

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ИЗ ХРОМОМОЛИБДЕНОВАНАДИЕВЫХ СТАЛЕЙ

Демин В.В. – студент, Иванайский А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Хромомолибденованадиевые стали относятся к группе теплоустойчивых сталей и изделия из них, в том числе и трубопроводы, работающие в условиях повышенных температур и давления. Условия работы определяют возможность развития ползучести в сварных соединениях и снижения вследствие этого их работоспособности.

Исследования выполняли на образцах, вырезанных из трубопроводов из стали 12Х1МФ, эксплуатировавшихся под давлением 2,6-12,8 МПа при температуре 500-560°С. Из указанных трубопроводов для испытания на ползучесть вырезали образцы диаметром 6 мм из основного металла и из металла сварных соединений. В последнем случае сварной шов находился посередине образца.

Испытания проводили при напряжениях, в два, четыре и т.д. раза превышающих рабочие напряжения, равные 46-60 МПа.

Предел ползучести сварных соединений паропроводов зависит от свойств и структуры металла шва, которые во многом определяются технологией сварки и режимами термообработки при монтаже паропроводов, а также от условий эксплуатации паропроводов. Установлено, что чем выше температура эксплуатации и напряжения, тем ниже предел ползучести металла шва относительно основного металла. В виду значительной структурной неоднородности металла шва предел ползучести его уже в начальной стадии эксплуатации ниже, чем у основного металла. Для сварных швов на трубопроводах из стали 12Х1МФ он на 10-20% ниже, чем для основного металла.

При длительной эксплуатации паропроводов предел ползучести для швов снижается интенсивнее, чем для основного металла.

Металлографические исследования показывают, что в сварных швах на паропроводах из стали 12Х1МФ после длительной работы при 540°С происходят существенные структурные изменения, а именно – выделение карбидов молибдена, имеющих, как правило, овальную форму. Уменьшение содержания легирующих элементов в ферритной основе в связи с их переходом в карбиды ослабляет тормозящее действие этих элементов на дислокации, что ввиду значительной неоднородности размеров и распределения карбидов снижает предел ползучести сварных швов.

Тщательный выбор состава сварочных материалов, строгое соблюдение режима и технологии сварки, грамотное назначение режимов термообработки сварных соединений и строгое соблюдение их обеспечат надлежащее сопротивление сварных швов ползучести и увеличат длительность работы паропроводов.

ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНЫХ УГЛОВЫХ ШВОВ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СТАЛИ

Свиридов А.М. – студент, Иванайский А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Известно, что форма шва оказывает влияние на работоспособность сварных соединений и конструкций в целом. Изучаем влияние формы углового шва на выносливость сварных соединений с угловым швом, расположенным поперек направления действующих усилий. Для этого к пластине шириной 300 мм из стали С375 толщиной 12 мм приварили симметрично втавр с обеих сторон два ребра из этой же стали толщиной 10 мм угловым швом с катетом 7 мм. После сварки пластину разрезали на образцы шириной 40 мм.

Выносливость сварных соединений оценивали механическими испытаниями образцов при знакопеременной пульсирующей нагрузке (растяжение 160 Н/мм² и сжатие 180 Н/мм²).

Проведенные исследования показали, что при односторонней сварке форма углового шва не влияет на выносливость соединения. Разрушение всегда происходит по концентратору напряжений в корне углового шва, поэтому при односторонней сварке угловых швов нет необходимости в механической обработке концентратора напряжений в зоне перехода от углового шва к основному металлу, или в использовании электродов, обеспечивающих плавный переход в этой зоне.

При двухсторонней сварке угловых швов наблюдали иную закономерность. Разрушение всегда происходило по концентратору напряжений в зоне перехода от углового шва к основному металлу. В этой связи при двухсторонней сварке для повышения выносливости сварных соединений с угловыми швами, работающих при знакопеременных нагрузках, необходимо обеспечивать плавный переход от металла шва к основному металлу, чем достигается снижение коэффициента концентрации напряжений. Плавный переход может быть обеспечен механической обработкой, либо использование специальных электродов. Лучшие результаты показывает механическая обработка углового шва. Электроды типа Э42 с рутиловым покрытием позволяют получить сварные соединения с достаточно высокой выносливостью, поэтому могут быть рекомендованы для сварки тавровых соединений, работающих при знакопеременных нагрузках.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Маматов И.И. – студент, Иванайский А.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.

При традиционном конструкторском проектировании сварочного оборудования сложно одновременно охватить инженерную основу конструкции и ее форму. Поэтому на всех стадиях традиционного конструирования, наряду с выполнением большого количества рисунков и чертежей, изготавливают масштабные макеты (или модели) сварочного оборудования или его отдельных частей лишь с одной целью – получить наиболее полное и правильное представление о будущем изделии.

При компьютерном проектировании эти задачи решаются быстрее, с меньшими затратами и на более высоком техническом уровне. Трехмерное моделирование изображения на экране монитора позволяет получить эффект натурности. Моделируя движение, можно не только проводить исследование проблем компоновки, но и анализировать функционирование отдельных деталей с целью оптимизации конструкции и расположения элементов.

При проектировании технологической оснастки для внедрения новой технологии сварки решают следующие задачи: выбор типа установочных элементов приспособления и места их расположения; выбор схемы закрепления заготовки; выбор типа зажимного устройства; определение точек приложения сил закрепления; расчет пластических деформаций в зоне контакта установочного элемента приспособления и базовой поверхности заготовки; определение погрешности закрепления; расчет размерного износа установочных элементов; синтез корпуса приспособления и создание компоновки приспособления в целом; расчет тепловых деформаций; формирование рабочих чертежей; реалистичное моделирование деталей из листового материала и сборочных единиц с использованием сборочных примитивов.

