

**СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СТАЛИ
09Г2С, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГИБРИДНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ**

А.Н. Ступаков¹, А.П. Малюк¹

Научный руководитель: профессор, д.т.н. С.Ю. Тарасов²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук,

Россия, г. Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

E-mail: ans52@tpu.ru

**STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF PERMANENT CONNECTIONS OF STEEL
13Mn6 OBTAINED BY THE METHOD OF HYBRID LASER WELDING**

A.N. Stupakov¹, A.P. Malyuk¹

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.Yu. Tarasov²

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

²Institute of Strength Physics and Materials Science Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,

Russia, Tomsk, Akademicheskii str., 2/4, 634055

E-mail: ans52@tpu.ru

***Abstract.** The structure of welded joints of steel 13Mn6 obtained by hybrid laser welding was investigated by optical microscopy. The mechanical properties of the joints were determined by tensile tests across the seam. The conducted researches show high quality of welds, absence of large defects and high indexes of mechanical properties.*

Введение. Лазерно-дуговая технология сочетает преимущества двух испытанных сварочных процессов. Лазерный луч расплавляет металл внутри небольшого пятна нагрева. Благодаря высокой плотности энергии лазерный луч глубоко проникает в материал и испаряет его. Процесс дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитного газа, напротив, образует широкое пятно нагрева и вводит в общую сварочную ванну присадочный материал. Этот присадочный материал заполняет образованную лазерным лучом воронку и обеспечивает надежное соединение кромок. В результате получают сварные швы с глубоким проплавлением и высокой прочностью [1]. Лазерно-дуговая сварка обладает рядом преимуществ как по сравнению с лазерной сваркой, так и с традиционными сварочными технологиями. Взаимодействие лазерного излучения и электрической дуги стабилизирует горение дуги при высокоскоростной обработке, а качество швов при этом не уступает лазерным [2]. В результате взаимодействия лазерного излучения и электрической дуги при ГЛС происходит нивелирование недостатков каждого из процессов за счёт преимуществ другого. благодаря этой комбинации ГЛС приобретает ряд преимуществ перед лазерным и дуговым способами сварки [3]. Большинство сварных конструкций, выполняются из распространенных углеродистых видов сталей. Например, корпуса судового транспорта различных типов (например, сухогрузов) и грузовые железнодорожные вагоны изготавливаются из сталей типа 09Г2С [4].

Материал и методика эксперимента. Образцы получены методом гибридной лазерной сварки из листового проката стали 09Г2С толщиной 5 мм. Схема процесса гибридной лазерной сварки приведена на рис. 1. Сварка осуществляется комбинированным методом посредством дуги 3 от дугового источника 1 и лазерного луча 2. в результате образуются сварочные ванны от лазера 5 и дуги 4 с запаздыванием ванны от дуги на некоторое расстояние относительно ванны от лазера. Мощность лазера при сварке находилась на уровне 7 кВт, ток сварочной дуги порядка 149 А, напряжение дуги 24,3 В, скорость сварки – 4 м/мин.

Исследования макроструктуры проводили на оптическом микроскопе Altami Met 1с. Механические свойства определяли на универсальной испытательной машине УТС 110М в экспериментах на растяжение.

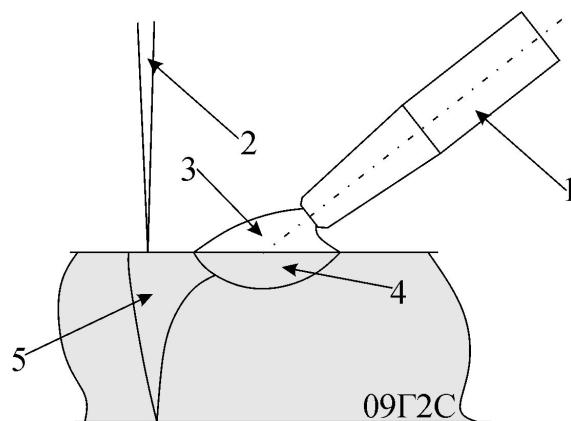


Рис. 1. Схема процесса гибридной лазерной сварки

Результаты и обсуждение. Исследования макроструктуры сварных соединений, полученных методом гибридной лазерной сварки показывают, что при сварке в условиях заданных технологических параметров происходит образование достаточно крупнозернистой структуры без дефектов в виде пор, трещин или неметаллических включений (рис. 2). Такое строение для образцов, полученных методом гибридной лазерной сварки является классическим и наблюдается во многих работах. На макроснимке четко выделяется область плавления металла и область термического влияния, при этом, от сварочной дуги область термического влияния является более протяженной, чем от лазера.

