

УДК 621.79.01

Влияние температуры сварки на структуру и механические свойства сварных соединений стали 10ХСНД

Санников Игорь Иннокентьевич^(*)

i.i.sannikov@mail.ru

SPIN-код: 8952-3740

Голиков Николай Иннокентьевич

n.i.golikov@mail.ru

SPIN-код: 8799-5600

ИФТПС СО РАН, Якутск, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования сварных соединений, выполненных при отрицательных ($-35\text{ }^{\circ}\text{C}$) и комнатных температурах окружающего воздуха. Проведена экспериментальная многопроходная сварка низколегированной мостовой стали 10ХСНД 3 категории с использованием электродов WN 62U с регистрацией термических циклов сварки. Результаты исследования подтверждают возможность выполнения качественных сварных соединений стали 10ХСНД в условиях отрицательной температуры без значительного ухудшения эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: сварное соединение, термический цикл сварки, механические свойства, микроструктура, ударная вязкость

Введение. В конструкции мостов, адаптированных для северных регионов, применяется низколегированная конструкционная сталь марки 10ХСНД третьей категории. К этой марке стали выдвигаются строгие требования, включающие высокие показатели прочности, улучшенную коррозионную стойкость, регламентированную массу и возможность эксплуатации в широком температурном диапазоне от -70 до $+450\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1, 2].

Поскольку строительство мостов не обходится без монтажной сварки, повышенные потребительские характеристики сталей (по уровню прочности и ударной вязкости) должны быть сохранены и в сварных соединениях. Применение сварочных технологий в условиях воздействия низких температур требует применения аттестованных технологий, которые должны максимально взвешено учитывать реакцию основного и наплавленного металла на термический цикл сварки. По данным [3] эта задача в должной мере не решена, так как до 22 % аварий стальных конструкций, эксплуатируемых в условиях холодного климата связано с относительно низкой хладостойкостью сварных соединений, которая в значительной мере обусловлена их структурной, механической и геометрической неоднородностью.

Исходя из вышесказанного, была поставлена цель работы в исследовании структуры и свойств сварных соединений стали 10ХСНД 3 категории, выполненных при отрицательных ($-35\text{ }^{\circ}\text{C}$) и комнатных ($+20\text{ }^{\circ}\text{C}$) температурах окружающего воздуха без предварительного подогрева.

Методы и материалы; результаты. В работе исследованы сварные соединения листовой низколегированной стали марки 10ХСНД третьей катего-

рии, выполненных экспериментальной многопроходной сваркой при отрицательной ($-35\text{ }^{\circ}\text{C}$) и комнатной ($+20\text{ }^{\circ}\text{C}$) температуре окружающего воздуха. Экспериментальная сварка выполнялась в пять проходов с записью параметров режима с помощью регистратора AWR 224 и с регистрацией термических циклов с использованием хромель-алюмелевыми и платина-родиевыми термодарами фирмы «ОВЕН» и регистрирующего устройства на базе микроконтроллера Arduino Nano 3.0.

Измерение твердости зон сварных соединений по Виккерсу проведено с помощью твердомера AFFRI 206RTD по ГОСТ 2999–75 при нагрузке 588 Н (60 кгс). Измерение диагоналей отпечатков произведено с помощью металлографического микроскопа «НИМ».

Статическое растяжение образцов проводили на универсальной электро-механической испытательной машине модели Z600 фирмы Zwick/Roell. Ударную вязкость металла шва (МШ) и ЗТВ определяли на образцах Шарпи с V-образным надрезом на маятниковом копре Amsler RKP 450 при температуре испытаний $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Структуры участка сварных соединений изучали на шлифах после травления в 4 %-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте с использованием оптического микроскопа «НИМ». Микроструктуру МШ и участка перегрева ЗТВ сварного соединения оценивали на уровне корневого, заполняющего и облицовочного слоя [4].

Сравнение тепловложений при сварке пластин показывает, что погонная энергия корневых проходов всех образцов практически одинакова, отличия между ними в пределах 2–6 %. По результатам измерений температуры сварки получено, что максимальные температуры термических циклов напрямую зависят от погонной энергии сварки и удаленности наплавляемого слоя от фиксированной точки измерения.

По результатам механических испытаний получено, что существенных различий между образцами экспериментальной многопроходной сварки листовой низколегированной стали марки 10ХСНД 3 категории при отрицательной ($-35\text{ }^{\circ}\text{C}$) и комнатной ($+20\text{ }^{\circ}\text{C}$) температуре окружающего воздуха не наблюдается.

Полученные результаты подтверждаются микроструктурой сварных соединений. Полученные изображения микроструктуры свидетельствуют о примерно схожих структурах швов сварных соединений, полученных при разных температурах окружающего воздуха.

Заключение. Скорость охлаждения при сварке стали 10ХСНД при $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ в начальных проходах в 1,3–1,5 раза больше, чем при $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако в последующих проходах разница нивелируется. При этом механические свойства и микроструктура сварных соединений значимых различий не имеют, что подтверждает технологическую пригодность сварки стали 10ХСНД при отрицательных температурах для строительства в условиях сурового климата.

Список источников

- [1] Молева Д. А., Белозор М. Ю. Обоснование применения сталей для изготовления конструкций мостов. *Вестник Череповецкого государственного университета*, 2012, № 4-2 (43), с. 28–31.
- [2] ГОСТ 6713–2021. *Прокат из конструкционной стали для мостостроения. Технические условия*. Москва, Российский институт стандартизации, 2023, 27 с.
- [3] Москвичев В.В. *Основы конструкционной прочности технических систем и инженерных сооружений. Том 1*. Новосибирск, Академический научно-издательский производственно-полиграфический и книгораспространительский центр РАН «Издательство «Наука», 2002, 106 с.
- [4] Голиков Н.И., Санников И.И., Семенов С.В., Иванов М.А. Исследование структуры и свойств сварных соединений стали 10ХСНД при сварке в условиях отрицательных температур окружающего воздуха. *Сварка и диагностика*, 2025, № 5(113), с. 44–50.