Благодаря параметризации отпадает необходимость в организации больших электронных баз данных (БД) о всей номенклатуре технологической оснастки; достаточно

создать одну базовую конструкцию приспособления определенного типа и в зависимости от поставленной задачи изменять размеры и свойства его элементов в процессе моделирования.

Модели деталей и сборочных единиц могут быть объединены в общую модель. Любые изменения, внесенные в модель детали, отразятся во всех моделях более высокого уровня.

С помощью программы Mechanical DeskTop нами было спроектировано приспособление для фиксации, прихватки и сварки труб диаметром $d=300-1100$ мм.

Первоначально была произведена детализировка частей приспособления. Затем была разработана и спроектирована последовательность сборки данного приспособления. С помощью данной программы был разработан и изображен в 3D-графике технологический процесс сборки приспособления. И итогом проектирования было объемное изображение приспособления на монтаже.

Экономический эффект данного приспособления выражен в том, что оно имеет меньшую металлоемкость, но это не влияет на его работоспособность. Простота изготовления приспособления снижает объем потери металла при обработке.

Итогом данной работы является то, что разработанное нами приспособление облегчило процесс фиксации и прихватки труб. Это связано с тем, что по сравнению с аналогами это приспособление является технологичней, легче и проще в эксплуатации.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ КОЛЕСНЫХ ПАР

Назаров И.В. – студент, Иванайский А.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На сегодняшний день ультразвуковой (УЗ) неразрушающий контроль (НК) получил широкое распространение в техногенной практике человека. Это нашло отражение в постоянно растущем количестве фирм, занятых обследованием различных объектов с использованием УЗ аппаратуры. Производство аппаратуры НК является наукоемкой и высокотехнологичной отраслью, которая при правильной организации дела может являться весьма прибыльным бизнесом, что и демонстрируют ведущие зарубежные фирмы.

Ультразвуковой контроль основан на принципе введения узконаправленного пучка ультразвуковых волн в исследуемый образец. Это дает возможность измерения толщины материала, поиска скрытых дефектов или анализа физических свойств таких материалов, как: металлы, пластики, композиты, керамика, резина, стекло. Представляемые на дисплее ультразвукового толщиномера или дефектоскопа данные формируются на основе анализа переданных или отраженных ультразвуковых волн.

Применение новых технологий и материалов в РЖД вынуждает вести разработки интеллектуальных систем оценки состояния КП, новых и совершенствования действующих методик, средств и технологий ультразвуковой дефектоскопии, обеспечивающих надежное обнаружение дефектов различного типоразмера, в том числе не выявляемых ранее.

Интеллектуальная система оценки состояния колёсных пар (КП) должна решать следующие задачи:

1. настраивать чувствительность при ультразвуковом контроле дисков колес на основе исследования акустического тракта.
2. Выбирать схемы и основные параметры ультразвукового контроля ободьев колес;
3. Выявлять и описывать дефекты КП различного типоразмера;
4. Позволять использовать различные функциональные решения аппаратуры ультразвукового контроля элементов колесных пар вагонов.

Хотелось бы подчеркнуть, что специалист на настройку параметров дефектоскопа огромное количество времени, в соответствии с нормативно технической документацией специалист каждый час должен проверять настройки УЗД и регулировать параметры при их изменении (например в результате колебания температур). Данная интеллектуальная система позволит ускорить процесс контроля, не уменьшая (улучшая) качество исследования, более того данные будут записываться, образуя полную трёхмерную картину исследуемого

образца. Это означает, что будут исключены области случайно не подвергнутые контролю, а это в свою очередь повышение качества продукции и престижа предприятия.

В завершении хотелось бы сказать, что данная интеллектуальная система достаточно универсальна и не сложна в обращении. Некачественный контроль вследствие некачественной настройки дефектоскопа, и использования морально-устаревшего оборудования – это достаточно распространённые факторы, приводящие к пропуску опасных дефектов, влекущие за собой мелкие аварии и крупные катастрофы. Человеческую ошибку можно предотвратить, лишив его возможности совершить.

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

Польгалов А.А. – студент, Иванайский А.А. – к.т.н., доцент
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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ СИСТЕМЫ SOLIDWORKS В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 150202

Сухинина С.Д. – магистрант, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Одним из направлений деятельности инженера является разработка различного рода проектов: конструкторских, технологических, исследовательских и т.п. В плане подготовки специальности 150202 отводится значительное количество часов на обучение проектной деятельности, однако это не дает высокого уровня конструкторских проектов студента, что отражается в дальнейшем на его деятельности в качестве инженера.

Причины низкого уровня конструкторских проектов, на наш взгляд, кроются в слабой подготовленности студентов к деятельности такого рода, формируемой отношением средней школы к черчению, отношением студента к черчению и начертательной геометрии, а также слабым образным мышлением. Значительные проблемы у студентов возникают при

самостоятельном проектировании, когда необходимо установить связь между функцией, выполняемой техническим устройством и формой, которую нужно придать этому устройству. Дополнительные трудности связаны с восприятием объема объекта с «плоского» чертежа.

Особенно остро вышеотмеченные проблемы, проявляются во время проектирования приспособлений сварочного производства, когда необходимо выбрать установочные элементы, зажимные устройства и т.п. В условиях слабого финансирования приобрести и показать детали и сборочные единицы приспособлений во время аудиторных занятий не представляется возможным. На наш взгляд, решением данной проблемы может быть использование конструкторской системы SolidWorks, позволяющей создавать 3D модели деталей и производить из них сборки приспособлений для заранее выбранных сварных конструкций.

