

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВЕРЕЙ ВЕСОПОВЕРОЧНОГО ВАГОНА

Царёв А.Н. – студент, Аллилуев А.Ю. – студент, Шевцов Ю.О. - к.т.н., проф.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Вагоностроение является одной из ведущих отраслей промышленности. Это связано с выпуском большого количества вагонов различных серий и их модификаций. В связи с этим одними из приоритетных направлений являются техническое переоснащение производственных мощностей, внедрение высокопроизводительных гидрокопировальных станков, создание высокоэффективного вагоносборочного производства, создание комплексной автоматизации технической подготовки производства. Данная работа посвящена разработке технологии изготовления дверей весоповерочного вагона.

Весоповерочный вагон служит для сверки грузов на весах и относится к типу специализированных.

На базовом предприятии выпускаются цельнометаллические весоповерочные вагоны серии А300, которые служат для сверки грузов на весах. Конструкция вагона требует свободный, неограниченный доступ во внутреннее пространство вагона для самозагрузки и выгрузки грузов, что и обеспечивают двери.

Рассматриваемое изделие - двери весоповерочного вагона представляют собой плоскую конструкцию, состоящую из листовых заготовок и сортового проката.

Каждая из дверей состоит из створки, выполненной из листового проката, общую жесткость которой обеспечивает каркас, выполненный из угольников и дуги плоского сечения. Местную жесткость каркаса обеспечивают ребра, установленные в пролетах между элементами каркаса, выполненные из листового проката. В состав элементов каркаса также входит группа запоров, которые обеспечивают фиксацию дверей в запертом положении. Петли являются звеньями шарнирного механизма, который обеспечивает поворот двери относительно вертикальной оси.

Используемая конструкция дверей весоповерочного вагона позволяет обеспечить жесткость, гарантирующую исключение коробления двери.

Конструкция изготавливается из стали марки ВСтЗпс. Эта сталь относится к углеродистым конструкционным сталям обыкновенного качества. Стали группы В являются сталями повышенного качества и поставляются с гарантированными химическими и механическими свойствами. Прокат изготавливают из стали с химическим составом соответствующему ГОСТ 380-94.

Базовое предприятие производит штучное изготовление вагонов серии А300, что предусматривает техпроцесс. Это условие создает препятствие для механизации и автоматизации операций сборки и сварки. На основании чего на предприятие применяется ручное или частично механизированное оборудование для сборки, сварка производится полуавтоматом в среде CO_2 . Все перечисленные факторы указывают на низкую производительность, обусловленную проведением большого объема вспомогательных работ.

При сварке плавящимся электродом в защитном газе в зону дуги, горящей между плавящимся электродом (сварочной проволокой) и изделием через сопло подается защитный газ, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от воздействия активных газов атмосферы. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов.

В качестве электродного металла применяют сварочную проволоку близкую по химическому составу к основному металлу. Выбор защитного газа определяется его инертностью к свариваемому металлу, либо активностью, способствующей рафинации металла сварочной ванны.

Для сварки сталей различных классов применяют углекислый газ, но так как углекислый газ участвует в металлургических процессах, способствуя угару легирующих компонентов и

компонентов - раскислителей (кремния, марганца), то сварочную проволоку следует выбрать с повышенным их содержанием.

Сварку в защитных газах плавящимся электродом ведут на постоянном токе обратной полярности, т.к. на переменном токе из-за сильного охлаждения столба дуги защитным газом, дуга может прерываться. Скорость подачи сварочной проволоки определяет силу сварочного тока.

Для сварки в защитных газах плавящимся электродом характерен высокий процент потерь электродного металла вследствие угара и разбрызгивания.

В качестве защитных газов при сварке неплавящимся электродом широко применяют смеси газов с различными соотношениями концентраций. Использование таких смесей повышает не только качество получаемых сварных соединений, но и производительность процесса сварки.

В связи с этим в данной работе предлагаются следующие мероприятия:

1. Использовать защитный газ, состоящий из смеси газов (95%) CO_2 и (5%) O_2 , что сократит потери на разбрызгивание на 5 %.

2. Большая протяженность, доступность и прямолинейность соединений в конструкции позволяет применить автоматическую сварку в среде защитных газов. Поэтому для наиболее протяженных типов сварных соединений вместо полуавтоматической сварки в среде CO_2 применить автоматическую сварку в среде защитного газа.

3. Все узлы и элементы изделия собирать и сваривать в специализированных кондукторах и стендах;

4. Вместо сварочного выпрямителя ВС-600 применяемого на базовом предприятии, использовать инверторный источник питания Kempromig 3200.

Все вышеперечисленные мероприятия, применение нового сварочного оборудования и защитного газа позволили:

1. Уменьшить потери на разбрызгивание;

2. Снизить трудоемкость изготовления изделия на 55 %;

3. Снизить себестоимость изделия на 16,8 %;

4. Экономический эффект от внедрения составит 5535773,6 руб/год.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AUTODESK MECHANICAL DESKTOP ДЛЯ АНАЛИЗА ДЕФЕКТОВ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Шмидт А.В. – студент, Черепанов А.М. – студент, Иванайский Е. А. – к.т.н., доцент.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В условиях, когда срок выполнения задания является одним из основных требований заказчика, применение CAD/CAM/CAE-технологий при моделировании машиностроительных объектов на различных стадиях их жизненного цикла, и в первую очередь при проектировании, позволяет поднять процесс конструирования на более высокий уровень. Для машиностроения фирма Autodesk предлагает интегрированный пакет Autodesk Mechanical Desktop (AMD), в который входят практически все необходимые инженеру-конструктору средства моделирования геометрических объектов. Mechanical Desktop автоматизирует проект и процесс его изменения. Для создания проекта Mechanical Desktop использует параметрическую геометрию, которая контролирует зависимости между элементами и автоматически обновляет модели и рисунки при их изменении. Проектируя и передавая в эксплуатацию детали, мы, конечно, надеемся, что они испытаны и проверены на предмет сохранения целостности в течение всего жизненного цикла использования. Другими словами, мы надеемся, что во время эксплуатации они не откажут или не сломаются. Испытания и анализ помогают проектировщикам и инженерам удостовериться, что деталь обладает достаточным запасом механической прочности. Анализ по методу конечных элементов как раз и помогает улучшать конструкцию. Хотя этот метод не является

заключительным или решающим испытанием детали на целостность, он позволяет расчетным путем выявить области высоких напряжений, выполнить их анализ и представить разработчику в наглядном виде. После этого разработчик может воспользоваться данной информацией для улучшения конструкции. На первом этапе анализа по методу конечных элементов требуется задать ограничения и силы, действующие на моделируемую деталь. Следующий шаг таков: деталь разбивается на сетку элементов, в результате чего в каждой ячейке этой сетки может быть выполнен анализ напряжений. Полученное решение выводится на экран, при этом используются различные методы отображения. При испытаниях нами были построены 3D модели сварных соединений и наведены дефекты: сварочный кратер в конце шва и подрез, возникающий при наложении сварного шва. Затем приложили нагрузки и произвели расчет. Результаты исследований представлены на рисунках 1 и 2. С увеличением напряженности цветовая гамма меняется от фиолетового до красного

Это помогает оценить наиболее опасные участки и принять меры по ликвидации или уменьшения опасных факторов. Это также помогает проанализировать опасные места, где могут зародиться трещины, оценить опасность дефектов и найти оптимальный способ для их устранения.

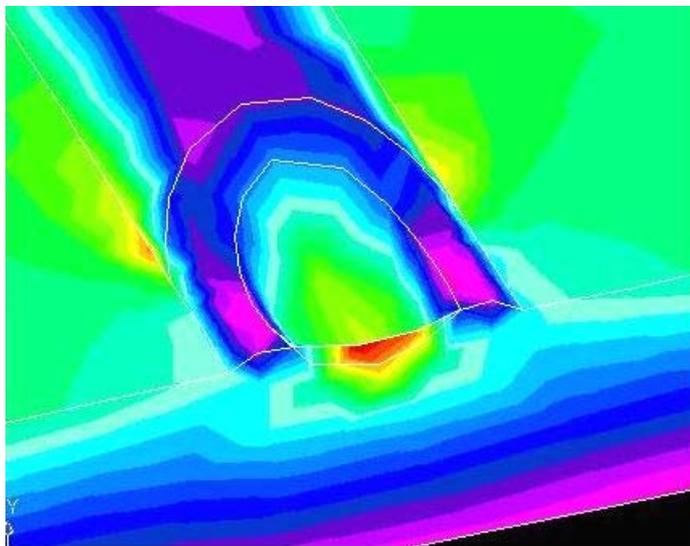


Рисунок 1. Поля напряжений при кратере сварочного шва

Усадочная раковина сварного шва - недопустимый дефект, так как она является опасным концентратором напряжений. Это связано с уменьшением площади поперечного сечения сварного шва. Дефект выглядит в виде полости или впадины, образовавшийся при усадке расплавленного металла в результате затвердевания (располагается, как правило, в местах обрыва дуги или окончания сварки). Пластичность в зоне сварного шва и в зоне термического влияния намного меньше по сравнению с пластичностью в основном металле. Зарождению трещины способствуют многоосные растягивающие напряжения. Следовательно при статическом нагружении эти участки будут наиболее уязвимыми, в следствии наличия внутренних напряжений и пониженной пластичности металла. При воздействии знакопеременных нагрузок возможность возникновения трещины возрастает вдвое. На рисунке 1 видно, что область высоких напряжений находится внутри кратера и способствует появлению трещины. Данный дефект резко снижает работоспособность конструкции и должен быть исправлен перед началом эксплуатации.

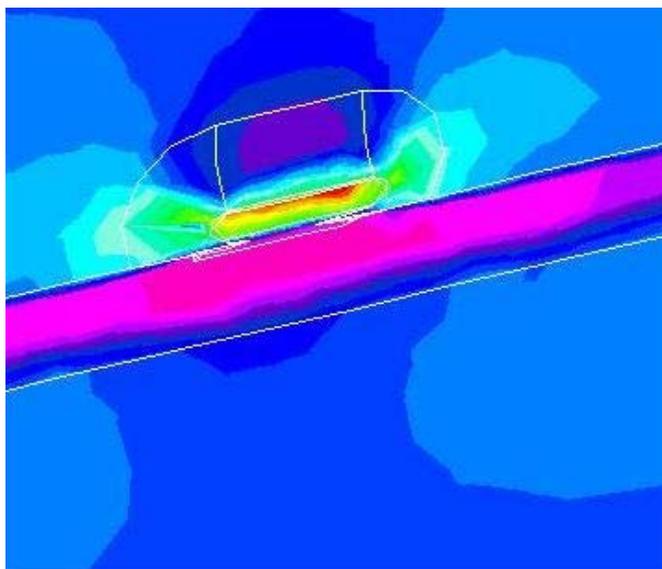


Рисунок 2. Поля напряжений при подрезе сварочного шва

Подрез - острое конусообразное углубление на границе поверхности сварного шва с основным металлом. Он может быть допустим, если его глубина не превышает десяти процентов от толщины основного металла. В ряде конструкций, например в таких как сосуды, работающие под давлением более 10МПа подрез не допустим. Подрез является дефектом, возникающим при наложении сварного шва, вследствие крупнокапельного переноса металла при сварке, увеличенной силы тока, повышенной скорости сварки и ряда других причинах. Он так же является концентратором напряжений. При высоком статическом нагружении этот вид дефекта становится очагом зарождения трещины, и поэтому его нужно устранять. При циклических знакопеременных нагрузках подрез совсем не допустим, так как он может являться очагом зарождения трещины.

Использование программы позволяет оценить уровень напряжений в конструкциях и оценить опасность сварочных дефектов в тех случаях, если это не оговорено в нормативно-технической документацией.

ВЛИЯНИЕ НЕПРОВАРА В КОРНЕ ШВА НА РАБОТСПОСОБНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

Яковцев А.С. – студент, Чебаторев Е.Э. – студент, Иванайский Е. А. – к.т.н., доцент.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В большинстве производственных процессов допускаются небольшие отклонения от требований технических норм. Отклонения выходящие за пределы допуска считаются дефектами. Одним из наиболее часто встречающихся дефектов является непровар - дефект в виде несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков сварного шва.

Возникновение этого дефекта кроется в малом угле скоса свариваемых кромок и небольшом зазоре между ними. Загрязнение кромок тоже может быть причиной непроваров. При самом процессе сварки непровар может дать недостаточный сварочный ток, завышенная скорость сварки, неточное направление электродной проволоки. Обычно место образования непровара — корень шва.

При автоматической сварке непровары могут возникать в начале сварного шва, поскольку сварочный процесс ещё не является установившимся. Поэтому для устранения данного дефекта сварку необходимо начинать и заканчивать на выводных планках.

В ответственных конструкциях, таких как трубопроводы работающие под давлением непровары не допускается вовсе так как они являются концентраторами напряжений. На

менее ответственных объектах непровар допускается, но не более 10% от толщины основного металла.

Программа Autodesk Mechanical Desktop 2006 позволяет проанализировать возникающие напряжения в детали от действующих нагрузок.

Для оценки воздействия данного дефекта на работоспособность конструкции был проведен сравнительный анализ, двух одинаковых стыковых соединений трубопровода. Толщина стенки каждого 4мм, высота усиления валика сварного шва – 2мм, ширина усиления – 6мм. Единственное отличие заключается в корне сварного шва. Один шов был заварен полностью, а второй имел дефект – непровар. Каждое соединение было нагружено нормальным усилием в 6 МПа по всей поверхности.

На рисунке 1 изображены напряжения возникающие в результате нагружения этих соединений.

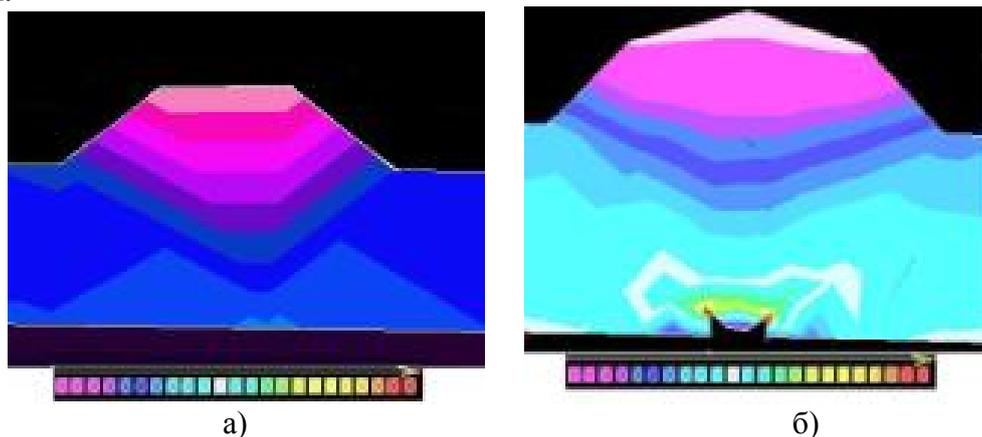


Рисунок 1 Напряжения, возникшие в результате нагружения а)качественного сварного шва, б)шва с непроваром и шкала интенсивности напряжений.

