Исследование влияния механических примесей в потоке на состояние деталей и запорно-регулирующей арматуры

Юлуев Талгат Кагимович
Yuluyev Talgat Kagimovich
(Уфа, ФГБОУ ВО «УГНТУ»)

Аннотация:*Представлена возможность применения комплексной информации, прогнозирования вероятности нарушения герметичности запорной арматуры*

Abstract: *The possibility of using complex information, predicting the probability of leakage of shut-off valves is presented*

Ключевые слова*:запорная арматура, твердометрия, ультразвуковая толщинометрия, техническое диагностирование, ВИК, неразрушающий контроль*

Key words*: reinforcement, hardness testing, ultrasonic thickness measurement, technical diagnostics, VIC, non-destructive testing*

ВВЕДЕНИЕ

Для контроля потоков в трубопроводных конструкциях и системах используется специализированная арматура, которая позволяет отключать, распределять, регулировать и смешивать, корректируя площадь проходного сечения. На этапе проектирования трубопроводной арматуры можно спрогнозировать вероятность нарушения герметичности затвора вследствие деформаций уплотнительных поверхностей его деталей. В связи с этим актуальным является разработка методики расчета на прочность и жесткость деталей, позволяющей оценить деформации уплотнительных поверхностей затвора запорной арматуры

Запорно-регулирующая арматура, изменяя расход транспортируемого вещества, перекрывает или распределяет ее поток, регулируя различные параметры: давление, напор или температуру.

Функциональное назначение трубопроводной арматуры позволяет поделить ее на следующие виды

— Запорная. Обеспечивает полное перекрытие потока в трубах. Пользуется наибольшим спросом и занимает более 80% предложений на рынке.

— Регулирующая. Поддерживает необходимые значения определённых параметров, осуществляя контроль расхода рабочей среды. Температура, давление, состав и концентрация веществ могут быть изменены с использованием такого вида арматуры.

— Аварийная отсечная исключает фактор негативного влияния на трубопровод, если давление или направление транспортируемой среды превысило допустимые значения путем перекрытия защищаемого участка от остальной части системы.

Проведем анализ причин возникновения в корпусных деталях запорной трубопроводной арматуры деформаций, приводящих к нарушению герметичности запорного узла.

Трубопроводная арматура в процессе эксплуатации воспринимает целый ряд нагрузок, которые не учитываются при проведении традиционных расчетов на прочность и жесткость

Поверочный расчет на прочность и определение остаточного ресурса

Исходные данные к расчёту на прочность корпусных деталей оборудования получены измерениями при техническом диагностировании, а также из нормативной и справочной литературы и приведены в таблице 1.

Наименование показателей	Корпус горизонтальная часть (патрубки)	Корпус вертикальная часть (корпус)	Крышка
Материал	Сталь 20Л	Сталь 20Л	Сталь 20Л
Номинальное давление PN, МПа	6,4	6,4	6,4
Максимальное рабочее давление по паспорту трубопровода $P_{раб}$, МПа	2,5	2,5	2,5
Значение предела текучести материала корпуса (патрубков, крышки) в исходном состоянии $\sigma_{ти}$, МПа	216	216	216
Значение предела прочности материала корпуса (патрубков, крышки) в исходном состоянии $\sigma_{ви}$, МПа	412	412	412
Фактическая минимальная толщина $\delta_ф$, мм	47,8	53,6	50,4
Внутренний диаметр $D_{вн}$, мм	1200	1400	1400
Высота крышки H, мм	-	-	600
Фактическое минимальное значение твердости материала, HB	135	136	137
Значение фактического предела прочности материала, полученное косвенным путем по измеренным значениям твердости материала $\sigma_в$, МПа	479	485	490
Коэффициент, учитывающий воздействие внешних сил, создаваемых опорами, фундаментом и другим оборудованием, K_1	1,1	1,1	1,1
Коэффициент, применяемый для оборудования, изготовленного методом литья, K_2	1,25	1,25	1,25
Коэффициент, учитывающий сейсмичность, K_3	1	1	1
Поправочный коэффициент к допускаемым напряжениям, η	0,7	0,7	0,7
Коэффициент прочности сварных швов φ	1	1	1
Коэффициент запаса прочности по пределу текучести $n_т$	1,5	1,5	1,5