На кафедре МБСП была создана база данных трех типов сварных конструкций – плоской рамы, пространственной рамы и оболочковой конструкции, состоящая из деталей и сборок. Для вышеуказанных типов сварных конструкций были разработаны схемы их сборки, принципиальные схемы приспособлений, выбраны типы установочных элементов, зажимных устройств, вспомогательных элементов и созданы их твердотельные модели.

Студент под руководством преподавателя может собрать приспособление для выбранного типа сварной конструкции и согласно схеме сборки производить установку деталей сварной конструкции в собранное приспособление.

Такой подход к вышеуказанной проблеме позволяет проследить этапы проектирования приспособления, в виде 3D моделей показать элементы приспособлений и более четко выявить связь между функцией, выполняемой техническим устройством и формой, которую нужно придать этому устройству.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СБОРКИ И СВАРКИ ПОЛОТНИЦ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ДВУТАВРОВЫХ БАЛОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНСТРУКТОРСКОЙ СИСТЕМЫ SOLIDWORKS

Дрожжин А.Н. – студент, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

На изготовление сварных конструкций используется около 70% выпускаемого проката, это делает задачу повышения эффективности сварочного производства весьма актуальной. Добиться серьезных достижений на этом пути можно только за счет комплексного совершенствования всех составляющих технологии изготовления сварных конструкций – сборки, сварки, отделки, транспортных операций. Такое положение дел обусловлено тем, что на долю сварочной операции приходится не более 29% от общей трудоемкости.

Применение механизированной сборки с использованием приспособлений и автоматических методов сварки требует быстрого и эффективного проектирования сборочного и сварочного оборудования. У традиционных методов 2D проектирования есть существенный недостаток – трудность сопряжения деталей при сборке и анализ их совместной работы особенно, когда требуется оценить работу большого количества сборочных единиц. Решение этой проблемы, по нашему мнению, может быть найдено при использовании конструкторской системы твердотельного моделирования SolidWorks.

Задача сборки и сварки полотниц возникает на ООО «Металлургмонтаж» г. Бийск при изготовлении двутавровых балок длиной 12 м. Использование проката длиной 6 м требует укрупнения листов при помощи сварки, однако оборудование для вышеуказанных целей на предприятии отсутствует и его необходимо спроектировать.

Процесс проектирования комплекса оборудования для сборки и сварки полотниц был нами разбит на несколько этапов. На первом этапе проектирования, на основе анализа источников информации, был составлен перечень необходимого для этой цели оборудования. На следующих этапах было сформулировано служебное назначение для

каждого узла установки, введены ограничения для размерных связей, кинематических связей, связей свойств материалов и т.п. Были проведены расчеты возможных видов деформаций, определены усилия закрепления листовых заготовок, разработаны схема сборки и принципиальная схема приспособления.

Для каждого узла установки были разработаны твердотельные модели деталей с учетом требований точности, шероховатости и возможных видов сопряжений. Далее были выполнены сборки узлов, укрупнение узлов и сборка установки в режиме большой сборки.

Использование твердотельных моделей деталей и сборок позволяет увидеть проблемы, связанные с сопряжениями деталей, узлов, движениями механизмов и достаточно быстро внести корректирующие изменения. Такое проектирование приспособлений, элементов установки и всего комплекса оборудования позволяет ускорить этот процесс и снизить его трудоемкость.

СПЕЦИФИКА СВАРКИ ОПОРНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ СТУПЕНЕЙ ЛЕСТНИЦ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛОЩАДОК БУРОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Сейдуров М.Н. – к.т.н., старший преподаватель, Федоров В.А. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В состав буровых сооружений входят: фундаменты, основания, буровые вышки, привышечные сооружения, каркасно-панельные укрытия или каркасы укрытий, приемные мостки и стеллажи. Для сокращения сроков строительства буровых сооружений и упрощения монтажа, демонтажа и транспортировки необходимо все оборудование, в том числе и вышку, смонтировать на таких металлоконструкциях, которые позволяли бы с минимальными затратами перевезти все оборудование на новую территорию, смонтировать и начать бурение новой скважины. Технологические площадки (рисунок 1) предназначены для размещения технологического оборудования, организации его обслуживания, ремонта и состоят из унифицированных стальных несущих балок, настила, лестниц и ограждения.



Рисунок 1 – Часть технологической площадки на Ванкорском месторождении (Красноярский край, Туруханский район)

Цель – разработка технологических рекомендаций по дуговой сварке плавлением опорных модулей для ступеней лестниц технологических площадок буровых сооружений.

Исследования проводили на образцах из хромоникелевых сталей промышленных плавок, химический состав которых приведен в таблице 1. Автоматическую сварку под флюсом АН-47 выполняли на флюсовой подушке сварочной проволокой Св-08ХНМ с помощью сварочного автомата МZ-ZK совместно с выпрямителем АSAW-1000-II.

Для проведения работ по промышленной апробации на предприятии ООО «Сибирские Производственные Технологии» (г. Барнаул) были разработаны технологические рекомендации по дуговой сварке плавлением, опорных модулей для ступеней лестниц, на основе особенностей формирования промежуточных структур зернистой морфологии с глобулярными наноразмерными карбидами в процессе термомеханического воздействия на высокопрочную низколегированную сталь [1, 2].