Как видно из рисунков, даже без численных значений, можно сказать, что непровар значительно увеличивает напряжения. Непровары снижают работоспособность сварного соединения за счет ослабления рабочего сечения, создают концентрацию напряжений в шве. При вибрационных нагрузках мелкие непровары снижают прочность соединения до 40%. Большие непровары корня шва могут снизить прочность на 70%.

В данной статье использовались материалы сайта <http://www.welding.turkavkaz.ru>

МЕХАНИЗМ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО РАСПАДА АУСТЕНИТА В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ОБЛАСТИ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЯХ

Манапов Э.Р. – студент, Латорцев А.С. – студент, Чепрасов Д.П. – к.т.н., профессор.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Кинетика и механизм образования промежуточных структур зернистой морфологии низкоуглеродистых низколегированных сталей состоит в следующем. При изотермическом распаде аустенита в сталях марок 16X2HAc и 28X2HAc в диапазоне температур 550 – 450°C формируется своеобразная структура зернистой морфологии, на фоне которой наблюдаются игольчатые структуры. Из имеющихся зарубежных и отечественных публикаций следует, что структуры зернистой морфологии могут формироваться в верхней части промежуточной области низкоуглеродистых малолегированных сталей. Авторы публикаций при обозначении зернистых структур, сформировавшихся в промежуточной области, используют термины - «зернистый бейнит», «бейнит без видимых выделений карбидной фазы», «овражный бейнит» и др. Известно, что промежуточное (бейнитное) превращение протекает в температурной области между перлитным и мартенситным превращениями. Механизм бейнитного превращения, своеобразие его кинетики, близость к перлитному и мартенситному превращениям определяются следующим: бейнитное превращение происходит при

температурах 600-400°C. Это означает, что в бейнитном интервале практически полностью подавлено диффузионное перемещение атомов основного металла – железа. В большинстве литературных источников говорится о том, что превращение γ - α в промежуточной области происходит по мартенситному типу, что является его характерной особенностью и подтверждается тем, что образование бейнита сопровождается появлением микрорельефа на полированной поверхности шлифа. Строение и механизм образования данных структур изучены недостаточно, в частности до сих пор не известен механизм образования добейнитной α -фазы названной мезоферритом.

Для уточнения строения и механизма образования промежуточных структур низкоуглеродистых малолегированных сталей была проведена ступенчато-изотермическая закалка образцов, фиксирующая структуру после определённого времени распада γ -фазы в промежуточной области.

Целью данной работы являлось исследование строения и механизма образования промежуточных структур в сталях марок 16X2HAc и 28X2HAc.

Для изготовления опытных образцов использовали низкоуглеродистые стали марок 16X2HAc и 28X2HAc.

Для исследований применяли установку ИМАШ АЛА-ТОО 20-75, которая позволяет проводить нагрев и охлаждение образцов в вакууме и жидком азоте соответственно. Установка даёт возможность визуально наблюдать характер и степень распада аустенита в промежуточной области в результате вакуумного травления.

Для проведения эксперимента было необходимо модифицировать вакуумную камеру установки из следующих соображений:

1. при высокой скорости охлаждения ($W_{\text{охл}}$), порядка 100°C/сек необходимо создать высокотемпературный градиент (скорость наибольшего возрастания или убывания температуры). С этой целью необходимо коммутировать токоподводящие шины непосредственно к стержням хладагента, а шины хладагента коммутировать к исследуемому объекту, данная модификация возможна вследствие отсутствия гальванической связи стержней хладагента и общей шины (корпуса) установки. Коммутация токоподводов шин осуществлена непосредственно на каждом из двух стержней, гальванически не связанных между собой. Предварительные эксперименты по измерению скорости охлаждения исследуемого объекта, позволяют сделать вывод, что заданную температуру охлаждения, возможно, достигнуть с заданной скоростью.

2. как выяснилось, вследствие проведённых предварительных испытаний, при закреплении исследуемого образца на тягах на растяжение, происходят неизбежные необратимые деформации при нагреве до 870°C вследствие невозможности поддержания статической нулевой нагрузки. Так как образец по форме не соответствует образцам по проведению механических испытаний, то нагрев по сечению распределяется не равномерно, что приводит к значительному его деформированию при нагреве до высоких температур.

Чтобы избежать данного негативного эффекта была изготовлена специальная оснастка из высокотемпературного диэлектрического материала (тефлона) на которую жёстко установили образец с закреплёнными к нему шинами хладагента. Тем самым было обеспечено отсутствие лишних степеней свободы для системы: образец, держатель образца, шины охлаждения и оснастки. Оснастка с образцом крепятся на токоподводящие электроды, так чтобы исследуемая поверхность образца находилась в фокальной плоскости объектива высокотемпературного микроскопа.

3. при высоко температурных исследованиях (до температуры 870°C) образец не претерпевает дополнительных нагрузок и деформаций за счёт действия системы нагружения и отсутствия дополнительных степеней свободы при использовании разработанной оснастки. Поэтому результаты исследования не будут связаны с перечисленными выше отрицательными факторами.

Исследуемые образцы нагревались в установке проходящим током промышленной частоты низкого напряжения. Для измерения температуры образца использовались

платинородие-платиновые термопары диаметром 0.3 мм, спаи которых прикреплялись точечной электросваркой к поверхности образца в «горячей» зоне, то есть в зоне максимальной температуры его нагрева. Запись кривых охлаждения осуществляли при помощи самопишущего потенциометра КСП-4.

После проведения термообработки образцов, в области перлитного превращения поверхность исследуемого металла состояла из мелких зёрен без рельефа, что доказывает отсутствие пластической деформации и перегрева, а в области мартенситного во всех зёрнах был рельеф. В промежуточной области термообработку проводили на следующих режимах: от комнатной температуры в течение 5 мин исследуемая область металла нагревалась до 870°C, выдерживалась при этой температуре 120 сек и охлаждались до 520°C с последующей изотермической выдержкой 10, 30, 60, 120 сек, время охлаждения с 870 до 520°C составило 3 – 4 секунды. После выдержки образец охлаждался до комнатной температуры для перевода не распавшегося, в бейнитной области, аустенита в мартенсит.

В исследуемых низкоуглеродистых легированных сталях марок 16X2HAc и 28X2HAc в результате ступенчато-изотермической закалки в вакууме были изучены строение и механизм образования продуктов распада аустенита в промежуточной области.

С помощью высокотемпературного микроскопа, которым оснащена установка ИМАШ АЛА-ТОО 20-75, представилось возможным наблюдать образование и характер распада аустенита, вследствие вакуумного травления. При нагреве образцов до 870°C с последующей изотермической выдержкой через 40 сек на полированной поверхности шлифа, стали появляться едва различимые границы зёрен аустенита. В течении следующих 80-ти секунд их ширина и количество увеличилось. Начало изотермической (первые 3-5 сек) выдержки при охлаждении до 520°C сопровождалось появлением новых границ зёрен с образованием рельефа в некоторых зёрнах. С увеличением длительности изотермической выдержки, в бейнитной области, наблюдался вялый рост количества зёрен с рельефом. В процессе охлаждения, при охлаждении ниже линии M_n , наблюдался некоторый рост количества зёрен с рельефом. При 20°C структура исследуемой области образца состояла из зёрен с рельефом и зёрен в которых рельеф отсутствовал, рисунок 1, что свидетельствует о наличии диффузионного механизма при распаде аустенита в начале верхней части промежуточной области, где и происходит образование мезоферрита.

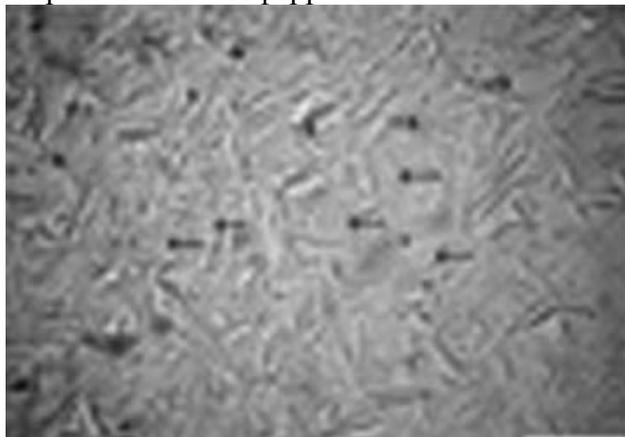


Рисунок 1 Поверхность исследуемой области образца из стали 28X2HAc, после выдержки при 520°C в течение 60 сек

Выводы

1. Изучена возможность проведения ступенчато-изотермической закалки в вакууме на установке ИМАШ АЛА-ТОО 20-75. Для этого было необходимо модифицировать элементы вакуумной камеры установки: коммутировать токоподводящие шины непосредственно к стержням хладагента, а шины хладагента коммутировать к исследуемому объекту, данная модификация возможна вследствие отсутствия гальванической связи стержней хладагента и общей шины (корпуса) установки; изготовить специальную оснастку из высокотемпературного диэлектрического материала (тефлона) на которую жёстко

устанавливался образец с закреплёнными к нему шинами хладагента для предотвращения значительного его деформирования при нагреве до высоких температур.

2. В результате проведения ступенчато-изотермической закалки было обнаружено наличие диффузионного механизма при распаде переохлаждённого аустенита в начале верхней части бейнитной области.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ПРОКАТА НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СВАРИВАЕМЫХ СТАЛЕЙ

Артюшкин К.Г – студент, Белов М.С. – студент, Чепрасов Д.П. к.т.н, профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Повышение свариваемости и служебных свойств низколегированных низкоуглеродистых сталей достигается термической обработкой, формирующей в структуре металла перлит зернистой морфологии. Известно, что данная структура обеспечивает наилучшие свойства сварного соединения по сравнению со структурой пластинчатого перлита. При этом в зоне термического влияния сварного соединения исключается образование мартенсита и обеспечивается повышение ударной вязкости и порога хладноломкости. Предварительными исследованиями установлено, что наиболее перспективной сфероидизирующей обработкой проката является охлаждение стали в интервале температур формирования бейнита зернистой морфологии с последующим высоким отпуском.

Была исследована микроструктура листового проката стали 24Х2НАч следующего химического состава (вес. %): С-0,28%; Cr-1,2%; Ni-2,5%; Mn-0,65%; Si-0,37%; PЗМ-0,04%. Сталь для получения в прокате промежуточных зернистых структур охлаждали в интервале мгновенных скоростей охлаждения $W_{охл}=1.8...16.8$ 0С/с, с последующим высоким отпуском при температуре 670 0С. Установлено, что скорость охлаждения стали при формировании структуры бейнита зернистой морфологии, существенно влияет на дисперсность распределения карбидной фазы в ферритной матрице (рисунок 1).

Распределение одномерных глобул цементита в феррите зависит от того в какой области промежуточного превращения происходит распад аустенита на мезоферрит и зернистый бейнит. Так если распад происходит в верхнем интервале температур, то последующий высокотемпературный отпуск приводит к крайне неоднородному распределению карбидной фазы по объёму проката. Неравномерное распределение карбидной фазы в стали 24Х2НАч наблюдается при мгновенной скорости охлаждения $W_{охл}=1.8...4.8$ 0С/с. В заданном интервале распад переохлаждённого аустенита начинается с образования доэфектоидного феррита и последующего распада на промежуточные зернистые структуры. Высокотемпературный отпуск этой структуры приводит к формированию колоний зернистого перлита чередующихся с полиэдрическими зёрнами феррита (рисунок 1.а).

Увеличение скорости охлаждения свыше $W_{охл}>4.8$ 0С/с приводит при последующем высокотемпературном отпуске, к формированию однородной феррито-карбидной смеси, равномерно распределённой по объёму металла. Благоприятное распределение карбидной фазы, с увеличением скорости охлаждения проката, обрабатываемого на структуру бейнита зернистой морфологии, объясняется снижением доли доэфектоидного феррита и формированию в структуре проката мезоферрита. Мезоферрит образовывается в области промежуточного распада аустенита способствует формированию промежуточной структуры зернистой морфологии. Таким образом, термообработку проката на бейнит зернистой морфологии необходимо осуществлять в узком диапазоне скоростей охлаждения обеспечивающих формированию в структуре стали мезоферрита.

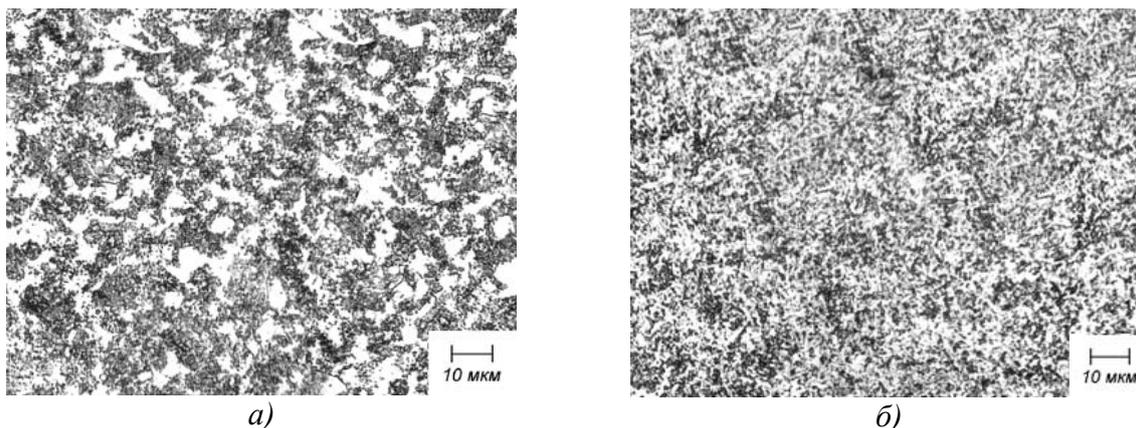


Рисунок 1 Микроструктура образцов стали 24X2HAc после высокого отпуска при температуре 670°C в течении трех часов, промежуточных зернистых структур сформированных в интервале мгновенных скоростей охлаждения: а) $W_{\text{охл}}=1.8^{\circ}\text{C}/\text{с}$; б) $W_{\text{охл}}=6.8^{\circ}\text{C}/\text{с}$

СВАРКА ТРИАНГЕЛЕЙ В СМЕСИ ГАЗОВ $\text{CO}_2 + \text{O}_2$

Герман С.В. – студент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул).

Железнодорожный транспорт имеет важнейшее значение для экономики государства, так как обеспечивает максимальный грузопоток по всей территории страны. Соответственно, следует как можно более полно учитывать требования безопасности, обеспечивающие своевременную транспортировку грузов и их сохранность. Одним из главных узлов подвижного состава железнодорожного транспорта является тормозная система, обеспечивающая безопасность эксплуатации грузовых и пассажирских вагонов.

