

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ СЕКЦИИ КРЫШИ ВАГОНА 11-287

Бритков М.Б. – студент, Шевцов Ю.О. - к.т.н., профессор  
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 от 91 % до 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.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МЕТАЛЛОПРОКАТА ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Иванцов А.Я. – студент, Иванайский Е.А.- к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При изготовлении сосудов работающих под давлением могут использоваться низколегированные кремнемарганцовистые стали. С целью проведения входного контроля качества ООО «Светаль» были представлены образцы листового металлопроката различной толщины.

Химический анализ показал, что представленный для исследования металл по химическому составу соответствует стали марки 10Г2 по ГОСТ 4543-71 или стали марки 14Г2 по ГОСТ 19281-89 (таблица 1).

Таблица 1

Химический состав стали

	Массовая доля элементов, %							Марка стали
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	
По ГОСТ 4543-71	0,07...0,1 5	1,20...1,60	0,17...0,37	Не более 0,30	Не более 0,30	Не более 0,035	Не более 0,035	10Г2
По ГОСТ 19281-89	0,12...0,18	1,2...1,6	0,17...0,37	Не более 0,30	Не более 0,30	Не более 0,030	Не более 0,035	14Г2
Контрольный образец	0,13	1,22	0,34	Следы (0,11)	Следы (0,13)	0,028	0,029	

Испытания на растяжение проводились на круглых образцах пятикратной длины типа III, диаметром 5 мм в соответствии с требованиями ГОСТ 1497-84. По требованию заказчика проводили испытания на ударную вязкость образцов с U-образным надрезом типа 3 по ГОСТ 9454-78 при -40оС. Механические свойства металла приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты механических испытаний

№ образца	КСУ-40, Дж/см <sup>2</sup>	$\sigma_t$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_{св}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	Твердость, НВ
1	81	294	576	23	55	159
2	75	264	558	22	51	156
3	74	280	565	23	52	159

Как показано в таблице 2 механические свойства стали соответствуют требованиям ГОСТ 4543-71 для стали 10Г2, или классу прочности 265 по ГОСТ 19281-89.

Определение величины зерна проводили по ГОСТ 5639-82 и ГОСТ 10243-75. Установлено, что прокат имеет типичную феррито-перлитную структуру. Балл зерна соответствует №8...9 по ГОСТ 5639-82



Рисунок 1. Микроструктура исследуемой стали \*200

**Выводы:** Представленный для проведения исследования металлопрокат может быть использован для изготовления сосудов, работающих под давлением.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ СВАРКИ БАРАБАНА ПАРОВОГО КОТЛА

Дилигенский А.Ю. – студент, Шевцов Ю.О.- к.т.н., профессор  
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 тяжелой 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 плого падающей характеристикой ВДУ-504.

Приварка отдельных патрубков осуществляется при помощи полуавтоматической сварки в среде CO<sub>2</sub>. 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.

### **МЕТОДИКА РАДИАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВЫПАРНЫХ АППАРАТОВ ИЗ СТАЛИ 12Х18Н10Т**

Долгушин А.А.- студент Чепрасов Д.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Выпарные аппараты предназначены для выпаривания минералов из щелочных солей. Аппарат работает при температуре свыше 600<sup>0</sup>С и давлении 10-12 атм. При изготовлении аппаратов в качестве основного материала используются коррозионно-стойкие стали типа 12Х18Н10Т. После вальцовки обечайки свариваются продольными и кольцевыми швами автоматической сваркой под слоем флюса. По техническим условиям сварка двусторонняя с перекрытием швов 2-3 мм, с последующим 100% радиационным контролем качества сварных швов и околошовной зоны.

Из-за крупнозернистой и крупнодендритной структуры литого металла и зоны термического влияния возникли затруднения при расшифровке рентгеновских снимков. Для количественного анализа качества сварных швов была разработана специальная методика радиационного контроля сварных соединений. Суть этой методики заключается в съемке образцов-свидетелей с крупнозернистой и крупнодендритной структурой не имеющих дефектов, нарушающих сплошность металла и с аналогичной структурой, но имеющих недопустимые дефекты различного набора.

Результаты проведенных съемок на штатных сварных кольцевых и продольных швах сравнивались с тест-образцами, что давало возможность оценить качество сварки выпарных аппаратов.

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВЕРЕЙ ВЕСОПОВЕРОЧНОГО ВАГОНА**

Ланчиков Д.А. – студент, Шевцов Ю.О.- к.т.н., профессор  
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 перевооружение производственных мощностей, внедрение высокопроизводительных гидрокопировальных

станков, создание высокоэффективного вагонооборотного производства, создание комплексной автоматизации технической подготовки производства. Данная работа посвящена разработке технологии изготовления дверей весопроверочного вагона.

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

На базовом предприятии выпускаются цельнометаллические весопроверочные 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 весопроверочного 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 весопроверочного 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  $\text{CO}_2$ . 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<sub>2</sub> и (5%) O<sub>2</sub>, 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<sub>2</sub> 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.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ СТЕНЫ ВЕСОПОВЕРОЧНОГО ВАГОНА СЕРИИ А 300**

Насонов В.Г. – студент, Шевцов Ю.О.- к.т.н., профессор  
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 выпрямителями 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».

Заменяли 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 ОНР. Все эти операции позволили снизить трудоёмкость на 38,3 %, уменьшить себестоимость на 13,4 %. Экономический эффект от внедрения составил 380005,4 рубля.

## **СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В АЛТАЙСКОМ РЕГИОНЕ**

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

В последнее время, начиная с 2007 года, производство сварочных материалов в Алтайском регионе, в первую очередь покрытых электродов, развивается довольно успешно.

Согласно данным статуправления края, выпуск сварочных электродов в 2008 г. вырос на 11,5% по сравнению с 2007 г. Основное производство покрытых электродов сосредоточено в Барнаульских и Бийских зонах. Функционирующие до перестроечного периода предприятия Калманской и других зон были закрыты из-за высокочрезмерного производства, устаревшей технологии и низкого качества продукции, спрос на которую резко упал.

В то же время произошло укрепление некоторых предприятий региона, отличающихся большой мобильностью и возможностью модернизации производства. На этих предприятиях существенно уменьшился средневзвешенный диаметр выпускаемых электродов за счет массового производства наиболее востребованных диаметров от 2,5 до 4 мм.

Положительным фактором, способствующим повышению качества производимых электродов, послужила процедура аттестации сварочных материалов в целях применения их при изготовлении, ремонте, монтаже и реконструкции опасных технических устройств, подконтрольных Ростехнадзору. Несомненно, улучшение точности изготовления, качества зачистки торцов, внешнего вида и упаковки электродов, внедрение их поштучной маркировки вызвало спрос к местной сварочной продукции.

Наиболее острым моментом в производстве сварочных электродов является фальсификация поставляемых сырьевых материалов и сварочной проволоки, а именно, замена сортов и марок, подделка сертификатов качества и происхождения. В погоне за прибылью под видом рутилового концентрата поставляется более дешёвый ильменитовый, что приводит к снижению сварочно-технологических свойств электродов, а следовательно, и качества сварных швов. Проблема фальсификации, к сожалению, характерна для всего мирового рынка и особенно для рынка России и стран СНГ.

Сегодня предприятия, производящие сварочные материалы, зачастую не располагают специалистами достаточной квалификации и необходимым контрольно-испытательным оборудованием для объективного экспресс-анализа качества, как исходных материалов, так и готовой продукции.

Анализ производства покрытых электродов в Алтайском регионе показал, что без решения кадровой проблемы, автоматизации производства, «сырьевой» проблемы невозможно ни обеспечения стабильного качества, ни повышения общего уровня сварочно-технологических свойств электродов.

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

Туголуков Р.С. – студент, Шевцов Ю.О.- к.т.н., профессор  
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 эффективно. 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.

## **ИНДУКТОР ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВАРКИ**

Кочешов Д.М -студент. Тимошенко В.П. доцент, к.т.н.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Магнитопроводы индукторов для сварки ТВЧ по отбортованным кромкам, в настоящее время, изготавливаются без учёта необходимости удержания расплавленного металла на поверхности оплавливаемых кромок свариваемой детали. Так как прочность сварного соединения зависит от количества (толщины) удерживаемого слоя расплавленного металла на них, то эффективным способом увеличения высоты расплавленного слоя является выбор оптимальной конфигурации индуктирующего токопровода (рабочей части индуктора).

Для обеспечения поставленной задачи был разработан специальный индуктор (рисунок 1). Индуктор содержит токопровод 1, имеющий наружное 2 и внутреннее 3 ребра, выполненные по контуру свариваемых отбортованных кромок 5 и магнитопровод 6, наружное 2 и внутренне 3 ребра изготовлены различной высоты. Высота ребер выбирается в зависимости от глубины проникновения тока в металл  $\Delta$  в следующих соотношениях: наружное ребро  $h=(2.5+5) \Delta$ , внутреннее  $g=(1.5+3) \Delta$ .

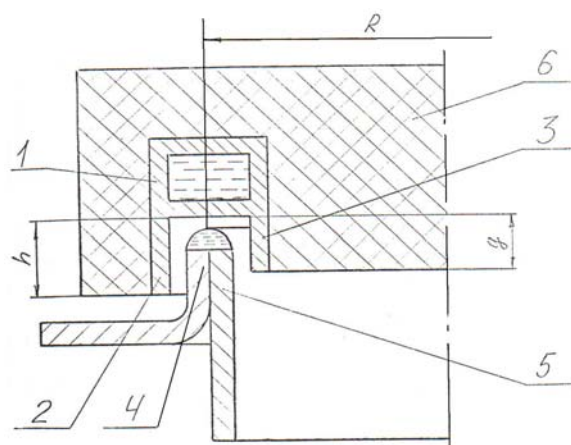


Рисунок 1 - Индуктор для высокочастотной сварки

Данные значения высот ребер выбраны экспериментально и обеспечивают образование ванны расплавленного металла вдоль кромок. Отношение высот ребер определяется экспериментально в зависимости от радиуса кривизны кромок.