В качестве базовой модели рассматривался опорный модуль для ступеней лестниц, выполненный из листовой стали 20Х2НАч толщиной от 6 до 12 мм. Условия эксплуатации рассматриваемой сварной конструкции ответственного назначения, используемой при нефте- и газодобыче, были заданы следующие: на открытом воздухе, круглогодично, в макроклиматических районах с умеренным климатом, температура окружающей среды составляет от -25 °С до -65 °С, что соответствует зимним климатическим условиям Туруханского района Красноярского края.

Таблица 1 Химический состав плавок исследуемых сталей

Марка стали	Химический состав, %							
	С	Cr	Ni	Si	Mn	РЗМ	S	P
20Х2НАч	0,20	1,14	1,48	0,20	0,26	0,030	0,023	0,010
	0,20	1,34	1,31	0,17	0,37	0,035	0,023	0,010
	0,20	1,26	1,41	0,15	0,31	0,035	0,030	0,020
24Х2НАч	0,23	1,55	1,14	0,32	0,24	0,030	0,005	0,015
	0,23	1,39	1,31	0,24	0,31	0,045	0,021	0,010
28Х2НАч	0,28	1,44	1,85	0,29	0,30	0,030	0,02	0,012
	0,28	1,45	1,75	0,26	0,31	0,030	0,021	0,012
	0,28	1,39	1,48	0,27	0,31	0,045	0,020	0,012
30ХНЗА	0,30	0,64	2,96	0,23	0,35	–	0,024	0,019
	0,27	0,84	3,15	0,37	0,44	–	0,020	0,012
	0,33	0,76	3,06	0,24	0,40	–	0,024	0,020

В ходе проведенных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ установлено, что необходимо соблюдать следующие технологические рекомендации по сварке:

- 1) диапазон значений погонной энергии q_n от 20500 до 27500 Дж/см;
- 2) управлять структурообразованием за счет регулирования скорости охлаждения в диапазоне температур от 600 °С до 500 °С для получения в околошовной зоне промежуточных структур зернистой морфологии с глобулярными наноразмерными карбидами;
- 3) ударная вязкость околошовной зоны при температуре -60 °С должна составлять не менее 30 Дж/см², что обеспечивается непосредственно после окончания сварки без применения местной термической обработки.

Режимы сварки контрольных сварных соединений опорного модуля для ступеней лестниц с учетом корректировки составили: $I = 625 \dots 765$ А, $U = 38 \dots 40$ В, $V_{св} = 22 \dots 38$ м/ч (сталь 20Х2НАч). Опытно-промышленное внедрение произведено на ООО «Сибирские Производственные Технологии» (г. Барнаул).

Выводы:

1. Разработаны технологические рекомендации по дуговой сварке плавлением опорных модулей для ступеней лестниц технологических площадок буровых сооружений.

2. Установлено, что ударная вязкость околошовной зоны при температуре $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ должна составлять не менее 30 Дж/см^2 непосредственно после сварки без применения термической обработки.

Литература

1. Сейдуров М.Н. Обеспечение качества и свойств сварных соединений высокопрочных сталей целенаправленным формированием бейнитных структур зернистой морфологии: автореферат дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2009. – 20 с.

2. Сейдуров М.Н. Оценка и прогнозирование структуры и свойств сварных соединений из высокопрочных сталей бейнитного класса / М.Н. Сейдуров, Е.А. Иванайский, А.А. Иванайский // Ползуновский вестник. – 2009. – № 4. – С. 191-194.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СВАРКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пыхтин Е.П. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., старший преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время практически нет доступного программного обеспечения для сварки полимерных материалов, а необходимость в нем повышается ежедневно.

С помощью программных продуктов, моделирующих процессы сварки полимерных материалов можно решать задачи, вызывающие трудности на практике, создавая базу для последующего развития этой области сварочного производства. Моделирование упростит и удешевит проведение опытных экспериментов.

Цель – провести анализ существующих источников информации о программном обеспечении для сварки полимерных материалов и выбрать наиболее перспективные программные продукты для усовершенствования и создания подобных, расширения функциональных возможностей.

В результате проведения аналитического обзора установлено, что открытого программного обеспечения данного направления нет. Тем не менее, найдено несколько программ, которые можно взять за основу для разработки собственного программного продукта по расчету режимов сварки полимерных материалов. Выделим три программы, вызывающие наибольший интерес: «Sysweld 2010 version 12.0», «Flux 2.1», «LaserCad».

Первая программа «Sysweld 2010» (рисунок 1) интересна тем, что является системой компьютерного 3D-моделирования процессов сварки, термической и химико-термической обработки. В результате расчета мы получаем информацию о возникших напряжениях, распределении фаз в процентах (аустенит, феррит и т.д.), температурных полях, распределении твердости, деформации. Недостатки программы «Sysweld»: 1) высокая стоимость (около 25 тысяч евро – за лицензию); 2) программа работает под Windows Vista и не корректно работает под Windows 7, что осложняет работу на данный момент [1].

