

УДК 621.791

Определение допустимых скоростей охлаждения металла при различных способах сварки перспективной высокопрочной стали для магистральных газопроводов

Уткин Иван Юрьевич

iutkin89@yandex.ru

SPIN-код: 7718-2477

Капустин Олег Евгеньевич

svarka@gubkin.ru

SPIN-код: 9499-7569

Зайцева Анастасия Алексеевна

zaytseva.asya.99@mail.ru

РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, Москва, Россия

Аннотация. Проведено исследования влияния скоростей охлаждения металла зоны перегрева, применительно к многодуговой сварке под флюсом и ручной дуговой сварке, на изменение его структуры и механических свойств высокопрочной перспективной стали для магистральных газопроводов. Определены допустимые значения скоростей охлаждения, при которых обеспечивается комплекс механических свойств металла.

Ключевые слова: термический цикл сварки, зона перегрева, термокинетическая диаграмма распада аустенита, механические свойства диаграммы

Введение. Применение стали, легированной более высоким содержанием марганца и никеля, чем традиционные стали классов прочности K60-K65, позволяет повысить рабочее давление в газопроводах до 14,9 МПа. Однако повышение степени легирования приводит к понижению допустимых скоростей охлаждения металла соединений после сварки из-за большей склонности к его закалке, что может привести к несоответствию механических свойств нормативным требованиям.

Материалы и методы; результаты. Исследования выполнены на высокопрочной трубной стали, мас. %: 0,05 C; 0,15 Si; 2,03 Mn; 0,02 Al; 0,12 Ti; 0,065 Nb; 0,02 V; 0,28 Mo; 0,14 Cr; 0,74 Ni.

На dilatометре и установке токов высокой частоты были смоделированы термические циклы, характерные для автоматической многодуговой сварки под флюсом и ручной дуговой сварки. Температура нагрева образцов составляла 1300 °C/с, что соответствует зоне перегрева — самому «проблемному» с позиции обеспечения механических свойств участку сварного соединения; скорости охлаждения составляли от 2 до 60 °C/с в интервале температур 800–500 °C. Определение твердости и ударной вязкости зоны перегрева проводилось по ГОСТ 6996–66 [1] на образцах размером 10×10×55 мм нагретым по тем же термическим циклам, что и на dilatометре, на установке токов высокой частоты. Оценка ударной вязкости металла проводилась при температуре –40 °C.

Максимально-допустимое значение твердости (280 HV) [2] (характерного для многодуговой сварки под флюсом) достигается при скоростях охлажде-

ния до 9 °C/с, а минимальное ударной вязкости (70 Дж/см²) от 7–9 °C/с, что существенно усложняет подбор режимов с позиции обеспечения механических свойств зоны перегрева. Однако стоит отметить, что благодаря конфигурации надреза [3], при испытании на ударную вязкость реального сварного соединения по линии сплавления, «чувствует» не только зона перегрева, но и сварной шов и другие участки зоны термического влияния, имеющие более высокие значения ударной вязкости, что расширяет допустимый диапазон скоростей охлаждения при многодуговой сварке под флюсом.

Высокопрочная перспективная сталь имеет большую склонность к закалке в зоне перегрева, чем традиционные стали, поэтому максимально допустимое значение твердости обеспечивается при скоростях охлаждения до 23 °C/с (при сварке кольцевых стыков значение составляет 325 HV). Количество мартенситной фазы в бейнитной структуре при этом составляет около 30–35 %. Большая склонность к закалке при сварке перспективной стали требует более высокой температуры предварительного подогрева и большей погонной энергии.

Заключение. Определен допустимый диапазон скоростей охлаждения металла зоны перегрева высокопрочной перспективной стали для магистральных газопроводов, при котором обеспечиваются нормативные значения механических свойств.

Список источников

- [1] ГОСТ 6996–66. *Сварные соединения. Методы определения механических свойств*. Москва, Изд-во стандартов, 64 с.
- [2] СТО Газпром 2-4.1-713–2013. *Технические требования к трубам и соединительным деталям*. ОАО Газпром, 2013, 153 с.
- [3] Стандарт DET NORSKE VERITAS (DNV-OS-F101). *Стандарт для работ на морском шельфе*. ОАО Газпром, 2007, 239 с.