

ПРОБЛЕМЫ ЛАВИННЫХ РАЗРУШЕНИЙ ГАЗОПРОВОДОВ ИЗ СВАРНЫХ ТРУБ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

В.А. Лупин, Ю.И. Пашков, М.А. Иванов

PROBLEMS OF THE AVALANCHE DESTRUCTIONS OF WELDED PIPELINES AND METHODS OF THEIR PREVENTION

V.A. Lupin, Yu.I. Pashkov, M.A. Ivanov

На основе многолетних исследований разработана специальная конструкция сварной трубы с нанесенным бандажом из высокопрочной проволоки. Проведены экспериментальные исследования, которые подтвердили возможность исключения лавинных разрушений.

Ключевые слова: сварка, сварная труба, бандаж, проволока.

A special construction of a welded pipe with the bandage of high tensile wire is developed on the basis of many years' studies. Experimental studies confirmed that it permits to eliminate avalanche destructions of pipelines.

Keywords: welding, welded pipe, bandage, wire.

Открытые в последние годы уникальные по своим запасам месторождения газа и нефти ставят весьма остро вопрос транспортировки их к местам потребления. Дело осложняется тем, что известные способы передачи газа и увеличения пропускной способности вновь проектируемых газопроводов не всегда согласуются между собой. Увеличение диаметра и толщины стенки с повышением прочности материала влечёт за собой существенное ухудшение сопротивляемости мощных газопроводов хрупким разрушениям. А эта сторона вопроса в руководящих материалах отражается только результатами испытаний на ударную вязкость или определением её составляющих. Использование этого показателя не гарантирует качества продукции.

Кроме того, увеличение мощности газопроводов на основе традиционных представлений особо остро выдвигает проблему предотвращения лавинных разрушений при росте рабочего давления, увеличении диаметра и понижении температуры эксплуатации. Если не предпринять специальных мер, то не исключается возможность лавинных разрушений, которые будут выводить из строя трубопроводные системы. Лавинные разрушения кроме материального ущерба опасны для обслуживающего персонала и окружающей среды.

В результате многолетних работ получены закономерности влияния различных факторов на развитие трещин и предложены весьма перспективные решения по оптимальным более стойким конструкциям газопроводных сварных труб большого диаметра. Эти решения основаны на способах бандажирования наружной поверхности труб, начиная со стадии образования зародышевых дефектов [1–5].

При производстве бандажированных сварных труб необходимо использовать:

- изоляцию с защитным покрытием при бандажировании проволокой лентой из углеродистых или низколегированных сталей;
- регулирование свойств бандажа обжатием;
- нанесение изоляционных покрытий по слою протекторного покрытия.

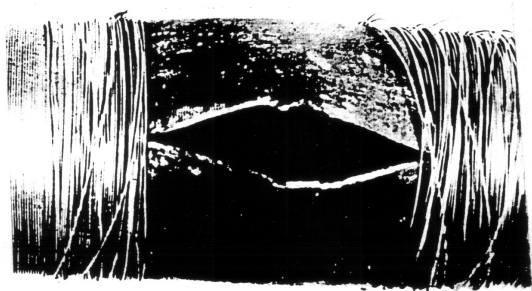
На основе этих работ можно в конкретных условиях (зависящих от диаметра, давления, способа сварки, агрессивности среды и др.) подбирать для участков бандажирования толщину, ширину ленты (профиля), количество слоев, способ и условия бандажирования – в том числе с обжатием для упрочнения сварной трубы.

Можно бандажировать сварные трубы в заводских условиях или на участках трубопроводов на трассе, в том числе зоны монтажных сварных стыков. Бандажирование ненамного усложнит изоляцию и позволит снизить общую металлоемкость трубопроводов и затраты на их изготовление.

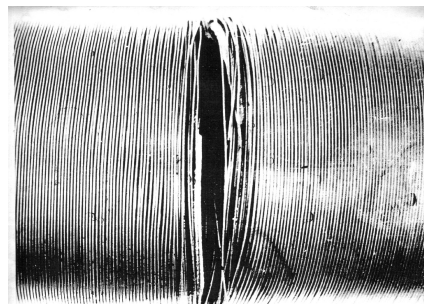
При реализации предлагаемых решений будут созданы конкурентоспособные газопроводы из более дешевых сталей с меньшей склонностью к растрескиванию и стресс-коррозии. Также может быть достигнуто:

- 1) уменьшение расхода металла при изготовлении сварных труб большого диаметра на 20–25 % со снижением их стоимости на 13–18 % при обеспечении трещиностойкости;
- 2) упрощение ремонта и восстановление проектной несущей способности магистральных газопроводов (при ослаблении их стенки до 40–50 %);
- 3) ускорение ремонтных работ в 1,5–2 раза с уменьшением стоимости в 2 раза;
- 4) увеличение скорости прокладки линейной части газопровода в 2–2,5 раза.