На сегодняшний день все более широкое применение получает механизированная сварка в смеси углекислого газа с кислородом в соотношении 70-80% CO_2 и 20-30% O_2 , позволяющая за счет кислорода уменьшить концентрацию легирующих элементов в металле шва, путем увеличения окисляющего действия газовой среды. А также, связывая водород, кислород уменьшает его влияние на образование пор. Так же несомненным достоинством применения механизированной сварки в смеси газов является ее оптимальное сочетание низкой себестоимости и трудоемкости по сравнению с другими широко известными видами сварки, применяемыми в железнодорожном машиностроении. На данный момент в качестве материалов для сварки в смеси газов широко используется сварочная проволока Св-08Г2С, которая не в полной мере обеспечивает качество сварных соединений деталей железнодорожного транспорта, хотя соответствует требованиям, приведенным в инструкции [1]. Основным недостатком сварочной проволоки Св-08Г2С является высокий коэффициент разбрызгивания, составляющий приблизительно 7-9 %. Использование сварочной проволоки Св-09Г2СЦ, дополнительно легированной цирконием, взамен проволоки Св-08Г2С, позволяет сократить разбрызгивание металла на 2 %, что дополнительно снижает трудоемкость работ. Уменьшение коэффициента разбрызгивания металла объясняется следующим образом. Входящие в состав проволоки марганец и кремний являются раскислителями сварочной ванны, а элемент цирконий, входящий в состав проволоки снижает поверхностное натяжение и тем самым перенос металла с электрода в сварочную ванну становится более мелкокапельным, чем при сварке в среде углекислого газа.

Список использованных источников:

1. Инструкция по сварке и наплавке при ремонте грузовых вагонов. ЦВ 201-98.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ БАЛОК ПОПЕРЕЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ КРЫТОГО ВАГОНА МОДЕЛИ 11-280

Боев А.С.- студент, Варламова Е.С. - студент, Карабаева С.В. – студент
Мандров Б.И. - к.т.н., доцент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Вагоностроение является одной из ведущих отраслей промышленности Алтайского края. На производственных площадях ОАО «Алтайвагон» в настоящее время выпускается широкий модельный ряд вагонов, полувагонов, платформ, предназначенных для перевозки грузов различных типов. Одним из наиболее востребованных является четырехосный крытый вагон модели 11-280, предназначенный для перевозки грузов, требующих защиты от атмосферных осадков.

К числу элементов конструкции вагона, обеспечивающих его эксплуатационную надежность, относятся балки шкворневая, концевая, промежуточная отвечающие за поперечную жесткость рамы. Детали балки изготавливают из листового проката (сталь 09Г2Д по ГОСТ 19281-89) свариваются угловыми двусторонними швами катетом 5 мм. Тип сварного соединения ТЗ по ГОСТ 14771-76.

На ОАО «Алтайвагон» сварка угловых швов балок поперечной жесткости производится в положении «в лодочку» одного шва (балка промежуточная), или двух швов одновременно (балка шкворневая).

Учитывая большой объем выпуска вагонов модели 11-280 и то, что рама состоит их нескольких вышеуказанных балок целесообразно рассмотреть вопрос о совершенствовании технологии сварки балок и снижении ресурсоемкости их изготовления.

С нашей точки зрения, добиться снижения ресурсоемкости изготовления балок поперечной жесткости можно за счет перехода со сварки угловых швов в положении «в лодочку» на сварку на вертикальной плоскости. При этом на промежуточной балке можно будет варить два шва одновременно двухдуговым автоматом, что позволит снизить трудоемкость почти в два раза.

Энергоемкость и материалоемкость изготовления выше названных балок также могут быть снижены. Этого можно достичь за счет перехода со сварки углекислым газом (соединение ТЗ по ГОСТ 14771-76) на сварку под слоем флюса (соединение ТЗ по ГОСТ 8713-79). Такая замена допустима согласно руководящих документов вагоностроения ОСТ 24.050.34-84.

Проведенные расчеты затрат на электроэнергию и сварочные материалы по сравниваемым вариантам показали, что замена способа сварки снижает затраты по выше указанным позициям в 1,82 раза на один погонный метр шва. Это обстоятельство должно быть учтено при разработке техпроцесса сборки и сварки балок поперечной жесткости вагона модели 11-280.

Выводы

1. Заводская технология изготовления балок поперечной жесткости не является оптимальной с точки зрения ресурсоемкости.
2. Замена способа сварки в углекислом газе на сварку под слоем флюса не противоречит РД вагоностроения и может быть осуществлена при изготовлении балок поперечной жесткости.
3. Замена сварки в углекислом газе на сварку под флюсом снижает затраты на один погонный метр сварного шва в 1.82 раза.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ АРМАТУРНЫХ И ЗАКЛАДНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Шаталов В.Ю. – студент, Степин А.А. – студент.

Конструкцию сварных соединений, выполняемых в заводских условиях и при монтаже сборных и возведении монолитных железобетонных изделий, устанавливает ГОСТ 14098 – 91. Он распространяется на сварные соединения стержневой арматуры и арматурной проволоки диаметром 3 мм и более, сварные соединения стержневой арматуры с прокатом толщиной от 4 до 30 мм, выполняемые дуговой и контактной сваркой.

Арматурные и закладные изделия следует изготавливать из арматурной стали и металлопроката, удовлетворяющих требованиям стандартов или технических условий на арматурную сталь и металлопрокат.

В соответствии с требованиями СНиП 3.03.01-87 перед сборкой изделия необходимо установить, соответствует ли чертежам класс стержневой арматуры, марки стали плоских закладных изделий и соединительных деталей, а перед сваркой - также размеров и точности сопряжения соединительных элементов. Точность сборки выпусков арматурных стержней должна соответствовать требованиям ГОСТ 10922 и ГОСТ 14098– 91.

Действительные отклонения линейных размеров сварных арматурных и закладных изделий (длины отдельных стержней ненапрягаемой арматуры, расстояния между крайними стержнями по длине, ширине изделия, длины выпуска стержня, длины и ширины плоского элемента закладного изделия и др.) не должны превышать отклонений, указанных в проектной документации. При отсутствии таких указаний следует руководствоваться требованиями ГОСТ 10922 – 90 [21] в зависимости от класса точности железобетонной конструкции.

Кромки плоских элементов закладных изделий должны быть очищены от графа и шлака после огневой резки.

На закладных элементах арматурных изделий не должно быть отслаивающейся ржавчины и окалины, следов масла и других загрязнений.

Перед сваркой арматурные стержни в месте соединения следует зачищать на длину, превышающей на 10-15мм сварной шов или стык.

Плоские элементы закладных изделий, собираемые внахлестку или в тавр для последующей сварки конструкций, должны плотно прилегать друг к другу. Зазоры между прилегающими элементами должны быть не более 2 мм для соединения нахлесткой и 3 мм для соединения в тавр без скоса кромок.

Сборные железобетонные конструкции, имеющие закладные изделия, следует собирать на прихватках. Прихватки должны размещаться в местах последующего наложения сварных швов. Длина прихваток должна составлять 15-20 мм, а высота (катет) - 4-6 мм. Количество прихваток должно быть не менее двух. Выполнять прихватки следует применяя те же материалы и такого же качества, что и материалы основных швов. Перед сваркой основных швов поверхность прихватки и соседних участков должна быть очищена от шлака и брызг металла. Прихватки должны выполнять обученные сварщики, имеющие удостоверения на производства этих работ.

Общие технические условия на сварные арматурные и закладные изделия железобетонных конструкций и сварные соединения арматуры и закладных изделий, выполняемые при изготовлении и монтаже сборных и возведении монолитных железобетонных конструкций устанавливает ГОСТ 10922 – 90.

В соответствии с РТМ 393 – 94 при сварке арматурных и закладных изделий железобетонных конструкций типы сварных соединений по ГОСТ 14098 – 91 жестко увязаны со способами сварки конкретных классов арматурных сталей. Так, при сварке арматурных сталей А240, А300, А400 по ГОСТ 5781 – 82 и А500С, А400С (ТУ – 14 – 1 – 5254 – 94) отсутствуют ограничения по применяемым способам сварки при всех типах сварных соединений. Для сварки более прочных арматурных сталей допускаются определенные типы сварных соединений и способов сварки. Так, стали А600, А800, А1000 допускается применять при использовании только четырех типов сварных соединений С1-

К₀, С2-К_н, С21-Р_н, Н1-Р_ш. Эти ограничения обусловлены вероятностью образования холодных трещин и разупрочнения основного металла при сварке.

Правильность сборки и подготовки элементов под сварку, крепления в приспособлениях, установки инвентарных форм и скоб-накладок, количества, размеров и качества прихваток, с помощью которых производится сборка свариваемых элементов, подлежат выборочному контролю в произвольный момент времени и на любой операции на соответствие требованиям ГОСТ 14098 – 91 [19] и рабочей технологической документации.

Поперационный контроль, осуществляемый в процессе сварки, должен обеспечивать не только выявление и своевременное устранение обнаруженных дефектов, но и принятие профилактических мер с целью недопущения возникновения повторных дефектов.

Пооперационный контроль проводится специалистами в произвольный момент, времени методом случайного (непреднамеренного) отбора на любой операции для проверки соблюдения требований настоящего раздела.

НАПЛАВКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ ДЕТАЛЕЙ СРЕДНЕЙ ТВЕРДОСТИ

Бабакова С.В. – студент, Сиротин В.А. студент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для восстановления широкой номенклатуры деталей, изготовленных из малоуглеродистых и низколегированных сталей и работающих в условиях различных видов износа при трении металл о металл, в настоящее время применяется технология электродуговой наплавки под флюсом, в среде СО₂ и открытой дугой. В качестве электродного материала при этом в большинстве случаев используются цельнотянутые малоуглеродистые проволоки, предназначенные для выполнения сварочных операций.

В ИЭС им Е.О.Патона разработана самозащитная порошковая проволока ПП-Нп-12ХГ2ТС по ТУ ИЭС 468-85, обеспечивающая при однослойной наплавке открытой дугой получение наплавленного металла твердостью 280...340НВ. По сравнению с проволокой сплошного сечения порошковая проволока обеспечивает более высокую производительность наплавки и большие возможности для легирования наплавленного металла. Отличительной особенностью наплавленного слоя является возможность механической обработки резанием с помощью твердосплавного инструмента и высокая работоспособность при эксплуатации деталей в тяжелонагруженных узлах и механизмах. Кроме того, к достоинствам наплавленного металла следует также отнести возможность его последующей термообработки с целью дальнейшего повышения износостойкости.[2]

Восстановление геометрических размеров деталей с целью ремонта и упрочнения осуществляется с помощью широкослойной наплавки, при которой целесообразны поперечные колебания электродной проволоки на ширину 20...40мм.

Наплавка производится на постоянном токе обратной полярности. В качестве источников питания используются, например, универсальные сварочные источники инверторного типа ФЕБ - 315 «МАГМА» с блоком подачи проволоки «ФЕБ – 09», «Форсаж - 500» с механизмом подачи проволоки «Форсаж-МП». Данные источники питания обеспечивают более высоким КПД (не менее 92%) по сравнению с традиционными (выпрямители с жесткой характеристикой), возможностью сварки на постоянном и переменном токе, возможностью сварки короткой дугой, минимальным разбрызгиванием при сварки, высокую устойчивость дуги и легкость ведения процесса, дистанционное управление источником, небольшие габариты и массу. При аттестации источника в НАКСе на соответствии требованиям РД 03-614 – 03 установили, что выходные характеристики достаточно гладкие, не имеют провалов, выбросов и переколебаний; точность установки сварочного тока выше 5%; наклон выходной характеристики практически не изменяется. Все эти свойства источника обеспечивают высокое качество сварочных работ.[3]

Высокое выходное напряжение источников позволяет производить сварочные работы на максимальном токе при длине сварочных кабелей в несколько десятков метров независимо от сечения. При формировании сварочных характеристик система управления сварочного источника учитывает падения напряжения на сварочных кабелях.

Использование для наплавки деталей средней твердости самозащитной порошковой проволоки ПП-Нп-12ХГ2ТС приводит к получению наплавленного слоя необходимой твердости, что повышает износостойкость. Замена традиционных источников питания на инверторные источники питания позволяет сократить энергозатраты за счет высокого коэффициента полезного действия (92%) по сравнению со старыми (70%) и сократить расход сварочного материала за счет меньшего разбрызгивания металла при сварке.

Данные предложения приводят к уменьшению расхода сварочных материалов, энергопотребления, улучшения качества ремонта последующей механической обработки, и что в итоге приводит к снижению себестоимости продукции.

В перспективе, использование для наплавки порошковых самозащитных лент. Наплавка порошковой электродной ленты имеет ряд преимуществ перед наплавкой порошковой проволокой, основными из которых являются высокая производительность процесса, малая глубина проплавления основного металла, большая ширина наплавленного валика. Малая глубина проплавления при наплавке лентами объясняется относительно небольшим давлением дуги на поверхность ванны вследствие невысокой средней плотности тока. Вместе с тем наплавку лентой нельзя применять при восстановлении малогабаритных деталей и деталей со сложной поверхностью.

Список использованных источников

1. Рябцев, И.А. Наплавочные материалы для механизированных способов дуговой наплавки. // Сварщик в России. - №6(10). – 2007. – С.28-32.
2. Белый, А.И. Самозащитная порошковая проволока для наплавки металла средней твердости // Информационное письмо. Серия: «Сварочные и наплавочные материалы». - №33. – 1989
3. Коновалов, Ю.Н. Универсальный сварочный источник инверторного типа ФЕБ-315 «МАГМА» // Сварочное производство. - №6. - 2006. – С.34-39.
4. Иоффе, И.С. Сварка порошковой проволокой: Учебное пособие. – М.: Высш.шк., 1986. – 95с.
5. Походня, И.К. Порошковые проволоки для электродуговой сварки./ Походня И.К., Суптель А.М. – Киев: Наук. Думка, 1980. – 180с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОКЛАДКА ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Бурцев С.Г. – студент, Попов Н.А. – студент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При проектировании, строительстве и реконструкции газопроводов следует руководствоваться требованиями СНиП 42-01-2002, СП 42-101-2003, СП 42-103-2003 и других нормативных документов, утвержденных в установленном порядке.

Для строительства и реконструкции газопроводов применяются полиэтиленовые трубы, изготовленные в соответствии с нормативными документами. Сортамент полиэтиленовых труб представлен в ГОСТ Р 50838-95.

Особое внимание следует уделять следующим пунктам:

1.1 При выборе трассы полиэтиленового газопровода необходимо учитывать расположение и насыщенность в районе прокладки: тепловых сетей, водоводов и других подземных коммуникаций, проведение ремонтных работ на которых может привести к повреждению полиэтиленовых труб.

1.2 Минимальные расстояния от зданий, сооружений и инженерных коммуникаций до полиэтиленовых газопроводов принимают в соответствии с требованиями СНиП 42-01.

1.3 Глубина прокладки полиэтиленового газопровода принимается в соответствии с требованиями СНиП 42-01 и положениями СП 42-101.

1.4 Повороты линейной части газопровода в горизонтальной и вертикальной плоскостях выполняются полиэтиленовыми отводами или упругим изгибом с радиусом не менее 25 наружных диаметров трубы.