Сварка осуществляется следующим образом:

Во время импульса происходит равномерный нагрев свариваемых кромок, как внутренних, так и наружных на значительном удалении от места образования расплава.

Вследствие разной высоты ребер происходит частичное вытеснение тока, от верхней границы свариваемых кромок к наружной.

Расплав, образующийся в процессе сварки, находится под воздействием силы поверхностного натяжения, силы тяжести и силы, возникающей вследствие электромагнитного взаимодействия с индуктором. Выбор формы индуктора обуславливает электромагнитное взаимодействие токопровода индуктора с расплавом, при котором воздействие всех сил на расплав создает условия для удержания на оплавленной поверхности кромок устойчивой ванны расплава. Такое распределение электромагнитных сил, воздействующих на расплав удаётся получить за счёт выбора формы сечения токопровода индуктора, при которой в результате проявления кольцевого эффекта и эффекта близости, происходит частичное вытеснение тока индуктора от внутреннего ребра к наружному ребру токопровода.

При расплавлении свариваемых кромок металл с них не «сдувается» электромагнитным полем индуктора, а удерживается им. После окончания подачи импульса жидкий металл кристаллизуется, образуя сварной шов.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕНТОЧНЫХ ПИЛ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Жарков И.М., -студент Тимошенко В.П. - доцент, к.т.н.  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Ленточная пила представляет собой стальное полотно с зубьями с одной или двух сторон. Ленточная пила относится к конструкциям режущего типа и применяется для различных операций раскря древесины, которые характеризуются видом распиловки. Наиболее широко используются ленточнопильные пилы для продольной распиловки древесины (резание в торец) на столярных, делительных и бревнопильных станках.

Конструкция состоит из полотна с зубьями, которое сваривается стыковым швом.

Изделие имеет следующие габаритные размеры: длина 8960 мм, ширина 150 мм.

Полотно пилы изготавливается из стали 8Н1А толщиной 1,2 мм.

Технические требования, предъявляемые к изделию:

- 1 Химический состав стали по ГОСТ 6532-77.
- 2 Смещение кромок стыкового шва не допускается.
- 3 Все сварные швы должны быть плотными.
- 4 Трещины и поры не допускаются
- 5 По ГОСТ 2283-79 для пил шириной 85...175 мм односторонний допуск по толщине - минус 0,09 мм.
- 6 По ГОСТ 6532-77 и ГОСТ 10670-77 шероховатость боковых поверхностей пил должна быть  $Ra \leq 1,25$  мкм.
- 7 Окисная пленка и обезуглероженный слой не допускаются.

Технологичность конструкции определяется оптимальными формами, которые отвечают служебному назначению изделия, обеспечивают надежную работу в пределах заданного ресурса, позволяют изготовить изделие при минимальных затратах труда, материала и времени. Технологичность также определяется возможностью разбиения изделия на узлы и подузлы, что уменьшает трудоемкость изготовления изделия и повышает удобство выполнения сварных соединений.

При наплавке зуба используется контактная машина, осуществляющая наплавку пруткового стеллита на зуб.

При сварке стыка ленточнопильной пилы применяется однопроходная автоматическая сварка в защитном газе. Шов доступен для подвода сварочного инструмента и является технологичным а, следовательно, вся конструкция технологична.

В России для изготовления ленточнопильных пил используются также, стали 9ХФ И 9ХФМ. Высокие эксплуатационные свойства ленточных пил зарубежного производства обеспечиваются за счет легирования стали никелем (до 2,6%) и низкого содержания вредных примесей серы и фосфора.

Легированная никелем сталь имеет лучшую вязкость, менее чувствительна к образованию трещин по сравнению со сталями, имеющими в качестве легирующих элементов хром, ванадий, молибден.

Некоторые зарубежные фирмы добавляют в сталь для ленточных пил редкоземельные элементы (церий, лантан, иттрий, ниобий), которые позволяют превратить плоскую и острую форму примесей в стали (частиц шлака, сульфидов и т. д.) в шарообразную. Это уменьшает вредное влияние неметаллических включений.

Сталь 9ХФ разработана более 45 лет назад и уже давно не удовлетворяет возросшим требованиям промышленности. Ленточные пилы из стали 9ХФ уступают лучшим зарубежным образцам по основным эксплуатационным свойствам. Поэтому в настоящее время используется сталь 8Н1А легированная никелем на уровне 1,40...1,70 %, которая содержит редкоземельные элементы и имеет пониженное содержание вредных примесей серы и фосфора. Результаты исследовательских и производственных испытаний ленточных пил из стали 8Н1А положительные ее эксплуатационные свойства выше, чем у стали 9ХФ. В качестве присадочного материала будет использоваться сварочная проволока СВ-08Г2С.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ МОНТАЖНЫХ ШВОВ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Володин Н.Н. – студент, Иванайский Е.А.- к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Низколегированные стали, содержащие сильные карбидообразующие элементы (ванадий и ниобий), находят все более широкое применение для изготовления мостовых конструкций. Характерной особенностью сталей этого класса является склонность к

снижению показателей сопротивления хрупкому разрушению под воздействием термического цикла сварки.

Металл шва и различных зон сварного соединения стали 10ХСНДА обладает необходимыми прочностными и пластическими свойствами, которые находятся на уровне свойств основного металла. Вместе с тем сварные соединения толщиной 12 мм, полученные односторонней одно- и двух проходной сваркой под флюсом, оказались чувствительными к низкотемпературному охрупчиванию, особенно по линии сплавления. Причиной снижения ударной вязкости явились локальные искажения решетки феррита, сегрегация фосфора в зону сплавления, а так же формирование видманштеттовой структуры металла шва и З.Т.В.

Предложенная технология выполнения монтажных швов из стали 10ХСНДА обеспечивает получение соединения со свойствами, не ниже требуемых ГОСТ 6713-92. С целью повышения ударной вязкости по линии сплавления при - 60°С проводилась оптимизация режимов сварки, включая способы подготовок кромок под сварку.

Исследуемая сталь 10ХСНДА имела химический состав %; 0,1С, 0,89Si, 0,43Mn, 0,42Cr, 0,25Ni, 0,41Cu, 0,1V, 0,015S, 0.012P. Механические свойства плавки были следующие;  $\sigma_{\text{в}}=570\text{Н/мм}^2$ ,  $\sigma_{\text{т}}420\text{Н/мм}^2$ ,  $\delta=28\%$ ,  $\alpha_{\text{н при }20^{\circ}\text{C}}=240$ ,  $\alpha_{\text{н при }-60^{\circ}\text{C}}=60\text{Дж/см}^2$ .

Установлено, что наибольшим сопротивлением хрупкому разрушению основного металла и околошовной зоны обладала сталь 3-й категории после закалки и высокого отпуска. Сварка проводилась в щелевую разделку, заполненную металло-химической присадкой. Проведенные однофакторные эксперименты показали, что основными технологическими факторами, влияющими на ударную вязкость, является погонная энергия сварки, а также концентрация никеля и церия в металле шва. Задачу оптимизации параметров термического цикла сварки решали с помощью одного из методов планирования эксперимента - центрального композиционного ротатбельного плана.

В таблице 1 приведены уровни факторов в кодовом и натуральном обозначении.

Таблица 1

Изучаемые факторы (кодовое обозначение)	Натуральные значения (кодовые значения)				
	-1	0	1	2	3
Погонная энергия (X1), ккал/см	5400	8800	12250		
Концентрация никеля (X2),%	0,2	1,2	2,2	3,2	4,2
Концентрация р.з.м.(X3),%	0	0,15	0,3	0,45	0,6

Верхний и нижний уровень погонной энергии обеспечивали качественное формирование сварного шва за один и два прохода соответственно. Верхний уровень церия в наплавленном металле обеспечивает образование однородного соединения без пор, которые в ответственной конструкции являются недопустимым дефектом. Нижний уровень никеля ограничен его переносом из основного металла, а верхний уровень обусловлен как его дороговизной, так и возможностью образования закалочных структур, и следовательно, снижения пластичности сварного соединения. Следует отметить, что указанные концентрации легирующих элементов определялись аналитически, без учета потерь на угар.

Обработка экспериментальных данных (проверка однородности оценок дисперсий, получение математической модели объекта, и проверка ее адекватности соответствовали известным зависимостям рассматриваемого метода планирования эксперимента.

Была построена регрессионная математическая модель зависимости ударной вязкости от основных технологических параметров сварки

$$Y = 23,3 + 5,43Ni + 158,6Ce - 7,65 * 10^8 q_2n - 0,01qn * Ce + 26,7Ce * Ni - 0,0018qn * Ce * Ni.$$

Анализ уравнения показывает, что наибольшее влияние на повышение ударной вязкости оказывает церий, который, являясь активным десульфуратором, уменьшает количество сульфидной эвтектики ванадия и переводит ее из пленочной, по поверхности зерен, в

глобулярную, в виде отдельных включений или цепочек включений. Тугоплавкие частицы оксида церия при этом служат дополнительными центрами кристаллизации. Кроме того, церий уменьшает твердость, и как следствие, увеличивает пластичность стали. Никель, вытесняя углерод из  $\alpha$ -кристаллической решетки способствует уменьшению количества феррита в металле шва. Знак /-/ говорит о необходимости снижения погонной энергии для получения более высоких значений ударной вязкости. Получение отрицательных эффектов взаимодействия показывает, что увеличение концентрации легирующих элементов не может компенсировать повышение погонной энергии.

