

АНАЛИЗ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОНЕФТЕПРОВОДОВ

Ясашин В.А., Гертер М.И., Агеева В.Н.

Российский государственный университет нефти и газа (научно-исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва

Ключевые слова: энергоэффективность; качество; газонефтепровод; магистральный трубопровод; металлоёмкость; сертификация.

Аннотация. Нефть и природный газ являются основными энергоносителями во всем мире. После прохождения первичной очистки, сырье транспортируется по газонефтепроводам потребителю. Для более эффективной транспортировки нефти и газа в настоящее время строятся магистральные трубопроводы повышенных мощностей. Качество эксплуатации последних напрямую зависит от качества материала труб. В статье рассмотрен метод повышения эффективности эксплуатации магистральных газонефтепроводов на стадии проектирования путем легирования материала труб в зависимости от требуемых условий эксплуатации (внутреннего давления, местности прокладки трубопровода). Данный метод позволяет уменьшить металлоемкость конструкции и одновременно повысить прочностные характеристики трубопроводов.

ANALYSIS OF WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF MAIN GAS AND OIL PIPELINES

Yasashin V.A., Gerter M.I., Ageeva V.N.

National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow

Keywords: energy efficiency; quality; gas and oil pipeline; main pipeline; metal consumption; certification.

Abstract. Oil and natural gas are the main energy sources worldwide. After passing the primary processing, the raw material is transported through gas and oil pipelines to the consumer. For more efficient transportation of oil and gas, high-capacity trunk pipelines are currently being built. The quality of operation of the pipelines depends on the quality of the pipe material. The article considers a method for improving the efficiency of operation of main gas and oil pipelines at the design stage by alloying the pipe material depending on the required operating conditions (internal pressure, pipeline laying area). This method allows to reduce the metal consumption of the structure and at the same time increase the strength characteristics of pipelines.

Топливо-энергетический комплекс России характеризуется большими объемами углеводородного сырья, которое необходимо транспортировать во все регионы страны и за рубеж. Упорядоченная и бесперебойная система поставок углеводородного сырья осуществляется с помощью разветвленной сети магистральных газонефтепроводов.

С целью повышения эффективности их работы проводятся различные исследования и разработки в области улучшения качества и надежности трубопроводных единиц – труб. Так, повышение прочностных характеристик труб, увеличение их стойкости к коррозии, применение усовершенствованных способов сварки повышает комплексный показатель эффективности трубопровода. Надежность и безопасность газонефтепроводов, обеспечиваемые

качеством труб, учитываются на стадии проектирования и эксплуатации магистральных трубопроводов. Не в меньшей степени они обеспечиваются и при производстве труб. Существующая в Российской Федерации система технического регулирования позволяет в рамках подтверждения соответствия при сертификации оценивать качество выпускаемой продукции. Подтверждая основные качественные показатели труб в ходе проведения сертификационных испытаний, исследуются испытания на растяжение, проводится оценка ударной вязкости, ультразвуковой контроль и металлографический анализ основного материала труб и сварных соединений [1]. При этом анализ проводится в рамках сопоставления отечественной и зарубежной нормативно-технической документации (стандарты: ГОСТ, API, ISO).

Эволюция развития трубопроводного транспорта в нашей стране ассоциируется со строительством сверхдальних газо- и нефтепроводов в восточных регионах, освоением северных и заполярных месторождений, а также прокладкой протяженных морских трубопроводов в несколько веток. Следовательно, наиболее экономически и энергоэффективным является изготовление сверхпрочных трубопроводов большого диаметра, выдерживающих внутреннее давление в 25-30МПа.

Использование повышенного давления в трубопроводах требует увеличения толщины стенки трубы или повышения прочности трубной листовой стали (табл. 1) [2]. Второй путь предпочтительнее, так как металлоемкость трубопровода при одинаковом диаметре и постоянном давлении значительно снижается с увеличением прочности стали. При этом снижается не только металлоемкость проекта, но и стоимость сварочных работ, транспортных и монтажных расходов.

Табл. 1. Требования к физико-механическим характеристикам листовой стали

Класс прочности трубы	Тело бесшовных и сварных труб				Сварной шов труб
	Предел текучести $\sigma_{t0,5}$, МПа	Предел прочности σ_m , МПа	Отношение $\sigma_{t0,5}/\sigma_m$, макс.	Удлинение δ_2 %, мин.	Предел прочности σ_m , МПа, мин.
X80	555-705	625-825	0,93	15,6	625
X90	625-775	695-915	0,95	14,2	695
X100	690-840	760-990	0,97	13,1	760
X120	830-1050	915-1145	0,99	11,1	915

При увеличении рабочего давления трубопровода и расширения температурного диапазона прокладки увеличиваются требования к материалу труб в отношении прочности и сопротивлении образованию трещин.