1.5 Полиэтиленовые трубы при толщине стенки труб не менее 5 мм соединяют между собой сваркой встык или деталями с закладными нагревателями, при толщине стенки менее 5 мм - только деталями с закладными нагревателями.

1.6 Обозначение трассы газопровода предусматривают: путем установки опознавательных знаков (в соответствии с положениями СП 42-101) и укладки сигнальной ленты по всей длине трассы, а для межпоселковых газопроводов возможна (при отсутствии постоянных мест привязки) прокладка вдоль присыпанного (на расстоянии 0,2-0,3 м) газопровода изолированного алюминиевого или медного провода сечением 2,5-4 мм².

1.7 В зависимости от условий трассы прокладку газопроводов из полиэтиленовых труб допускается проектировать бестраншейно (наклонно-направленным бурением, проколом, продавливанием) или в траншеях. Предпочтение отдается прокладке из длинномерных труб или труб, сваренных в длинномерные плети.

Ширина траншей по постели при траншейной прокладке должна быть не менее: $d_e + 200$ мм для труб диаметром до 110 мм включительно, $d_e + 300$ мм для труб диаметром более 110 мм.

1.8 С целью обеспечения сохранности поверхности полиэтиленовой трубы применяют полиэтиленовые футляры. При пересечении полиэтиленовыми газопроводами бесканальных инженерных коммуникаций необходимость устройства футляров и установки контрольной трубки на них решается проектной организацией.

Возможность использования полиэтиленовых футляров при пересечении газопроводом железных дорог общей сети рекомендуется обосновывать расчетом на прочность, а также способом прокладки, например наклонно-направленным бурением.

2 Контроль качества

Проверка качества газопроводов проводится в соответствии с СП42-103-2003.

Контроль качества сварных соединений производится в соответствии с требованиями СНиП 42-01-2002, СП 42-101-2003, СП 42-102-2003.

Испытания на герметичность

2.1 Границы участков и схема проведения испытаний определяются рабочей документацией (ПОС). Испытания газопроводов производят при температуре трубы не ниже минус 15 °С.

2.2 Предварительные испытания полиэтиленовых трубопроводов на герметичность проводят перед их укладкой (протяжкой) при бестраншейных методах строительства и реконструкции. Испытания при этом рекомендуется проводить в течение 1 ч.

Подготовленные участки (плети, бухты или катушки) полиэтиленовых газопроводов испытывают на герметичность в соответствии с требованиями СНиП 42-01 к данной категории газопровода и положениями СП 42-101.

Результаты испытания следует считать положительными, если в период испытания давление в газопроводе не меняется (нет видимого падения давления по манометру).

2.3 Окончательные испытания полиэтиленовых газопроводов на герметичность производят после полной (до проектных отметок) засыпки траншеи или после протяжки полиэтиленовой плети в соответствии с требованиями СНиП 42-01 к данной категории газопровода и положениями СП 42-101.

2.4 Дефекты, обнаруженные в процессе испытания газопроводов на герметичность, можно устранять только после снижения давления до атмосферного.

Для обнаружения места утечки газопровод освобождается от присыпки в местах нахождения сварных соединений, протянутая плеть извлекается из стального каркаса

(футляра) и принимаются меры по выявлению и устранению дефекта (поврежденного участка или стыка). После устранения дефектов испытания проводятся повторно.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ СТЕНЫ ВЕСОПОВЕРОЧНОГО ВАГОНА СЕРИИ А 300

Рязанцев А.А. – студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., проф.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Вагоностроение является одной из ведущих отраслей промышленности. Это связано с выпуском большого количества вагонов различных серий и их модификаций.

Весопроверочный вагон служит для проверки контрольных весов на станциях и относится к типу специализированных.

На ОАО «Алтайвагон» производится штучное изготовление вагонов серии А300. Это условие создает препятствие для механизации и автоматизации операций сборки и сварки. Вследствие его на данном предприятии применяется ручное или частично механизированное оборудование для сборки, сварка производится полуавтоматом в среде углекислого газа. Перечисленные факторы указывают на высокую трудоемкость изготовления вагонов данной серии.

Для повышения производительности труда и снижения трудоемкости изготовления стены предлагается:

- все узлы и элементы изделия собирать и сваривать в специализированных кондукторах и стендах;

- для поворота узлов стены в удобное для сварки положение использовать кантователи;

- для наиболее протяженных швов использовать автоматическую сварку в среде углекислого газа;

- для уменьшения потерь на разбрызгивание при сварке вместо проволоки Св-08Г2С применить проволоку Св-08Г2СЦ, у которой потери на разбрызгивание на 6% меньше.

На базовом предприятии для сварки стены боковой применяют следующее оборудование:

- для сварки обвязки применяется полуавтомат А-547у с выпрямителем ВС-300;

- для сварки стоек применяется полуавтомат А-1197 с выпрямителем ВС-600;

- для сварки стены боковой применяется автомат АДФ-1002 и полуавтомат

- для сварки стены боковой применяется автомат АДФ-1002 и полуавтомат А-1711 с выпрямителями ВС-600

Исходя из анализа базового техпроцесса и исходных данных, выбираем следующее сварочное оборудование:

- для сварки обвязки автомат А-1711 с выпрямителем ВС-600;

- для сварки стоек полуавтомат А-765 с выпрямителем ВДУ-504; - для сварки стены боковой автомат АДСП-1 и полуавтомат А-755 с выпрямителями ВДУ-504.

Применение сварочной проволоки Св-0.8Г2СЦ, позволило уменьшить разбрызгивание на 6% чем у применяемой на ОАО «Алтайвагон».

Заменили полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа на автоматическую на участках имеющих большую протяжённость сварных швов. Для увеличения производительности труда применили специально разработанное оборудование, так же уменьшили количество ОПР. Все эти операции позволили снизить трудоёмкость на 38,3%, уменьшить себестоимость на 13,4%. Экономический эффект от внедрения составил 380005,4рубля.

Серебряков А.В. – студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., проф.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Развитая транспортная сеть всегда была одним из условий успешной народнохозяйственной деятельности страны. Железнодорожный транспорт является ведущей отраслью в организации транспортной системы России в силу ряда его особенностей: низкой себестоимости перевозки грузов, большой грузоподъемности железнодорожного транспорта и относительно высоких скоростей перемещения грузов.

Предприятие ОАО «Алтайвагон» каждый год обновляет парк выпускаемых вагонов для удовлетворения потребностей народного хозяйства, в том числе выпускает крытые вагоны модели 11 – 287, предназначенные для перевозки легковых автомобилей по магистральным железным дорогам колеи 1520 мм. Транспортируемые автомобили располагаются в два яруса. Вагон оснащен специальными устройствами, которые обеспечивают блокировку автомобилей во время транспортировки, а также благодаря особенностям конструкции удобен в эксплуатации и не требует больших трудозатрат при загрузке вагона.

В конструкции вагона данной модели продолжением второго яруса является крыша вагона, которая состоит из трех секций. Конструкция секции крыши представляет собой каркас, состоящий из дуг, двух обвязок и стрингеров. Дуги представляют собой три балки (профиль вагонной стойки, ГОСТ 5267.6-90), сваренных между собой. По углам дуг привариваются заделки. Обвязка представляет собой гнутый лист (ГОСТ 19903 - 74). Стрингеры привариваются между дугами. В конструкцию также входит настил 1440*980*1.5 мм, 1290*980*1.5 мм, изготовленный из низколегированной стали 10ХНДП.

При разработке конструкции секции крыши был выбран метод дуговой сварки в среде защитных газов. В качестве защитного газа используют углекислый газ. Особенностью сварки в углекислом газе является то, что при температурах дуговой сварки углекислый газ CO_2 диссоциирует и окисляет металл.

Для нейтрализации окислительного действия CO_2 в сварочную проволоку Св-08Г2С (ГОСТ 2246 - 70), предназначенную для сварки в углекислом газе, вводят несколько больше марганца и кремния (раскислители), которые, соединяясь при сварке с кислородом, восстанавливают свариваемый металл. Образующиеся при этом окислы марганца и кремния переходят в шлак. Во время сварки в среде защитных газов происходит разбрызгивание металла в пределах 10-12%, это требует большего расхода газа, расхода электродной проволоки, вследствие этого происходит перерасход электрической энергии, что отрицательно влияет на себестоимость конструкции. Вследствие повышенного расхода электродной проволоки основное время сварочной операции увеличивается, что приводит к повышению трудоемкости.

В заводской технологии процесс сборки дуг осуществляется на неспециализированном стенде с большим использованием ручных зажимных устройств, что обуславливает большой объем сборочных и подгоночных работ и высокую трудоемкость. Настил устанавливается вручную при сборке секции крыши. Оборудование имеет низкий к.п.д.

С нашей точки зрения заводской технологический процесс может быть усовершенствован за счет:

Применения современного оборудования как подающего механизма, так и источника питания, обеспечивающего снижение разбрызгивания металла.

Применения тонких электродных проволок с повышенным содержанием циркония Св-09Г2СЦ для меньшего разбрызгивания.

Применения автоматической сварки вместо полуавтоматической.

Снижения расхода электрической энергии и металла за счет снижения разбрызгивания и за счет применения источника питания с высоким коэффициентом полезного действия 91-93%.

Снижения расхода углекислого газа за счет снижения разбрызгивания.

Снижения трудоемкости за счет механизации сборочных работ.

Для сварки конструкции секции крыши в качестве сварочного оборудования используется сварочный выпрямитель ВС – 600, у которого коэффициент полезного действия составляет 70% и полуавтомат устаревшей модели А 1197, что приводит к большому разбрызгиванию металла.

Вследствие вышеизложенного нами был выбран инверторный источник питания марки «Форсаж». Эта установка предназначена для сварки низкоуглеродистых, низколегированных и коррозионно-стойких сталей. Она имеет плавную регулировку сварочного тока, снабжена вентилятором и защитой от перегрева. Диапазон сварочного тока от 40 до 315 А, масса 6.7-12.5 кг, коэффициент полезного действия составляет 91 – 92%. Применение данного источника питания позволяет в сочетании с проволокой снизить разбрызгивание металла до

4%, соответственно уменьшить ресурсоемкость (трудоемкость, энергоемкость, материалоемкость) сварочных операций и себестоимость изготовления секции крыши вагона.

В дипломном проекте нами проработан вариант новой технологии сборки и сварки секции крыши вагона модели 11-287. Разработанная технология изготовления секции крыши на поточно-механизированной линии, позволила снизить трудоемкость сборочно-сварочных операций, механизировать и автоматизировать транспортные операции.

Внедрение данной технологии позволило:

- снизить себестоимость на 0.99%;
- увеличить рентабельность в 1.01 раза;
- экономический эффект составил 128432.57 руб/год.

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Мавлютов Р.И. - студент, Данилов Н.В. – студент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Качество строительных конструкций во многом зависит от качества строительно-монтажных и сварочных работ, так как более половины дефектов этих конструкций вызывается нарушением правил их изготовления, возведения и монтажа. Под дефектами строительных конструкций обычно понимают их несоответствие стандартам, техническим условиям, нормам проектирования и проекту.

Каждый дефект характеризуется не только по причинам, его вызвавшими, но и размерами повреждения конструкции и возможными последствиями. Дефекты могут ухудшить нормальные условия эксплуатации (нарушить температурно-влажностный режим помещений, снизить звукоизоляцию ограждающих конструкций, повысить эксплуатационные расходы по зданию), снизить несущую способность конструкций, сократить их долговечность, привести к частичному разрушению и аварии здания. Дефекты, вызванные внешними воздействиями, обычно называют повреждениями конструкций. Все дефекты строительных конструкций, за исключением вызванных стихийными бедствиями, можно объяснить отсутствием надзора со стороны инженерно-технического персонала проектных, строительных и эксплуатационных организаций, невысокой квалификацией исполнителей и, в ряде случаев, отсутствием их заинтересованности в выпуске высококачественной продукции.

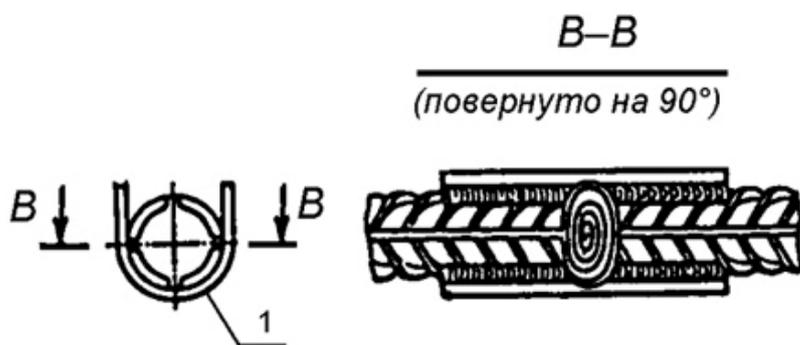


Рисунок 1 Ванная сварка арматуры

Расплавление торцов сварных стержней арматуры происходит за счёт тепла ванны расплавленного металла, которая формируется и удерживается вспомогательными приспособлениями. В качестве таких приспособлений используются накладные остающиеся элементы или многоразовые (медные, графитовые) или одноразовые (керамические)

инвентарные формы. Накладные вспомогательные элементы (остающиеся) являются неотъемлемой частью соединения и воспринимают часть нагрузки при его работе в конструкции.

При сварке арматуры ванным методом возможно появление различных дефектов. В нашей дипломной работе мы рассмотрим влияние шлаковых включений, цепочек пор, подрезов на работоспособность и надёжность конструкции. Для того чтобы наглядно увидеть влияние дефектов на распределение полей напряжений в элементах конструкций, мы будем работать с системой автоматизированного проектирования Autodesk Mechanical Desktop. В этот пакет входят практически все необходимые инженеру - конструктору средства моделирования геометрических объектов. Он объединяет в себе возможности новейших версий известных программных продуктов компании Autodesk.

Мы создадим модель, нагрузим и закрепим её в соответствии с реальными условиями ее функционирования. Нагрузки могут быть в виде сил, давлений, температур, гравитации и центробежных сил. После задания внешних условий на основе геометрической модели будет автоматически подготовлена конечноэлементная модель и проведен ее анализ. Анализ проведём для идеальной модели и для модели со специально введёнными дефектами, о которых написано выше. Это даст наглядное отображение распределение полей напряжений в двух случаях, а так же позволит оценить степень влияния различных дефектов и предсказать поведение конструкции в различных условиях.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ БОКОВИНЫ СТОЙКИ ВО-118А ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ МАТЕРИАЛОВ

Тукоев А.Б. – студент, Лубган Л.Б. – студентка, Пономаренко Ю.В. – студентка,
Мандров Б.И. - к.т.н., доцент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На изготовление сварных конструкций в Российской Федерации расходуется около 70% выпускаемого металлопроката. Это требует с одной стороны тщательной отработки сварной конструкции на технологичность, а с другой применения наименее ресурсоемких технологий их изготовления. Вагоностроение относится к числу тех производств сварных конструкций, где это проявляется особенно ярко.

