

Особенности коррозионного разрушения трубопроводов в процессе длительной эксплуатации

Галиакбаров Д.М., Кусков В.Н., ТюмГНГУ, г Тюмень

В последние годы по причине коррозионного воздействия агрессивной среды происходит до 60 - 75 % всех повреждений трубопроводов [1]. Это объясняется не только длительной эксплуатацией конструкций, но и дополнительными факторами: насыщением стали вредными примесями и усталостью металла.

Исследовали образцы труб из сталей марок 09Г2С, 20, Ст3 с различным сроком эксплуатации. Определяли остаточное содержание и характер распределения в металле водорода, серы и кислорода. Выполнили также механические испытания на растяжение комнатной температуре.

Сочетание коррозионного поражения стали со значительным локальным наводороживанием, окислением и охрупчиванием установлено для большинства исследованных случаев поврежденного металла (таблица). Видно, что с течением времени приповерхностные слои стали адсорбируют значительное количество газов и серы, особенно в области коррозионных дефектов.

Таблица 1

Содержание газов и серы в металле после 15-летней эксплуатации

Марка стали	Средние значения содержания газов, 10 ⁻⁴ % мас.		
	в основном металле	вдоль внутренней поверхности (без учета трещин)	вблизи трещин
Водород			
20	2,51	4,99	8,73
09Г2С, внутренние стенки	2,67	5,17	12,14
09Г2С, наружные стенки	2,67	6,48	19,46
Кислород			
20	30,5	68,9	96,7
09Г2С, внутренние стенки	38,4	71,5	99,8
09Г2С, наружные стенки	38,4	8,34	101,5
Сера			
20	225,4	341,6	398,8
09Г2С, внутренние стенки	226,5	315,6	386,7
09Г2С, наружные стенки	265,5	389,6	416,7

Сильное наводороживание вызывает резкое повышение твердости металла (в 1,6 – 2,0 раза) и его охрупчивание, а повышение содержания

кислорода и серы приводит к снижению сопротивляемости агрессивному воздействию коррозионной среды.

Установлено, что в полостях коррозионных дефектов, наряду с оксидами и сульфидами железа, наблюдается высокое содержание углерода и серы. Следует отметить, что во всех случаях механические свойства и химический состав поврежденного металла соответствовали нормативным требованиям.

За период с 1997 по 2007 гг. в подавляющем числе измерений на Самотлорском месторождении установлено присутствие сероводорода (от 0,5 до 400 мг/л) при высокой обводненности добываемой продукции (75 – 95 %), масштаб зараженности сульфатовосстанавливающими бактериями по объемам залежей составил 75 - 88% [1]. Бактериальная коррозия более локализована и более агрессивна, чем чисто химическая сульфидная. Известны случаи, когда стенка трубопровода толщиной 5,5 мм была насквозь поражена питтинговой коррозией в течение 9 месяцев.

В качестве очагов возможного зарождения усталостных трещин в процессе длительной эксплуатации установлены неметаллические включения, микротрещины, скопления дислокаций, структурная неоднородность зоны термического влияния сварного соединения.

В металле труб изначально имеется множество микродефектов (вакансии, дислокации, микропоры, микротрещины и др.), которые развиваются в процессе эксплуатации трубопроводов и по достижении определенных размеров могут стать концентраторами напряжений. При длительной эксплуатации трубопроводов происходит структурная деградация металла [2-3], что приводит к существенному снижению пластичности металла труб (до 20 %) и ударной вязкости (почти в 2 раза). Все эти изменения являются результатом переменных нагрузжений металла труб, связанных с перепадами внутреннего давления транспортируемого продукта в результате плановых и неплановых остановок перекачивающего оборудования.

Список литературы

1. Физико-механические основы сероводородного коррозионного разрушения промысловых трубопроводов / В.Д. Макаренко, Р.В. Палий, Е.Н. Галиченко и др. – Челябинск: Изд-во ЦНТИ, 2002. - 412 с.
2. Гумеров А.Г., Зайнуллин Р.С., Ямалеев К.М. Старение труб нефтепроводов. –М. : Недра, 1995. - 222 с.
3. Трещиностойкость металла труб нефтепроводов / А.Г. Гумеров, К.М. Ямалеев, Г.В. Журавлев, Ф.И. Бадиков –М. : ООО "Недра-Бизнесцентр", 2001. - 231 с.

Научный руководитель Кусков В.Н., д.т.н., профессор