

## ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В.А. Фролов, А.Г. Мельников, А.В. Корчмит*

Научный руководитель: доцент, к. т. н. А.Г. Мельников  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
E-mail: melnikov\_ag@tpu.ru

Электронно-лучевая сварка – это сварка потоком высокоскоростных электронов, движущихся под действием электрического поля в вакууме. Данный вид сварки применяется для сварки тугоплавких, высокоактивных металлов в космической и авиационной промышленности [1, 2], приборостроении и др. Электронно-лучевая сварка используется и при необходимости получения высококачественных швов с глубоким проплавлением металла. Сварка выполняется внутри камеры в вакууме, полученным за счет откачивания воздуха до давления порядка  $10^{-6}$ – $10^{-4}$  мм рт. ст. Пучок электронов создается в специальном устройстве – электронно-лучевой пушке.

Быстрый локальный нагрев и охлаждение позволяют сваривать разнородные материалы сложной конфигурации. Поэтому целью данной работы является выявление возможных дефектов при проведении сварки тонкостенной трубы с массивным фланцем.

Объектом исследований служили 2 образца разнородных материалов: труба из сплава 36НХТЮ и фланцы из стали 12Х18Н10Т (рис. 1) (малый – а и большой – б).

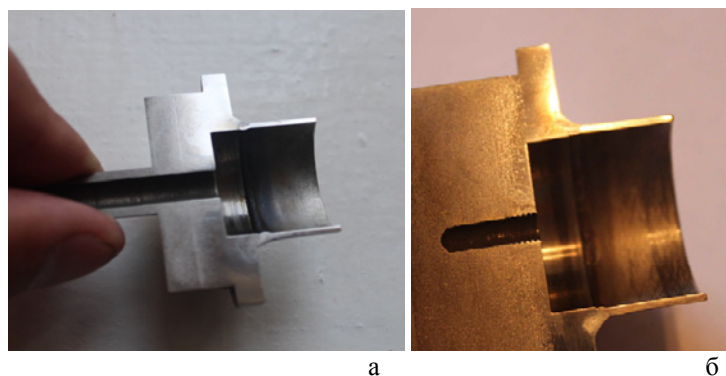


Рис. 1. Внешний вид сварного соединения

Задачами работы было определение качества сварного соединения и выявление возможных дефектов.

Для проведения данного исследования использовались следующие инструменты и установки:

- детальная обзорная фотосъемка проводилась при естественном освещении методом обычной съемки цифровым фотоаппаратом Canon 650D с применением встроенной фотовспышки;
- микроскоп Axiovert 40 MAT;
- штангенциркуль ШЦ-I-150x0,1;
- масштабная линейка установленного образца;
- лупа;
- металлографические реактивы.

Подготовка образцов состоялась из следующих операций:

- машинное шлифование на мелкой шкурке;
- ручное шлифование на тонкой шкурке, на нулевке;
- машинная полировка на войлоке с водным раствором окиси хрома.
- металлографическое травление.

Выбор реактивов для металлографического травления проводился экспериментально. Травление в стандартном реактиве для стали – 5% азотной кислоты в этиловом спирте – эффекта не дало. Использование в качестве реактива 100% азотной кислоты, также, не дало результатов. Положительный эффект обнаружен при многоступенчатом травлении смеси из равных частей азотной и соляной кислот (рис. 2).

### Результаты микро-и макроанализа

*Малый образец.* В переходной зоне сплавления металла шва и металла трубы (рис. 2) обнаружена усадочная раковина (либо разрыв металла в результате усадки), имеющей вид продольной узкой трещины, шириной около 1 мм. Также имеется трещина разрыва металла шва.

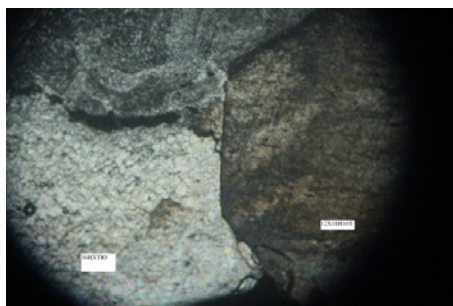


Рис. 2. Микроструктура сварного соединения ЭЛС.  $\times 200$ .

Металл шва, трубы и фланца имеют четко видимые границы раздела. Металл шва характерен столбчатой структурой, направление дендритов ориентировано в направлении теплоотвода. Структура характерна для ускоренного охлаждения малых объемов. При сварке шва материал трубы перегрелся, но не расплавился. От действия высоких температур труба перешла в пластичное состояние и деформировалась, о чем свидетельствует «валик», внешне напоминающий наплавку.

Проплавление материала трубы и материала фланца неудовлетворительное (не обнаружено). Видна окисленная граница раздела материала фланца и шва. Перемешивание металла шва и фланца не обнаружено.

Вероятнее всего нарушение режимов сварки – высокая скорость, малый ток.

*Большой образец.* Визуально структура (макро и микро) схожа с малым образцом. Качество сварного шва – выше. Общая площадь сварного шва шире и больше. Обнаружено проплавление и перемешивание металла трубы (36НХТЮ) и сварного шва. Имеется частичное проплавление металла шва и металла фланца (сталь 12Х18Н10Т). Сварка – многозаходная, т.к. обнаружены участки столбчатых кристаллов, различно ориентированных, и после травления – различной яркости и контраста.

Окисленная граница раздела металла шва и металла фланца – менее выражена. Обнаружен диффузионный слой. Проплавление материала трубы и материала фланца в нижней части сварного шва неудовлетворительное (не обнаружено).

#### **Выводы**

1. Качество сварного соединения на 1 образце неудовлетворительное. Выявлены дефекты в виде разрыва металла, проплавление основного металла с металлом шва, гарантирующее его качество, не выявлено.
2. Качество сварного соединения на 2 образце удовлетворительное. Выявлено частичное проплавление металла шва и сплава 36НХТЮ и диффузионный слой, показывающий соединение разнородных материалов.

#### **Список литературы**

1. Овчинников В.В., Грушко О.Е., Алексеев В.В. и др. Структура и свойства сварных соединений алюминиевого сплава В-1469, полученных электронно-лучевой сваркой // Заготовительные производства в машиностроении. – 2012. – № 5. – С. 21–31.
2. Овчинников В.В., Егоров Р.В. Пористость швов при электронно-лучевой сварке алюминиевых сплавов, легированных литием // Вестник ИГОУ. – 2006. – Вып. 4. – С. 92–96.