Поиск оптимума производили методом крутого восхождения.

Наибольшие значения ударной вязкости достигаются при двухпроходной сварке на пониженной погонной энергии с концентрацией никеля 3-3,5% и церия 0,3-0,4%.

Форма разделки кромок и количество проходов при сварке оказывает значительное влияние на микроструктуру, и как следствие, на ударную вязкость сварного соединения. Однако математическое описание данных факторов затруднительно, поэтому с целью оценки их влияния на хладостойкость сварного соединения были проведены полные факторные эксперименты типа 2<sup>2</sup>. Образцы с различной разделкой сваривались на минимальной, а с различным количеством проходов - на максимальной погонной энергии.

Так, например, сварное соединение, выполненное на режимах в щелевую разделку, имеет ударную вязкость 10-12 Дж/см<sup>2</sup> при сварке за один проход, 16-20 Дж/см<sup>2</sup> за два и 40-45 Дж/см<sup>2</sup> за три прохода. Еще более значительное влияние на хладостойкость по линии сплавления оказывает разделка кромок. Ударная вязкость по линии сплавления соединения с щелевой разделкой составляет 20-25 Дж/см<sup>2</sup>, для V-образной 70-80 Дж/см<sup>2</sup>, для V-образной сваренной за три прохода - 95-100 Дж/см<sup>2</sup>. Применение V-образной разделки кромок позволяет избежать таких опасных дефектов в стыковых швах как продольные трещины в корневом проходе.

При многослойной сварке происходит отжиг нижележащих валиков, устраняется химическая неоднородность, уменьшаются остаточные напряжения. Увеличение значений ударной вязкости сварного соединения при V-образной разделки кромок объясняется более благоприятной формой шва, в этом случае разрушение происходит как по линии сплавления, так и по наплавленному металлу.

Влияние других режимов сварки в проведенных экспериментах в целом соответствуют зависимостям приведенным в уравнении.

Таким образом, устранить низкотемпературное охрупчивание по линии сплавления сталей 10ХСНДА и 15ХСНДА можно применив сварку на пониженной погонной энергии за несколько проходов в V-образную разделку, а также дополнительным легированием металла шва р.з.м. и некарбидообразующими элементами.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И СБОРОЧНО-СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЛОК СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Студенты Резников А.П.-студент; Пономаренко Ю.В. студент; Тимошенко В.П. -  
доцент, к.т.н.

Базовое предприятие ОАО «КЖБИ – 1» производит штучное изготовление сварных балок Б1, 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 СО<sub>2</sub>. Все перечисленные факторы указывают на низкую производительность, обусловленную проведением большого объема вспомогательных работ.

Для повышения производительности процесса сборки и сварки строительной балки Б1 предлагается:

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

вместо сварочного выпрямителя ВС-600 и защитного газа CO<sub>2</sub>, применяемых на базовом предприятии, использовать инверторный источник питания Kempromig 3200 и защитный газ состоящий из смеси газов (80%) CO<sub>2</sub> и (20%) O<sub>2</sub>, что сократит потери на разбрызгивание на 5 %;

для наиболее протяженных типов сварных соединений вместо полуавтоматической сварки в среде CO<sub>2</sub> применить автоматическую сварку в среде защитного газа.

Для механизированной сварки в углекислом газе применяются полуавтоматы. Для питания сварочным током используются источники с жесткой внешней характеристикой.

Контроль значений сварочного тока следует производить периодически переносными или установленными амперметрами.

Исходные данные для выбора оборудования:

род тока – постоянный;

полярность обратная;

режимы сварки - изложены в разделе 2.5.

На базовом предприятии для сварки строительной балки применяется следующее оборудование:

источник питания ВС-600;

подающий механизм АДГ-515.

Для автоматической сварки в среде защитного газа выбираем следующее оборудование:

источник питания Kempromig 3200;

сварочный автомат Feed 400;

Унифицированное модульное оборудование для автоматической сварки типа ППЛ (механизм подачи для легких условий сварки).

Преимущества инверторных источников питания:

- высокий КПД – 85-95%;

- идеальный коэффициент мощности – 99%;

- минимальный расход электротехнических материалов;

- широкий диапазон регулирования параметров режима – от нескольких ампер до сотен и тысяч ампер;

- продолжительность нагрузки источников питания в рабочем диапазоне сварки – до 80%;

- возможность параллельной работы источников на единую нагрузку;

- плавная регулировка режима в широком диапазоне токов и напряжений;

- дистанционное управление источником;

- минимальные потери электроэнергии в сварочных кабелях и соединительных элементах;

- высокий уровень электробезопасности за счет двойной изоляции;

- удобство переноски и доставки источника к месту сварки;

- небольшие габариты и масса.

Технические характеристики сварочного оборудования представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Технические характеристики сварочного автомата

Параметры	Тип оборудования
	Feed 400
Номинальное напряжение питающей сети, В	3x380
Номинальный сварочный ток, А	320
Диаметр электродной проволоки, мм	0,8...1,6
Скорость подачи проволоки, м/мин	2...16

Скорость сварки, м/мин	0,2...2
Масса, кг	15

Таблица 2 - Технические характеристики источника питания

Параметры	Тип оборудования
	Kempomig 3200
Напряжение питающей сети, В	3x380
Номинальная мощность, кВА	13,4
Номинальный сварочный ток, А	320
Номинальный режим работы (ПВ), % 320 А 250А	50 100
Номинальное рабочее напряжение, В	40
Пределы регулирования рабочего напряжения, В	10...35
Пределы регулирования сварочного тока, А	10...320
Напряжение холостого хода, В	75
КПД, (320 А / 32,8 В)	0,84
Габариты, мм	940x515x880
Масса, кг	71

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ САМОЛЕТА СУ-34

Лубган Л.Б. – студент, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент.

Алтайский государственный технический университет

Специфика географического и климатического положения России, низкая плотность наземной транспортной сети на значительной территории страны обуславливают необходимость широкого использования авиационного транспорта. До 70% территории России не обеспечено достаточно развитой системой наземного и водного транспорта и сегодня для этих территорий примерно 50% пассажирских и грузовых перевозок осуществляется авиационным транспортом.

Все самолеты имеют типовую конструкцию, состоящую из фюзеляжа, который связывает между собой крылья, оперение и иногда шасси. В свою очередь, фюзеляж это конструкция, выполненная из шпангоутов прикрепленных к лонжеронам, и ко всему этому монтируется обшивка. При этом шпангоуты обеспечивают поперечную жесткость фюзеляжа. Шпангоут представляет собой незамкнутую рамную конструкцию. Элементы шпангоута – арка боковая наружная, арка верхняя, арка боковая внутренняя, узел крепления арки боковой – изготавливаются методом штамповки и свариваются между собой электронно-лучевой сваркой.

Шпангоут изготавливается из титанового сплава BT20.



Ситуация сложившаяся на сегодняшний день в сварочном производстве на «НАПО им. Чкалова» не вполне соответствует современным требованиям, поэтому по нашему мнению необходима разработка мер по решению данной проблемы. Для этого нами предлагается:

1. Спроектировать приспособление для сборки и прихватки технологических пластин к элементам шпангоута;
2. Спроектировать приспособление для сборки элементов шпангоута между собой и установку для прихватки шпангоута;
3. Использовать современное сварочное оборудование (полуавтоматы и инверторные источники питания).

При разработке технологии сборки шпангоута нами учитывались производственные инструкции «НАПО им. Чкалова», ОСТы авиационной промышленности, а так же то обстоятельство, что титановый сплав обладает высоким сродством к газам воздуха и возможность снижения его пластичности и конструкционной прочности.

Для реализации предложенной последовательности сборочных операций нами была спроектирована установка. Установка включает электротехническое сварочное оборудование и механическое оборудование сварочного производства.

По выбранным режимам сварки нами было выбрано сварочное оборудование. При этом, учитывая, что выпуск шпангоутов мал, для повышения коэффициента загрузки нами было выбрано оборудование, которое можно использовать для сварки других изделий. Оптимальным вариантом электротехнического сварочного оборудования по нашему мнению явился TransTig 4000 (Job).

Поскольку механическое оборудование для сборки шпангоута серийно не выпускается, нам было необходимо его спроектировать.

Механическое оборудование состоит из наладки для сборки и прихватки технологических пластин к элементами шпангоута, наладки для сборки элементов шпангоута между собой и рамы. При проектировании наладок необходимо было решить вопрос с выбором базовых поверхностей. Исходя из анализа конструктивных особенностей шпангоута и высоких требований, предъявляемых к точности сборки, для трех деталей шпангоута в качестве базовых поверхностей были приняты две цилиндрические поверхности и плоскость. Для узла крепления арки боковой такой вариант базирования не мог быть реализован, поскольку у детали одно отверстие, и поэтому базирование производится по цилиндрической образующей и двум поверхностям.

Поскольку загрузка деталей шпангоута и выгрузка готового изделия производится сверху, необходимо было выбрать такой тип зажимных устройств, который бы не препятствовал загрузке элементов шпангоута в наладку и съём готового изделия. Для элементов шпангоута мы выбрали электромагнитные зажимы соленоидного типа, шток которого выходит из установочных пальцев. Наладки монтируются на раме.

Как и в заводском варианте, а так же поскольку использование дополнительного оборудования экономически нецелесообразно, и учитывая рекомендации РТМ прихватку элементов шпангоута друг относительно друга под последующую сварку, было решено осуществлять электронным лучом в вакууме.

Поскольку для сварки шпангоута альтернативного способа электронному лучу на сегодняшний день не представлено, то и как на базовом предприятии использовали электронно-лучевую сварку в вакууме.