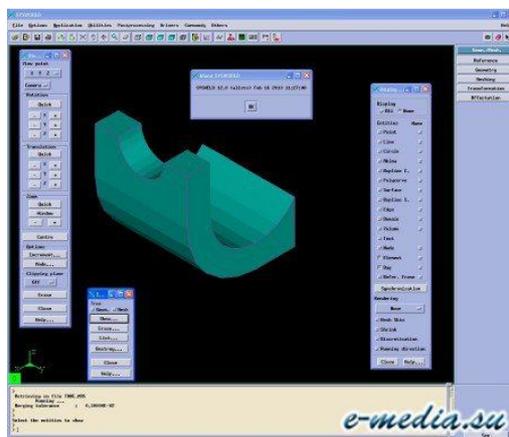
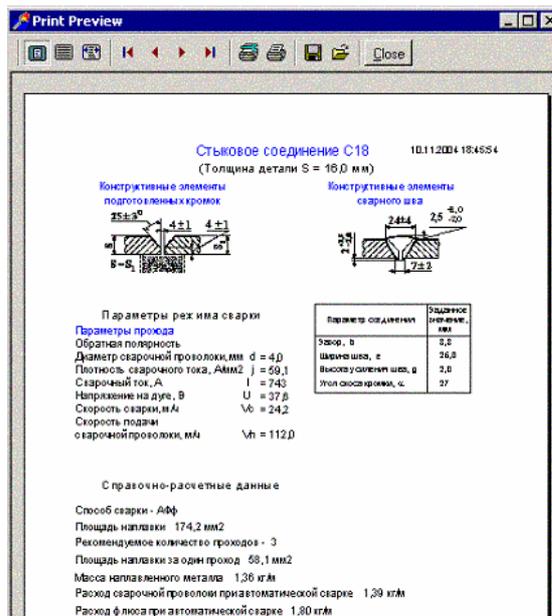
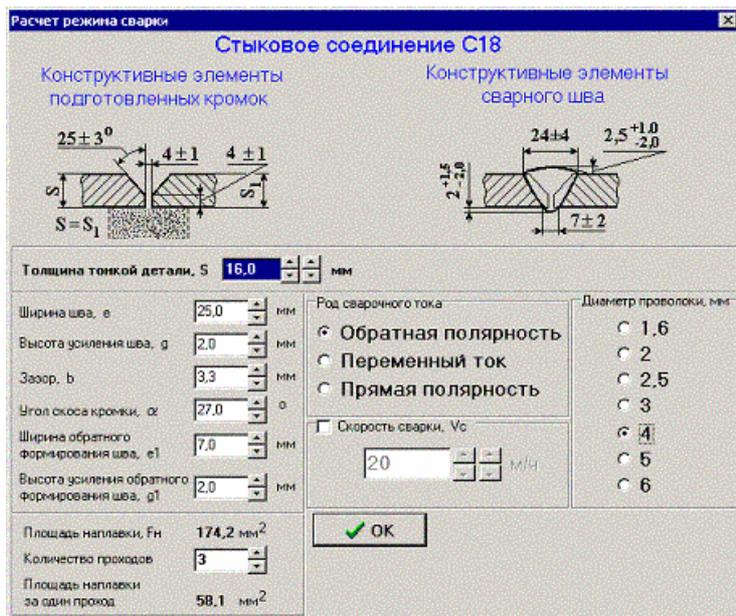


Рисунок 1 – Интерфейс программы «Sysweld»

Вторая программа «Flux 2.1» (рисунок 2) отечественного производства (Тульский государственный университет (ТулГУ)). Достоинствами являются простота и понятность, как при инсталляции, так и при использовании. Программа «Flux» выдает результат как справочные данные, представленные в ГОСТ 8713-79, рассчитывает параметры режима сварки, позволяет нормировать расход сварочных материалов при сварке под флюсом. Работает «Flux» на операционных системах от Windows 98 до Windows 7. Относительная дешевизна (стоимость составляет 20 тыс. руб.) и скидка для учебных заведений в 50% делает программу очень привлекательной. Недостатком является узкая специализация программы, для расширения необходимо покупать другие программные продукты ТулГУ [2].



а)

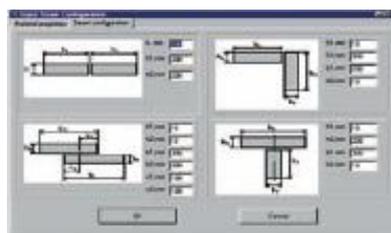
б)

Рисунок 2 – Интерфейс программы «Flux 2.1» (а) и результат компьютерного моделирования (б)

Третья программа «LaserCad» – система инженерного компьютерного анализа процессов электронно-лучевой сварки или выбор гибридной [3]. «LaserCad» (рисунок 3) может решить дополнительно задачи расчета температуры расплава, твердой и паровой фазы, скоростей течения расплава и разлета продуктов испарения. Подбор необходимого технологического оборудования и материалов с учетом предполагаемых свойств соединений. Совместимость с популярными Cad-системами, такими как AutoCad и т.д., так же является достоинством. Недостаток – отсутствие возможности использования демонстрационной версии программы для изучения ее возможности.



а)



б)

Рисунок 3 – База данных по составу и свойствам свариваемых материалов (а) и выбор типа сварного соединения (б) [4]

Таким образом, подводя итоги исследований необходимо отметить следующее. Программа «Sysweld 2010» имеет высокую стоимость и не дает возможности на ее базе

развивать собственные проекты. Программный продукт «LaserCad» имеет большие функциональные возможности и применяется в России – МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва), ЦНИИ РТК (г. Санкт-Петербург) и в Германии в ISF [5], что является показателем добротности данного программного обеспечения. Совместимость с программами, уже зарекомендовавшими себя на рынке дает возможность создания на его основе собственного программного обеспечения или расширения области применения для сварки полимерных материалов.

Программа «Flux 2.1» – самая простая, быстрая и надежная, но при малом функционале. С учетом недостатков в информативности, возможно без лишних затрат создавать свою программную среду, непохожую ни на что другое. Кроме того, существует возможность сотрудничества с коллегами из г. Тулы, что так же немаловажно.

Выводы:

1. На основе анализа существующих источников информации установлено, что в настоящее время нет доступного программного обеспечения для сварки полимерных материалов.