ОАО “Алтайвагон” является одним из крупнейших вагоностроительных заводов РФ (программа выпуска в настоящее время около 6000 вагонов в год), постоянно обновляющих парк выпускаемого подвижного состава. К числу таких перспективных моделей относится универсальная платформа 13-2114, которая может быть оборудована стойками ВО-118А для перевозки лесоматериалов.

Конструктивно стойка ВО-118А состоит из двух боковин, плиты и основания, изготавливаемых из фасонного и листового проката (сталь Ст 3 сп по ГОСТ 380-94).

Боковина стойки изготавливается из прокатных швеллеров, свариваемых в коробчатое сечение двумя стыковыми швами С2, шириной шва $e=12$ мм по ГОСТ 14771-76 (сварка в углекислом газе). Получение сварного шва такой ширины на “пере” швеллера достаточно проблематично, что обусловлено переменной толщиной полки швеллера и опасностью прожога кромки из-за сварки на весу. Технологические возможности сварки в углекислом газе для получения требуемых геометрических параметров сварного шва весьма ограничены.

По заводской технологии эта задача решается либо применением механизированной сварки в CO_2 с использованием полуавтоматов, либо уменьшением ширины шва против проектной, либо доваркой шва до нужного геометрического размера. Следует отметить, что ни одни из используемых вариантов в настоящих производственно-экономических условиях не является оптимальным, поскольку либо повышает трудоемкость изготовления боковины, либо не обеспечивает требуемого качества готового узла.

С нашей точки зрения добиться желаемого результата можно через замену сварки в углекислом газе, на двухэлектродную сварку под флюсом на весу с поперечным расположением электродов. Такое расположение электродов обеспечит получение сварного шва требуемой ширины при одновременном обеспечении требуемой глубины проплавления.

Анализ соединений и швов выполняемых сваркой под флюсом по ГОСТ 8713-79 показал, что наиболее полно поставленной задаче соответствует сварной шов С47.

Расчетные параметры режима двухэлектродной сварки под флюсом на весу следующие:
 $d_э=2$ мм; $I_{св}=280..300$ А; $U_д=28..30$ В; $V_{св}=22..23$ м/час.

С нашей точки зрения такая замена типа сварного шва может быть осуществлена, поскольку она не противоречит руководящим документам на вагоностроительные конструкции (ОСТ 24.050.34 - 84), обеспечивает получение требуемых геометрических параметров сварных швов и позволяет снизить ресурсоемкость технологического процесса за счет:

- экономии электродного металла на 12%;
- уменьшения затрат на защитную среду (за счет перехода с CO_2 на флюс);
- уменьшения затрат на электроэнергию (за счет снижения разбрызгивания);
- уменьшения затрат на очистку боковины от брызг в CO_2 ;
- уменьшения трудоемкости (за счет снижения разбрызгивания с 15% до 3%).

Выводы:

1. Заводская технология изготовления боковин стойки ВО-118А либо не обеспечивает требуемое качество сварных швов, либо обладает повышенной ресурсоемкостью.

2. Положительный эффект при изготовлении боковин может быть достигнут за счет замены сварки в углекислом газе на двухэлектродную сварку под слоем флюса.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ ПОДКРАНОВОЙ БАЛКИ

Кабанов А.В. - студент Яцик И.В. – студент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Балки – это конструктивные элементы, работающие в основном на поперечный изгиб. Типы поперечных сечений и размеры сварных балок разнообразны. Балки устанавливаются на колонны зданий, возводимых в районах с расчетной температурой наружного воздуха до минус 65 °С и сейсмичностью до 9 баллов включительно. Главным назначением балок является размещение крановых рельсов для перемещения тележек мостовых электрических кранов общего назначения грузоподъемностью до 50 т легкого, среднего и тяжелого режимов работы.

Балки работают в суровых условиях и подвергаются сильному износу, именно поэтому данные металлоконструкции являются особо ответственными в изготовлении.

Изделие имеет следующие габаритные размеры: длина 12000 мм, высота 1100 мм. Масса изделия около 1948 кг. Балка изготовлена из листового металла стали 09Г2С-12 по ГОСТ19281-89. Жесткость балки достигается за счет приварки ребер жесткости, изготовленных из стали Ст3Гпс5 по ГОСТ 380-94.

Балка состоит из пяти основных элементов: верхнего пояса, нижнего пояса, стенки, торцевых пластин и ребер жесткости. Из-за больших габаритов сварной балки верхний пояс состоит из двух листов размером 5986×400×14 мм, нижний пояс изготовлен из трех листов, два из которых размером 3186×360×14 мм и один размером 5600×360×14 мм. Стенка балки также изготавливается из трех листов, два из которых размером 2986×1040×8 мм и один размером 6000×1040×8 мм. Ребра жесткости представляют собой листы размером 980×90×8 мм в количестве 14 штук. Две торцевые пластины изготавливаются из листов размером 1100×320×14 мм.

На первом этапе необходимо произвести раскрой заготовок. Детали поясов и стенки режутся газовыми горелками.

Требования к заготовкам деталей балки:

1) У обеих деталей верхнего пояса $5986 \times 400 \times 14$ мм должна быть двусторонняя разделка под углом 20° и притуплением $1 \pm 1,0$ мм одной кромки под стыковой шов С25, все это осуществляется машинной термической резкой.

2) У детали нижнего пояса $5600 \times 360 \times 14$ мм производится разделка под углом 20° обеих торцевых кромок для стыкового шва С25, а у двух деталей $3186 \times 360 \times 14$ мм производится разделка под углом 20° одной торцевой кромки.

3) Обе продольные кромки детали стенки балки размером $6000 \times 1040 \times 8$ мм подвергаются разделке Т7 под углом 45° и притуплением $2^{+1,0}$ мм. У деталей $2986 \times 1040 \times 8$ мм производится разделка обеих продольных кромок Т7 под углом 45° , одной торцевой кромки под стыковой шов С12 с односторонней разделкой кромки под углом 40° и притуплением $2^{+1,0}$ мм.

Изготовление сварной двутавровой подкрановой балки осуществляется путем приварки изготовленных поясов к сварной стенке и последующей приваркой с двух сторон ребер жесткости одно через каждые 1500 мм от начала балки и торцевых пластин с двух сторон по краям балки. После проварки швов, прикрепляющих пояса к стенке необходимо произвести правку грибовидности.

К подкрановой балке предъявляются следующие требования:

1) Сварные швы, прикрепляющие пояса к стенке балки выполняются сваркой под слоем флюса по ГОСТ 8713–79, все остальные швы в среде углекислого газа по ГОСТ 14771–76.

2) Клеймить в соответствии с ГОСТ 24.050.34-84.

3) Допуски перпендикулярности полок, относительно стенки должны обеспечиваться технологией.

4) Стыки поясов и стенки необходимо варить с зачисткой корня шва.

5) Необходимо обеспечить сквозное проплавление швов, прикрепляющих стенку к полкам.

6) Продольные кромки верхнего и нижнего поясов должны быть механически обработаны; допускается машинная термическая резка с последующей зачисткой, с удалением слоя толщиной не менее 1 мм.

7) Требования к сварным соединениям:

– прочность сварных соединений должна быть не ниже прочности основного металла;

– относительное удлинение не менее 16%;

– ударная вязкость при температуре -40°C не менее 29 Дж/см^2 ;

– твердость околошовной зоны не более 340 НВ;

– трещины, поры и несплавления не допускаются, допускаются лишь отдельные поры диаметром не более 2 мм;

– все сварные швы должны быть зачищены; брызги расплавленного металла и ожоги дуговой сварки не допускаются.

8) Химический состав и механические свойства используемых сталей должны соответствовать ГОСТ.

Данная сварная конструкция является технологичной, так как имеется сводный доступ для выполнения сборочно-сварочных и контрольных операций, а также допускается расчленение конструкции на отдельные узлы и подузлы, которые могут быть изготовлены на отдельных сборочных и сварочных установках при минимальных затратах материалов, труда и времени.

Балка изготавливается из сталей, обладающих хорошей свариваемостью. Сварка производится как в горизонтальном, вертикальном положениях, так и в положении «лодочка». Для поворота изделия в удобное положение при сварке применяют кантователь.

Разработана технология сборки и сварки подкрановой балки с пролетом 12000 мм, высотой 1100 мм, которая включает:

1) раскрой заготовок и разделку кромок;

2) сборку и сварку стенки и поясов;

- 3) правку стенки и поясов в правильной машине;
- 4) сборку и сварку балки;
- 5) правку «грибовидности» поясов балки;
- 6) приварку к балке торцевых пластин и ребер жесткости.

Данное изделие включает в себя тавровые, стыковые и угловые сварные соединения. Ко всем соединениям имеется свободный доступ для сварки, а также для выполнения контрольных операций неразрушимыми методами.

Исходя из изложенного, сварная конструкция – подкрановая балка является удовлетворительной для выполнения сборочно-сварочных и контрольных операций.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ СВАРКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СТРУКТУР ЗЕРНИСТОЙ МОРФОЛОГИИ В ЗОНЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ

Шалыгин Д.В. – студент, Чернов И.С. – студент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Цель исследования: «Изучить промежуточный распад аустенита в сварных соединениях низкоуглеродистых низколегированных сталей бейнитного класса».

Основными материалами, применяемыми в экспериментах, являлись стали бейнитного класса 24X2HAc, 20X2HAc. Эти стали были разработаны и освоены в производстве для изготовления тяжело нагруженных деталей и сварных конструкций ответственного назначения, эксплуатируемых в условиях низких климатических температур Сибири и Крайнего Севера.

Выбор данных сталей обусловлен результатами предварительных исследований, в ходе которых было установлено, что при изготовлении сварных конструкций их состав обеспечивал получение структуры зернистого бейнита как в сварном шве, так и в околошовной зоне, а также в полосовом или круглом прокате с толщиной стенки до 10 мм или диаметром прутка до 25 мм после его охлаждения на спокойном воздухе от температуры окончания горячей прокатки. Химический состав сталей приведен в табл. 2.1, а их механические свойства в состоянии поставки (отжиг) в табл. 2.2.

Таблица 2.1 - Химический состав сталей

Марка	C, %	M n, %	Si, %	Cr %	Ni, %	S, %	P, %	Норм . докум. Т.У1
20X2H АЧ	0,1 5-0,21	0,1 5-0,4 0	0,1 0,3 0	1,2 1,6	1,0 1,4 0	He более 0,016	He более 0,011	4-1-3779- 84
24X2H АЧ	0,2 1-0,27	0,1 5-0,40	0,1 0-0,30	1,2 -1,6	1,0 0-1,40	0,025	0,025	

Стали 24X2HAc и 20X2HAc модифицируются редкоземельным металлом, массовая доля которого составляет 0,005-0,05%.

Таблица 2.2 - Механические свойства сталей в состоянии поставки

Марка Стали	Предел прочности σ_B , МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Относитель ное удлинение δ_5 , %	Относительно е сужение ψ , %

24X2HA ч 20X2HAч	520 - 570	360 - 400	25-28	67-74
---------------------	-----------	-----------	-------	-------

2.2 Методика получения бейнитных структур с помощью имитации термических циклов сварки

Были исследованы экспериментальные образцы сталей 24X2HAч, 20X2HAч, 30XН3А, 12X1МФ, подвергнутые термической обработке с целью проимитировать термический цикл сварки (зона перегретого металла). Химический состав этих сталей и экспериментальных плавок приведен в таблице 2.1. Образцы для эксперимента вырезались из горячекатаного проката и имели следующие геометрические размеры: диаметр $D=27$ мм, высоту $h=10$ мм. Для удаления рисок, и получения требуемой чистоты поверхности после механической обработки образцы шлифовали на станках шкурками зернистостью от 2 до 4мкм.

Нагрев при термической обработке осуществляли в камерных печах типа СНО, СНОЛ и шахтной типа СШОЛ. Обработку вели в чугуновой стружке, что обеспечивало устранение обезуглероживания поверхностных слоев при нагреве. Закалку проводили в воде.

Влияние температуры аустенизации на распад аустенита в промежуточной области, в зависимости от теплообмена на поверхности образцов, изучалось при непрерывном охлаждении на температурах аустенизации: 860, 900, 950, 1000, 1050, 1100, 1150, 1200 °C \pm 5°С. Выдержка составляла 10 минут (одна минута на миллиметр диаметра).

Теплообмен на поверхности проката регулировался применением различных охлаждающих сред (на спокойном воздухе, с воздушным обдувом, в потоке водоземлемой смеси, в воде). Образцы для исследований вырезали из горячекатаного проката. Геометрические размеры составляли 27 мм диаметром и высотой 10 мм. В центре образца выполняли отверстия диаметром 2,0мм под термопару. Температуры нагрева и скорости охлаждения контролировались зачеканенными в центре образцов хромель-алюмелевыми термопарами с диаметром электродов 0,24мм, изолированными двухканальной керамикой от места горячего спая до соединения с компенсационными проводами, спай которых помещался в отверстие исследуемого образца, зачеканивая медной (теплоустойчивой) проволокой. Образцы с термопарами в процессе проведения экспериментов закрепляли в держателях. С помощью ЭВМ и комплекса сбора данных, включающего блок первичного усиления сигнала и блок сбора данных, записывалась полная кривая охлаждения. При этом каждый горячий спай термопары, через компенсационные провода, присоединяли к высокочувствительному усилителю и плате сбора информации ЭВМ. Записывали показания в координатах: время (в миллисекундах) и электродвижущая сила (в милливольтгах). По точкам перегиба определялась температура начала и конца распада аустенита, а затем производился расчет мгновенной скорости охлаждения в интервале температур минимальной устойчивости аустенита и скорости охлаждения фазовых превращений для данной марки стали. Полученные кривые охлаждения наносились на диаграммы термокинетического распада аустенита стали и вместе с металлографическими и другими методами определялся скоростной диапазон формирования мезоферрита и зернистого бейнита.

Обзор литературных данных

В настоящее время в производстве сварных конструкций широкое применение находят высокопрочные низко и среднелегированные стали, что обусловлено стремлением повысить эффективность производства за счет снижения материалоемкости и увеличения сроков эксплуатации сооружений. Низколегированные стали, применяемые взамен низкоуглеродистых, имеющих низкий уровень механических свойств и повышенную чувствительность к старению, часто применяются без термообработки [1]. По структуре низколегированные стали характеризуются как феррито-перлитные, а среднелегированные как феррито-перлитные, мартенситные, бейнитные или бейнито-мартенситные [2]. Класс стали обычно определяют по структуре, образующейся при охлаждении на спокойном

воздухе. Установлено, что стали, в которых происходит промежуточное превращение при охлаждении на воздухе, имеют специфическую термокинетическую диаграмму распада переохлажденного аустенита [3]. В них С – кривая бейнитного превращения должна быть сдвинута влево относительно области выделения избыточного феррита и области перлитного превращения.