Для обеспечения высокого качества выпускаемого изделия были применены шесть блоков контроля качества – входной контроль исходных материалов, операционный контроль, визуально измерительный контроль, разрушающий контроль, радиографический и капиллярный контроль.

#### **Выводы:**

1. Заводская технология изготовления шпангоута не вполне соответствует современным требованиям.

2. Положительный эффект при изготовлении шпангоута может быть достигнут за счет использования наладки для сборки и прихватки технологических пластин к элементами шпангоута, наладки для сборки элементов шпангоута между собой и установки для прихватки шпангоута.

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕД СВАРКОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ШВОВ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Алдобаев Р.А. – студент, Сейдуров М.Н. – м.н.с., старший преподаватель,

Афонин В.С. – к.т.н., старший преподаватель

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Качество сварных соединений напрямую зависит от состояния используемых сварочных материалов. Перед сваркой производственных стыков ответственного назначения на объектах опасных технических устройств (ОТУ) электроды и флюсы должны быть проконтролированы на содержание влаги согласно требованиям нормативной документации в зависимости от их марки и условий хранения. При неудовлетворительных результатах контроля сварочные материалы должны быть прокалены на соответствующих режимах для удаления влаги. Дополнительная операция прокаливания повышает трудоемкость процесса изготовления сварной конструкции.

Для определения содержания влаги в сварочных материалах рекомендуется использовать весовой способ. Более перспективным является электрический способ, основанный на кондуктометрическом или электрокинетическом методе измерения. С помощью последнего в работе [1] была разработана методика неразрушающего экспресс-анализа влагосодержания при термообработке сварочных материалов. На основании полученных экспериментальных данных был определен оптимальный температурный режим и продолжительность термообработки порошкообразного природного базальта, схожего по химическому составу со сварочными флюсами АНК-18 и АН-42.

Цель работы – разработать методику определения влажности сварочных материалов электрическим способом перед сваркой (наплавкой) плавлением ответственных сварных соединений.

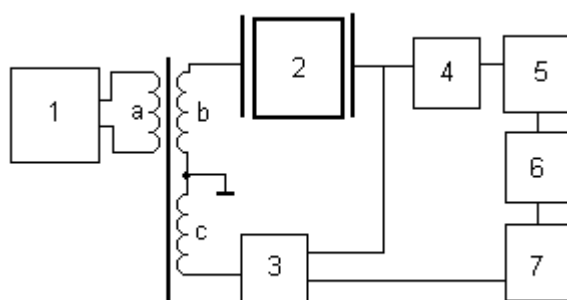


Рисунок 1. Функциональная схема влагомера емкостного типа: 1 – высокочастотный генератор; а – первичная обмотка, b и c – вторичные обмотки трансформаторного измерительного моста; 2 – контролируемое вещество; 3 – цифро-аналоговый преобразователь; 4 – усилитель тока; 5 – амплитудо-фазовый детектор; 6 – компаратор; 7 – микропроцессор

С учетом полученных ранее результатов по электроемкостному измерению неэлектрических величин [2,3] наиболее перспективным является использование влагомера емкостного типа (рисунок 1). Первые результаты экспериментальных исследований образцов сварочного флюса АН-47 и обмазки электродов УОНИ-13/45 с помощью предложенного

влажмера емкостного типа показали хорошую сходимость с результатами, полученными в лабораторных условиях весовым способом.

На территории Алтайского края находится множество крупных и мелких предприятий, занимающихся изготовлением, монтажом, ремонтом и реконструкцией ОТУ, среди них: ОАО «Энергомашкорпорация», ОАО «Геомаш», ОАО «АлтайВагон», ОАО «БикЗ» и др. Применение электрического способа измерения влажности сварочных материалов будет способствовать улучшению качества сварных соединений, а обоснованное использование операции прокали электродов и флюсов значительно снизит затраты времени, электрической энергии и трудоемкости производства. Использование экспресс-методов контроля за влажностью компонентов обмазки при производстве покрытых плавящихся электродов позволит повысить уровень качества и стабильность свойств продукции.

#### Литература

1. Стенин В.А. Методика неразрушающего экспресс-анализа влагосодержания при термообработке сварочных материалов / В.А. Стенин, Н.Я. Титов, В.А. Кононов // Сварочное производство. – 1996. – №11. – С. 30–31.
2. Тищенко А.И. Анализ влияния плотности зернового потока на точность измерения влажности зерна и зерновой продукции / А.И.Тищенко, В.К. Федотов, В.С. Афонин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2007. – №11. – С. 57.
3. Корнеев И.А. Прибор для определения влажности образцов лессовых грунтов в основаниях реконструируемых зданий / И.А. Корнеев, А.И. Тищенко, В.С. Афонин // Ползуновский вестник. – 2007. – №1-2. – С. 58.

### **ПОВЫШЕНИЕ СВАРИВАЕМОСТИ И КОМПЛЕКСА МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВЫСОКОПРОЧНЫХ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ**

Сейдуров М.Н. – м.н.с., старший преподаватель, Чепрасов – к.т.н., профессор,  
Иванайский А.А. – к.т.н., старший преподаватель, Иванайский Е.А. – к.т.н., доцент,  
Ковалев С.В. – аспирант, Кашлев А.С. – студент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При сварке высокопрочных сталей бейнитно-мартенситного и бейнитного классов основной проблемой является образование холодных трещин. Холодные трещины чаще всего зарождаются и развиваются на участках перегрева зоны термического влияния (ЗТВ), имеющего крупноиглочатую мартенситную или мартенситно-бейнитную структуру. Следовательно, ограниченные возможности использования сталей данных классов для изготовления сварных конструкций ответственного и особо ответственного назначения в опасных технических устройствах объясняется ограниченной их свариваемостью, особенно в монтажных условиях.

Повысить свариваемость этих сталей можно путем применения сложной, трудоемкой и энергозатратной технологии, включающей в себя предварительный и сопутствующий подогрев, последующую общую или местную термическую обработку.

Накопленные ранее знания по свариваемости практически не касались вопросов влияния на нее наличия в околошовной зоне (ОШЗ) сварного соединения промежуточных структур зернистой морфологии. Однако в современных работах [1,2] указывается на значительное улучшение свариваемости высокопрочных сталей за счет формирования бейнитных структур с глобулярной формой карбидов (зернистый бейнит), что значительно снижает вероятность образования холодных трещин. Отмечено также, что применение проката с промежуточной структурой зернистой морфологии в качестве исходной благоприятно влияет, как на свариваемость стали, так и на сопротивление сварных соединений хрупкому разрушению.

Цель работы – установить зависимость между образованием зернистого бейнита в ОШЗ сварных соединений высокопрочных низколегированных сталей и улучшением их свариваемости. В качестве основного материала применялись промышленные плавки сталей 20Х2НАч, 24Х2НАч и 28Х2НАч. Автоматическую сварку стыковых соединений выполняли под слоем флюса АН-47 на флюсовой подушке сварочными проволоками Св-08ХНМ, Св-10НМА.

В ходе исследований установлено, что наличие никеля в таких сталях заметно улучшает комплекс механических свойств, а включение хрома играет значительную роль в улучшении свариваемости. Формирование бейнитной структуры зернистой морфологии способствовало снижению вероятности образования трещин во время сварки. Концентрация марганца при этом должна быть относительно низкой для повышения свариваемости.

Изучая механизм образования холодных трещин при сварке высокопрочных сталей, пришли к выводу, что для обеспечения высокой стойкости ОШЗ против образования трещин нужно, во-первых, улучшить структуру металла этой зоны. С этой целью следует всеми средствами смещать мартенситное превращение в ОШЗ в область высоких температур и замедлять охлаждение при мартенситном превращении, а также по возможности ограничивать ее перегрев, то есть способствовать смещению начальной стадии превращения аустенита из мартенситной области в бейнитную.

Было выявлено, что помимо верхнего и нижнего бейнита как в металлопрокате для сварных конструкций, так и в ЗТВ сварного шва возможно формирование бейнитных структур зернистой морфологии (рисунок 1). Данные, полученные с помощью электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа, позволяют говорить о том, что тип и размер карбидов в бейнитной структуре является важным фактором, определяющим не только физико-механические свойства сварного соединения в целом, но и свариваемость стали в частности, так как устойчивость к распаду при нагреве у спецкарбидов выше, чем у карбида железа [3].

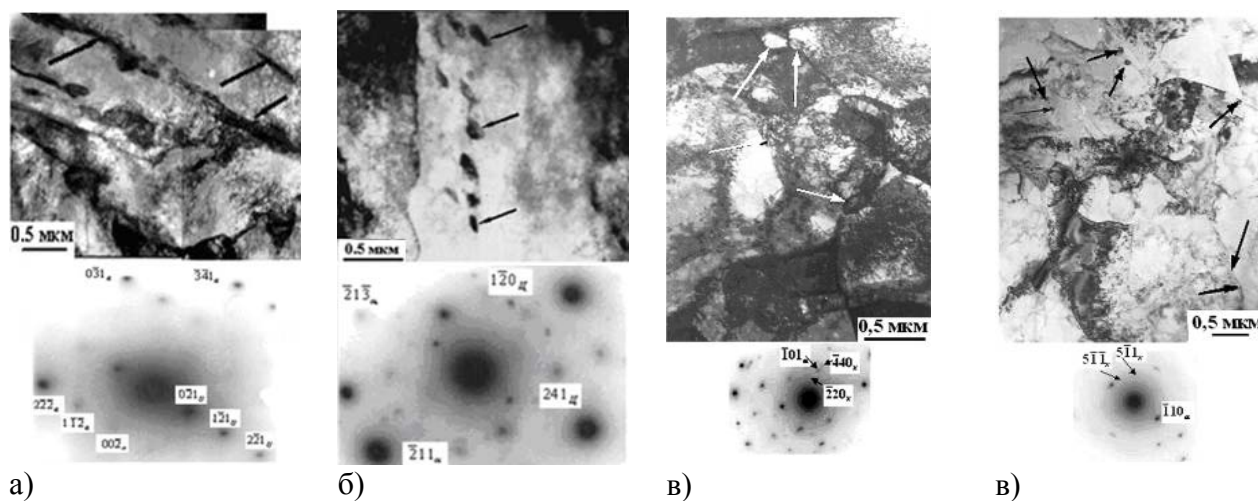


Рисунок 1. Структуры бейнита, электронная микроскопия с дифракционными картинками, сталь 20Х2НАч: а – верхний бейнит, б – нижний бейнит (частицы цементита отмечены стрелками); в, г – зернистый бейнит (крупнозернистые (а) и мелкозернистые (б) карбиды хрома  $(Fe,Cr)_{23}C_6$  отмечены стрелками)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что условия структурообразования в ОШЗ под действием термомеханических циклов сварки (ТМЦ) оказывают серьезное влияние на свариваемость высокопрочных сталей в условиях сварки плавлением. Применительно к рассматриваемым сталям для сварных конструкций ответственного назначения, структура с глобулярной формой карбидной фазы более предпочтительна, так как обладает лучшей свариваемостью.