2. Выбраны наиболее перспективные программные продукты для усовершенствования и создания подобных, расширения функциональных возможностей.

Литература

1. [www.e-media.ru \[Электронный ресурс\]. Режим доступа: http://www.e-media.ru/22743-esi-sysweld-20100-for-windows-x86x64.html](http://www.e-media.ru/22743-esi-sysweld-20100-for-windows-x86x64.html), свободный.

2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://comhightech.tsu.tula.ru/>, свободный.

3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.info.ua.com/equipment/metall/article/1854/>, свободный.

4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.photonics.ru/issue/2008/6/4/>, свободный.

5. Туричин Г. Компьютерный анализ процессов лучевой обработки материалов: Система моделирования LaserCAD / Г. Туричин, Е. Валдайцева, И. Цибульский // Фотоника-6. – 2008. – №6. – С. 19-20.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ СВАРКИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Белоплотов И.В. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., старший преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Использование современных полимерных материалов в различных отраслях промышленности связано, в первую очередь, с применением широкого спектра способов сварки полимеров. Особенно быстро развивается сварка полимерных трубопроводов, что обусловлено потребностью в замене устаревших и внедрении новейших технологий сварки.

В настоящее время существует семь наиболее распространенных способов сварки полимеров. Это сварка нагретым газом, ультразвуковая сварка, сварка нагретым инструментом, сварка с закладным нагревателем, сварка растворителями, раструбная сварка.

Цель – провести аналитический обзор по существующим способам сварки полимерных материалов и выбрать наиболее перспективные для конкретной области использования. Рассмотрим три наиболее перспективных способа сварки полимеров: сварка нагретым инструментом, сварка с закладным нагревателем, сварка в раструб.

Подвод тепловой энергии, необходимой для сварки термопластов, наиболее просто может быть осуществлен за счет контакта свариваемых деталей с нагретым инструментом (НИ). Способ сварки, основанный на этом принципе, чаще всего называют сваркой НИ (контактно-тепловая или термоконтактная сварка). В контакт с НИ можно вводить как поверхности, подлежащие сварке, так и внешние поверхности деталей. В первом случае (рисунок 1) нагрев поверхностей, подлежащих сварке, до температур сварки осуществляется

за счет теплоотдачи от плотно поджатого к ним НИ. Такую схему называют сваркой прямым нагревом или сваркой оплавлением.

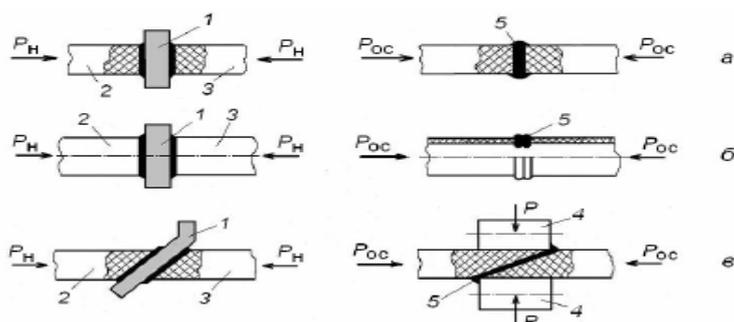


Рисунок 1 – Схемы сварки прямым нагревом нагретым инструментом: а – сварка стержней встык; б – сварка труб встык; в – сварка соединения «на ус»: 1 – нагретый инструмент; 2, 3 – свариваемые детали; 4 – прижимные ролики; 5 – сварной шов; слева – нагрев; справа – осадка; P_H – давление при нагреве; P_{OC} – давление при осадке

Во втором случае (рисунок 2) нагрев поверхностей, подлежащих сварке, осуществляется за счет теплопроводности слоя термопласта, расположенного между соединяемыми поверхностями и поверхностями, контактирующими с НИ. Такую сварку называют сваркой косвенным нагревом или сваркой проплавлением.

Стыковая сварка труб малого диаметра (от 16 до 50 мм) и с толщиной стенки менее 4 мм становится неэффективной из-за больших деформаций сдвига, возможного смещения торцевых поверхностей друг относительно друга и значительного перекрытия внутреннего сечения труб гратом. В этих случаях рекомендуется применять сварку внахлест. Сварка труб внахлест имеет две разновидности: 1) раструб формируют на одной из труб (рисунок 3, а); 2) в качестве соединительных элементов стыкуемых труб используют литые детали (муфты, тройники, переходы, угольники и др.) (рисунок 3, б).

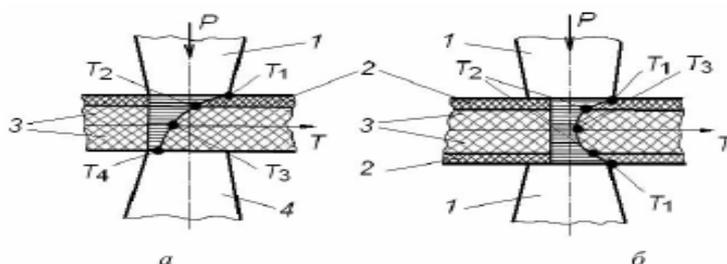


Рисунок 2 – Схемы сварки нагретым инструментом косвенным нагревом нахлесточных соединений при одностороннем (а) и двустороннем (б) подводе тепловой энергии: 1 – НИ; 2 – прокладка; 3 – свариваемые детали; 4 – холодный инструмент; T_1 - T_4 – распределение температур по толщине деталей; P – усилие сжатия

