

УДК 621.165

ОБОСНОВАНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В КАЧЕСТВЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ИХ РЕСУРСА

Шишло В.А., Гульницкий В.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Герасимова А.Г.

Тепловые сети, являясь составной частью системы централизованного теплоснабжения современных городов, представляют собой сложные инженерные сооружения, предназначенные для транспортировки тепловой энергии от источников тепла к потребителям. Основными элементами тепловых сетей являются трубопровод, состоящий из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки; изоляционная конструкция, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь, и несущая конструкция, воспринимающая вес трубопровода и усилия, возникающие при его эксплуатации.

Трубы являются наиболее ответственными элементами трубопровода и должны отвечать следующим требованиям:

достаточная прочность и герметичность при максимальных значениях давления и температуры теплоносителя;

низкий коэффициент температурных деформаций, обеспечивающий небольшие термические напряжения при переменном тепловом режиме тепловой сети;

малая шероховатость внутренней поверхности;

антикоррозионная стойкость;

высокое термическое сопротивление стенок трубы, способствующее сохранению теплоты и температуры теплоносителя;

неизменность свойств материала при длительном воздействии высоких температур и давлений;

простота монтажа, надежность соединения труб и др.

Имеющиеся стальные трубы не удовлетворяют в полной мере всем предъявляемым требованиям, однако их механические свойства, простота, надежность и герметичность соединений (сваркой) обеспечили им преимущественное применение в тепловых сетях [1].

Анализ результатов комплексных обследований теплоснабжающих предприятий Республики Беларусь, показывает, что тепловые сети являются на сегодня одним из самых ненадежных элементов системы теплоснабжения города. Основная причина в физическом износе трубопроводов тепловых сетей, а также в некачественном выполнении работ, в многочисленных нарушениях технических нормативно-правовых актов (ТНПА) в процессе проектирования, эксплуатации, ремонта и замены тепловых сетей.

Срок службы трубопроводов, смонтированных с нарушением ТНПА, снижается в 8–10 раз. В результате, вместо вложения денег, которых и так выделяется недостаточно на замену трубопроводов, отслуживших 25 лет и более, приходится ремонтировать сети, отслужившие 5–6 лет [2].

В тепловых сетях применяются бесшовные горячекатаные и электросварные трубы (прямошовные и со спиральным швом) с различной толщиной стенки. Бесшовные горячекатаные трубы выпускаются с наружными диаметрами 32–426 мм, а электросварные – с наружными диаметрами более 426 мм. Бесшовные горячекатаные и электросварные трубы используются при всех способах прокладки сетей. Электросварные со спиральным швом рекомендуются к использованию при канальных и надземных прокладках сетей.

Ранее в тепловых сетях применялись только термообработанные трубы. В настоящее время термообработка труб тепловых сетей не является обязательным техническим

требованием, поскольку она не отражена в действующих в Республике Беларусь нормативных документах. Проведение термообработки увеличивает стоимость труб на 15–30 %, по сравнению с нетермообработанными. Это привело к тому, что уже в проекты закладываются трубы без требований по проведению термической обработки труб, что существенно сказывается на качестве прокладываемых тепловых сетей и ресурсе их эксплуатации.

Необходимость проведения термической обработки труб была обусловлена рядом факторов:

- снятие остаточных сварочных напряжений;
- снятие напряжений механической деформации;
- повышение коррозионной стойкости.

Как показал опыт эксплуатации тепловых сетей, основной причиной повреждаемости тепловых сетей являются коррозионные повреждения. Причем повреждаемость коррозией наблюдается как на наружной стороне трубопроводов (атмосферная, почвенная, электрокоррозия), так и на внутренней стороне труб (язвенная, стояночная). В последнее время также наблюдается повреждение трубопроводов из-за коррозии под напряжением, которая возникает в зоне сварного шва и околошовной зоне. Вероятно, одной из причин снижения коррозионной стойкости труб, является отказ от проведения термической обработки.

Вопросам исследования влияния остаточных напряжений в сварных трубах на их несущую способность в условиях стресс-коррозии металла труб до последнего времени практически не занимались. Более того, контроль остаточных напряжений в сварных трубах осуществлялся периодически и очень редко. Данный параметр никогда не нормировался, не учитывался при расчетах и не контролировался при технологических операциях в процессе изготовления сварных труб [3].

С целью исследования остаточных сварочных напряжений в лаборатории кафедры «Тепловые электрические станции» были проведены экспериментальные исследования.