Кроме того, выявлено, что формирование структур зернистого бейнита и мезоферрита в ОШЗ сварных соединений позволит обеспечить высокую стойкость против образования холодных трещин. Следовательно, повышение сопротивления хрупкому разрушению возможно путем формирования на участке перегрева промежуточной структуры зернистой, а не игольчатой морфологии, которая способна за счет пластической деформации релаксировать возникающие при сварке напряжения. Однако имеющихся сведений о получении при сварке бейнитных структур зернистой морфологии в высокотемпературных участках ЗТВ недостаточно. Поэтому, исходя из выше изложенного, актуальной задачей является разработка технологии сварки высокопрочных сталей бейнитного класса на основе исследования особенностей формирования мезоферрита и зернистого бейнита под действием термомеханических циклов сварки.

#### Литература

1. Лившиц Л.С. *Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений* / Л.С. Лившиц, А.Н. Хакимов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. – 1989. – 336 с.
2. Чепрасов Д.П. Структура и фазовый состав зернистого бейнита на участке полной перекристаллизации ЗТВ сварного соединения из низкоуглеродистых низколегированных сталей / *Сварочное производство*. – 2006. – № 2. – С. 3–8.
3. Сейдуров М.Н. Роль типа и рамера карбидной фазы в образовании очагов замедленного разрушения в условиях развития локальных пластических деформаций / М.Н. Сейдуров, А.А. Иванайский // *Высокотемпературный синтез новых перспективных наноматериалов* / Под. ред. Евстигнеев В.В., Еськов А.В. Барнаул. – 2008. – С. 26-29.

### **УСТАНОВКА ДЛЯ ИМИТАЦИИ ТЕРМОДЕФОРМАЦИОННЫХ ЦИКЛОВ СВАРКИ**

Сейдуров М.Н. – м.н.с., старший преподаватель, Иванайский А.А. – к.т.н., старший преподаватель, Иванов А.Г. – аспирант, Ноздрачев Е.В. – студент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

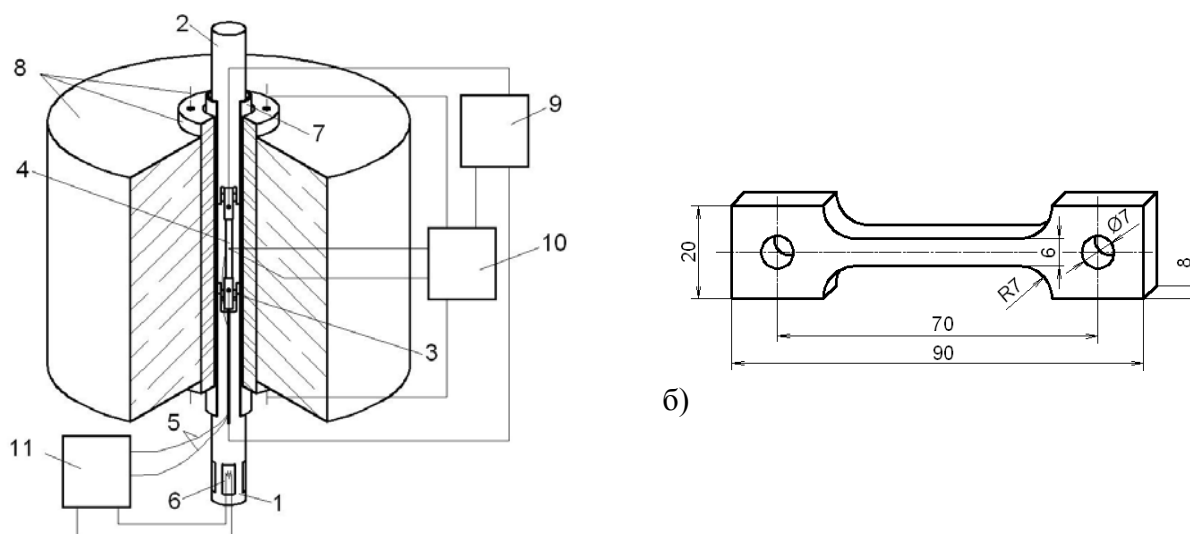
Полноценное исследование процессов, проходящих в сварном соединении и зоне термического влияния (ЗТВ) облегчается и становится возможным при изучении металла в отдельных микрообъемах. Для осуществления условий имитации термомеханического цикла разрабатываются специальные установки для физического моделирования.

Изучение особенностей промежуточного превращения в околошовной зоне (ОШЗ) сварных швов из высокопрочных сталей бейнитного класса привело к необходимости проектирования и создания экспериментальной установки для имитации термомеханических циклов с целью выяснения возможности формирования в ОШЗ промежуточных структур зернистой морфологии с высоким комплексом механических свойств.

Основными материалами для исследований были выбраны стали 12Х1МФ, 20Х2НАч, 24Х2НАч и 28Х2НАч, широко используемые при создании сварных конструкций ответственного назначения. Известно [1], что каждому участку ЗТВ присущи свои особенности структуры. С точки зрения формирования зернистого бейнита в ОШЗ под действием ТДЦС наибольший интерес представляют два участка ЗТВ – участок полной перекристаллизации и участок перегрева (крупного зерна). В связи с этим особенности формирования промежуточных структур зернистой морфологии рассматриваются при двух ТДЦС – от 860 до 1100 °С, что соответствует участку полной перекристаллизации и от 1100 °С и выше, что соответствует участку перегрева.

Образцы-имитаторы подвергались воздействию как ТЦС, так и ТДЦС (а именно, поперечных сварочных напряжений и упруго-пластических деформаций, возникающих в

ОШЗ) при помощи разработанной, с учетом накопленного опыта [2,3,4,5,6], экспериментальной установки (рисунок 1,а).



а)

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки (а): 1, 2 – неподвижный и подвижный захваты; 3 – палец; 4 – образец-имитатор (б); 5 – блок термопар; 6 – блок тензодатчиков сопротивления; 7 – жаропрочный тигель; 8 – электропечь; 9 – источник питания; 10 – блок управления; 11 – комплекс сбора и обработки данных

Для крепления образцов-имитаторов в состав экспериментальной установки на базе испытательной машины Р-20 входили два вертикально расположенных захвата, выполненных из стали 4Х10С2М. Надежную фиксацию в захватах обеспечивали пальцами 3 из стали той же марки. Реализацию условий воздействия ТЦС на металл при испытании осуществляли при неподвижном захвате 1 и подвижном захвате 2. Имитация условий пребывания металла при ТДЦС проводилась для жесткозакрепленных образцов-имитаторов 4 (рисунок 1,б).

Обработка образцов-имитаторов по режиму ТЦС и ТДЦС осуществлялась посредством пропускания электрического тока промышленной частоты низкого напряжения от источника питания 9 (сварочный трансформатор) с помощью блока управления 10. Блок управления, в свою очередь, состоял из измерительной и пускорегулирующей аппаратуры. Температура нагрева и охлаждения рабочей зоны (рисунок 2) образцов-имитаторов измерялась комплексом сбора и обработки данных 11 при помощи блока термопар 5. Условия охлаждения изменяли как за счет использования электропечи 8 – диапазон низких скоростей охлаждения, так и путем охлаждения на спокойном воздухе с интенсивным обдувом рабочей зоны образцов-имитаторов защитным газом (аргоном) – диапазон высоких скоростей охлаждения. Данные о развитии напряжений в образцах-имитаторах при испытании получали с помощью блока тензодатчиков сопротивления 6, расположенных непосредственно на неподвижном охлаждаемом захвате 1.

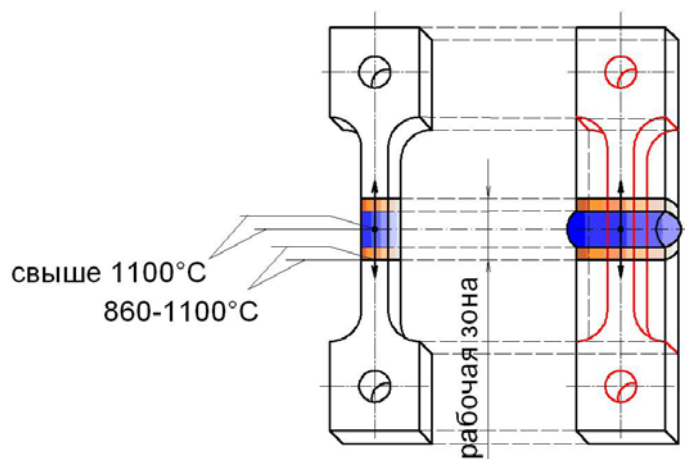


Рисунок 2. Схема образования рабочей зоны образца-имитатора в экспериментальной установке

Влияние различной степени пластической деформации на область формирования мезоферрита и зернистого бейнитита в высокотемпературных участках ЗТВ исследовали при растяжении образцов-имитаторов в ходе протекания фазовых превращений за счет возможности перемещения захвата 2 с различными усилиями.