Режимы сварки

Таблица 3.4– Расчетные и экспериментальный режимы сварки пластин из стали 24Х2НАч толщиной 8 мм

Параметр	Напряжение на дуге $U_d, В$	Сила сварочного тока $I_{св}, А$	Скорость сварки $v_{св}, см/с$ (м/ч)	Количество проходов
Расчет по толщине свариваемого металла δ	25,4-29	640-800	0,78-0,94 (28-34)	1
Расчет по допустимой скорости охлаждения $W_{охл}$	30-42	526-808	0,97 (35) – 1,1 (40)	1-2

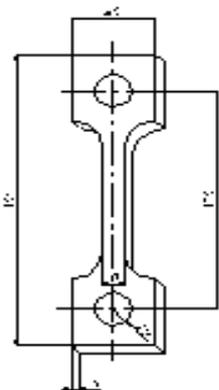


Рис.1 Образец для испытаний

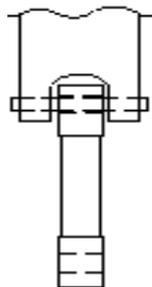


Рис.2 Образец в разрывной машине

Выводы

Первоначально, при изучение микроструктуры исследованных сталей было установлено, что с увеличением температуры аустенизации наблюдается рост зерна аустенита. Как следствие, этот процесс характеризуется формированием более грубых структур, а в частности, крупноигльчатого мартенсита, верхнего и нижнего бейнита и крупнокристаллического зернистого бейнита (рисунки 3.2-3.9). При температурах аустенизации 860, 900, 950 °С процесс роста зерна аустенита протекает незначительно. Заметное увеличение роста зерна аустенита начинается при 1000 и 1050 °С.

Ранее считалось, что с ростом температуры аустенизации процесс формирования бейнита зернистой морфологии при термокинетическом распаде блокируется. Данный факт объясняется увеличением устойчивости зерна аустенита при его росте. В результате чего распад аустенита протекает преимущественно в нижнем диапазоне температур промежуточной области диаграммы термокинетического распада переохлажденного аустенита с образованием характерных игльчатых структур. Таким образом, для получения

в сталях бейнитной структуры зернистой морфологии рекомендовалось ограничивать температуру аустенизации до 1050 °С.

Однако при исследовании влияния температуры аустенизации (1100, 1150, 1200 °С) на распад аустенита в промежуточной области низкоуглеродистых низколегированных сталей бейнитного класса было обнаружено, что формируются структуры, подобные бейнитным зернистой морфологии (рисунок а-3.7, 3.8, 3.9). Исследования этих структур будет продолжено в дипломном проекте.

В целом, полученные результаты дали возможность оценить степень влияния роста зерна аустенита на скоростной диапазон термокинетического распада аустенита на мезоферрит, зернистый бейнит и на другие продукты промежуточного превращения.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВРКИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

Бескишкин В.В. – студент, Бакланов Д.И. – студент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Во многих случаях можно значительно уменьшить эксплуатационные и капитальные расходы и затраты, обеспечив автономное отопление теплым воздухом на основе применения теплогенераторов, работающих на жидком топливе или газе. В таких агрегатах нагревается не вода а воздух- свежий приточный, рециркуляционный или смешанный. Такой способ особенно эффективен для автономного отопления производственных помещений, выставочных павильонов, мастерских, гаражей, станций технического обслуживания, автомоек, складов, супермаркетов, теплиц, оранжерей, животноводческих комплексов, птицеферм и т.д. Воздушное отопление имеет ряд преимуществ перед водяным,

1. Экономичность: тепло получается непосредственно в нагреваемом помещении и практически без потерь передается по назначению. Благодаря прямому сжиганию топлива без теплоносителей достигается высокий тепловой КПД всей системы отопления 90% рекуперативных и практически 100% для систем прямого нагрева.

2. Малая инерционность: На рабочий режим агрегаты выходят в считанные минуты , помещение за счет высокой оборачиваемости воздуха может быть полностью прогрето через несколько часов.

3. Малые затраты: Способ отопления крупных помещений при использовании теплогенераторов один из самых дешевых и быстро реализуемых. Срок окупаемости теплогенератора не более двух отопительных сезонов.

4. Возможность «включать» приточную вентиляцию: Ни для кого не секрет , что сегодня практически нигде на предприятиях приточная вентиляция не работает должным образом , что приводит к значительному ухудшению условий труда.

Применяя теплогенераторы можно нагревать приточный воздух на температуру 40—70° С , что вполне достаточно для того чтобы «включить» приточную вентиляцию даже в условиях северных районов. Таким образом , главное преимущество воздушного отопления даже не в экономической эффективности, а в улучшении экологической обстановки и условий труда. Из всего выше сказанного можно сделать вывод , что разработка технологии сборки и сварки узлов ТГ представляется актуальной задачей. Весь процесс изготовления и рамы и подогревателя воздуха можно схематически разделить на следующие операции.

Рама теплогенератора: Исходным материалом для изготовления рамы является сталь СтЗсп швеллер №5. Материал находится на цеховом складе, в связках до пяти тонн. Разметка: определение и отметка длин всех элементов рамы, разметка под отверстия. Резка и сверление : резка осуществляется на механических ножовках по разметке, сверление выполняется на сверлильных станках. Сборка узла: начинается с раскладки всех заготовок на стенд - позиционер в соответствии с рабочими чертежами, после этого производится прижим заготовок устройствами с пневмоприжимами. Завершает этап сборки прихватка

выполняемая при помощи сварке. Сварка узла: сварка производится на кантователе во всех необходимых пространственных положениях установленных в рабочих чертежах. Контроль качества: проводится визуальный осмотр швов также при необходимости узел может быть подвергнут более чательному контролю качества с применением как разрушающих так и неразрушающих методов контроля качества. Подогреватель воздуха: Исходным материалом для изготовления подогревателя служит сталь 12Х18Н10Т лист 2.5 мм. И труба 12Х18Н10Т диаметром 54 мм. Материал находится на цеховом складе в упаковках до 5 тонн. Разметка: происходит разметка листов трех видов для цилиндров по длине и ширине, а также торцевых элементов подогревателя и элементов из труб. Резка: рубка листов производится на машине гильотинного типа, резка труб происходит на механических ножовках. Сборка узла: сборка начинается с изгибания листового проката в цилиндрическую форму при помощи вальцевой гибочной машины, далее происходит сварка кромок и готовые цилиндры перемещаются на стенд сборки узла с установкой всех элементов их позиционирования и прихваткой. Сварка узла: сварка производится на кантователе во всех необходимых пространственных положениях установленных в рабочих чертежах. Контроль качества: проводится визуальный осмотр швов также при необходимости узел может быть подвергнут более чательному контролю качества с применением как разрушающих так и неразрушающих методов контроля качества. На примере теплогенератора можно увидеть что применение полуавтоматов значительно ускоряет процесс производства изделия кроме того сокращает количество дефектов и снижает стоимость конечного продукта.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ БАРАБАНА ПАРОВОГО КОТЛА

Тополь Н.И. – студент, Минин А. – студент, Шевцов Ю.О. - к.т.н., проф.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Энергетика ставит сложные задачи по обеспечению надежности оборудования, улучшения его конструкторских решений, совершенствование технологии изготовления, повышение степени автоматизации управления рабочим процессом, выполнение возрастающих требований по охране окружающей среды. Работа посвящена разработке технологии изготовления барабана парового котла.

Барабан котла представляет собой полый цилиндр со сферическими днищами. Днища, так же как и полуобечайки выполняются штампованными. В средней части днища имеется отверстие (лаз), закрываемое во время работы специальным затвором. Данный барабан предназначен для режимов высокого давления, работает с естественной циркуляцией, имеет внутренний диаметр 1600 мм, толщину стенки 115 мм, длину 19500 мм.

Внутри корпуса барабана монтируется сепарационное устройство, предназначенное для разделения пара и влаги. Барабан в составе котла крепится на подвижных опорах, допускающих его перемещение во время нагрева.

Барабан изготавливается из стали 16ГНМА с толщиной листа 115 мм.

Вследствие этого изделие получается тяжеловесным, а изготовленные из этой стали детали тяжелыми.

В тяжёлой промышленности в последнее время для соединения металлов больших толщин, свыше 40 мм, устойчивое применение нашла электрошлаковая сварка. Электрошлаковая сварка как способ неразъемного соединения металла неограниченной толщины за один проход является одним из ведущих процессов производства крупных сварных металлоконструкций. Объемы использования и рациональные области применения ЭШС могли бы быть более значительными, если бы в процессе образования сварного соединения на его отдельных участках не происходило снижения стойкости против хрупкого разрушения по сравнению с основным металлом.

Так, низколегированная сталь 16ГНМА, применяемая для изготовления барабана при обычной ЭШС не обеспечивает требуемой пластичности и ударной вязкости металла околошовной зоны. Для улучшения структуры и свойств металла при обычной электрошлаковой сварке применяют термообработку - нормализацию, что отнимает много времени в технологическом процессе.

Использование высокотемпературной обработки (ВТО) после сварки позволяет достигать равнопрочности сварного соединения, однако, резко повышает стоимость изготовления изделия, что не всегда приемлемо, а для особо крупных изделий ВТО иногда вообще невозможна. Особенно это проявляется при сварке на монтаже.

В Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины проведены исследования по совершенствованию техники и технологии ЭШС с целью улучшения температурно-временных условий образования сварного соединения на основе оптимизации режимов сварки, обеспечивающих наиболее благоприятные термические циклы путем принудительного программного изменения характера плавления электродов и кристаллизации сварного шва. В результате исследований условий стабилизации процессов ЭШС установлено, что повысить качество сварного соединения без ВТО можно, если существенно увеличить скорость сварки: повысить скорость охлаждения металла сварного соединения в области температур наименьшей устойчивости аустенита; снизить погонную энергию сварки, до уровня автоматической дуговой.

В данной работе предлагается применить скоростную электрошлаковую сварку, которая позволяет не проводить высокотемпературную обработку, при этом качество сварного соединения не теряет своих свойств.

Применение разработанного технологического процесса при изготовлении конструкций из низколегированных сталей толщиной 40... 150 мм позволяет получать сварные соединения в состоянии после сварки, удовлетворяющие требованиям стандартов, отличается высокой производительностью (скорость сварки 3...8 м/ч), более низкой удельной погонной энергией (снижена в 3...6 раз) при уменьшении расхода электроэнергии в 3...4 раза по сравнению с обычными режимами ЭШС для указанных толщин. Данную технологию можно использовать в судостроении и реакторостроении, котельном, конверторном производстве, гидротехническом строительстве, машиностроении, криогенной технике.

При новом способе скоростной ЭШС с коммутацией токоподводов резко меняется характер движения расплава шлак-металл и соответственно баланс температур в сварочной ванне. Большая часть энергии идет на плавление электродов, меньшая – передается основному металлу через оплаваемые кромки выше уровня начала кристаллизации. В результате скорость плавления электродов возрастает в 3...4 раза, а степень отвода тепла в кромки основного металла снижена до минимума, гарантированного проплавлением, что способствует улучшению термического цикла ЗТВ (он становится близким к термическому циклу дуговой сварки под флюсом). Разработанный способ скоростной ЭШС с автоматической коммутацией токоподводов к группам электродов кромкам сварного соединения, также оборудование для его выполнения позволяют реализовать сформулированные условия получения качественного сварного соединения без последующей ВТО.

В качестве оборудования выбран подвесной трех электродный автомат АШ-105 для ЭШС вертикальных и кольцевых швов углеродистых и легированных сталей толщиной 30...450 мм. Питание сварочным током каждой электродной проволоки производится от отдельного источника постоянного тока типа ВДУ-1201.

Для приварки штуцеров применим автомат А-1165 представляющий собой сварочную головку, подвешиваемую на велосипедную тележку ВТ 1 (Т62). Привод подачи проволоки и сварочного перемещения - от одного электродвигателя. Сварка осуществляется за один или несколько оборотов мундштука вокруг изделия. Скорость подачи подбирается перестановкой сменных подающих роликов, а изменение скорости сварки - переключением

коробки передач. Засыпку флюса, удаление шлаковой корки, пуск и остановку сварки осуществляет оператор.

В качестве источника питания используется универсальный сварочный выпрямитель с полого падающей характеристикой ВДУ-504.

Приварка отдельных патрубков осуществляется при помощи полуавтоматической сварки в среде CO₂. Выбранное сварочное оборудование - выпрямитель ВДУ-504, полуавтомат - ПДГ-502.

Приняты меры по снижению концентрации вредных веществ, выбрано дополнительное оборудование для обеспечения охраны труда, что позволит снизить риск заболеваемости профессиональными болезнями, сделать труд рабочих более комфортным и в первую очередь безопасным.

Из всех существующих способов сварки толстостенных металлоконструкций ЭШС наиболее распространена. У данного способа сварки существуют большие перспективы дальнейшего развития, одной из них является скоростная ЭШС, предложенная в данной работе.

Применение скоростной ЭШС с коммутацией токоподводов позволяет избежать применения ВТО. Использование индуктивного датчика уровня металлической ванны позволяет контролировать процесс сварки и получать более качественные сварные швы.

С точки зрения охраны окружающей среды этот способ более экологичен, так как выделение вредных примесей в процессе сварки незначительны.

В результате разработанных мероприятий за счет механизации сварочных работ и внедрения новых технологий:

- рентабельность к годовой себестоимости возросла на 27 %;
- число рабочих сократилось на 10 человек;
- расчетный годовой эффект от внедрения проекта составляет 93050,21 руб.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАКЕТОВ ОРЕБРЕННЫХ ЗМЕЕВИКОВ КОТЛА-УТИЛИЗАТОРА КУВ-10-150

Серебряков А.В. – студент, Елагин Д.Н. – студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., проф.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В условиях рынка и жесткой промышленной конкуренции в настоящее время наибольшее внимание уделяется современным экономически выгодным технологиям.

Новые условия коснулись и сварочного производства. Основные направления развития в этой области:

- внедрение прогрессивных высокопроизводительных и механизированных линий и применение сборочно-сварочных роботов и манипуляторов;
- повышение уровня сварочного оборудования, источников питания на базе использования новейшей электроники, автоматики, сварочных материалов;
- совершенствование всех видов контроля качества продукции;
- развитие на базе сварочной технологии новых видов.

Сварка в котлостроении является основной операцией. Без сварки невозможно изготовить многие виды продукции. Применение сварки позволяет разбить процесс изготовления изделий на несколько этапов с последующей общей сборкой, что значительно уменьшает трудоемкость и повышает качество продукции, и, следовательно, снижает себестоимость.

В мировой практике применяют три способа заводской сварки труб поверхностей нагрева: контактную стыковую оплавлением, с нагревом токами высокой частоты и дуговую.

Стыковая сварка с нагревом ТВЧ - способ сварки давлением, при которой детали соединяются по всей площади касания. При стыковой сварке труб с нагревом ТВЧ детали, торцы которых соответствующим образом обработаны, закрепляются в зажимах и сводятся до соприкосновения или с небольшим зазором. При прохождении переменного тока через индуктор, окружающий трубы, в последних индуцируется ток, нагревающий заготовки на участке заданной толщины. После достижения температуры сварки, трубы совместно

осаждаются, в результате чего происходит формирование соединения. С целью защиты металла от окисления трубы нагревают в безокислительной среде.