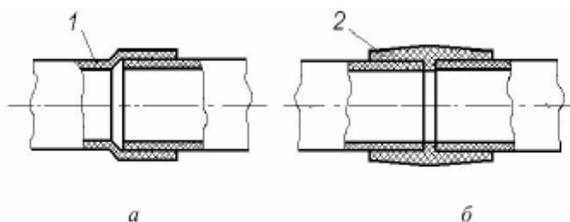


Рисунок 3 – Сварные соединения труб внахлест: а – сварка с формированием раструба на одной из труб; б – сварка труб с соединительной муфтой: 1 – труба с раструбом; 2 – муфта

При сварке внахлест используют инструмент, состоящий из гильзы и дорна (рисунок 4). Гильза служит для оплавления наружной поверхности конца трубы, а дорн предназначен для оплавления внутренней поверхности раструба. Для фиксации глубины вдвигания трубы в

раструб используют ограничительные хомуты, боковые плоскости которых должны быть обработаны, чтобы обеспечивалось уплотнение и формование выдавленного наружу грата. Основные технологические параметры сварки внахлест: температура нагретого инструмента; скорость надвигания трубы на инструмент; время оплавления соединяемых деталей; давление на сварной шов.

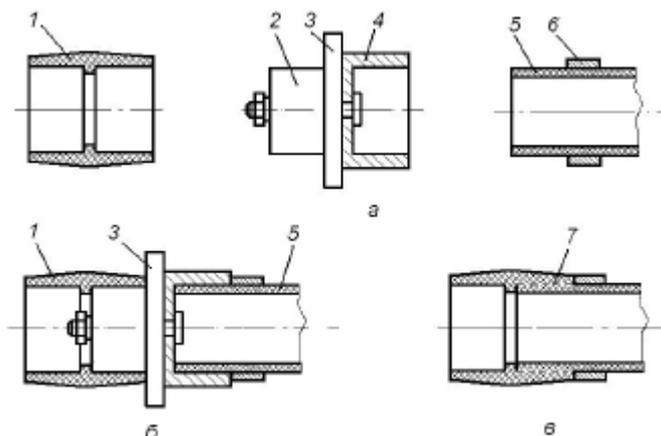


Рисунок 4 – Схема сварки внахлест: а – нагреватель и стыкуемые детали; б – нагрев свариваемых поверхностей; в – сварное соединение трубы с муфтой; 1 – соединительный элемент; 2 – дорн; 3 – нагреватель; 4 – гильза; 5 – труба; 6 – ограничительный хомут; 7 – сварной шов

Давление возникает за счет разности наружного диаметра оплавленного конца трубы и внутреннего диаметра оплавленного раструба, т.е. натяга. Натяг создается тем, что дорн имеет наружный диаметр на 0,3-0,6 мм меньше внутреннего диаметра гильзы.

Температура НИ назначается, исходя из свойств свариваемого материала. При пониженных температурах (длительном нагреве) возможны перегрев и потеря устойчивости трубы при соединении ее с раструбом, что особенно характерно для тонкостенных труб. При повышенных температурах существует опасность разрушения сварных соединений по поперечным сечениям в зоне торца трубы и раструба. Скорость надвигания трубы на нагретый инструмент должна быть максимально возможной. Медленное надвигание приводит к прогреву трубы или раструба на всю толщину и потере устойчивости.

При оплавлении сначала вводят нагреватель дорном в раструб, а затем через 10-15 с прямой конец трубы вводят в гильзу. Время оплавления (выдержку на НИ) выбирают из условия равномерного проплавления всей площади сварки на глубину 1-1,5 мм. При большей глубине оплавления возможны потеря устойчивости концов трубы и раструба и их деформация при вдвижении трубы в раструб (осадке). При правильном выборе времени оплавления у кромок торца раструба и на трубе по всему периметру образуется грат высотой 1-2 мм. Время между оплавлением и осадкой, необходимое для удаления инструмента, должно быть минимальным. На стадии осадки после полного вдвижения конца трубы в раструб не допускается проворачивание труб относительно друг друга.

Технология сварки трубопроводов муфтами с закладными нагревателями (ЗН) (рисунок 5) заключается в расплавлении полимера на соединяемых поверхностях детали (муфты, отвода, перехода и т.д.) и труб за счет тепла, выделяемого при протекании электрического тока по заложенному в деталь электрическому нагревателю (спирали) из металлической проволоки, и последующем естественном охлаждении сварного соединения. Особенно успешно свариваются этим методом полиэтиленовые трубопроводы.

Этим способом можно соединять трубы диаметром от 20 до 800 мм независимо от толщины стенки, трубы из полиэтилена разных, но близких по характеристикам марок (например, из ПЭ80 и ПЭ63, ПЭ80 и ПЭ100) [1, 2, 3]. Для прочного соединения необходимо, чтобы показатели текучести расплава у этих марок полиэтилена были одинаковы или близки по значению.



Рисунок 5 – Конструкция муфты с закладным нагревателем

Провода от источника энергии присоединяются к контактам на детали, а специальный индикатор в теле муфты информирует о достаточности нагрева. Чтобы расплав не вытекал во время сварки в зазоры между трубой и деталью (муфтой) из-за увеличения объема полимера при нагревании, витки ЗН располагают не по всей поверхности фитинга (горячие зоны), оставляя свободными от нагревателя центральную и концевые части фитинга (холодные зоны).

Во время сварки при движении расплава полимера из «горячих зон» к «холодным зонам» он остывает и твердеет, запирая, таким образом, остальную часть расплава, заполняющего все пространство между свариваемыми поверхностями. Детали с ЗН в зависимости от способа производства могут быть как с открытой внутри спиралью, так и со спиралью, покрытой тонким слоем полимера.

