

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **INTERNATIONAL WORKSHOP**

**«Multiscale Biomechanics and Tribology  
of Inorganic and Organic Systems»**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ  
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

**«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»**

Томск  
Издательский Дом ТГУ  
2019

**DOI: 10.17223/9785946218412/406**

**СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛА ШВА СТАЛИ 12Х18Н10Т, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ГИБРИДНОЙ ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ**

Воронцов А.В., Калашникова Т.А., Дмитриев А.В.

*Институт физики прочности и материаловедения, Томск*

Гибридная лазерно-дуговая сварка является перспективным методом получения сварных соединений. Отличительной особенностью данного процесса является взаимодействие двух источников тепла в одной сварочной ванне расплава. С помощью данного вида сварки возможно сваривание за один проход толстостенных металлических заготовок без разделки кромок с высокой скоростью. Исследования сварных швов на примере нержавеющей стали 12Х18Н10Т являются очень важными в сварочном производстве.

Целью работы является исследование структуры и механических свойств сварного шва нержавеющей стали 12Х18Н10Т, полученного методом гибридной лазерно-дуговой сварки.

Исследования сварных швов гибридной лазерно-дуговой сварки (ГЛС) проводились на листовом прокате нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Химический состав используемой стали: Fe, <0.12% С, 17-19% Cr, 9-12% Ni, <2% Mn, <1% Si, 0.3-0.7% Ti, <0.045% P, <0.03% S. В качестве заготовок использовались пластины толщиной 10 мм и размером 300×120мм.

Для получения неразъемных соединений использовался иттербиевый волоконный лазер производства компании IPG с длиной волны 1.07 мкм. При сварке лазерное излучение было направлено перпендикулярно к плоскости заготовок, фокус лазерного излучения находился на плоскости лицевой поверхности сварных заготовок. Для достижения полного проплавления выдерживался воздушный зазор между свариваемыми пластинами, величина которого составляла 0.8 мм.

Сварочная горелка дугового источника находилась позади лазерного источника на расстоянии  $D_L=6.0$  мм, что дало возможность разделить две взаимодействующие зоны: сварочную ванну от лазерного источника и сварочную ванну от дугового источника. Сварочная горелка была отклонена на угол  $\alpha=50^\circ$ . Мощность лазерного излучения при сварке составляла 12 кВт, ток дуги – 210 А, напряжение дуги – 25.7 В, скорость сварки – 2.5 м/мин.

Исследования на статическое растяжение проводились на специально подготовленных образцах меньшего размера, позволяющих испытать металл шва разных зон плавления – дуговой и лазерной.

На рис. 2а приведена макроструктура шва с выделенными основными зонами сварочного процесса. Черным контуром обозначена зона плавления дуговым и лазерным источниками. Структура зон влияния тепловых источников в сварочном процессе под бóльшим увеличением показана на рис. 2б,в. Металл шва, переплавленный посредством лазерного излучения, отличается более измельченной столбчатой структурой, по сравнению со столбчатыми зернами зоны плавления дуговым источником. Это также обусловлено более высокой скоростью охлаждения в зоне 2-3 (рис. 2б,в).

В зоне плавления лазером визуально наблюдаются зоны повышенного травления, обозначенные красным пунктиром на рис. 2б,в. Зона 3, присутствующая на протяжении всей глубины проплавления источником лазерного излучения менее однородна. Мы полагаем, что это происходит из-за повышенных энергозатрат в процессе сварки. При повышенном значении энергии лазерного источника тепло, отражаясь от границы раздела нижней части образца, течет в обратном направлении. Дополнительный нагрев провоцирует неравномерное охлаждение по глубине сварного шва. Образованные границы показывают насколько эффективно свариваемые пластины отводят тепло с зоны плавления.

**Секция 8.** Сварка, родственные процессы и технологии для создания технических систем ответственного и специального назначения, в том числе для эксплуатации в экстремальных условиях и низких климатических температур Арктики и Крайнего Севера

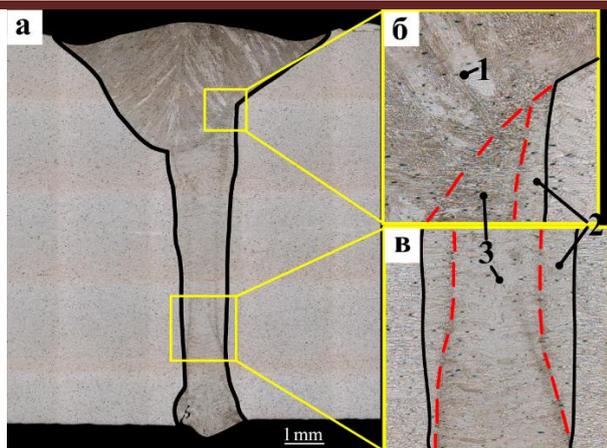


Рис. 2. Структура сварного соединения. а - макроструктура сварного соединения гибридной лазерно-дуговой сварки, б – структура металла шва в месте воздействия дугового и лазерного источника, в – структура металла шва в месте воздействия лазерного источника

Проведен ряд испытаний на статическое растяжение. Ввиду того, что прочность данного сплава в литом состоянии сравнима с прочностью основного металла в состоянии проката, были вырезаны нестандартные образцы, позволяющие оценить механические свойства металла шва в различных зонах.

По результатам испытаний сварного шва на статическое растяжение (табл. 1) можно сделать вывод, что предел прочности металла шва, образцов типа 3, в зоне плавления дуговым источником оказался в среднем выше, чем в зоне плавления лазерным излучением. При этом прочность металла шва при наложении нагрузки вдоль роста дендритов (образцы типа 1, 2), оказалась выше у зоны плавления лазерным источником. Прочность металла шва зоны плавления дуговым источником оказалась наименьшей.

Данные испытаний образцов, вырезанных из области границы между дуговой и лазерной зоной плавления неоднозначны. Значения прочности находятся между значениями прочности зон плавления по отдельности. По полученным данным сложно сказать о прочностных характеристиках этой зоны. Образец под маркировкой «ОМ» – образец для определения предела прочности основного металла.

Таблица 1 Результаты испытаний металла шва разных зон сварки на статическое растяжение.

Образец	Тип образца	Положение разрушения	Среднее значение предела прочности при растяжении, МПа
laser	3, попер	металл шва	742
laser	2, вдоль	металл шва	752
arc+laser	3, попер	металл шва	757
arc+laser	1, вдоль	металл шва	722
arc	3, попер	металл шва	776
arc	1, вдоль	металл шва	667
ОМ	1	основной металл	698

Проведенные испытания на статическое растяжение металла шва дуговой и лазерной зон плавления различны между собой. В зависимости от направления роста дендритов по отношению к напряжению при испытаниях, наблюдается анизотропия металла шва.

### Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (Соглашение № 14.607.21.0190, идентификатор проекта RFMEFI60717X0190)