Сварка с нагревом ТВЧ выполняется с большой скоростью нагрева и охлаждения, что меняет кинетику структурных превращений. Процесс сварки с нагревом ТВЧ определяется условиями нагрева, деформации, взаимодействия металла с газовой средой и структурами превращения, которые могут существенно влиять на формирование соединения и его окончательные свойства.

Одним из направлений совершенствования котельных агрегатов является применение оребренных поверхностей нагрева (с продольным и поперечным наружным оребрением). Оребренные трубы применяют в теплообменных аппаратах различного назначения для тепловых и атомных электростанций, экономайзерах, пароперегревателях, экранах паровых котлов и т. д.

Котлы ОАО "Сибэнергомаш" хорошо известны как у нас в стране, так и за границей. В связи с возрастающей конкуренцией со стороны других производителей, повышаются требования к качеству и надежности котлов. Всего этого можно достигнуть, внедрив новые совершенные технологии, позволяющие снизить металлоемкость продукции, ее трудоемкость, повысить качество изделий. Применение современного оборудования улучшает условия труда рабочих, экологическую ситуацию на предприятии и повышает культуру производства.

В данной работе предлагается замена применяемой на предприятии стыковой сварки оплавлением сваркой с нагревом ТВЧ. Применение новой технологии предпочтительнее, так как имеет следующие преимущества:

- 1) высокую производительность в 2-3 раза выше, чем при стыковой сварке;
- 2) равномерность нагрева по периметру стыка при незначительном расходе электроэнергии;
- 3) сварочные материалы не требуются;
- 4) прочность сварного соединения выше прочности основного металла без заметного снижения пластичности, отсутствуют поры, раковины, инородные включения и другие дефекты;
- 5) незначительные размеры наружного и внутреннего грата при внутреннем распределении его по периметру.

По качественным показателям сварка с нагревом ТВЧ еще и экономичнее. Кроме того, улучшаются условия труда сварщиков и других производственных рабочих. Незначительная величина внутреннего грата позволяет полностью отказаться от его удаления. При стыковой сварке внутренний грат удаляют под давлением воздушно-кислородной смеси. Оребрение труб производится с помощью высокочастотной сварки, что также очень продуктивно. Оребрение занимает считанные минуты. Весь процесс от подачи трубы до снятия ее с рольганга полностью механизирован, что улучшает условия труда рабочих. Сварка токами высокой частоты проводится без применения сварочных материалов.

Транспортировка во время технологического процесса заготовок и изделия в целом осуществляются с помощью кран-балки. Применение транспортных средств затруднено вследствие большой массы и габаритов изделия.

Для контроля качества промежуточных операции и готового изделия применяются следующие виды контроля: внешний осмотр, измерение с помощью линейки, механические испытания, ультразвуковая дефектоскопия, гидроиспытания в соответствии с требованиями правил контроля.

В результате внедрения новой технологии срок окупаемости капиталовложений составит 0,43 года.

За счет внедрения новой технологии сварки с нагревом ТВЧ уменьшается количество оборудования на операцию, производственная площадь. Расчетный годовой экономический эффект от внедрения проекта по цеховой себестоимости при годовой программе 12000 змеевиков составляет 150040 рублей.

СВАРКА ТРУБ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Ибрагимов В.И. – студент, Прайзендорф С.В. – студент, Тимошенко В.П. - доцент, к.т.н.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Развитие высокочастотного нагрева в машиностроении в последние годы получило широкое распространение в различных технологических процессах и, особенно, при выполнении сварных швов методом высокочастотной сварки токами высокой частоты (ВЧС).

Изучение механизма ВЧС показало, что формирование сварного соединения и его качество в значительной степени определяются процессом нагрева кромок и осадки. Осадка – завершающий этап образования соединения – во многом зависит от распределения температуры на свариваемых кромках. Поэтому оптимизация любого технологического процесса определяется оптимизацией режима нагрева. Глубина и равномерность нагрева кромок при сварке являются функцией частоты тока, времени нагрева, геометрии свариваемой системы и электротепловых характеристик металла.

При высокочастотной сварке с оплавлением, осадка, необходимая для получения качественного соединения, на порядок меньше, чем при обычной стыковой.

Одним из важных условий получения качественного соединения является то, что величина осадки должна гарантировать удаление расплавленного металла, содержащего оксиды, из зоны соединения.

Исследуя процесс осадки, были сделаны следующие выводы.

1. Формирование сварного соединения происходит в условиях большой неравномерности поля напряжений. Так при сварке в жестком режиме нагрева тангенциальные сжимающие напряжения в середине толщины пластины в 5 раз больше, чем у поверхности.

2. Интенсивное пластическое деформирование металла при осадке происходит в области прогретой выше 800 °С.

3. Неравномерность поля напряжений зависит от соотношения между величиной зоны пластических деформаций и толщиной свариваемых пластин, возрастая с увеличением частоты тока и скорости тока.

4. Удельные усилия осадки могут колебаться в довольно широких пределах: от 50...80 МПа при частоте тока 10 кГц до 160...230 МПа при 440кГц.

Минимальная осадка должна составлять не менее 0,2...0,35 толщины свариваемых труб.

Сварка прямошовных труб с помощью токов высокой частоты является примером оптимального применения электронагрева в металлургии. Возможность бесконтактной передачи энергии в заготовку и выделение мощности в предельно малых объемах металла обеспечили сварочному процессу такие свойства как равномерность механических свойств по сечению трубы, высокие удельно-экономические показатели. Микроструктура соединений мелкозернистая, феррито-перлитная с зёрнами перлита от 5...6 балла до 7...8.

Ранее спиральношовные тонкостенные трубы сваривали дуговой или контактной сваркой со скоростью 2,5...4,0 м/мин, причём в этом случае предъявляли жёсткие требования к чистоте поверхности полосы. Разработанная технология высокочастотной сварки спиральношовных труб позволила значительно снизить требование к поверхности полосы и повысить производительность процесса в 5...10 раз.

При высокочастотной сварке не нужно расходовать присадочный материал, защитный газ или флюс.

Кроме того, применяя высокочастотную сварку в соединении труб, высота грата составляет лишь несколько десятых миллиметра, что намного меньше, чем при дуговой сварке, а это положительно влияет на качество и прочность труб.

В настоящее время есть примеры работы сварочных установок, позволяющих сваривать трубы диаметром до 720мм. Эти трубы широко используются для сооружения различных

трубопроводных систем. Однако недостаточный объём данных о надёжности трубопроводов, работающих при высоких давлениях и низких температурах, обуславливает необходимость проведения исследований.

Метод высокочастотной сварки нашёл широкое применение в трубном производстве, однако сварка труб не исчерпывает возможности метода. Ведётся поиск новых направлений высокочастотной сварки. Одним из таких направлений является сварка тонкостенного профиля □, I, H – образного сечения.

Однако существующие методы промышленного производства обладают рядом серьёзных недостатков.

Высокочастотной сваркой в тавр получают тавровые и двутавровые профили, многорёберные панели, оребренные трубы. Определить общие требования к качеству таких изделий сложно, потому, что они зависят от функционального назначения изделий.

Различие в химическом составе основного металла и шва усугубляются также формой стыка, которая на краях соединения сужается, образуя опасный рычаг напряжений. Сужение происходит в результате своеобразного распределения температурного поля в сечении элементов, а также встречного сечения деформируемого металла. Следует отметить, что сужение этой зоны в сочетании с приобретенной мелкозернистостью структуры положительно сказывается на коррозионной стойкости таврового соединения. В результате полученные сваркой ТВЧ профили имеют существенно лучшие показатели по коррозионным испытаниям шва, чем при сварке другими методами.

Необходимо отметить и то, что при ВЧС наблюдаются существенные различия свойств основного металла и шва. Это является следствием сложных физико-химических процессов происходящих в зоне стыка при сварке, обычно применяемая одинарная термообработка (нормализация), она не приводит к полному выравниванию структуры и свойств по ширине сварочного соединения. Достичь одинаковой вязкости сварного соединения и основного металла позволяет двойной высокочастотный отжиг с промежуточной закалкой. В условиях поточного производства труб такое решение вызывает технологические трудности и требует затрат на создание специального оборудования. Термообработка труб при 820...840 °С обеспечивает частичную перекристаллизацию и сглаживание неоднородности структуры металла зоны термического влияния с повышением температуры нормализации до 930...950 °С происходит полная перекристаллизация. Однако и при этом условии не достигаются стабильные значения ударной вязкости. Исследуя эти процессы, сделаны выводы, что высокого значения ударной вязкости можно достичь, применяя дополнительную деформацию свариваемых кромок и нагрев сварного соединения ТВЧ до 850°С.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛЕМЕХОВ КУЛЬТИВАТОРОВ- ПЛОСКОРЕЗОВ МЕТОДОМ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ

Глебов Н.В. – студент, Теушаков А.И. – студент. Тимошенко В.П. - к.т.н, доцент.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Большие земельные площади нашей страны подвергаются ветровой эрозии. Особенно интенсивно проявляется ветровая эрозия в районах недостаточного увлажнения с резкими колебаниями летних и зимних температур, в открытых степных районах с сильными ветрами. Вследствие ветровой эрозии ежегодно погибает или повреждается большое количество посевов зерновых и других культур, выбывают из сельскохозяйственного пользования сотни тысяч гектаров пахотных земель, лугов, пастбищ и других ценных угодий.

Одним из наиболее эффективных средств борьбы с ветровой эрозией является замена обычной отвальной зяблевой вспашки системой безотвальных обработок, при которых на поверхности поля сохраняется в первоначальном состоянии стерня зерновых культур.

Стерня обеспечивает создание мощного равномерного снегового покрова, который предохраняет почву от глубокого промерзания и защищает пахотный слой от выдувания.

Безотвальную обработку обеспечивают плоскорезы рабочие органы культиваторов–плоскорезов и плоскорезов–глубокорыхлителей.

Культиваторы–плоскорезы – имеют широкозахватные симметричные лапы, составной частью которых являются лемеха. рыхлят почву на глубину 8...16 см без перемешивания слоев с сохранением на поверхности до 90% стерни.

Культиваторы–плоскорезы выпускают прицепные и навесные. Первые изготавливают в виде отдельных секций, присоединяемых к сцепке. Вторые изготавливают как с жестким креплением рабочих органов при ширине захвата до 4...5 м, так и с шарнирно-секционным.

Глубокорыхлители–плоскорезы. Их рабочие органы обрабатывают почву без перемещения слоев на глубину до 30 см с сохранением на поверхности до 65% стерни.

Для изготовления лемехов чаще всего используются углеродистые стали Л53, Л65 и сталь Л65Г.

В процессе эксплуатации процесс износа рабочих органов почвообрабатывающих машин протекает при непрерывном взаимодействии металла с почвой. Интенсивность и характер износа металла зависят от природы и свойств почвы, а также от условий взаимодействия с ней рабочих органов. В качестве основных факторов, определяющих износ рабочих органов почвообрабатывающих машин, выделяются механический состав, влажность, плотность и однородность почвы, скорость движения и форма рабочих органов, а также свойства материалов, из которых они изготовлены.

Таким образом актуальность проблемы долговечности деталей сельскохозяйственных машин с каждым годом возрастает. Это объясняется тем, что повышаются требования, предъявляемые к машинам, непрерывно увеличиваются скорости движения, производительность и, соответственно, интенсивность эксплуатации машин.

Современное металловедение и термическая обработка стали характеризуются наличием двух различных направлений. Первое направление предусматривает возможность получения различных структурных состояний варьированием интенсивности охлаждения. При этом термическая обработка состоит из неварьированного медленного нагрева для превращения исходных фаз в одну высокотемпературную и охлаждения в различных условиях для создания видоизменений продуктов ее превращения.

В последние десятилетия получило развитие новое самостоятельное направление в металловедении и практике термической обработки. Это направление предусматривает разработку новых принципов воздействия на структуру и свойства стали и сплавов. Принципиальным отличием его является возможность дополнительного повышения свойств за счет воздействия на строение и общее состояние высокотемпературной фазы.

В течение первых 30 лет развития этого направления основное внимание уделялось разработке методов нагрева, предусматривающих использование внутреннего источника тепла — индукционного или контактного электронагрева. Оказалось, что состояние аустенита можно существенно изменять. Вследствие этого изменяются характер и условия превращений при охлаждении, что приводит в ряде случаев к большим отличиям в форме и пространственном распределении фаз в продуктах распада и к видоизменениям морфологии мартенсита. Для использования возможности воздействия на высокотемпературную фазу оказалось необходимым решить ряд новых сложных вопросов, относящихся к механизму и кинетике образования этой фазы. Не менее важной является возможность постановки принципиально новых видов физико–механической оценки металлов и сплавов, предназначенных для эксплуатации в специфически трудных условиях. Индукционный нагрев исследуют и применяют при термической обработке уже более 40 лет. В настоящее время его используют на машиностроительных, приборостроительных, металлургических и других заводах. В ряде случаев на обработку этим методом переведено до 75...80% всех изделий, подвергающихся термической обработке.

Индукционный нагрев, предусматривающий передачу энергии бесконтактным способом, находит наиболее широкое и разнообразное применение в современной технике: в электрометаллургии, для получения высококачественных сортов стали, зонной плавки чистых металлов, в операцияхковки и штамповки, в химической, текстильной промышленности и в целом ряде специальных производств. Весьма эффективно и целесообразно использование индукционного нагрева для термической обработки металлов.

При индукционной наплавке твердых сплавов происходят сложные металлургические процессы. Происходит диффузия углерода и легирующих элементов, их выгорание, а также разбавление жидкой ванны наплавляемого сплава основным металлом. Чем больше время наплавки и выше температура, тем интенсивнее происходят эти процессы.

На нагреваемой заготовке первыми в шихте плавятся флюсы (начиная с нижних слоев) при температуре 600...750 °С. Расплавленные флюсы увеличивают скорость передачи тепла частицам твердого сплава, которые, начиная от поверхности детали, плавятся при достижении своей точки солидуса.

В образующемся слое расплавленного металла индуцируется ток, наибольшая температура перемещается сюда с поверхности наплавляемой детали и следует за перемещающейся вверх линией расплавления.

Процесс сплавления твердого сплава и основного металла начинается с диффузии компонентов шихты атомов углерода и бора в тонкий поверхностный слой основного металла. Первоначально при низких температурах диффузия происходит по границам зерен до достижения предельной концентрации на межфазовых границах и образования жидкой фазы, в которой растворяются выступающие участки основного металла.