Вывод: проведенный анализ по способам сварки полимеров показал, что наиболее перспективными способами сварки труб являются: сварка нагретым инструментом, раструбная сварка и сварка с закладным нагревателем.

Литература

1. Катаев Р.Ф. Сварка пластмасс: учебное пособие / Р.Ф.Катаев // Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – С. 40-67.
2. Жуков А.В. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.stroyportal.ru/articles/1865.html>.
3. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://weldingsite.com.ua/plastmas.html>.

ХЛАДОСТОЙКОСТЬ ОКОЛОШОВНОЙ ЗОНЫ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Сейдуров М.Н. – к.т.н., старший преподаватель, Ковалев С.В. – аспирант
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Известно, что наиболее слабым местом сварного соединения является линия сплавления. При изготовлении, ремонте, монтаже и реконструкции технических устройств опасных производственных объектов регламентируется проведение контрольных испытаний на ударный изгиб по линии сплавления. Для сварных конструкций северного исполнения кроме испытаний при комнатной температуре, требуется испытания при 0 °С и отрицательных температурах. При температуре -60 °С ударная вязкость КСУ металла околошовной зоны (ОШЗ) не должна быть ниже 29 Дж/см².

Цель работы – провести сравнительные исследования по определению хладостойкости по линии сплавления сварных соединений с промежуточной структурой, как в сварном шве, так и в ЗТВ, различной морфологии: зернистой, перисто-игольчатой, игольчатой.

Для определения расположения линии сплавления одна из граней шлифовалась и полировалась до «зеркального состояния», а затем подвергалась макротравлению с

последующим нанесением U-образного надреза с радиусом при вершине 1 мм. На каждую точку испытывалось пять образцов. В случае если разрушение происходило не по линии сплавления, то этот образец выбраковывался и заменялся другим. Результаты выполненных исследований представлены на рисунке 1.

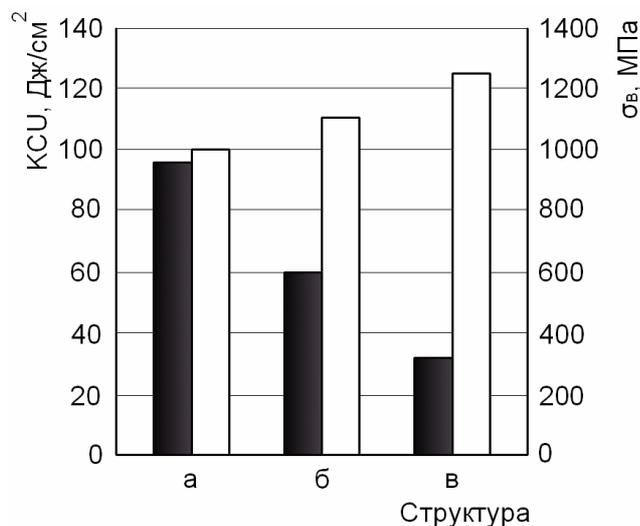


Рисунок 1 – Влияние структуры сварного соединения стали 24X2HAc на механические свойства в зависимости от морфологии:

а) мезоферрит и зернистый бейнит (зернистая); б) верхний и нижний бейнит (перистоигольчатая); в) нижний бейнит и мартенсит (игольчатая). Предел прочности σ_v , МПа – белая область; ударная вязкость КСУ, Дж/см² при температуре испытаний -60 °С – черная область

Установлено, что промежуточная структура зернистой морфологии является наиболее предпочтительной по сравнению с другими промежуточными структурами игольчатого строения и мартенситом (особенно при испытаниях с температурой -60 °С). Снижение ударной вязкости по линии сплавления сварных соединений с игольчатой бейнитной структурой достигает свыше 60%, а со смешанной структурой нижнего бейнита и мартенсита – более чем в три раза по сравнению со структурой зернистого бейнита.

Высокие показатели ударной вязкости по линии сплавления в сварных соединениях со структурой зернистого бейнита по сравнению с другими структурами объясняется особенностью его строения. В работах [1, 2] было показано, что наличие в промежуточной структуре остаточного аустенита, мезоферрита и карбидов глобулярной формы в матрице бейнитной α -фазы благоприятно влияет на деформационную способность зернистого бейнита. И наоборот, расположение карбидной фазы в виде пластин по границам бейнитных игольчатых кристаллов и присутствие пересыщенного по углероду α -твердого раствора не способствуют пластическому течению металла под напряжением.

Таким образом, при оценке сопротивляемости металла ОШЗ к образованию холодных трещин установлено, что промежуточные структуры зернистой морфологии являются наиболее предпочтительными. Хладостойкость сварных соединений с промежуточной структурой зернистой морфологии возрастает в несколько раз, несмотря на высокие показатели прочности, что объясняется наличием в ОШЗ мелкодисперсных карбидов глобулярной формы в матрице бейнитной α -фазы.

Литература

1. Чепрасов Д.П. Особенности формирования бейнитных структур зернистой морфологии в ОШЗ сварных соединений из высокопрочных низколегированных сталей / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдулов, А.А. Иванайский // Сварочное производство. – 2009. – № 7. – С. 7-11.

2. Сейдулов М.Н. Оценка и прогнозирование структуры и свойств сварных соединений из высокопрочных сталей бейнитного класса / М.Н. Сейдулов, Е.А. Иванайский, А.А. Иванайский // Ползуновский вестник. – 2009. – № 4. – С. 191-194.