УДК 621.791.754

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ СПЕКТРАЛЬНО-АКУСТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ СВАРКИ

Лоскутов Л.Г., Мордовин Д.В., гр. МТа-251
Научный руководители: Абабков Н.В., к.т.н., доцент, Пимонов М.В., к.т.н.
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
Россия, г. Кемерово

Одним из подходов к оценке состояния сталей является использование неразрушающего контроля, который включает в себя методы ультразвуковой диагностики, радиографии, магнитного контроля [1]. Эти методы позволяют выявлять внутренние дефекты, такие как трещины, пористость и другие неоднородности, без повреждения самого материала (рис. 1).

Таким образом цель настоящего исследования заключается в оценке влияния способов и режимов сварки на механические свойства конструкционной стали путем анализа изменения амплитудно-частотных характеристик при спектрально- акустическом методе неразрушающего контроля.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Проанализировать современные методы изготовления металлических элементов подъемных сооружений: ручная дуговая, полуавтоматическая, аргонодуговая, лазерная сварка и неразрушающий контроль;

2. Подготовить образцы стали 09Г2С, сваренные разными методами: лазерная, ручная дуговая, полуавтоматическая и аргонодуговая сварка. Часть образцов исследовать разрушающими методами, часть — неразрушающими;

3. Сравнить результаты испытаний, проведённых с помощью разрушающих и неразрушающих методов, и определить, как меняются акустические характеристики стали 09Г2С в зависимости от способа и режима сварки. Также проанализировать методы, использованные в экспериментальных исследованиях, включая методы разрушающего и неразрушающего контроля.

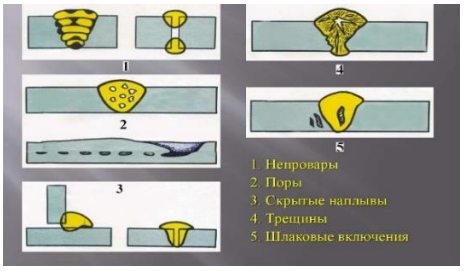

Рисунок 1 – Характерные дефекты сварных соединений.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) – это функция, описывающая зависимость модуля некоторой комплексно-значимой функции от частоты (рис. 2).

В линейной электрической цепи эта функция описывает сдвиг фазы между гармоническими колебаниями на входе и выходе цепи в зависимости от частоты входных колебаний вызванной дисперсией звука (рис. 3).

АЧХ также используется для анализа фазовых искажений сложного сигнала, которые возникают из-за различной временной задержки отдельных гармоник при их прохождении через систему [2].



Рисунок 2 – Пример амплитудно-частотной характеристики (АЧХ)



Рисунок 3 – Пример графика дисперсии звука

Для проведения экспериментальных исследований были подготовлены образцы из конструкционной стали 09Г2С (табл. 1)

Таблица 1 - Химический состав стали 09Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	до 0,04	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,010	до 0,3	до 0,08

Образцы экспериментальных исследований были получены с применением разных способов сварки (рис.4).

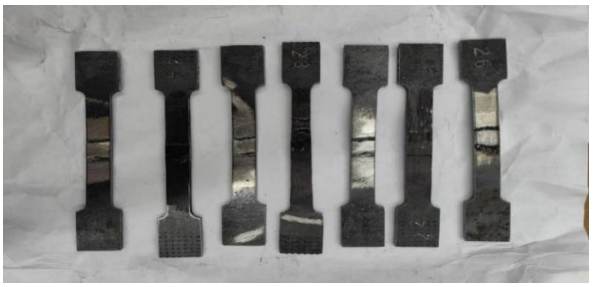

Рисунок 4 – Образцы экспериментальных исследований

Ручная дуговая сварка – этот метод включает зажигание электрической дуги посредством касания электродов к металлической конструкции [3].

Лазерная сварка – данный метод основывается на нагревании и плавлении краев деталей с помощью кинетической энергии потока высокоскоростных электронов в вакууме [4].

Полуавтоматическая сварка – в этом процессе электродная проволока подается в зону соединения с постоянной скоростью, одновременно используя углекислый газ или другой инертный газ для защиты [5].

Ручная аргонодуговая сварка представляет собой электрическую дугу, которая нагревает металл детали и присадочный пруток, формируя шов [6].

Режим сварки оказывает значительное воздействие на частотно-амплитудные свойства материалов в процессе спектрально-акустического контроля.