Таблица 2 — Формулы и результаты для расчёта на прочность корпусных деталей

Наименование показателей	Расчётная формула	Значение		
		корпус (горизонтальная часть-патрубки)	корпус (вертикальная часть)	крышка
Фактический предел текучести материала МПа	$\sigma_т = \frac{\sigma_{т.и}}{\sigma_{в.и}} \times \sigma_В \times 1{,}1$	276,2	279,7	282,6
Допустимое напряжение материала, МПа	$\sigma_{доп} = \eta \times \frac{\sigma_т}{n_т}$	128,9	130,5	131,9
Фактическое напряжение в корпусе , МПа	$\sigma_ф = \frac{К_1 \times К_2 \times К_3 \times P_y \times D_{вн}}{2 \times \delta_ф}$	110,5	114,9	-
Радиус кривизны в вершине крышки *R*, мм	$R = \frac{D_{вн}{}^2}{4 \times H}$	-	-	816,7
Фактическое напряжение в крышке , МПа	$\sigma_Ф = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3 \times P_y \times R}{2 \times \delta_Ф}$	-	-	71,3
Минимально-допустимая толщина стенки в корпусе , мм	$\delta_{min} = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3 \times P_y \times D_{вн}}{2 \times \sigma_{доп}}$	41,0	47,2	-
Минимально-допустимая толщина стенки крышки , мм	$\delta_{min} = \frac{K_1 \times K_2 \times K_3 \times P_y \times R}{2 \times \sigma_{доп}}$	-	-	27,2
Допустимое внутреннее давление для обечайки , МПа	$P_{доп} = \frac{2 \times \sigma_{доп} \times \varphi \times \delta_Ф}{K_1 \times K_2 \times K_3 \times (D_{вн} + \delta_Ф)}$	7,2	7,0	-
Допустимое внутреннее давление для полусферической крышки , МПа	$P_{доп} = \frac{2 \times \sigma_{доп} \times \varphi \times \delta_Ф}{K_1 \times K_2 \times K_3 \times (R + 0{,}5 \times \delta_Ф)}$	-	-	11,5

Вывод: По результатам прочностных расчетов при расчетном давлении 6,4 МПа условия безопасной эксплуатации выполняются.

Результаты ультразвуковой толщинометрии

Ультразвуковая толщинометрия корпусных деталей и элементов задвижки проведена

в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55614-2013 и РД-19.100.00-КТН-036-13 (с изм. № 3).Результаты толщинометрии представлены в таблице 3

Схемы проведения неразрушающего контроля и измерений

Схема проведения визуально-измерительного контроля, ультразвукового контроля, измерения толщин, твердости и капиллярного контроля

Таблица 3 — Результаты толщинометрии задвижки

№ п/п	Элемент конструкции МТО	Минимальное измеренное значение толщины, мм	Минимальное допустимое значение толщины по расчету, мм
1	Корпус	53,6	47,2
2	Крышка	50,4	27,2
3	Патрубки	47,8	41,0

По результатам УТ задвижки проведение дополнительного дефектоскопического контроля не требуется.

Поверочным расчетом на прочность установлено, что условия прочности для корпуса и крышки задвижки для случая статического нагружения выполняются и основным повреждающим фактором являются язвенная коррозия и воздействие циклических нагрузок. Предельным состоянием корпуса и крышки задвижки является образование усталостной трещины в стенке корпуса/крышки или уменьшение толщины стенки до предельной (отбраковочной) толщины, ниже которой не обеспечивается необходимый запас её несущей способности.