При этом уменьшится стоимость линейной части магистральных газопроводов на 9–18 %, уп-



а)



б)

Результаты натуральных испытаний с ослабленным (а) и расчетным (б) бандажом

роститься или исключится электрохимическая защита внешними устройствами – в том числе от блуждающих токов.

Лавинное разрушение можно исключить, если номинальное напряжение при умеренных температурах эксплуатации и применяемых толщинах стенок не превышает $3,5\text{--}6 \text{ кг/мм}^2$. Простым расчетом нетрудно показать, что уменьшение рабочих напряжений с использованием обычной конструкции труб экономически не оправдано. Проще и надежнее задержать распространение лавинных разрушений, если на его пути поставить специально сконструированный барьер, например, вставку из более пластичного и менее нагруженного материала или бандаж, размещенный на обычных сварных трубах. В таких случаях протяженность разрушенного газопровода будет определяться расстоянием между вставками или бандажами. Доказано, что бандажирование также позволяет обеспечить необходимую сопротивляемость труб разрушению при сравнительно выгодном расходе металла. Применение бандажей позволяет сконструировать сварные трубы большого диаметра так, что при разрушении их под действием внутреннего давления возникают только поперечные разрывы и полностью исключается возможность лавинных разрушений в газопроводах.

Проведены экспериментальные натурные испытания различных бандажированных сварных труб диаметром 1220 мм, толщиной стенки 12 мм с использованием высокопрочной проволоки диаметром 3 мм (предел прочности $\sigma_b = 350 \text{ кг/мм}^2$). Испытывались бандажированные сварные трубы с ослабленным и расчетным бандажом (см. рисунок). Результаты натуральных испытаний совпадают с расчетными.

Выгодность и универсальность применения бандажирования для устранения лавинных разрушений можно проиллюстрировать следующим примером. Для окружных и осевых рабочих напряжений в трубной основе диаметром 720 мм, не превышающих 8 кг/мм^2 (для стали 20 не превышает $0,3\sigma_T$ – предела текучести), необходимы следующие параметры: толщина трубы $t_0 = 14 \text{ мм}$; эквива-

лентная толщина проволоочной обмотки $h_0 = 4 \text{ мм}$. Подобная конструкция при рабочем давлении 6,4 МПа обеспечивает номинальное напряжение в трубной основе не более $0,3\sigma_T$. Такая конструкция является непреодолимым препятствием для хрупкого разрушения. Можно изготовить вставку и со сплошной стенкой. Однако в этих условиях требуется толщина стенки около 30 мм. Сопоставление толщин стенок (30 и 18 мм) явно в пользу бандажирования. В подобных ситуациях решающим фактором является уровень сопротивляемости конструкции хрупкому и вязкому разрушениям.

В мировой практике нет близких аналогов по предлагаемому решению с бандажированием наружной поверхности сварных труб, повышающим надежность и долговечность, снижает удельную металлоемкость и обеспечивает коррозионную стойкость газопроводов из сварных труб.

Литература

1. Пермяков, Н.Г. Бандажирование магистральных трубопроводов / Н.Г. Пермяков, К.Е. Расцепкин, В.А. Лупин. – М.: ВНИИОЭНГ, 1978. – С. 49.
2. Лупин, В.А. Конструктивно-технологические способы повышения несущей способности труб большого диаметра и оценка их эксплуатационной надежности / В.А. Лупин // Темат. сб. науч. ст. – Екатеринбург; Челябинск, 2004. – С. 126–141.
3. Лупин, В.А. Расчёт критической длины трещин и трещиностойкости в трубах, баллонах и сосудах, работающих под давлением / В.А. Лупин, А.И. Губин, С.В. Лунина // Безопасность труда в промышленности. – 2005. – № 4. – С. 43–47.
4. Пышминцев, И.Ю. Инженерный метод нормирования механических свойств листа контролируемой прокатки для изготовления труб большого диаметра / И.Ю. Пышминцев, В.А. Лупин, С.В. Лунина // Трубное производство. – 2005. – № 1. – С. 49–53.
5. Методические указания к выбору конструкции труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Ю.И. Блинов, А.Н. Моношков, В.В. Ериклинец, В.А. Лупин. – Челябинск: УралНИТИ, 1977. – 41 с.

Поступила в редакцию 19 января 2012 г.