Скорость нагрева в интервале температур фазовых превращений составляла 150 °C/с. Диапазон исследованных скоростей охлаждения  $\omega_{6/5}$  от 0,35 до 17,0 °C/с полностью охватывал весь спектр структур от феррито-перлитной до мартенситной. Температура нагрева образца задавалась от 860 до 1350 °C с шагом 50 °C.

На основании полученных экспериментальных данных установлен скоростной диапазон образования промежуточных структур зернистой морфологии  $\omega_{6/5}$  в ОШЗ сварных соединений для каждой из исследованных плавок сталей и рассчитаны параметры режима автоматической сварки под флюсом стыковых соединений по формулам:

$$\frac{q_u}{v_{св}} = \delta \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot [(600 - T_0)^3 + (500 - T_0)^3]}{\omega_{6/5}}} \quad (1);$$

$$v_{св} = \delta \cdot q_u \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot (T - T_0)^3}{\omega_{6/5}}} \quad (2);$$

$$q_u = \delta \cdot v_{св} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot \lambda \cdot c \gamma \cdot (T - T_0)^3}{\omega_{6/5}}} \quad (3);$$

$$I_{св} = \frac{q_u}{(\eta \cdot U_d)} \quad (4)$$

где  $U_d$  – напряжение дуги [В];  $\eta$  – коэффициент полезного действия.

Для автоматизации расчетов режимов и математического моделирования процессов протекания ТЦС при автоматической сварке под слоем флюса с заданным тепловложением по прямолинейному участку был применена программа «Среда моделирования автоматической сварки (AWS)» [7].

По завершению исследований были разработаны режимы автоматической сварки под флюсом на пониженных погонных энергиях основных несущих узлов буровых установок из низкоуглеродистой низколегированной стали 24Х2НАч толщиной 8 мм:  $I = 650 \div 750$  А,  $U = 38 \div 40$  В,  $q_{п} = 20500 \div 27500$  Дж/см,  $V_{св} = 20 \div 35$  м/ч.

#### Литература

1. Грабин В. Ф. Металловедение сварки плавлением. – Киев: Наук. думка, 1982. – 416 с.

2. Теория сварочных процессов / под ред. В.В. Фролова. – М.: Высшая школа, 1988 – 559 с.
3. Макара А.М. Об особенностях мартенситного и бейнитного превращений в легированных сталях при сварочных термо-деформационных циклах / А.М. Макара, Д.П. Новикова // Автоматическая сварка. – 1967. – № 10. – С. 10–15.
4. Касаткин Б.С. Определение термодиформационных зависимостей, характеризующих склонность сталей к образованию холодных трещин при сварке / Б.С. Касаткин, В.И. Бреднев, Г.Н. Стрижиус, Б.Н. Коломийчук, Н.Н. Яворский, А.А. Бугаец // Автоматическая сварка. – 1988. – № 3. – С. 1-5.
5. Ермаков С.И. Установка для моделирования сварочных термодиформационных циклов / С.И. Ермаков, В.А. Винокуров, А.Г. Григорьянц // Сварочное производство. – 1978. – № 2. – С. 56-57.
6. Лебедев Ю.М. Методика моделирования сварочных термодиформационных циклов / Ю.М. Лебедев, Л.П. Кравченко, Н.М. Данилюк // Автоматическая сварка. – 1978. – № 12. – С. 31-33.
7. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007612876. Среда моделирования автоматической сварки (AWS) / Е.А. Иванайский, А.А. Иванайский, В.В. Иванайский, М.Н. Сейдуров / Заявка № 2007611916. дата поступления 14 мая 2007 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 4 июля 2007 г.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ АТТЕСТАЦИИ СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

Смола А.В. – студент, Сейдуров М.Н. – м.н.с., старший преподаватель,  
Чепрасов Д.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Аттестацию сварочного оборудования проводят в целях проверки его возможности обеспечивать заданные технологические характеристики для различных способов сварки, определяющие требуемое качество сварных соединений при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств, применяемых на опасных производственных объектах. Процедура аттестации сварочного оборудования регламентируется РД-03-614-03 и рекомендациями по его применению [1].

В настоящее время сварочное оборудование на Российском рынке представлено широкой номенклатурой единиц, как отечественного, так и зарубежного производства. Как правило, потребителю достаточно сложно осуществить правильный выбор сварочного оборудования для использования на конкретных группах опасных технических устройств (ОТУ). Накопленный в ООО «ГАЦ АР НАКС» опыт проведения аттестации показывает, что ранее при выполнении ответственных сварных соединений применялось большое количество сварочного оборудования, не соответствующего требованиям РД-03-614-03. Положительным эффектом аттестации является вытеснение энергоемкого сварочного оборудования и замена устаревшего на современное. Но главное заключается в том, что проведение аттестации сварочного оборудования способствует повышению качества сварных соединений на ОТУ и снижает риск появления аварийных ситуаций при их эксплуатации.

Повышение эффективности проведения аттестации сварочного оборудования достигается применением различного измерительного оборудования, в том числе с использованием современной компьютерной техники и технологий, а также программных продуктов. До недавнего времени для установления действительных технических характеристик сварочного оборудования при проведении испытаний по его аттестации в основном использовали токоизмерительные клещи, балластные реостаты, мультиметры, осциллографы и т.п. Более перспективным является применение измерителей (статических



вольт-амперных характеристик (ВАХ), сопротивления изоляции, сопротивления заземлению) и нагрузочных стендов, как стационарных, так и мобильных (рисунок 1).



а)

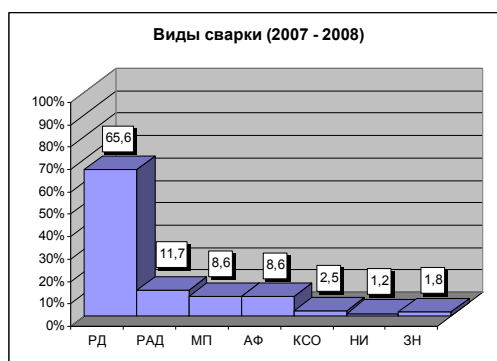


б)

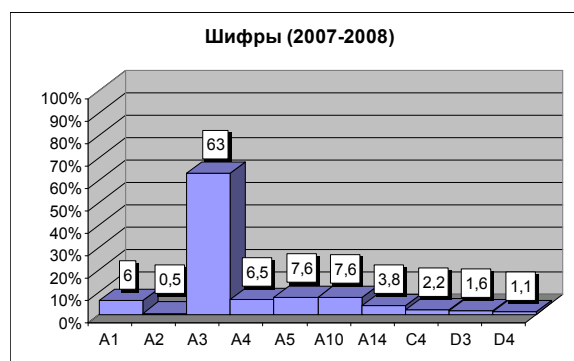
Рисунок 1. Испытательные нагрузочные стенды: а) поста газовой сварки, б) источника питания сварочной дуги

Целью работы являлось: 1) изучение характера распределения сварочного оборудования на опасных производственных объектах Алтайского края на основе данных, полученных при проведении аттестации сотрудниками ООО «ГАЦ АР НАКС» в 2000-2008 г.г.; 2) анализ особенностей проведения аттестации сварочного оборудования.

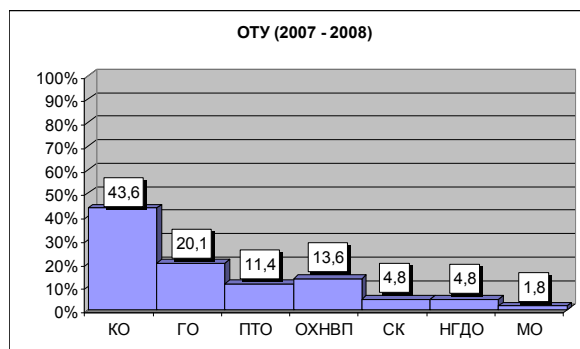
За период с 2000 г. по 2008 г. было аттестовано 326 единиц сварочного оборудования [2]. Из рисунка 2 видно, что лидирующую позицию занимает оборудование для ручной дуговой сварки (РДС и РАД), второе место – оборудование для механизированной сварки в среде защитных газов (МП). Анализ результатов по критерию целевого использования показывает, что доминирующее место занимает оборудование для изготовления котельного оборудования (КО), следующим по объему является газовое оборудование (ГО). Первенство среди городов прочно удерживает столица Алтайского края – г. Барнаул.