Механические свойства образцов, полученных ГЛС, по результатам испытаний на растяжение (рис. 3), находятся на уровне основного металла, что свидетельствует о достаточно высокой прочности сварного шва. Прочность образцов составляет порядка 650 МПа, разрушение происходит после образования шейки в зоне, отдаленной от сварного шва. Разрушение образцов в зоне основного металла показывает, что прочность сварного шва выше, чем у металла исходного проката, что свидетельствует об упрочнении металла в шве.

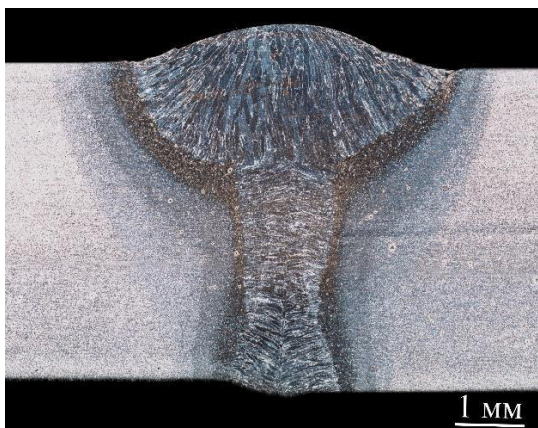


Рис. 2. Структура сварного шва стали 09Г2С, полученного методом гибридной лазерной сварки

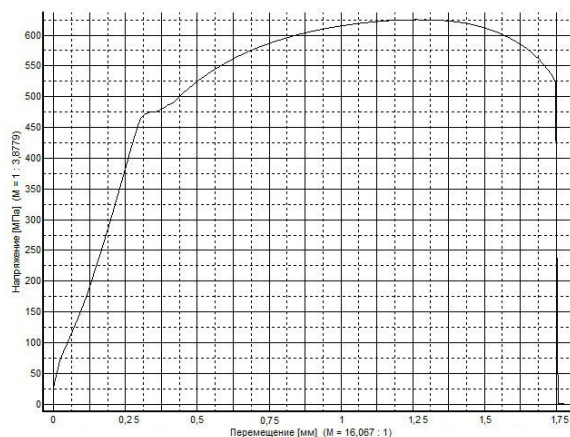


Рис. 3. Диаграмма испытания сварного шва стали 09Г2С, полученного методом гибридной лазерной сварки

Заключение. Проведенные механические испытания показывают, что разрушение образцов поперек сварного шва, полученного методом гибридной лазерной сварки, происходит не по сварному соединению, а в стороне от него, что свидетельствует о высокой прочности материала соединения. Макроструктура образцов представляет собой классическое строение. Зона термического влияния является для образцов достаточно протяженной и, при этом, для сварочной ванны от дуги несколько выше, чем от сварочной ванны лазера.

Работы выполнены при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (Соглашение № 14.607.21.0190, идентификатор проекта RFMEFI60717X0190).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ООО «Смарт Техникс» Гибридный лазерно-дуговой процесс сварки в среде защитного газа не нов, но весьма актуален [http://www.stroyvitrina.ru]. – Режим доступа: <http://www.stroyvitrina.ru/articles/gibridnyj-lazerno-dugovoj-process-svarki-v-srede-zaschitnogo-gaza-ne-nov-1765.html>.
2. Потехин В. Лазерно-дуговая сварка [http://втораяиндустриализация.рф]. – Режим доступа: http://xn--80aaaftebbc3auk2aerpkhr3ewjpa.xn--p1ai/lazerno-dugovaya-svarka. (дата обращения: 28.02.2019).
3. Туричин Г. А., Цибульский И. А., Кузнецов М. В. Технология гибридной лазерно-дуговой сварки: учеб. пособие. – СПб.: изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 48 с.
4. Хаскин В. Ю., Коржик В. Н., Жерносеков А. М., Пелешенко С. И., Ву Б. Гибридная лазерно-дуговая сварка сталей с импульсной модуляцией дуги плавящегося электрода // Первый независимый научный вестник. – 2016. – Т. 1., № 5. – С. 54–59.