По результатам прочностных расчетов проведенных согласно РД 19.100.00-КТН-036-13 (с изм. № 3) и ГОСТ 34233.1-2017, ГОСТ 34233.2-2017 и ГОСТ 34233.6-2017, установлено:

— уровень фактических напряжений в горизонтальной и вертикальной частях корпуса задвижки ниже допустимого значения

P_N = 6,4 МПа ≤ $P_{доп}$ = 7,0 МПа;

$P_{Nп.}$ = 6,4 МПа ≤ $P_{доп.п.}$ = 7,2 МПа;

$s_ф$ = 114,9 МПа ≤ $s_{доп}$ = 130,5 МПа;

$s_{ф.п.}$ = 110,5 МПа ≤ $s_{доп.п.}$ = 128,9 МПа.

— уровень фактических напряжений в крышке задвижки ниже допустимого значения

P_N = 6,4 МПа ≤ $P_{доп}$ = 11,5 МПа.

$s_ф$ = 71,3 МПа ≤ $s_{доп}$ = 131,9 МПа.

По расчетам, проведенным согласно РД 19.100.00-КТН-036-13 (с изм. № 3), остаточный срок службы задвижки по критерию коррозионно-абразивного износа составляет **42 года**

Расчет остаточного срока службы арматуры при малоцикловых нагрузках не проводился, так как наработка в течение нормативного срока эксплуатации менее 1000 циклов. По результатам анализа технического диагностирования и результатов расчетов, задвижка клиновая DN1200 находится в **неработоспособном** состоянии.

На основании проведенных расчетов на прочность и жесткость с использованием предложенной методики оценки НДС деталей определены характерные точки на корпусных

деталях, для которых определена целевая функция. Минимизация целевой функции при ограничениях, накладываемых на прочность и жесткость конструкции, обеспечивающей, позволяет получить оптимальную конструкцию клиновой задвижки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Сызранцев В.Н. Использование метода конечных элементов для анализа конструкций трубопроводной арматуры / В.Н.Сызранцев, К.В.Сызранцева, А.В.Белобородов // Материалы научно-технической конференции «Нефть и газ: проблемы недропользования, добычи и транспортировки». — Тюмень: ТюмГНГУ, 2002. — С. 130.

2 Белобородое А.В. Использование метода конечных элементов для оценки прочностной надежности нефтегазового оборудования / А.В.Белобородое, К.В.Сызранцева // «Проблемы развития ТЭК Западной Сибири на современном этапе» труды международной научно-технической конференции. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2003. — С.94-97.

3 Сызранцев В. Исследование напряженно-деформированного состояния сварных швов образцов / В.Сызранцев, С.Голофаст, А.Белобородов, О.Богомолов // «trans & MOTAUTO'04» материалы XI международной научно-технической конференции, Пловдив, Болгария, 14-17 октября 2004г. — Пловдив, 2004. — С.63-66.

6 ГОСТ Р 55724-2013

8 Загидулин Р.В., Загидулин Т.Р., Коннов А.В. Вейвлет — анализ сигнала накладного вихретокового преобразователя над сварным швом с дефектом сплошности металла. — Контроль. Диагностика, 2014, № 1, с. 62-6

7 Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функций комплексного переменного. — М.: Наука, 1965. — 716 с.

9 ГОСТ 22761-77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Бринеллю переносными твердомерами статического действия.

ГОСТ 9013-59 (с изм. № 3, с Поправкой). Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу.

11 Загидулин Р.В., Мужицкий В.Ф., Бизюлев А.Н. К выбору оконной функции при математической обработке измеренного магнитного поля дефекта в ферромагнитном изделии. — Дефектоскопия, 2002, № 6, с.59-64.

Информация о себе : Работаю в нефтегазовой отрасли на должности инженер — дефектоскопист по проведению технической диагностики механо-технологических объектов. Тел: 89613555642, почта talgat.5@bk.ru