Рассмотрим ключевые аспекты этого воздействия:

1. Изменение структуры материала.

Различные параметры сварки, такие как температура, скорость и сила тока, могут приводить к изменениям в кристаллической решётке и микроструктуре материала. Это, в свою очередь, влияет на его акустические свойства, включая скорость распространения ультразвуковых волн и коэффициент затухания;

2. Появление дефектов.

Эти дефекты могут изменять амплитуду и частоту акустических сигналов, что важно учитывать при интерпретации результатов контроля;

3. Влияние на механические свойства.

Режим сварки влияет на прочность, твёрдость и пластичность. Изменение этих свойств может приводить к изменению акустических характеристик;

Для регистрации амплитудно-частотных характеристик использовали ИВК «АСТРОН» с малобазным преобразователем поверхностных акустических волн.

1. Анализ исследования показал, что остаточные внутренние напряжения оказывают различное влияние на эксплуатационные характеристики и ресурс автомобильных деталей. Для одних компонентов они не представляют существенной значимости, тогда как для других являются критически важными. Существует множество методик для определения напряжений. Например, рентгенографический анализ позволяет оценить остаточные макронапряжения в поверхностных слоях материала без его разрушения. Однако для получения

данных об объемных остаточных напряжениях, возникающих при обработке давлением, резанием, термообработкой или литьем, как правило, необходимо разрушение детали.

2. Анализ данных, позволяет комплексно оценить прочностные параметры сварных соединений, используя различные методы сварки. Исследование выявило следующие ключевые выводы, полезные для специалистов в области производства и ремонта конструкций:

– Лазерная сварка (6,61 А): обеспечивает минимальное количество остаточных напряжений, что способствует высокой усталостной прочности и долговечности сварных соединений; высокая точность и качество сварки делают её предпочтительной для деталей, требующих точного исполнения и высоких эксплуатационных характеристик; подходит для применения в условиях, где важны высокая точность и надежность, например, в аэрокосмической и медицинской промышленности.

– Ручная дуговая сварка (90 А): умеренные остаточные напряжения снижают риск усталостного разрушения, но уступают лазерной сварке по точности и качеству соединения; гибкость в применении и возможность работы в полевых условиях делают её популярной для ремонта и сборки конструкций.

– Полуавтоматическая сварка (200 А): средние остаточные напряжения обеспечивают баланс между качеством и экономичностью; умеренная точность и скорость выполнения позволяют использовать её для широкого спектра задач; рекомендуется для массового производства и ремонта деталей, где важны скорость выполнения работ и контроль качества сварных соединений.

– Ручная аргонно-дуговая сварка (70 А): значительные остаточные напряжения могут негативно сказаться на усталостной прочности, но высокая гибкость и возможность работы в труднодоступных местах компенсируют этот недостаток; эффективна для сварки тонкостенных конструкций, ремонта и изготовления деталей в труднодоступных местах; целесообразна для задач, где не требуется высокая усталостная прочность, но важна возможность работы в сложных условиях.

3. Выбор метода сварки должен основываться на комплексном анализе требований к детали, включая её эксплуатационные характеристики, точность и долговечность. Лазерная сварка обеспечивает высокую точность и минимальное количество остаточных напряжений, что делает её предпочтительной для ответственных деталей. Ручная дуговая и полуавтоматическая сварки подходят для менее требовательных задач. Ручная аргонодуговая сварка – для работы в труднодоступных местах. Эти выводы помогут специалистам оптимизировать производственные процессы и повысить качество сварных соединений.

Список литературы:

1. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2006 – 354с.

2. Прогнозирование и оценка остаточного ресурса энергетического оборудования / Н. В. Абабков, А. Н. Смирнов, В. И. Данилов [и др.]. – Кемерово: Сибирская издательская группа, 2024. – 375 с.

3. Лупачев, В. Г. Ручная дуговая сварка / В.Г. Лупачев. - М.: Высшая школа, 2010. - 416 с

4. Куликов А.В., Попов И.А. - Лазерная сварка, "Сварочное Производство". 2010.

5. Виноградов, В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки / В.С. Виноградов. - М.: Академия, 2001. - 319 с.

6. В.Л. Руссо Дуговая сварка в инертных газах / В.Л. Руссо. - М.: Судостроение, 2017. - 120 с.