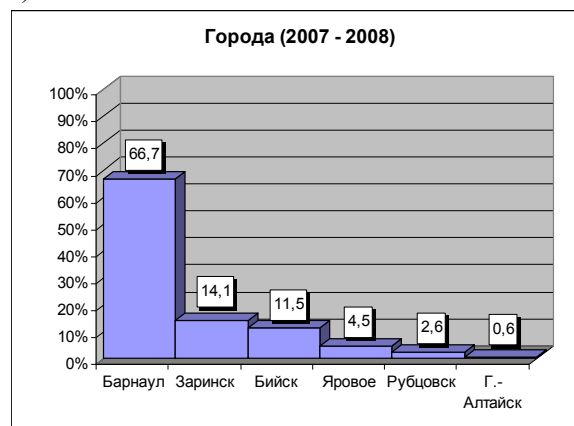
а)



б)



в)



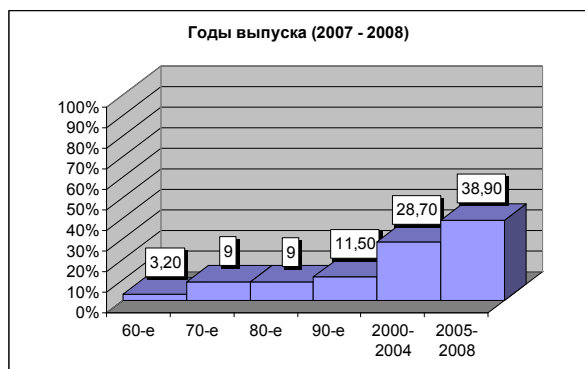
г)

Рисунок 2. Статистические данные по аттестации сварочного оборудования в ООО

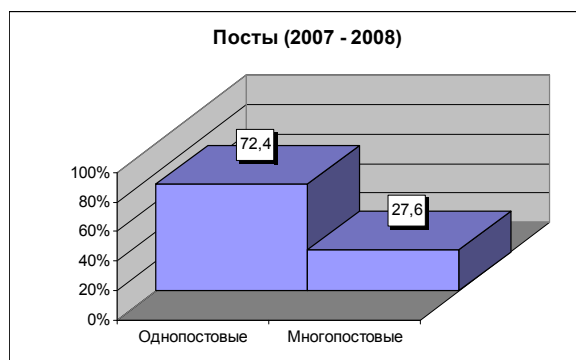
По характеру аттестованного сварочного оборудования в ООО «ГАЦ АР НАКС» за 2007-2008 г.г. выявлено, что доля современного оборудования значительна, ведущее место занимают однопостовые источники питания, лидером по применению являются источники питания постоянного тока – выпрямители, в том числе инверторного типа (рисунок 3). Наиболее популярные марки аттестованного сварочного оборудования: «ВДМ-506», «Форсаж-315М», «ТДМ-401У2».

Для упрощения процедуры аттестации сварочного оборудования необходимо применение испытательных стендов, предназначенных как для источников питания, так и постов газовой сварки, с дальнейшей передачей данных для обработки на ПЭВМ (рисунок 1). Нагружая аттестуемое оборудование, станет возможным интерактивное наблюдение с помощью специальной программы за изменением технических характеристик оборудования. Использование средств компьютерного обеспечения позволит достоверно оценить уровень работоспособности сварочного оборудования.

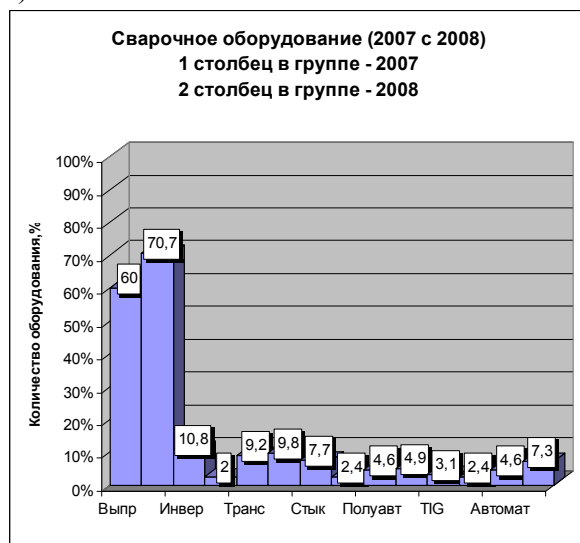
Цифровой стенд, как правило, содержит балластный реостат и предназначен для измерения: продолжительности включения (ПВ%) и продолжительности нагрузки (ПН%) сварочных источников питания постоянного и переменного тока; температуры токоведущих частей сварочного оборудования; статических вольтамперных характеристик сварочных источников с выходным током до 600А; номинальных сварочных режимов; формы и значений сварочного тока и напряжения ( $I(t)$ ,  $U(t)$ ) с записью их на компьютер; тока короткого замыкания; измерения параметров питающей сети; давления в гидросистеме [3]. Измеренные характеристики могут передаваться на ЭВМ по интерфейсу RS232 или запоминаться в съемном запоминающем устройстве, а затем считываться из него в ЭВМ.



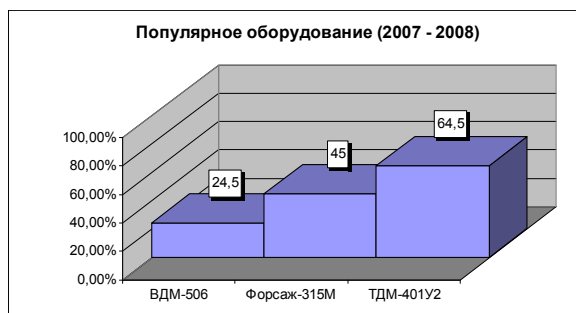
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3. Статистические данные по характеру аттестованного сварочного оборудования в ООО «ГАЦ АР НАКС»

#### Литература

1. Сборник нормативных и методических документов САСв. Аттестация сварочного оборудования. – М. – 2008 – 100 с.
2. Опыт аттестации технического персонала, сварочного оборудования и технологий в Головном аттестационном центре Алтайского края / М.В. Радченко, В.Г. Радченко, Д.П. Чепрасов, Ю.О. Шевцов, В.П. Тимошенко // Сварка и родственные технологии в третье тысячелетие: Тез. стенод. докл. Ин-т электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины. – Киев. – 2008. – С. 101-102.
3. Нагрузочные электронные испытательные стенды [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.acgh.ru/page3604/>, свободный.

### **ВОЗМОЖНОСТЬ СНИЖЕНИЯ РЕСУРСОЕМКОСТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СТОЙКИ ВО-118А, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ НА ПЛАТФОРМЕ**

Варламова Е.С. - студент, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время для повышения эффективности грузоперевозок разрабатываются новые модели грузовых вагонов, например, универсальные платформы, оснащаемые дополнительным специализированным оборудованием. К такому специализированному оборудованию относится стойка ВО – 118А (далее стойка), предназначенная для крепления лесоматериалов, не требующих защиты от атмосферных осадков.

При изготовлении стойки большой объем сварочных работ выполняется при помощи механизированной сварки в углекислом газе. Для этого способа характерна высокая ресурсоемкость (трудоемкость, энергоемкость, материалоемкость), связанная со значительным разбрызгиванием расплавленного электродного металла (от 10 до 12%). Существующие методы снижения разбрызгивания электродного металла, как химического, так и электротехнического направления не дают ощутимого результата и поэтому с экономической точки зрения малоперспективны.

Наиболее заметное снижение разбрызгивания, а значит и ресурсоемкости при изготовлении стойки может дать применение способа сварки в углекислом газе нового поколения, разработанного австрийской фирмой Fronius, получившего название СМТ (Cold Metals Transfer), при котором производится импульсная подача проволоки (с отдергиванием от капли расплавленного металла) с частотой до 70 Гц.

Такой способ подачи проволоки осуществляется высокочастотным сервомотором, позволяющим подстроить частоту импульсов подачи проволоки под частоту переноса капель и тем самым снизить разбрызгивание электродного металла до 1,5 - 3%.

Снижение разбрызгивания до такого уровня сопровождается снижением расхода углекислого газа, электроэнергии, трудоемкости и самой проволоки. на 7 – 8,5% соответственно, а значит приведет к снижению ресурсоемкости изготовления стойки.

Другим важным достоинством предлагаемого способа сварки является снижение деформаций сварной конструкции, а значит и затрат ее на правку.

Таким образом можно сделать вывод о возможности снижения ресурсоемкости изготовления стойки при переходе с традиционного способа сварки в углекислом газе на сварку по методу фирмы FRONIUS.

### **ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СВАРКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КАРКАСА ТЕЛЕЖКИ ГРУЗОВОГО ВАГОНА**

Еремеев К. - студент, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Железнодорожный транспорт в РФ является основным средством доставки грузов потребителю. На его долю приходится около 70% сухопутных грузоперевозок.

При регламентированных размерах кузова вагона и габаритности перевозимых грузов важным показателем эффективности грузоперевозок является величина полезной нагрузки на ось. В РФ этот показатель составляет 23 т на ось, а перспективным считается его увеличение до 25 т. В тоже время в промышленно развитых странах он составляет от 28 до 30 т, что делает железнодорожные перевозки более эффективными, чем в РФ.

Для повышения полезной нагрузки на ось необходимо применение высокопрочных материалов, усовершенствование конструкции вагона, в том числе и за счет замены литых деталей на сварные конструкции. Это может быть отнесено и к тележке грузового вагона.

В настоящее время тележку или ее элементы предлагается изготавливать при помощи сварки, что позволит снизить массу тары. Однако особенности работы железнодорожного транспорта и в частности циклические нагрузки затрудняют применение сварки для тележки вагона. При сварки в результате действия термического цикла на основной металл в зоне термического влияния возникают растягивающие напряжения, способствующие зарождению и развитию усталостной трещины. Кроме того, при сварке существует высокая опасность непровара корня шва, что также отрицательно скажется на усталостной прочности сварного узла.

По нашему мнению положительных результатов при переходе с литого варианта на сварной можно будет достичь, если корневую часть шва сваривать в аргоне неплавящимся электродом с двух сторон, что позволит избежать дефектов в корне шва. Остальную часть шва можно сваривать методом сварки в углекислом газе австрийской фирмы FRONIUS, использующей импульсную подачу проволоки с частотой до 70 Гц с отдергиванием проволоки от капли. Это существенно снижает разбрызгивание электродного металла и уменьшает размеры зоны термического влияния, а значит и величину остаточных напряжений. Такое снижение остаточных напряжений будет способствовать повышению усталостной прочности.

Добиться повышения усталостной прочности можно и за счет применения высокоскоростной ударной обработки шва и зоны термического влияния специальным ультразвуковым устройством «Шмель», практически полностью снижающим остаточные напряжения.

### **СВАРКА СТАЛИ 30ХГСА В СМЕСИ ГАЗОВ**

Жолудев Р. - студент, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Среднеуглеродистые легированные стали типа сталь 30ХГСА, находят широкое применение в промышленности благодаря высокому уровню механических свойств и в первую очередь благодаря высокой прочности. В тоже время, повышенное содержание углерода отрицательно сказывается на их технологических свойствах.

Для сварных конструкций таким важным технологическим свойством является свариваемость, которая у вышеуказанной стали оценивается через склонность к образованию холодных трещин с помощью углеродного эквивалента. Проблема свариваемости такого типа решается с помощью термообработки (подогрев, высокий отпуск).

При использовании в сварных конструкциях трубчатых заготовок из стали 30ХГСА (угловые и тавровые соединения) возникают некоторые сложности, связанные с формированием сварного шва в зоне сплавления. Усложнение формирования в зоне сплавления связано с изменением пространственного положения сварочной ванны, если возможности кантовки изделия ограничены. Для достижения хорошего формирования

переходной зоны необходим перегрев сварочной ванны, поскольку он улучшает условия в зоне сплавления.

Для ответственных конструкций, изготавливаемых из стали 30ХГСА достаточно часто используется аргонодуговая сварка неплавящимся электродом. При сварке труб угловыми и тавровыми соединениями этот способ в классическом варианте не всегда обеспечивает получение зоны сплавления требуемого качества. Улучшить формирование в зоне сплавления в этом случае, по нашему мнению, можно за счет добавки в аргон от 1 до 3% кислорода.

Добавка такого количества кислорода при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом обеспечивает улучшение формирования в зоне сплавления даже в сложных пространственных положениях. Это связано с повышением температуры сварочной ванны. В тоже время незначительное повышение окислительной способности защитного газа, связанное с добавкой кислорода не оказывает существенного влияния на работоспособность вольфрамового электрода и позволяет проводить сварку на режимах, необходимых для достижения, требуемой глубины проплавления.

Кроме того, использование газовой защиты со слабой окислительной способностью оказывает положительное влияние на механические свойства металла сварного соединения.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение газовой смеси аргона с добавкой кислорода до 3% позволит улучшить формирование зоны сплавления без заметного снижения работоспособности вольфрамового электрода и может быть рекомендовано для сварки стали 30ХГСА.

## ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ У12

Е.В. Жданов - студент, Г.А Околович, д.т.н., профессор - научный  
руководитель

Алтайский государственный университет имени И.И. Ползунова, г. Барнаул

Назначение термической обработки пуансонов  $\varnothing$  4-6 мм заключается в пробиваемости легированной стали толщиной 15 мм за счет высокой твердости стали (64-65 HRC). Предполагается, что максимальная твердость обеспечивает высокие показатели. Однако это не всегда так. Необходимо достижение оптимального сочетания твердости, прочности, вязкости и работы разрушения.

Твердость - определяется содержанием углерода в мартенсите, дисперсностью и количеством карбидовой фазы; скоростью охлаждения. Остаточный аустенит снижает твердость.

Прочность - возрастает с увеличением содержания углерода в мартенсите до 0,5%, при большой концентрации снижается, в отличие от твердости, которая продолжает расти. Прочность уменьшается почти пропорционально увеличению размеров зерна и усилению неоднородности в распределении карбидов.

Вязкость - характеризует сопротивление образованию трещин и разрушению под действием ударных нагрузок. Вязкость структурно более чувствительное свойство, чем прочность. Она снижается с увеличением размеров зерна, ростом количества карбидов, ухудшением условий их распределения, состоянием границ зерен и с повышением твердости. Поэтому так опасен перегрев углеродистой стали, который ведет к росту зерна и хрупкому разрушению.

Тем не менее, в практике термической обработки изделия должным образом не учитывается влияние комплекса перечисленных свойств на конечный результат. Во-первых, следует выполнить подогрев садки над зеркалом ванны в течение 20-30 мин. (до 300°C), который необходим не только для удаления влаги, но и для сокращения времени выдержки при окончательном нагреве и снижения температурных напряжений. Кроме того, подогрев обеспечивает уменьшение концентрационной неоднородности за счет выделения дисперсных частиц 8-карбидов, которые служат центрами кристаллизации при окончательном нагреве и формированию однородного мелкоугольчатого мартенсита при закалке.

При этом необходимо учитывать температуру и плотность воды, определяющей скорость охлаждения в интервале мартенситного превращения.

Так, при одинаковой твердости (64-65 HRC) и содержании углерода в мартенсите (0,7%) изменение скорости охлаждения может снизить прочностные характеристики на 50%.

Плотность и температура раствора поваренной соли в воде определяют скорость охлаждения изделий при закалке. Плотность раствора 1,075552 г/см<sup>3</sup> и температура 20-25°C позволяют получить оптимальную скорость мартенситного превращения и, как следствие, минимальные термические напряжения.

Внутренние напряжения, возникающие при закалке, весьма сильно снижают прочность на изгиб инструментальной стали, тогда как твердость почти не изменяется. Большое значение в возникновении напряжений или в их уменьшении имеют скорость охлаждения и отпуск. После закалки выполняется отпуск кипячением при 100°C на твердость 64-65 HRC.

Температура и время выдержки при нагреве под закалку определяют содержание углерода в мартенсите и его твердость.

Так, например, после закалки стали У12А, по принятой технологии, (780-790°C) и отпуска при 100°C, 2 часа изделие приобретает высокую твердость 64-65 HRC, но пробиваемость снижается на 50-60% вследствие хрупкого разрушения. Для устранения этого "дефекта" проводят дополнительный отпуск 6-10 часов с целью понижения твердости до 63-64 HRC. Однако показатель пробиваемости увеличивается незначительно. Так как после закалки на твердость 64-65 HRC содержание углерода в мартенсите достигает 1,0%, прочность при изгибе составляет  $\sigma_{изг} = 600$  МПа, работа разрушения  $A=0,4-0,5$  Дж. Длительный отпуск сопровождается снижением содержания углерода в мартенсите, уменьшением твердости и тетрагональности решетки. Прочность и вязкость, при этом не могут существенно измениться вследствие структурной наследственности, т.е. крупного исходного зерна (балла 6-8), приобретенного при нагреве.

В то же время, наблюдается случаи низкой твердости после закалки (63-64 HRC) и ее пытаются повысить до 64-65 HRC тем же длительным кипячением. Иногда такое удается.

Пониженная твердость объясняется повышенным количеством остаточного аустенита (до 15-20%) из-за увеличения времени выдержки при высоких

температурах нагрева под закалку. В этом случае происходит частичное превращение остаточного аустенита с образованием вторичного мартенсита и увеличение твердости, которое накладывается на повышение твердости за счет выделения из исходного мартенсита дисперсных  $\epsilon$ -карбидов.

Отрицательное влияние аустенита становится существенным при увеличении его количества  $> 10-15\%$ . Так, 6-8% остаточного аустенита снижают твердость на 0,5 HRC и на 1-2 HRC при 10-18%.

Прочность, предел текучести и упругости снижаются пропорционально росту количества аустенита порядка 30-50 МПа на каждый процент аустенита [1].

По этой причине в сталях не обеспечивается достаточная устойчивость рабочей кромки при повышенных напряжениях, т.к. при нагрузке  $> 500$  МПа, т.е. выше предела текучести аустенита, происходит его превращение в мартенсит деформации с увеличением объема, которое сопровождается смятием и хрупким разрушением.

Наши исследования и промышленные испытания показали, что максимальная стойкость (80-100%) достигается при твердости 63-64 HRC, содержании углерода в мартенсите 0,6-0,7%, количестве остаточного аустенита 3-5% и балле зерна 11-12. Тогда прочность при изгибе составляет  $\sigma_{изг} \geq 1000$  МПа, работа разрушения  $A=0,6-0,8$  Дж, т.е. повышается в 1,5-2,0 раза, что и обеспечивает стабильность высокой стойкости.

Незначительное количество остаточного аустенита (3 - 5%) не испытывает при отпуске в течение 2 часов, каких-либо заметных превращений, однако происходит его стабилизация в отношении превращения в мартенсит при охлаждении до отрицательных температур, что сохраняет стабильность свойств и размеров при длительном хранении в различных климатических условиях.

В данном случае температура закалки определяется точкой Кюри ( $768^\circ\text{C}$ ) при которой происходит потеря магнитных свойств стали, когда проявляется магнитострикционный эффект, заключающийся в упорядочении доменной структуры, закрытии микропор, дефектов, уменьшении объема и увеличении плотности, т.е. эффект сжатия увеличивается для парамагнитных и антиферромагнитных металлов при наличии магнитного и полиморфного превращений.

Выводы: Таким образом во время выдержки при нагреве под закалку ( $765^\circ\text{C}$ ) температура расплава нагревательной среды меняется в интервале  $\pm 5^\circ\text{C}$ , что сопровождается магнитострикционным термоциклированием, т.е. потерей и восстановлением магнитных свойств стали и, следовательно, более эффективным упорядочением доменной структуры, что как видно по результатам испытаний, существенно сказывается на повышении прочностных свойств, работы разрушения и показателя пробиваемости.

#### Список литературы

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1983 - 525 с.
2. Патент №2133783 РФ Мки С21Д1/78. Способ

термической обработки изделий из углеродистой стали/ Околович Г.А., Исаев О.Б., Шальнева Г.А., Спасенко Н.В./ Оpubл. В БИ. 1999, №21.