расплавления высокотемпературным газовым пламенем. При нагреве газосварочным пламенем кромки свариваемых заготовок расплавляются, а зазор между ними заполняется присадочным металлом, который вводят в пламя горелки извне. Газовое пламя получают при сгорании горючего газа в атмосфере технически чистого кислорода.  
Кислородный балон представляет собой стальной цилиндр со сферическим днищем и горловиной для крепления запорного вентиля. На нижнюю часть балона насаживается башмак, позволяющий ставить балон вертикально. На горловине имеется кольцо с резьбой для навертывания защитного колпака. Средняя жидкостная вместимость балона 40 дм3. При давлении 15 МПа он вмещает ~ 6000дм3 кислорода.  
Ацетиленовые балоны окрашивают в белый цвет и делают на них надпись красной краской "Ацетилен". Их конструкция анологична конструкции кислородныз балонов. Давление ацетилена в балоне 1,5 МПа. В балоне находится пористая масса (активизи-рованный уголь) и ацетон. Растворения ацетилена в ацетоне позволяет поместить в малом объеме большое количество ацетилена. Растворенный в ацетоне ацетилен пропитывает пористую массу и становится безопасным.  
При газовой сварке заготовки нагреваются более плавно, чем при дуговой; это и определяет основные области ее применения: для сварки металлов малой толщины (0,2 – 3 мм); легкоплавких цветных металлов и сплавов, требующих постепенного нагрева и охлаждения, например инструментальных сталей, чугуна, латуней; для пайки а наплавочных работ; для подварки дефектов в чугунных и бронзовых отливках. При увеличении толщины металла производительность газовой сварки резко снижается. При этом за счет медленного нагрева свариваемые изделия значительно деформируют-ся. Это ограничивает приминение газовой сварки.  
Газокислородная резка заключается в сжигании металла в струе кислорода и удале-нии этой струей образующихся оксидов. При горении железа в кислороде выделяется значительное количество теплоты.  
Для обеспечения нормального процесса резки металл должен отвечать следующим требованиям: температура его плавления должна быть выше температуры горения в кислороде; температура плавления оксидов металла должна быть ниже температуры его плавления; количесвто теплоты, выделяющееся при сгорании металла в кислородной струе, должно быть достаточным для поддержания непрерывного процесса резки; теплопроводность металла не должна быть слишком высокой, в противном случае теплота слишком интенсивно отводится и процесс резки прекращается; образующиеся оксиды должны быть достаточно жидкотекучими и лекго выдуваться вниз струей режущего кислорода.  
  
  
Практически указанным требования отвечают железо, низкоуглеродистые и низко-легированные стали.  
По характеру и направленности кислородной струи различают следующие способы резки.  
Разделительная резка – режущая струя направленна нормально к поверхности металла и прорезает его на всю толщину. Разделительной резкой раскраивают листо-вую сталь, разрезают профильной материал, вырезают косынки, круги, фланцы и т. п. Поверзностная резка – режущая струя направленна под очень малым углом к поверхности металла (почти паралельно ей) и обеспечивают грубую ее строжку или обдирку. Ею удаляют поверхностные дефекты отливок.  
Резка кислородным копьем – копье образуется тонкостенной стальной трубкой, присоединенной к рукоятке и свободным концом прижатой к прожигаемому металлу. Кислородным копьем отрезают прибыли крупных отливок, прожигают летки в металлургических печах, отверствия в бетоне и т. п.  
Резка может быть ручной и машинной.

4. Дефеткы образующиеся при сварке.  
Остаточные сварочные напряжения и деформация.

Дефекты в соединениях бывают двух типов: внешние и внутренние. В сварных соединениях к внешним дефектам относят наплывы подрезы, наружные непровары и несплавления, поверхностные трещины и поры. К внутренним – скрытые трещины и поры, внутренние непровары и несплавления, шлаковые включения и др. В паяных соединениях внешними дефектами являются наплывы и натеки припоя, неполное заполнение шва припоем; внутренними – поры, вкючения флюса, трещины и др.  
Качество сварных и паяных соединений обеспечивают предварительным контролем материалов и заготовок, текущим контролем за процессом сварки и пайки и приемочным контролем готовых сварных или паяных соединений. В зависимости от нарушения целостности сварного соединения при контроле различают разрушающие и неразрушающие методы контроля.