На второй стадии при температурах порядка 1260...1280 °С характер диффузии элементов изменяется: из межкристаллитной она становится фронтальной. Соответственно выравнивается поверхность сплавления: выступающие зерна основного металла растворяются в жидкой фазе равномерно, а со стороны основного металла обнаруживается перлитная каемка. При этих температурах скорость перемещения атомов углерода в аустените значительно превышает скорость растворения основного металла, о чем свидетельствует прогрессивное увеличение размера диффузионной зоны. Следующая стадия соответствует температурам примерно 1280...1320 °С: скорость растворения основного металла в расплаве увеличивается (особенно сильно после завершения плавления шихты) и приближается к скорости диффузии углерода, однако качественно процесс растворения продолжает оставаться фронтальным. В микроструктуре соединения четко выделяется граничная полоска. Дальнейшее продолжение процесса ведет к ухудшению износостойкости наплавленного слоя.

При нагреве до температур, приближающихся к точке солидуса данной марки стали, наступает четвертая стадия сплавления: по границам зерен аустенита начинается капиллярное проникновение расплава, сопровождающееся переходом пограничных объемов стали в жидкую фазу. В основном металле появляются межкристаллические прослойки, состоящие из легированного аустенита или аустенитно-карбидной смеси (ледебурита). При последующем охлаждении аустенит частично испытывает мартенситное превращение. Такой процесс приводит к необратимому увеличению хрупкости наплавленного участка, ударная вязкость снижается в 10...15 раз и не восстанавливается последующей термической обработкой (нормализацией). Поэтому критерием недопустимых структурных изменений является наличие признаков четвертой стадии сплавления.

Ширина и строение переходных участков зоны сплавления могут в значительной мере изменяться в зависимости от режимов наплавки. Чем выше скорость охлаждения наплавленного металла в критическом интервале температур, тем вероятнее образование мартенситных участков в зоне сплавления, и тем выше структурная и химическая неоднородность. С увеличением погонной энергии наплавки благодаря большей глубине проплавления и меньшей скорости охлаждения можно обеспечить меньшую структурную и

химическую неоднородность зоны сплавления. Подогрев эффективно снижает неоднородность зоны сплавления.

ОСОБЕННОСТИ СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ НАГРЕВОМ

Кузнецов Р.С. – студент, Изотов С.А. – студент, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Электроконтактное напекание металлических порошков (ЭКН МП) основано на совместном использовании методов электроконтактной сварки и порошковой металлургии. Это позволяет с помощью типовых электроконтактных сварочных машин легко формировать слои, наносимые на рабочие поверхности различных деталей.

Принципиально процесс заключается в следующем. Медный электрод поджимается с определенным усилием к наращиваемой поверхности детали. В зазор между электродом и деталью подается металлический порошок, через слой которого проходит электрический ток 2...15 кА и напряжением 1...6 В.

При прохождении тока через слой порошка и поверхностный слой детали, находящийся под роликом–электродом, они разогреваются до температуры, составляющей 0,7...0,9 от температуры плавления порошка. Под действием давления электрода частицы порошка спекаются в равномерный микропористый слой, который одновременно припекается к поверхности детали.

Электроконтактное напекание имеет ряд особенностей, выделяющих его как перспективный способ получения износостойких покрытий. Основными из них является совмещение в одной операции сразу трех процессов: формования, спекания и припекания к поверхности детали. Отсутствие сварочной ванны на поверхности детали уменьшает деформации детали, исключает перемешивание основного металла с присадочным материалом и приводит к сохранению химического состава и свойств нанесенного материала. Отпадает необходимость в нанесении многослойных покрытий для получения однородного по химическому составу покрытия и применении дополнительных технологических приемов, позволяющих уменьшать образование в получаемых слоях характерных сварочных дефектов (трещин различной природы, раковин и др.).

Термические условия формирования слоя при электроконтактом нагреве обеспечивают образование сжимающих напряжений как в самом слое, так и в зоне соединения с основой, способствуя улучшению эксплуатационных характеристик изделия. Возможность совмещения процесса с другими операциями (закалка, химико-термическая обработка, термосинтез и др.) позволяет исключить дополнительные технологические операции. Помимо этого ЭКН позволяет в большинстве случаев отказаться от защитных газовых сред, флюсов или вакуума, поддается механизации и автоматизации.

Воздействие электрического тока большой силы, проходящего через металлические порошки, порождает ряд явлений. На контактных участках между соседними частицами под влиянием тока происходит интенсивный массоперенос. Кроме того, в местах контактирования частиц порошка может происходить локальное плавление, что сопровождается, как правило, еще более интенсивным массопереносом. В результате в многокомпонентных порошковых прессовках идет процесс быстрого спекания ("диффузионное спекание") или возникновение новых фаз, не входящих в исходную композицию ("реакционное спекание"). При этом длительность процесса ЭКН оказывает меньшее влияние на формирование слоя.

Металлографические и фрактографические исследования показали, что активизация диффузионных процессов положительно влияет на формирование и рост межчастичных соединений в процессе электроконтактного спекания.

Тот факт, что механические свойства образцов спеченных электроконтактным способом значительно выше, чем у спеченных классическим, можно объяснить образованием более

крупных, структурно и геометрически более совершенных механических контактов. При этом некоторый вклад в повышение механических свойств электроконтактно спеченных образцов вносит и более высокая, чем при классическом спекании, скорость их охлаждения, благодаря которой в структуре присутствует значительное количество мартесита.

Характерной особенностью электроконтактного спекания является ограничение по использованию порошков с высоким электросопротивлением.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ДОЛОТООБРАЗНЫХ ЛЕМЕХОВ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКОЙ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

Моторин Е.Ю. – студент, Гончаренко И.С. – студент, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Индукционную наплавку долотообразных лемехов осуществляют в петлевых индукторах вручную с настройкой высокочастотного генератора на максимальную мощность. Процесс контролируют визуально. Для наплавки применяют шихту, состоящую из 85% псевдосплава ПС14-80 и 15% флюса (смесь буры, борной кислоты, силикокальция и силиконатрия).

Поскольку лезвие лемеха имеет меньшую толщину, чем его долотная часть, то наплавляемая поверхность нагревается не равномерно (разность температур на отдельных участках превышает 200 °С). В результате шихта оплавляется также неравномерно, поверхность наплавленного слоя, особенно на долоте, неровная. При чрезмерном нагреве возможно оплавление обратной стороны заготовки. Из-за неравномерного нагрева на отдельных участках шихта либо расплавляется не полностью, либо время нахождения её в расплавленном состоянии оказывается мало (4...6 с), поэтому в наплавленном слое возникают поры и шлаковые включения, он имеет сравнительно низкую твёрдость (32...42 HRC). В наплавленном металле присутствует большое количество (до 60...70% по занимаемой площади) не расплавившихся частиц феррохрома остроугольной формы, которые служат очагами зарождения трещин. Так как для обеспечения равномерного нагрева по достижении на поверхности заготовки температуры плавления мощность генератора следует снижать, было разработано программирующее устройство, обеспечивающее ступенчатое регулирование выходной мощности генератора путём изменения анодного напряжения на генераторной лампе.

Лемеха наплавляли в индукторе, имеющем параллельные ветви с различным сопротивлением. Длина ветвей и воздушный зазор между ними и наплавляемой поверхностью были выбраны с учётом обеспечения равномерного нагрева всей упрочняемой поверхности.

Применение индуктора с параллельными ветвями и снижение интенсивного нагрева на стадии плавления шихты позволили наплавлять слои стабильной толщины и ширины. При этом перегрева и подплавления заготовки не происходит.

Структура металла, наплавленного на лезвие и долото, идентична, а его твердость возросла до 56...60 HRC. Нерасплавленные частицы феррохрома имеют глобулярную форму, а их количество не превышает 30...35% площади наплавки. Структура наплавленного металла по высоте не однородна, что связано с разбавлением его основным металлом и различием в скоростях охлаждения. Вблизи границ сплавления наблюдается узкий участок с доэвтектической структурой, затем расположен участок, имеющий эвтектическое строение. Основная же часть слоя имеет заэвтектическую структуру, для которой характерно наличие первичных карбидов, не расплавившихся частиц феррохрома и карбидной эвтектики. Такая структура наплавленного слоя обеспечивает его достаточно высокую износостойкость.

Благодаря относительно длительному существованию металла в расплавленном состоянии (8...10с) и электромагнитному перемешиванию из расплавленного слоя удаляются

неметаллические и газовые включения, небольшое количество которых наблюдается лишь в поверхностном слое наплавки. Трещин в основном и наплавленном металле нет

Процесс наплавки (с применением индуктора с параллельными ветвями и уменьшением интенсивности нагрева и стадии плавления) может быть автоматизированным. При этом повышается качество наплавленных изделий и снижается расход электроэнергии. Время наплавки лемеха при стабильном качестве составляет 37...40 с.

ИНДУКЦИОННАЯ НАПЛАВКА ИЗНОСОСТОЙКИХ СПЛАВОВ

Глебов Н.В. – студент, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В основе метода индукционной наплавки деталей почвообрабатывающих машин лежит нагрев и расплавление присадочного материала под действием токов высокой частоты. Для наплавки используется специальная порошкообразная шихта, состоящая из гранулированного твердого сплава и флюсов на основе буры и борного ангидрида в определенном весовом соотношении. Шихту наносят на наплавленную поверхность слоем, толщина которого зависит от заданного размера наплаваемого слоя. Затем участок детали, подлежащий наплавке, вводят в специальный индуктор высокочастотной установки подобно тому, как это делается при индукционной закалке. Источником питания, как правило, служат ламповые высокочастотные установки типа ЛЗ, ВЧИ и ВЧГ.

При прохождении тока высокой частоты (более 70 000 гц) через контур индуктора в поверхностных слоях основного металла наводятся электрические токи (токи Фуко), и наружный слой металла быстро нагревается. Плотность индуцированных токов зависит от геометрических размеров нагреваемой детали, удельного сопротивления и магнитной проницаемости материала детали и частоты тока. Слой порошкообразной шихты, расположенный между индуктором и нагреваемой поверхностью, в связи с высоким сопротивлением слабо реагирует на воздействие переменного магнитного поля. Шихта нагревается теплом, передаваемым от поверхности основного металла. Поэтому для обеспечения процесса наплавки температура нагрева поверхности основного металла должна быть на 150...170 °С выше температур плавления порошка твердого сплава, а скорость подвода тепла к нагреваемой поверхности должна быть значительно больше скорости его отвода в глубь изделия и потерь в окружающую среду.

Плотность индукционного тока по сечению детали неравномерна; она достигает наибольшего значения у поверхности и резко падает при переходе вглубь детали. Это позволяет концентрировать тепло в точках поверхности, в которых необходимо осуществить высокий нагрев металла. Расчет показывает, что толщина слоя δ , в котором поглощается почти вся переданная энергия (86,5%), равна

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}, \text{ или } \delta = 5,03 * 10^4 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}},$$

где ρ -- удельное электрическое сопротивление в $\text{ом}\cdot\text{м}$;

μ - относительная магнитная проницаемость;

f – частота тока в Гц.

Из формулы нетрудно установить, что с увеличением частоты тока уменьшается толщина слоя δ , т.е. тепло концентрируется ближе к поверхности, следовательно, уменьшается время нагрева поверхностных слоев.

При нагреве выше критической точки 768° С (точка Кюри) магнитная проницаемость стали и чугуна скачкообразно уменьшается, что приводит к значительному увеличению глубины проникновения тока и, следовательно, к резкому снижению интенсивности нагрева наплаваемого участка.

При решении конкретных практических задач вполне допустимы приближенные способы расчета. Можно принять, что глубина проникновения тока в металл равна

$$\delta_m = \frac{K}{\sqrt{f}} \text{ мм},$$

при этом, в зависимости от материала значения K равны:

Материал	Сталь	Медь	Сормайт
Температура в °С	20; 800; 1300	20; 100; 1000	20; 1300
Коэффициент K	20; 550; 575	67; 77; 155	20; 540

Одной из особенностей процесса является то, что наплавка происходит в условиях определенного давления, с которым электромагнитное поле действует на помещенное в него тело. Удельное давление на единицу поверхности нагреваемого тела может быть определено из выражения:

$$\Delta N = 6 \cdot 10^{-4} \frac{\Delta P}{\sqrt{\rho \mu f}} \text{ кг/мм}^2,$$

где ΔP – удельная мощность;

ρ – удельное электрическое сопротивление;

μ – магнитная проницаемость;

f – частота тока.

Подставив в это выражение значение магнитной проницаемости и удельного электрического сопротивления, получим для стали и сплавов на железной основе, нагретых выше точки магнитных превращений,

$$\Delta N = 5,2 \cdot 10^{-2} \frac{\Delta P}{\sqrt{f}} \text{ кг/мм}^2,$$

В процессе наплавки к жидкому металлу оказывается приложенной большая часть электродинамических сил. Если металл нагревается с повышенной мощностью, то расплавленный металл может вытесняться из зоны с повышенной напряженностью электромагнитного поля, вызывая нежелательные изменения геометрии наплавляемого слоя. С этим необходимо считаться при выборе условий наплавки и конструировании индуктора.

Из рассмотренного следует, что для минимального искажения геометрии наплавленного слоя предпочтительно использовать ток относительно высокой частоты, так как удельное давление обратно пропорционально корню квадратному из частоты. По такому же закону с повышением частоты тока уменьшаются силы, вызывающие электромагнитное перемешивание расплавленного твердого сплава.

В ряде случаев по конструктивным, технологическим или другим соображениям возникает необходимость понизить частоту тока. Без заметного снижения к. п. д. нагрева это можно осуществить лишь до некоторого предела, определяемого отношением толщины основного металла к глубине проникновения тока. При некоторых минимальных значениях частоты к. п. д. значительно падает, и индукционный нагрев становится нерентабельным или вообще неосуществимым.

Мощность, передаваемая нагреваемому телу, связана с характеристиками нагреваемого материала, размерами индуктора и параметрами электрического режима, следующей формулой:

$$P_a = \frac{U_i^2 S \sqrt{\rho \mu}}{32 \pi^3 a^2 l_i^2 \sqrt{f^3}},$$

где a – расстояние (зазор) между индуктором и деталью;

l_i – длина индуктора;

U_i – напряжение на зажимах индуктора;

S – площадь нагреваемой поверхности детали.

Деформации детали при нагреве, а также плавление шихты вызывают изменение зазора между деталью и индуктором, что может сказаться на перераспределении мощности в процессе нагрева.

При индукционной наплавке не требуется никакой специальной подготовки изделия. Поверхность детали может быть механически обработанной или покрытой слоем металлургической окалины, ржавчины. При наличии такого рода загрязнений требуется лишь некоторое увеличение содержания флюсов в шихте.

Часто применяемый термин «подготовка под наплавку» следует понимать как придание зоне упрочнения детали геометрических форм и размеров в соответствии с конструктивными требованиями.

Последовательность основных технологических операций индукционной наплавки следующая:

- подготовка наплавочной шихты (приготовление порошка твердого сплава и флюсов и их смешивание в определенной пропорции);
- подготовка поверхности под наплавку;
- нанесение шихты; нагрев упрочняемого участка в индукторе до полного расплавления шихты;
- охлаждение до комнатной температуры на воздухе;
- удаление шлака; окончательная обработка (придание режущему лезвию или всей детали конечной формы путем гибки, заточки и др.).