Для измерения напряжений использовали метод магнитной структуроскопии, основанный на использовании корреляционных связей между физико-химическими или механическими характеристиками объекта контроля и одной или несколькими магнитными характеристиками контролируемого материала [4]. В качестве исследуемой магнитной характеристики использовали коэрцитивную силу. Коэрцитивная сила (H_c) – напряженность магнитного поля, необходимая для полного размагничивания предварительно намагниченного до насыщения ферромагнетика.

В последние годы коэрцитиметрия стала широко применяться для контроля, напряженного состояния металлоконструкций опасных производственных объектов различного назначения, что является весьма актуальным для технической диагностики. К примеру, основными источниками разрушения труб поверхностей нагрева и сосудов, работающих под давлением, являются зоны концентрации напряжений, в которых процессы коррозии и усталости протекают наиболее интенсивно. В местах концентрации напряжений происходит повышение коэрцитивной силы.

При проведении испытаний использовали магнитный структуроскоп (коэрцитиметр) КРМ-Ц-К2М; измерительный преобразователь (магнитный датчик); калибровочные образцы КР-1 и КР-2; карманный персональный компьютер; компьютерная



Рисунок 1 – Комплект оборудования для оценки напряженного состояния металла

программа «Монитор обмеров», образцы для контроля (рисунок 1).

В качестве образцов для контроля использовались плоские образцы из стали 20 и стали 17Г1С со сварными швами, выполненными ручной электродуговой сваркой. Схема образцов представлена на рисунке 2. Распределение коэрцитивной силы в исследуем образце показано на рисунке 3.

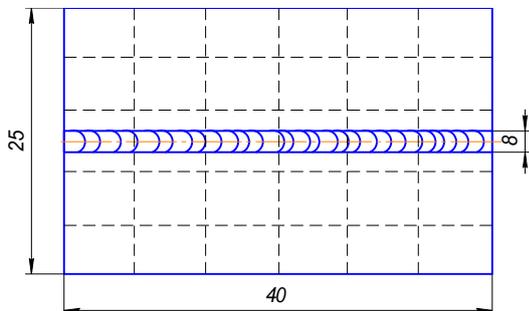


Рисунок 2 – Схема образцов для контроля напряжений в сварном образце

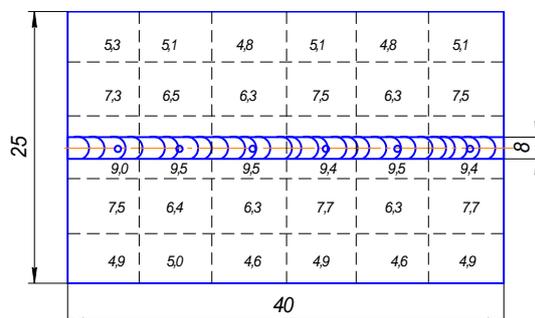


Рисунок 3 – Схема измерений коэрцитивной силы K_c , А/см на образце из стали 20 с результатами контроля

Анализ полученных результатов показывает, что в зоне сварного шва, а также в зоне термического влияния величина коэрцитивной силы в 1,6 и 1,4 раза выше, чем в зоне основного металла, что свидетельствует о наличии высоких сварочных напряжений в данных зонах.

Существуют многочисленные методы снижения остаточных сварочных напряжений: проковка, обжатие, ударно-волновое воздействие, ультразвуковая обработка, локальная термомеханическая обработка, объёмная термообработка и другие. Последние два метода находят применение при производстве сварных труб. Результаты исследований на Челябинском трубопрокатном заводе (ЧТПЗ) свидетельствуют, что проведения термической обработки позволяет почти полностью снимать послесварочные напряжения в сварных швах и околошовной зоне [3].

Так же был осуществлен анализ экспериментальных исследований по оценке влияния термической термообработки на коррозионную стойкость трубопроводной стали, который показал, что режим двукратной нормализации при 920 °С повышает однородность микроструктуры и увеличивает коррозионную стойкость углеродистой стали 20, применяемой в теплоэнергетике для изготовления труб, на 38–51% при варьировании времени испытания от 24 до 168 часов [5]. Результаты экспериментальных исследований испытаний представлены на рисунке 4.