Трубы диаметром 1420мм с рабочим давлением 5МПа класса прочности X40 имеют толщину стенки 18мм, трубы того же диаметра с рабочим давлением 10МПа требуют значительного увеличить толщину стенок (до 20мм). Становится целесообразным использование стали более высокой категории прочности (X100-X120). С увеличением рабочего давления внутри трубы также возрастают

требования к ударной вязкости основного металла труб, а также вязкости сварных швов и околошовной зоны.

Повысить качество эксплуатации возможно путем снижения металлоемкости магистральных газонефтепроводов без потери их прочностных характеристик. Наиболее целесообразный путь повышения эффективности заключается в легировании материала труб на стадии производства, что приводит к качественным изменениям эксплуатационных свойств трубы и трубопровода в целом.

Проведенные в этой области исследования [3] объясняют влияние легирующих элементов на механические свойства стали. При этом в качестве основных легирующих элементов используются, как правило: Mn, Si, Cr, Ni, W, Mo, Ti, V, B.

Анализ показывает, что легирование материала труб приведенными легирующими элементами повышает прочность стали, её хладостойкость (исключая Si и B), прокаливаемость (исключая Ti, V до 0,2%). При этом падает склонность к перегреву и не стабильна склонность к обезуглероживанию и графитизации. И, безусловно, насыщение стали легирующими элементами приводит к повышению её стоимости.

Выбор легирующих элементов для труб газонефтепроводов, в зависимости от различных внешних климатических условий и условий прокладки, осуществляется на стадии проектирования магистралей.

Например, для горной прокладки трубопровода важно обеспечить твердость труб в виду возможных внешних ударных воздействий скалистых обломков, для этих целей, основным легирующим элементами материала труб будут: B, W и Mo.

В случаях постоянного абразивного износа для легирования используется Si и Ni. Трубопроводы, проложенные по рельефному морскому дну и претерпевающие колебательные нагрузки должны отвечать высоким показателям пластичности и ударной вязкости. Для этого необходимо снизить содержание таких элементов, как Mn и Cr до 1%.

Оценка изменения прочностных характеристик стали в зависимости от её легирования [3] позволяет сделать следующие выводы. Для стали 20 увеличение Cr на 1% приводит к росту предела прочности на 30%, а при увеличении Cr на 12% прочность растёт на 50%. При добавлении в сплав 2% Ni, прочность увеличивается еще на 14%. Выходит, что незначительное добавление никеля в высокохромистую сталь намного упрочняет ее. Таким образом, прочность стали 15X13H2 в два раза выше прочности стали 20.

Предел текучести стали 20 составляет 245МПа, а предел текучести стали 20X13 увеличивается вдвое, однако при легировании такой стали еще и двумя процентами Ni приводит к росту предела текучести растет до 740МПа.

В настоящее время прокладка трубопроводов ведется в районах Крайнего Севера и вечной мерзлоты, поэтому важно предотвратить материал труб от охрупчивания. Растет значимость показателя ударной вязкости стали, который увеличивается при легировании стали Ni.

С вводом легирующих элементов растёт коррозионная стойкость металла. Это объясняет достаточно высокую коррозионную стойкость стали 15X13H2.

Проведенный расчет труб газопровода, эксплуатируемого при номинальном давлении 10 МПа показал следующее: при условии обеспечения требуемых прочностных характеристик вес трубы из стали 15X13H2 в два раза меньше аналогичной из стали 20.

В ходе проведенных исследований было выявлено, что легирование углеродистой стали Ni и Cr повышает прочностные характеристики труб (предел прочности, предел текучести), увеличивает их коррозионную стойкость, снижая в ряде случаев металлоемкость магистральных газонефтепроводов, повышая тем самым их эффективность.

Список литературы

1. Ясагин В.А., Гертер М.И. Комплексная методика сертификационных испытаний труб электросварных прямошовных большого диаметра для магистральных газопроводов // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2019. № 6(114). 2019. С. 48-52.
2. Морозов Ю.Ф., Матросов М.Ю., Настич С.Ю., Арабей А.Б., Высокопрочные трубные стали нового поколения с феррито-бейнитной структурой // Металлург. 2008. №8. С. 39-42.
3. Макеев Д.Н. Влияние вводимых легирующих элементов на свойства стали // Вестник СГТУ. 2012. № 3 (67). С. 92-98.

Сведения об авторах:

Ясагин Виталий Анатольевич – д.т.н., профессор, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва;

Гертер Мария Игоревна – аспирант, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва;

Агеева Вера Николаевна – к.т.н., доцент, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва.