

Литература

1. Формирование зоны соединения разнотолщинных материалов при контактной точечной сварке /Е.Б. Демченко, В.П. Березиенко, А.Е. Жук //Вестник БНТУ. -2002. -№6. -С.43-45.
2. Влияние параметров процесса контактной точечной сварки на качество сварных соединений /В.П. Березиенко, Е.Б. Демченко, А.Е. Жук //Потенциал науки – развитию промышленности, экономики, культуры, личности. –Минск: Технопринт. - 2002. –Ч. 1. -С.52-57.
3. Расчёт остаточных напряжений в слоистых трубах полученных сваркой взрывом /Е.В. Сагарда, Е.Б. Демченко //Матер. междуна. симп. «Сварка и родственные технологии: проблемы и пути решения». –Минск: Топ-Тайл. -1999. -С.61-63.
4. Разрушение слоистых материалов полученных сваркой /В.Н. Ковалевский, Е.В. Сагарда, Е.Б. Демченко //Потенциал науки – развитию промышленности, экономики, культуры, личности. –Минск: Технопринт. -2002. –Ч. 1. -С.92-98.

УДК 621.791

Анализ свойств сварных соединений из разнородных сталей

Аспирант – Колесникова А.Е.
Научный руководитель – Поболь И.Л.
Физико-технический институт НАН Беларуси
г. Минск

Основным видом сварки в настоящее время является электродуговая сварка (ЭДС). Структурные превращения, проходящие в шве и околошовной зоне при ЭДС, часто оказывают негативное влияние на показатели конструктивной прочности соединения и всей конструкции в целом. Образование дефектных структур обусловлено физическими процессами, протекающими при сварке и связанными с действием высоких температур при плавлении металла. Перспективным способом создания неразъемных соединений является электронно-лучевая сварка (ЭЛС). Ведущие машиностроительные фирмы мира 40-90% сварочных работ выполняют с применением ЭЛС. Вследствие локализованного воздействия ЭЛС сопровождается менее интенсивным разогревом околошовной зоны и приводит к формированию узкой зоны термического влияния (ЗТВ), что в свою очередь может приводить к повышению конструктивной прочности сварного соединения.

Проведены исследования фазового состава, упруго-напряженного состояния и механических свойств сварных соединений, полученных методами ЭДС и ЭЛС. Выбрана деталь «поворотный кулак – суппорт», применяемая в автобусном производстве МАЗ. Деталь изготавливается из сталей 10ХСНД и 40Х. Сталь 40Х относится к условно свариваемым сталям. Исследования проводились на образцах размером 120x120 мм и толщиной 8 мм.

ЭДС сталей выполнена с использованием полуавтомата VarioStar L50 с присадочным материалом - проволокой Sv08Г2 диаметром 1,2 мм. Сварку для получения соединения толщиной 8 мм проводили за несколько проходов. ЭЛС выполняли на аппаратуре ЭЛА-15 (ускоряющее напряжение 60 кВ, мощность луча до 15 кВт) со сквозным проплавлением за один проход. ЭЛС проводили по двум схемам: на холодных заготовках (ЭЛС-ХЗ), и с предварительным нагревом зоны соединения расфокусированным электронным лучом (ЭЛС-ПН).

Из пластин с размерами 240x120 мм, сваренных методами ЭЛС и ЭДС, изготавливались образцы для проведения испытаний на растяжение в соответствии с ГОСТ 1487-84. Использована гидравлическая машина INSTRON модели Sattec 300LX.

При испытании сварного соединения на статическое растяжение определяли временное сопротивление и предел текучести наиболее слабого участка соединения (ГОСТ 6996-66). Твердость образцов сварных узлов измерялась методом Виккерса при нагрузке 30 кгс (295 Н).

Сталь 40Х в области, удаленной от зоны сварного соединения, содержит α -Fe и цементит Fe_3C , твердость на этом участке - $HV=2250 - 2350$ МПа. Сталь 10ХСНД содержит α -Fe со следами цементита Fe_3C и имеет твердость $HV=1800 - 1850$ МПа. После ЭДС твердость стали 40Х в прилегающем к сварному шву участке и в ЗТВ составляет $HV=3900 - 4200$ МПа. Фазовый состав этого участка включает в себя α -Fe, γ -Fe и цементит Fe_3C . ЗТВ стали 10ХСНД не содержит γ -фазы, а ее твердость не превышает 2300 МПа. Повышенная твердость ЗТВ стали 40Х и присутствие в ней остаточного аустенита свидетельствует о закалке зоны в процессе формирования сварного соединения. Повышенная закаливаемость ЗТВ стали 40Х обусловлена сравнительно высоким содержанием в стали углерода. В сварном шве присутствуют как α -Fe, так и разнообразные оксиды железа: Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , α - Fe_3O_4 и FeO. Твердость шва находится в пределах $HV=2400 - 2500$ МПа. В элементе из стали 40Х соединения обнаружены растягивающие напряжения, в стали 10ХСНД и непосредственно в сварном шве - напряжения сжатия.

При ЭЛС холодных заготовок скорость охлаждения прилегающих к сварному шву областей происходит с большей скоростью, чем при ЭДС. В результате этого твердость ЗТВ стали 40Х приблизительно в 1,5 раза выше по сравнению с ЭДС и достигает 6100 МПа. Твердость сварного шва составляет 3900 – 4100 МПа. Имеются растягивающие напряжения небольшой величины (170 МПа) в зоне сварного шва и сжимающие напряжения в остальных зонах узла.

При ЭЛС с предварительным нагревом заготовок скорость охлаждения приблизительно одинакова для различных участков сварного шва. В результате этого твердость по сечению сварного соединения характеризуется большей однородностью и находится в пределах 2000 – 2700 МПа на разных участках шва. При этом фазовый состав материала сварного соединения характеризуется наряду с α -Fe также наличием аустенита и отсутствием оксидов. Режим ЭЛС-ПН приводит к появлению в сварном шве сжимающих напряжений, величина которых составляет 200 МПа. При этом в ЗТВ стали 40Х действуют растягивающие напряжения, равные 100 МПа, а в ЗТВ стали 10ХСНД возникают сжимающие напряжения, составляющие 60 МПа.

Численные значения механических характеристик испытанных на растяжение образцов сварных соединений, выполненных по различным технологиям, представлены в таблице. Лучшие прочностные и пластические характеристики выявлены у образцов, полученных методами ЭДС и ЭЛС-ПН. Разрушение образцов, изготовленных по технологии ЭДС, происходило в зоне сварного шва, а разрушение образца сварного соединения, полученного ЭЛС-ПН, - по основному металлу вдали от ЗТВ. Образцы ЭДС и ЭЛС-ПН имеют близкие значения предела текучести, однако образец ЭЛС-ПН имеет более высокий предел прочности и более пластичен, удлинение при разрыве достигает 20%.

Таблица - Значения механических характеристик образцов сварных соединений

Метод сварки	Пределы текучести и прочности, МПа		Относительное удлинение δ , %	Место разрушения образца
	σ_T	σ_B		
ЭДС	445	520	$\approx 3,5$	вблизи (≈ 2 мм) сварного шва
ЭЛС-ХЗ	390-425	405-430	≈ 1	по сварному шву
ЭЛС-ПН	420-440-	565-585	12-20	удален на 20-25 мм от сварного шва

Наиболее высокие прочностные свойства имеют сварные соединения, изготовленные по технологии ЭЛС с предварительным нагревом. При испытаниях разрушение происходит на значительном расстоянии от сварного соединения в зоне элемента, изготовленного из малоуглеродистой стали 10ХСНД. Это свидетельствует о том, что предел прочности сварного шва выше предела прочности стали 10ХСНД. Таким образом, режим ЭЛС-ПН можно считать наиболее перспективным режимом сварки исследуемых сталей.

Таким образом, метод электронно-лучевой сварки обеспечивает значительное энерго- и материалосбережение и отличается от других способов сварки тем, что обеспечивает получение узкой и глубокой зоны проплавления. Однако, при электронно-лучевой сварке разнородных сталей, одна из которых склонна к закаливанию и образованию частично перегретой крупнозернистой структуры в околосшовной зоне и зоне сварного шва, в случае непринятия дополнительных мер, сварное соединения может оказаться хрупким, с низкими пластическими и прочностными характеристиками. Одним из возможных путей повышения качества сварного соединения, достаточно просто реализуемых на практике, является ограничение степени закалки околосшовной зоны посредством повышения температуры окрестности шва при предварительном подогреве зоны сплавления расфокусированным лучом. Благодаря этому происходит снижение скорости охлаждения dT/dt и степени упрочнения материала. После такой предварительной обработки электронно-лучевое сварное соединения имеет значительно более высокие механические характеристики, чем соединения, полученное с использованием традиционной электродуговой сварки.

УДК: 669.295:621.785.53

Разработка аппаратных средств технологической установки ионно-плазменного азотирования

Аспирант – Назарова О.И.

Научный руководитель – Гордиенко А.И.

Аспирант – Ахмед М.Ш.

Научные руководители – Поболь И.Л., Татур В.Г.

НИЦ «Плазмотег» ФТИ НАН Беларуси
г. Минск

Одним из наиболее перспективных способов поверхностного упрочнения изделий из сталей, чугунов, сплавов титана, никеля, алюминия и др. металлов является обработка в плазме тлеющего разряда, горящего в среде азота, иногда с добавками углеводородов, в частности, его усовершенствованный вариант - газотермоциклическое ионное азотирование в прерывистом режиме. При осуществлении этого способа благодаря использованию пульсирующего тока разряда и газотермических циклов насыщения приповерхностных слоев значительно сокращаются время обработки, затраты электроэнергии и реакционных газов, улучшаются эксплуатационные характеристики деталей, поскольку из-за низких температур и малых времен воздействия не происходит разупрочнения сердцевины изделий.

Теоретические положения процесса азотирования характеризуются двумя подходами. Первый из них сформирован учеными школы Ю.М.Лахтина и учеными немецкой школы [1, 2]. Другой принцип сформулирован Б.Н.Арзамасовым с сотрудниками [3]. Обе модели основаны на движении положительных ионов от анода к катоду. В обеих моделях образующим началом является бомбардировка поверхности металла положительными ионами активного компонента азота. Это предполагает только один вариант полярности: подложка может иметь только отрицательный потенциал и служит катодом. Как бы ни отличались эти модели, они основаны на