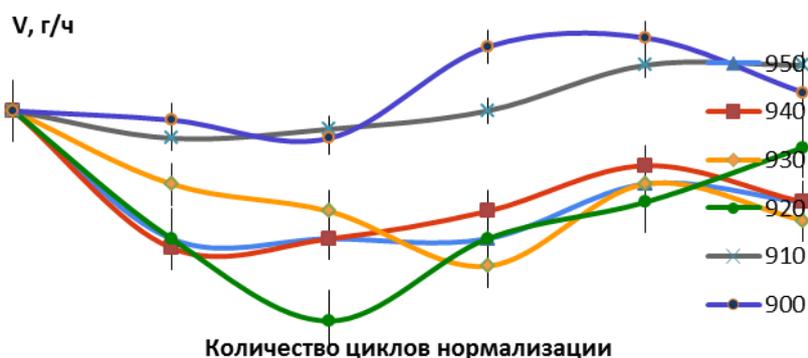


Рисунок 4 – Зависимость скорости коррозии от количества циклов при различных температурах структурной перекристаллизации ($t_1=24$ часа)

Из рисунка 4 видно, что заметное снижение скорости коррозии наблюдается у образцов, подвергнутых нормализации при температуре 920°C и выше. Аналогичные результаты получаются и при увеличении времени коррозионных испытаний. Наименьшая скорость коррозии наблюдается при двукратной нормализации при 920°C. Установлено, что при режиме двукратной нормализации при t_1 снижение этой величины составляет 38 % от исходного значения, при увеличении времени испытания до t_2 скорость коррозии уменьшается на 51 %.

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований, проведенные авторами [6] по изучению влияния скорости коррозии на изменение конструктивной прочности труб тепловых сетей и установление кинетических зависимостей влияния этих изменений на уровень напряжений при рабочих и испытательных давлениях. Коррозионные испытания низкоуглеродистой стали проводили на пластинах размером 10x80x1 мм с отверстием диаметром 3 мм. Перед испытаниями проводили нормализацию образцов по следующему режиму: нагрев в вакуумной трубке 910 °С, 20 мин., охлаждение с трубкой на воздухе. Производили сравнительные коррозионные испытания образцов без предварительной деформации и в напряженном состоянии (в области перехода упругих напряжений в пластические) при приложении изгибающей нагрузки близкой напряжению предела текучести. На рисунке 5 показан внешний вид образцов после коррозионных испытаний.

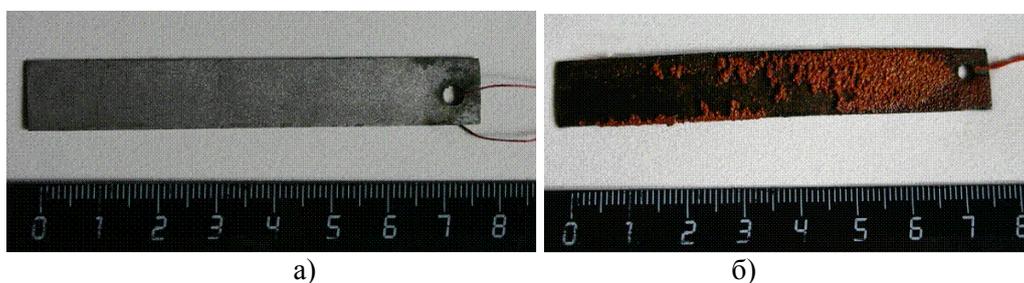


Рисунок 5 – Внешний вид образцов для коррозионных испытаний:
а) без деформации; б) в деформированном состоянии

В результате проведенного эксперимента было установлено, что средняя скорость коррозии образцов без деформации составила 0,0061 мм/год, а коррозия образцов под напряжением составляла 0,0083 мм/год, т.е. скорость коррозии в результате деформации увеличилась на 36 % [6].

Выводы

В результате работы установлено, что проведение термической обработки является наиболее простым и эффективным способом увеличения ресурса трубопроводов.

Литература

1. Арсеньев Г.В. Тепловое оборудование и тепловые сети. Учебник для вузов/ Г.В. Арсеньев, В.П. Белоусов, А.А.Драническо и др. М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
2. Журнал «Новости теплоснабжения», № 12, (28), 2002, С. 33–35, www.nts.n.ru.
3. Пашков Ю.И. Остаточные сварочные напряжения и пути снижения стресс-коррозионных разрушений магистральных газопроводов / Вестник ЮУрГУ 2012. №15 С. 28–30.
4. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т./ Под общ. Ред. В.В.Клюева.Т.6: В 3 кн.. Кн.1. В.В.Клюев, и др. Магнитные методы контроля – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006.
5. Березина Т.Г. Коррозия металла деталей теплоэнергетического оборудования. – Челябинск: ЧФ ПЭИПК, 2000. – 58 с.
6. Плешивцев В.Г., Пак Ю.А., Глухих М.В., Филиппов Г.А., Чевская О.Н., Ливанова О.В. (ДепТЭХг.Москвы, ЗАО «ЮННА ПАК», ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина). Третья научно-практическая конференция «Тепловые сети. Современные практические решения».