

УСТРОЙСТВО И МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ  
СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Н. Н. ЗАКАБЛУКОВА

Научный руководитель В. А. НОВИКОВ, д-р техн. наук, проф.  
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Трубы прямоугольного сечения получают высокочастотной сваркой.

С этой целью к кромкам сформированной трубной заготовки подводят ток высокой частоты. Вследствие поверхностного эффекта и эффекта близости ток концентрируется на поверхностях соединяемых кромок. Трубная заготовка с разогретыми кромками поступает в обжимные валки, где и происходит сварка.

Т. к. при высокочастотной сварке наблюдается концентрированный нагрев кромок заготовки, то протяженность зоны термического влияния и ширины шва мала и составляет 0,1–0,15 мм. По этой причине сварной шов обладает высокими механическими и антикоррозионными свойствами, близкими к свойствам основного металла. Скорость высокочастотной сварки труб во много раз превышает скорость их дуговой сварки. Высокочастотная сварка дает возможность получить соединения с незначительным внутренним гратом. Наружный грат трубы удаляется.

Основными дефектами сварных соединений труб прямоугольного сечения, выполненных токами высокой частоты, являются несплавления.

Для их обнаружения наиболее приемлемыми будут индукционный, магнитографический и вихретоковые методы контроля. Устройство и методика дефектоскопии сварных соединений труб в данной работе разработаны применительно к магнитографическому методу контроля, основанному на использовании для записи магнитных полей дефектов визуализирующей магнитные поля пленки.

Визуализирующая магнитные поля пленка состоит из немагнитной основы, на которую нанесены миниатюрные капсулы с гелем, в них равномерно распределены частички никеля. В зависимости от своего расположения эти частички по-разному отражают падающий свет. Пленка окрашивается в светлые тона, когда частицы никеля располагаются параллельно ее поверхности, и темнеет, когда ориентированы перпендикулярно ей. Пленка имеет толщину 0,15 мм и может многократно использоваться для неразрушающего контроля после ее восстановления (размагничивания).

Сущность магнитографического метода контроля с использованием визуализирующей магнитные поля пленки заключается в том, что пленку укладывают на поверхность ферромагнитного объекта и намагничивают вместе с ним. Под действием полей рассеяния дефектов, находящихся в объекте, на пленке возникают их индикаторные рисунки, по присутствию которых судят о наличии дефектов в изделии. Однако метод контроля является индикатор-

ным и не позволяет даже приблизительно определить величину несплошности по виду ее индикаторного рисунка, а также сделать заключение, превышает ли она браковочный уровень, установленный нормативно-технической документацией. Другими словами, при визуализации полей рассеяния дефектов на магнитной пленке индикаторные рисунки дефектов необходимо оценить количественно для сравнения с индикаторными рисунками от минимальных недопустимых дефектов в данном объекте в соответствии с техническими условиями. Поэтому количественная оценка дефектов по результатам записи их полей на визуализирующую пленку является важной и актуальной задачей.

Экспериментальные исследования влияния глубины дефекта внутренней поверхности ферромагнитных образцов и условий контроля на количественные характеристики индикаторных рисунков дефектов на пленке, визуализирующей магнитные поля, при контроле в приложенном поле осуществляли следующим образом. Сначала устанавливали необходимый режим намагничивания намагничивающего устройства, после отключения тока в катушке электромагнита на его полюсы укладывали образец вместе с пленкой, включали ток, а затем фотографировали в приложенном поле изображение индикаторных рисунков дефектов. Цифровой фотоаппарат был закреплен в штативе над образцом с уложенной на его поверхность пленкой. Из полученного изображения индикаторного рисунка дефекта на пленке попиксельно считывали в файл значения интенсивности окраски пленки для зеленого цвета. Установлены зависимости размаха сигнала, обусловленного дефектом, кривой распределения усредненных значений интенсивности окраски пленки по ее ширине от глубины дефекта внутренней поверхности образца для различных режимов намагничивания, и определены условия контроля.

Экспериментально получены номограммы, позволяющие количественно оценить величину дефекта, находящегося на внутренней по отношению к индикатору поверхности. Установлено, что дефекту большей глубины соответствует больший размах сигнала. С увеличением глубины дефекта внутренней поверхности размах сигнала монотонно возрастает, причем при малых режимах намагничивания (до 100 А/см) крутизна кривых увеличивается с ростом глубины несплошности, при высоких – уменьшается при возрастании  $H$ . С увеличением напряженности намагничивающего поля размах сигнала сначала возрастает, а затем стабилизируется, причем чем больше глубина несплошности, тем при меньшей напряженности поля происходит стабилизация размаха сигнала.

Было разработано устройство для автоматизированного обнаружения несплавлений в сварных швах труб прямоугольного сечения магнитографическим методом с использованием визуализирующей магнитные поля пленки. В его основании, состоящем из двух балок, скрепленных между собой рейками, закреплены четыре оси со звездочками. Оси установлены в подшипниках качения и приводятся в движение с помощью цепной передачи,

снабженной приводом от электродвигателя с редуктором. В балках выполнены проемы, в которые помещены три электромагнита с П-образным сердечником. Для исключения контакта объекта контроля при его движении с полюсами электромагнита используются направляющие ролики-ограничители. Магнитная пленка закреплена над центральным электромагнитом. Для фиксации результатов контроля над визуализирующей магнитные поля пленкой установлена видеокамера с подсветкой. Видеокамера жестко закреплена в устройстве.

Для обнаружения дефектов сплошности сварных швов труб прямоугольного сечения разработана методика контроля, включающая следующие основные операции:

- произвести визуально-измерительный контроль сварного шва. Шов осматривается визуально на наличие видимых дефектов: нарушений сплошности, наличия неудаленного грата;
- отметить места недопустимых наружных дефектов;
- размагнитить магнитную пленку;
- магнитную пленку закрепить в приспособлении так, чтобы она не прогибалась и не провисала;
- установить такой режим намагничивания, чтобы от минимального недопустимого дефекта в испытательном образце на пленке появился индикаторный рисунок дефекта;
- включить электродвигатель, убедиться в плавности хода цепного конвейера, в отсутствии вибраций;
- включить видеокамеру;
- поместить трубу прямоугольного сечения в устройство для автоматизированного контроля; объект контроля должен двигаться плавно, без рывков;
- если на визуализирующей магнитные поля пленке появляется индикаторный рисунок дефекта, то дефект считать недопустимым;
- при обнаружении недопустимого дефекта выключить привод установки;
- отметить места, соответствующие недопустимым дефектам на поверхности объекта контроля. В сомнительных случаях выполнить количественную оценку дефекта по разработанной ранее методике;
- записать полученные результаты в журнал.

Разработанное устройство должно обеспечить высокую производительность контроля сварных швов труб прямоугольного сечения, изготовленных высокочастотной сваркой, удобство в эксплуатации и наглядность, позволит судить о размерах обнаруженных дефектов, даст возможность отстроиться от помех, обусловленных поверхностными неровностями и структурными неоднородностями.