

УДК 620.17

Влияние режимов нагружения и старения на механических свойства основного металла и сварного соединения стали 15ХМ

Кунавин Сергей Алексеевич^(*)

kunavin_1950@mail.ru

Скоробогатых Владимир Николаевич

VNSkorobogatykh@cniitmash.com

Нахабина Мария Сергеевна...

MSNakhabina@cniitmash.com

Хаймин Сергей Валерьевич.....

SVKhaymin@cniitmash.com

Мельников Алексей Петрович

APMelnikov@cniitmash.com

АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрено влияние термомеханического нагружения (статического и циклического в интервале температур $T = 20–400\text{ }^{\circ}\text{C}$) на механические свойства основного металла и сварного соединения горячекатаной трубы $219,1 \times 12,5$ мм, изготовленной из стали 15ХМ. Показано, что ускоренное термическое старение (имитирующее термическое воздействие в течение срока службы до 60 лет) и коррозионное воздействие не оказывают существенного влияния на работоспособность стали и все служебные характеристики удовлетворяют требованиям нормативной документации.

Ключевые слова: механические испытания, структура металла, прочность, пластичность, ускоренное старение, мало- и многоцикловая усталость, коррозионная среда

Введение. Жаростойкие стали типа 15ХМ нашли широкое применение в отраслях, где требуется высокая жаропрочность, стойкость к ползучести и стабильность механических свойств при длительной эксплуатации, в частности, в изделиях тепловой энергетики [1, 2]. Для эффективного использования данной стали для изделий (трубопроводов) в атомных энергетических установках (АЭУ) необходимо проведение комплексного экспериментального исследования механических свойств металла труб при различных условиях термомеханического нагружения и воздействия коррозионной среды.

Методы и материалы; результаты. В настоящей работе проведены исследования основного металла и сварного соединения горячекатаной трубы диаметром 219,1 мм и толщиной стенки 12,5 мм в состоянии поставки, ускоренного старения (имитирующего термическое воздействие в течение срока службы до 60 лет) и коррозионного воздействия (бидистиллированная вода, $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ и бидистиллированная вода с дозированием тринатрийфосфата — концентрация фосфат-ионов $0,2\text{ г/дм}^3$, $45\text{ }^{\circ}\text{C}$) Механические испытания проводили на цилиндрических образцах, вырезанных из обечайки трубы в тангенциальном направлении в интервале температур $T = 20–400\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Механические испытания образцов исходного основного металла показали, что в диапазоне температур $T = 150–300\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит возрастание значений временного сопротивления σ_B и условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ по сравнению с комнатной температурой, также как и для относительного удли-

нения (δ_5) и относительного сужения (ψ). Ускоренное старение вызывает снижение значений характеристик прочности с повышением температуры на 20–25 %, характеристики пластичности незначительно возрастают, при этом все они располагаются выше установленных в нормативных документах [3] на 20–60 % в зависимости от температуры испытания. Для сварного соединения реализуется подобное соотношение характеристик прочности и пластичности, которые также выше минимальных значений, указанных в нормативных документах [3], на 11–15 %.

При циклическом нагружении с повышением температуры кривая усталости при $T = 400$ °С располагается немного выше кривой при $T = 20$ °С. Для сварного соединения повышение температуры до $T = 400$ °С приводит к снижению сопротивления усталостному разрушению. Ускоренное старение приводит к снижению характеристик усталости на 20–25 %. При всех температурах испытания кривая выносливости основного металла, сварного соединения в состоянии поставки и после старения лежит выше нормативной кривой [3].

Коррозионные испытания на стойкость против общей локальной коррозии основного металла и сварного соединения показали, что значения убыли массы изменяется незначительно. Склонность металла к коррозионному растрескиванию под напряжением не наблюдается, Следов локальной питтинговой коррозии не обнаружено.

Заключение. Механические свойства, циклическая прочность с предварительной длительной выдержкой в коррозионной среде основного металла и сварного соединения стали 15ХМ после термического старения не выявили существенного влияния среды на механические характеристики, которые для всех вариантов испытаний лежат выше нормативных [3]. Это позволяет сделать вывод, что трубы стальные, изготовленные из стали 15ХМ могут быть использованы для изготовления оборудования и трубопроводов АЭУ.

Список источников

- [1] Петреня Ю.К. *Физико-механические основы континуальной механики повреждаемости*. Санкт-Петербург, АО «НПО ЦКТИ», 1997, 147 с.
- [2] Луценко В.А., Голубенко Т.Н., Луценко О.В. Особенности кинетики распада и структурообразования в хромомолибденованадиевой стали при непрерывном охлаждении от различных температур аустенизации. *Литье и металлургия*, 2016, № 3 (84), с. 1–5.
- [3] ПНАЭ Г-7-002–86. *Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок*. Москва, Энергоатомиздат, 1989, 525 с.

